



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
RECTORADO - VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Nº 1 / 2012

Biósfera

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola
(IINEA)



Carrera de Ingeniería Agronómica



V - IX - MM

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

RECTORADO - VICERRECTORADO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Lic. Mgs. Dámaso Quispe Callisaya
RECTOR

Lic. M.Sc. Elizabeth Condori Quispe
VICERRECTORA

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MVZ Mg. Santiago Copa Quispe

EQUIPO TÉCNICO

Ing. M.Sc. Marcelino Macario Ramírez Quisbert
Ing. Eduardo Rolando Flores Rodríguez
Lic. Eliana Marilyn Ticona Condemayta

DIRECTOR CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
Ing. Jhonny Pujro Vito

COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y
EXTENSIÓN AGRONÓMICA
Ing. Laoreano Coronel Quispe

IMPRESIÓN Y DISEÑO: Anakainoó (2450554)

Número Depósito Legal: 4-3-80-12 P.O.

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza
Teléfonos: (+591) 2-2844177 / (+591) 2-2845787
Fax: (+591) 2-2845800
www.upea.edu.bo
El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

El crecimiento permanente de la población trae como consecuencia el aumento de las necesidades sociales, económicas y productivas que deben ser atendidas. Esta situación requiere la búsqueda de nuevas alternativas que viabilicen y contribuyan con la solución de los problemas emergentes.

Los sistemas social, económico y productivo en el Estado Plurinacional de Bolivia requieren una constante renovación e innovación que los fortalezcan. Ante esta realidad la Universidad Pública de El Alto cumple con su responsabilidad social a través de la realización de actividades impulsoras de investigación en ciencia y tecnología en las diferentes áreas cognoscitivas que dan solución a los problemas y brindan una proyección promisoría hacia el futuro.

La Universidad Pública de El Alto se complace en presentar el trabajo realizado por la Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología en coordinación con el Instituto de Investigaciones de la Carrera, plasmado en la presente revista de Ciencia y Tecnología que contiene los artículos científicos elaborados por investigadores docentes y estudiantes de esta casa superior de estudios, con la finalidad de poner en conocimiento de la comunidad académica y científica, los avances y resultados de las investigaciones científicas orientadas al progreso social, económico y productivo.

Los nuevos resultados expuestos en los artículos científicos de la presente revista, reflejan la seriedad y veracidad de los trabajos publicados, sustentados en la aplicación de métodos valederos en la investigación científica; no obstante, la integridad de la información científica expuesta es de responsabilidad exclusiva de los autores.

MVZ Mg Santiago Copa Quispe
DIRECTOR DICyT

Mgs Lic. Dámaso Quispe Callisaya
RECTOR

Universidad Pública de El Alto

Aspectos Históricos

Los pueblos y naciones indígena-originarias, campesinos y sectores populares, desde el siglo XV hasta el siglo XX, lucharon por su propia autodeterminación en contra de la discriminación social, explotación económica y dominación política de carácter colonial, capitalista e imperialista. El pueblo alteño, heredero de esta lucha por su emancipación, tomó medidas de hecho para recuperar los recursos naturales, así como lograr la formación académica y científica de su juventud, derrotando a la opresión y al poder político pro-imperialista. En la actualidad, la nación Aymara y el pueblo de El Alto se han constituido en el referente de la transformación nacional.

En este contexto, la UPEA fue creada mediante la ley N° 2115 de fecha 5 de septiembre del 2000 como Universidad Pública, sin respetar las disposiciones de la Constitución Política del Estado. Sin embargo, su consolidación como universidad autónoma demandó de profesionales y estudiantes con un alto grado de consciencia revolucionaria, quienes no dudaron en enfrentarse al poder político de entonces. Posteriormente, mediante Ley N° 2556 de fecha 12 de noviembre de 2003, se le concede plena autonomía universitaria conforme al mandato constitucional, para cuyo efecto la comunidad universitaria en pleno se movilizó junto a su pueblo de El Alto con valor, coraje y sangre hasta lograr la expulsión del gobierno neoliberal de ese entonces, lo cual posibilitó la Agenda de Octubre, concretizándose en la elección de un gobierno indígena y la instalación de la Asamblea Constituyente. Bajo esos ante-

cedentes la UPEA continuará con esa herencia de lucha por la emancipación de su pueblo.

Mediante Resolución No. 02/2009 de fecha 21 de abril de 2009 del XI Congreso Nacional de Universidades de la Universidad Boliviana, es incorporada al seno del Sistema de la Universidad Boliviana.

Encargo Social

La UPEA consciente de las tareas fundamentales, necesariamente debe hacer cumplir el mandato constitucional, consistente en que la educación es la más alta función del Estado y un derecho de todos los ciudadanos. Asimismo, los saberes universales-ancestrales científicos son parte del conocimiento que toda sociedad contemporánea tiene derecho a adquirir, crear y desarrollar; esta es la función que la Universidad Pública de El Alto debe cumplir en cada una de sus áreas creadas y por crearse. El encargo social se sintetiza en que la UPEA debe detectar, analizar y resolver científicamente los problemas políticos, económicos y sociales de su pueblo en su vínculo estrecho entre universidad y sociedad.

Aspectos Tecnológicos y Científicos

Con el propósito de cumplir las tareas académicas y científicas, la institución, en cada una de sus carreras, debe encarar sus potencialidades en el acervo bibliográfico, laboratorios, talleres de prácticas, institutos de adiestramiento y de investigación, acordando convenios interinstitucionales nacionales e internacionales para

la transferencia tecnológica, asistencia técnica, investigación científica, intercambio de recursos humanos en concordancia con la ley de fomento a la ciencia y tecnología para la industrialización de los recursos naturales en forma racional y sostenible a partir de líneas de investigación adecuadamente determinadas que generen bienestar y prosperidad a los bolivianos.

Naturaleza Jurídica e Institucional

La Universidad Pública de El Alto es una institución de educación superior, científica, productiva, autónoma, pública, laica, gratuita, multinacional y pluricultural. Forma parte del sistema de la Universidad Pública Boliviana en igualdad de derechos, condiciones y de jerarquía con las restantes universidades públicas autónomas, en conformidad al Artículo 92 de la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.

MISIÓN

Formar profesionales integrales altamente calificados en todas las disciplinas del conocimiento científico-tecnológico, con consciencia crítica y reflexiva; capaz de crear, adaptar y transformar la realidad en la que vive; desarrollar la investigación productiva para fomentar el desarrollo local, regional y nacional para que responda al encargo social y las necesidades de las nacionalidades de manera eficiente y oportuna hacia la transformación revolucionaria de la sociedad.

VISIÓN

La Universidad Pública de El Alto es una institución que se proyecta al desarrollo de sus actividades académicas productivas, científicas, tecnologías de interacción social contemporáneas para priorizar la investigación científica en todos los campos del conocimiento, relacionando la teoría con la práctica para transformar la estructura económica, social, cultural y política vigente a favor de las naciones originarias y clases populares.

Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología (DICyT)

El Estatuto Orgánico de la Universidad Pública de El Alto, en el Art. 15 establece que la UPEA es Científica, porque genera conocimiento a través de la investigación en todos sus niveles, utilizando la ciencia y las tecnologías modernas para adecuarla a nuestra realidad. Es una universidad que en el campo de la ciencia y la tecnología tiene la misión de revalorizar, recuperar, crear y proyectar los conocimientos y las culturas de los pueblos originarios para plantear propuestas de solución a los distintos problemas locales, departamentales y nacionales.

La Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología (DICyT) en correspondencia al Estatuto Orgánico de la Universidad Boliviana y el Estatuto Orgánico de la UPEA, es la encargada de organizar, coordinar, promover, evaluar, hacer seguimiento y normar el sistema de investigación, ciencias y tecnología en la Universidad Pública de El Alto.

Objetivos

- Desarrollar el sistema de investigación científica y tecnológica de la Universidad Pública de El Alto.
- Definir un conjunto de normas y procedimientos que regulen el desarrollo de programas prioritarios de investigación científica y tecnológica en la Universidad Pública de El Alto.
- Vincular la gestión de la investigación científica y tecnológica a los problemas locales, regionales y departamentales.
- Fortalecer la integración de la investigación científica y tecnológica a través del proceso de aprendizaje en las carreras de la Universidad Pública de El Alto.

La función de la UPEA es desarrollar procesos de formación profesional de generación y divulgación de conocimientos orientados al desarrollo integral de la sociedad, para lo cual toma los conocimientos universales y los saberes colectivos de las naciones y pueblos indígena originario campesinos (Art. 91, CPE). La UPEA a través de la DICyT debe detectar, analizar y resolver científicamente los problemas políticos, económicos y sociales de su pueblo en su vínculo estrecho entre universidad y sociedad; desarrollar y difundir ciencia, tecnología y cultura dentro y fuera de la universidad.

La Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología tiene la finalidad de hacer tangible el aporte al desarrollo económico y social, sustentable de las regiones y del país, con actividades de investigación científica e innovación tecnológica.

A la fecha, la Universidad Pública de El Alto cuenta con normas y procedimiento que regulan la actividad investigativa y tecnológica. Asimismo, los institutos de investigación de las diferentes carreras de la UPEA han logrado establecer sus políticas y líneas de investigación científica con la participación de docentes y estudiantes para desarrollar investigaciones en diferentes campos y áreas de las ciencias. De esta manera, la DICyT cumple con dos de sus objetivos planteados, el de desarrollar la investigación científica

y tecnológica en la UPEA y la de definir un conjunto de normas y procedimientos para llevar a cabo programas de investigación científica y tecnológica.

Presentamos a la sociedad científica el presente documento que permite a la UPEA establecer el rumbo de la investiga-

ción científica en las diferentes áreas del conocimientos reflejadas en las carreras y que constituye el norte en la investigación que coadyuve a la solución de problemas de nuestro entorno, siendo éste el aporte de la universidad a la sociedad en su conjunto.

Carrera de Ingeniería Agronómica

Antecedentes

La creación de la carrera de Ingeniería Agronómica tiene el mismo proceso que la fundación de la Universidad Pública del El Alto y ligada a las otras carreras debido a la necesidad de la población alteña que demanda profesionales de esta área dada la implicancia y al importancia agropecuaria para el país.

Ley N° 2556 de fecha 12 de noviembre de 2003 le concede plena autonomía universitaria conforme al mandato constitucional a la Universidad Pública de El Alto y por ende a la carrera de Ingeniería Agronómica inicialmente de denomino Ingeniería Agropecuaria, perteneciente al Área de Salud y Medio Ambiente, aunque su relación académica es próxima a la Tecnológica donde la carrera se proyecte a ser una facultad donde las semiespecialidades lleguen a constituir en carreras.

Objetivos Pedagógicos

Competencias en la línea curricular producción vegetal

- Tiene sólidos conocimientos de la anatomía, taxonomía, fisiología y procesos bioquímicos de las plantas.
- Es capaz de planificar, coordinar y ejecutar la producción agrícola, con criterios de sostenibilidad y conservación de los recursos naturales.
- Es capaz de implementar proyectos de investigación para mejorar las técnicas de producción y manejo ecológico, integrado de plagas y enfermedades.

- Comprende los procesos bioquímicos de las plantas y los principios y aplicaciones de la genética.
- Tiene conocimientos sólidos para el mejoramiento de cultivos para incrementar su rendimiento y calidad.

Competencias en la línea curricular producción animal

- Posee sólidos conocimientos de zootecnia de especies menores y mayores que le permiten realizar producción pecuaria de calidad como componente de los agros ecosistemas.
- Tiene conocimientos necesarios de sanidad, nutrición y alimentación animal para realizar producción pecuaria eficientemente.
- Posee sólidos conocimientos de reproducción animal que le permitan un manejo adecuado de la producción pecuaria sin menoscabo de su calidad.
- Capaz de integrar la actividad pecuaria y agrícola con un enfoque de sistema de producción y con criterios de conservación de los recursos naturales.

Competencias en la línea curricular suelo y agua

- Posee la capacidad de caracterizar e interpretar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Tiene la capacidad para manejar y recuperar suelos contaminados.

- Posee conocimientos geológicos y mecánicos del suelo para implementar infraestructuras productivas e hidráulicas en el área rural.
- Posee la capacidad de caracterizar e interpretar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua.
- Es hábil para medir e interpretar las variables climáticas.
- Posee conocimientos de hidrología aplicadas a actividades agropecuarias (precipitación, escorrentía, evapotranspiración potencial, evapotranspiración actual) para el manejo de cuencas.
- Es hábil para planificar e implementar infraestructuras hidráulicas con obras pequeñas, medianas y grandes.
- Diseña, implementa y maneja sistemas de riego
- Tiene capacidad para planificar el uso y conservación del recurso natural renovable (bosque)
- Posee la capacidad para diseñar e implementar sistemas agrosilvopastoriles sostenibles ecológica y económicamente.

Misión

Formar profesionales con alta capacidad técnica y científica, consciente del poder de conocimiento y comprometidos con el desarrollo rural sostenible, con libertad de pensamiento, dignidad, solidaridad, reciprocidad, respeto a la naturaleza y al prójimo, para responder con convicción frente a los grandes desafíos y oportunidades del mundo globalizado.

Visión

Constituirse en una unidad académica de excelencia, referente a nivel nacional e internacional, que forma jóvenes profesionales del país, para desempeñar trabajos; en producción agrícola pecuaria y silvicultura, en diferentes pisos ecológicos para satisfacer de forma oportuna y eficiente a la demanda creciente de alimentos de la población.

Competencias en la línea curricular forestal

- Comprende e interpreta las relaciones entre plantas y animales con su medio ambiente en el ecosistema forestal y agro ecosistema.

Contenidos

Biósfera

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola
(IINEA)



Carrera de Ingeniería Agronómica

Contenido

INTRODUCCIÓN <i>IN VITRO</i> DE TRES ECOTIPOS DE PAPA AMARGA (<i>Solanum juzepczukii</i> Buck)	5
Introduction <i>in vitro</i> three ecotypes of bitter potato (<i>Solanum juzepczukii</i> Buck)	
SALES DE MURASHIGE Y SKOOG 1962 EN LA MULTIPLICACIÓN <i>IN VITRO</i> DE PAPA AMARGA (<i>Solanum juzepczukii</i>)	11
Salts of Murashige and Skoog 1962 <i>in vitro</i> multiplication of bitter potato (<i>Solanum juzepczukii</i>)	
ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA MULTIPLICACIÓN <i>IN VITRO</i> EN DOS TIPOS DE EXPLANTES DEL ULLUCO (<i>Ullucus tuberosus</i> L.) ECOTIPO KELLU	21
Gibberellic acid on the multiplication <i>in vitro</i> in two types of explants Ulluco (<i>Ullucus tuberosus</i> L.) ecotype Kellu	
ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE EXPLANTES EN EL ENRAIZAMIENTO <i>IN VITRO</i> DE ULLUCO (<i>Ullucus tuberosus</i> L.) ECOTIPO KELLU	30
Indole butyric acid and types of explants <i>in vitro</i> rooting ulluco (<i>Ullucus tuberosus</i> L.) ecotype Kellu	
EFFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON BIOL EN EL CULTIVO DE AVENA EN LA ÉPOCA DE LLUVIA (<i>Avena sativa</i> L.)	40
Effect of three levels of fertilization with biol in the cultivation of avena in the epoch of lluvia (<i>Avena sativa</i> L.)	
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE HABA (<i>Vicia faba</i> L.) CON LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NÚMEROS DE SEMILLAS POR GOLPE EN TRES DISTANCIAS DE SURCO	48
Production of the bean cultivation (<i>Vicia faba</i> L.) with the application of different numbers of seeds for blow in three furrow distances	
CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES EN CAÑAHUA.....	56
Characterization and evaluation of the components in cañahua	
ESTABLECIMIENTO <i>IN VITRO</i> DE LA DOSIS ÓPTIMA DE IRRADIACIÓN CON RAYOS GAMMA (Co-60) DE TRES VARIEDADES DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> L.) SANI IMILLA, IMILLA NEGRA Y WAYCHA PACEÑA PARA EL MEJORAMIENTO GENÉTICO	67
<i>In vitro</i> establishment of the optimal dose of gamma irradiation (co-60) of three varieties of potato (<i>Solanum tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> L.) sani imilla, imilla negra y waycha paceña and genetic improvement	
COMPORTAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS DEL TRIGO EN EL ALTIPLANO NORTE DE BOLIVIA.....	72
Performance characteristics of wheat in qualitative north highlands of Bolivia	
IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE TRIGO EN EL ALTIPLANO NORTE DE BOLIVIA	80
Identification of genotypes promise of wheat in the highlands north of Bolivia	
EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE FRUTILLA (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) CON APLICACIÓN DE FERTIRRIEGO RELACIONADO A DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS EN TÉCNICA DE CULTIVOS VERTICALES EN AMBIENTE ATEMPERADO	86
Evaluation of three varieties of strawberry (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch) to related application fertigation in the phenological phases environment tempering	
BALANCE HÍDRICO EN EL CULTIVO DE PAPA BAJO CONDICIONES DE DRENAJE MIXTO EN SUKA KOLLUS.....	97
Balance hydric in the crops potato under conditions mixt drainage in Suka Kollus	
EVALUACIÓN DEL TIEMPO EN LA PRECOCCIÓN DE MAÍZ DURO (<i>Zea mays</i>) EN RACIONES DE CERDOS EN LA ETAPA DE PREINICIO E INICIO	110
Evaluation of time in precooking of hard corn (<i>Zea mays</i>) in swine rations in pre launch stage and beginning	
CARACTERIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE PRODUCCIÓN OVINO CRIOLLO EN ÉPOCA SECA EN EL ALTIPLANO CENTRAL (PROVINCIA CERCADO – ORURO).....	125
Characterization of native sheep production subsystem in the dry season in the central highlands (Cercado - Oruro province)	
SITUACIÓN DE LOS ÁRBOLES Y ARBUSTOS DISPERSOS EN EL ALTIPLANO DE LA PAZ.....	137
Scattered bushes and tress in the Altiplano, in La Paz city	
PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS TIERRAS EN EL ALTIPLANO DE LA PAZ	148
Views on agroforest systems development in order to optimize the ground productivity in the Altiplano, in La Paz city	

EDITORIAL

El desarrollo de la ciencia y tecnología se constituye en una herramienta estratégica para responder a la transformación sostenible del aparato productivo del país y en la actualidad son objetos de políticas públicas y de estrategias concertadas entre estado, universidades, instituciones no gubernamentales y productores de alimentos. En ese sentido, las universidades juegan un rol importante para diseñar políticas y líneas de investigación prioritarias para responder a las demandas de tecnologías apropiadas al medio, valorando los conocimientos locales y ancestrales.

El propósito fundamental de la Universidad Pública de El Alto, es responder de forma oportuna y eficaz en detectar, analizar y resolver científicamente los problemas políticos, económicos, culturales y sociales en vínculo estrecho entre la universidad y la sociedad.

En ese marco la Carrera de Ingeniería Agronómica a través del Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA) viene desarrollando trabajos de investigación, con la participación de docentes y estudiantes en función de las políticas y líneas de investigación priorizadas de acuerdo a las potencialidades productivas de la región y del país. El resultado de las investigaciones presentadas hasta la fecha son el esfuerzo de cada uno de los autores, a los cuales se agradece infinitamente en nombre de la carrera y la universidad.

En la esperanza de que los resultados de las investigaciones presentadas sean un aporte importante para los académicos, estudiantes universitarios, productores y el público que se preocupa por el buen manejo de los recursos naturales y la producción sostenible de alimentos para la población, nos complace presentar los resultados de las investigaciones en sus diferentes magnitudes y dimensiones. Como primera experiencia estamos seguros de que en las próximas ediciones, presentaremos más resultados relevantes en el avance de ciencia y tecnología para contribuir al desarrollo sostenible de nuestro país.

INTRODUCCIÓN *IN VITRO* DE TRES ECOTIPOS DE PAPA AMARGA (*Solanum juzepczukii* Buck)

Introduction *in vitro* three ecotypes of bitter potato (*Solanum juzepczukii* Buck)

Butrón, R.¹; Chávez, S.²; Marza, F.³; Aguilar, O.⁴.

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

3 Professor de Genética y Diseños Experimentales de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph. D. en Biotecnología molecular, USA)

4 Responsable del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

Apical meristems has been introduced in three ecotypes of bitter potato in basal medium of Murashige and Skoog (1962) sterilized, pH adjusted to 7.5. The treatments were bitter potato ecotypes (T1 = Luk'i ecotype, ecotype Pirinkayo = T2, and T3 = Q'aysalla ecotype) with 42 repetitions, which were cultured for 45 days under 16 hours light and 8 hours of darkness. They settled in a completely randomized design. There were quantitative response variables as the height of plantlets, number of nodes, number of leaves and qualitative variables were also recorded as the size of leaves and presence of roots. In the evaluation of three ecotypes of bitter potato in the introductory phase has obtained high survival rates for the three ecotypes of Pope loam. This phase identified the ecotype Q'aysalla presented favorable morphological development: height, number of nodes and number of leaves in relation to other ecotypes studied. The ecotype Pirinkayo presented morphological intermediates. Finally Luk'i ecotype had a higher level but unlike less developed nodes and leaves. It also identified associations between quantitative variables such as height of the positive correlation of *in vitro* plants to the number of nodes with number of leaves and other significant correlation was the number of nodes with the number of leaves.

Keywords: *In vitro*, ecotype.

Resumen

Se ha introducido meristemos apicales de tres ecotipos de papa amarga en el medio de cultivo basal de Murashige y Skoog (1962) esterilizado, con pH ajustado a 7,5. Los tratamientos fueron los ecotipos de papa amarga (T1= ecotipo Luk'i; T2= ecotipo Pirinkayo;

y T3= ecotipo Q'aysalla) con 42 repeticiones, las cuales fueron cultivadas durante 45 días, bajo 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Se instalaron en un diseño completamente al azar. Se registraron variables de respuesta cuantitativas como la altura de *vitro*-plantas, número de nudos, número de hojas y también se registraron variables cualitativas como el tamaño de hojas y presencia de raíces. De la evaluación de tres ecotipos de papa amarga en la fase de introducción se ha obtenido altos porcentajes de sobrevivencia, para los tres ecotipos de papa marga. En esta fase se identificaron que el ecotipo Q'aysalla presentó características morfológicas favorables en el desarrollo: en altura, número de nudos y número de hojas en relación a otros ecotipos estudiados. El ecotipo Pirinkayo presentó características morfológicas intermedias. Finalmente el ecotipo Luk'i presentó mayor altura pero contrariamente menor desarrollo de nudos y hojas. Además se identificaron las asociaciones entre las variables cuantitativas como la correlación positiva como altura de *vitro*planta con el número de nudos con número de hojas y otra correlación importante fue del número de nudos con el número de hojas.

Palabras Claves: *In vitro*, ecotipo.

1. Introducción

Bolivia es uno de los principales centros de origen de recursos fitogenéticos de tubérculos como la papa, papa amarga, (*Solanum juzepczukii* Buck) oca, papalisa e isaño. Esta riqueza boliviana de tubérculos andinos posee características extraordinarias con grandes potencialidades y ventajas para su cultivo, la alimentación y la agroindustria (IBTA, 1994). En Bolivia se conserva 1.760 accesiones de papa cultivada de las cuales 126 corresponde a la especie *Solanum juzepczukii* (Cadima, et al. 2009) y la producción nacional de este cultivo en nuestro país alcanza los 935.862 tn, en una superficie cultivada 179.407 has con rendimiento promedio de 5.216 kg*ha⁻¹, de las cuales (INE, 2008) del total de la superficie cultivada en Bolivia se estima que el 15% de la producción corresponde a variedades nativas de papas amargas, (Saravia, 2007). La presencia de enfermedades ocasionan pérdidas importantes en los rendimientos, pero principalmente los que se propagan de tubérculo semilla como las bacterias, hongos, principalmente de virus (PROINPA, 2004). La producción de semilla es uno de los eslabones

importantes de la cadena de producción de papa (INNOVA, 2004). Un programa serio de multiplicación de semillas debe considerar necesariamente el material de partida, libre de patógenos transmisibles por semilla (Trujillo y Rocabado, 2009). La biotecnología ofrece a través del cultivo de meristemo propagar en condiciones *in vitro* plántulas de alta calidad, libre de toda las enfermedades (Aguirre et al. 2010). Frente a este contexto descrito se procedió a introducir en condiciones *in vitro* tres ecotipos de papa amarga a través de cultivo de meristemas como material de partida para la multiplicación y posterior producción de semilla prebásica o también este material pueda ser llevado a conservación a mediano plazo.

2. Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Geográficamente queda ubicado a 16°29'29" sur y 68°11'36" oeste a 4.068 msnm. Se sembraron en una carpa solar 12 tubérculos de 3 ecotipos de papa amarga en macetas seleccionadas, por su aptitud

productiva en campos de evaluación de la Estación Experimental de Kallutaca. A los 80 días de la emergencia, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para ser reducidas hasta 3 cm de longitud. Luego se lavaron con agua corriente y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% de cloro activo durante 20 minutos. En la cámara de flujo laminar se realizó la extracción de meristemo apical, se sembró en *in vitro* en tubos de ensayo de vidrio. El medio usado para la introducción fue el medio de cultivo basal de Murashige y Skoog (1962) esterilizado, con pH ajustado a 7,5. Los tratamientos fueron los ecotipos de papa amarga (T1= ecotipo Luk'i; T2= ecotipo Pirinkayo; y T4= ecotipo Q'aysalla) con 42 repeticiones, las cuales fueron cultivadas durante 45 días, bajo 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Se instalaron en un diseño completamente al azar donde cada unidad experimental fue un explante en un tubo de ensayo. Se registró variables de respuestas cuantitativas como la altura de *vitroplantas* (AV), número de nudos (NN), número de hojas (NH) y también se registró variables cualitativas como el tamaño de hojas (TH) y presencia de raíces (PR). Para su análisis estadístico se realizó pruebas de distribución normal (Histograma de frecuencias, sesgo y curtosis) de datos para realizar un análisis inferencial. Posteriormente se realizó el análisis de varianza para detectar diferencias significativas ($p < 0,05$) y diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos. De los tratamientos que fueron significativos se realizó la

prueba de promedios de Duncan ($p < 0,05$) con la finalidad de detectar tratamientos con características favorables. Consecutivamente se elaboró una matriz de correlaciones obteniendo valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) para identificar variables que están asociados y además significativos ($p < 0,05$). Finalmente se elaboró un análisis de componentes principales para generar un nuevo conjunto de variables independientes llamados componentes principales. Para el análisis de variables cualitativas se realizaron tablas de contingencia y pruebas de independencia de chi-cuadrado (X^2). El procesamiento de datos se realizó con el programa estadístico SAS 9,1; SPSS 18,0 y S-PLUS - 2000.

3. Resultados y discusiones

En el cultivo de meristemos de estudio fue necesario tomar todas las precauciones posibles para evitar la contaminación y la muerte del explante. Se observó que después de 45 días de haber establecido el cultivo, se establecieron más del 80% de explantes, donde el ecotipo Luk'i obtuvo un 34,31% de supervivencia de los establecidos; seguidas del ecotipo Q'aysalla con 33,33%. En cambio la contaminación alcanzó al 14,3% donde el agente principal de contaminación fueron las bacterias. El ecotipo Pirinkayo obtuvo la mayor cantidad de explantes contaminados, seguida del ecotipo Q'aysalla. Finalmente la necrosis de los explantes alcanzó al 4,76%.

Cuadro 1. Porcentaje de Establecimiento, Contaminación y Necrosis en la introducción *in vitro* de tres accesiones de papa amarga evaluadas en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Ecotipos	Contaminación			Necrosis (%)	Supervivencia (%)
	Bacteriana (%)	Fúngica (%)	Total (%)		
Luk'i	8,3	50,0	3,2	2,5	34,31
Pirinkayo	58,3	16,7	6,3	0,83	32,35
Q'aysalla	33,3	33,3	4,8	1,67	33,33
Total (%)	9,5	4,8	14,3	4,76	80,95

Se observaron diferencias altamente significativas (cuadro 2) entre los ecotipos cuando $p < 0,05$, lo que nos indica nítidamente el comportamiento diferenciado en las características morfológicas entre los ecotipos ya mencionados arriba y los coeficientes de variación que nos indica

que los datos obtenidos son confiables pero están fuera de lo establecido en condiciones de laboratorio. Esta dispersión de los datos con respecto a la media puede ser debido a las condiciones desfavorables de incubación de las *vitro*plantas.

Cuadro 2. Análisis de varianza para variables cuantitativas (altura de *vitro*planta, número de nudos y número de hojas), de tres ecotipos de papa amarga evaluadas en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
		Altura de <i>vitro</i> planta (cm)	Número de nudos (unid.)	Número de hojas (unid.)
Ecotipo	2	22,320**	29,110**	36,670**
Error	101	1,814	2,152	3,219
C.V.		12,3%	16,2%	14,2%

Se realizó la prueba de promedios de Duncan (cuadro 1) para la variable altura de *vitro*planta de los explantes introducidos *in vitro*; donde se conformaron dos grupos: el primer grupo (A) compuesto por el ecotipo Luk'i y el ecotipo Q'aysalla con 4,09 y 4,07 cm respectivamente alcanzando la mayor altura en relación al segundo grupo (B) del ecotipo Pirinkayo con 2,69 cm que presentó una menor altura. Con respecto a este comportamiento de esta variable Villalba (2001) obtuvo resultados diferentes entre los ecotipos evaluados donde el ecotipo Pirinkayo con 4,21 superó ampliamente al ecotipo Luk'i con 3,2 cm. Se siguió el mismo procedimiento para agrupar valores iguales ($>0,05$) y valores diferentes ($<0,05$) según la prueba de Duncan para el número de nudos. Donde el ecotipo Q'aysalla alcanzó a tener un promedio de 4,69 nudos por *vitro*planta, mostrando claramente características muy favorables para la fase de multiplicación. En cambio los ecotipos Pirinkayo, Luk'i alcanzaron a tener 3,26 y 2,97 cm correspondientemente; estos dos últimos ecotipos de papa amarga fueron agrupadas en un sólo grupo al no presentar diferencias significativas al $p < 0,05$.

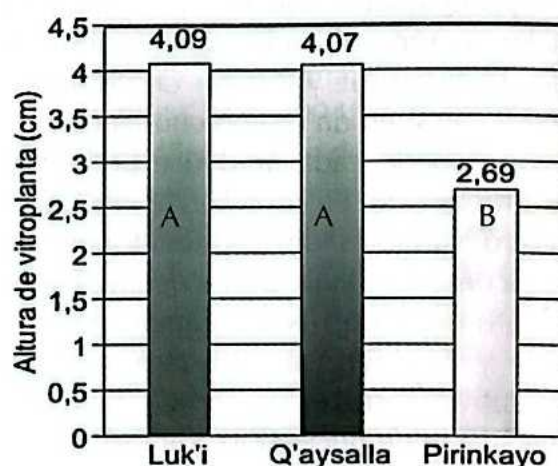


Gráfico 1. Comparación de promedio de altura de *vitro*planta de tres ecotipos de papa amarga *in vitro*, según la prueba de Duncan. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P < 0,05$).

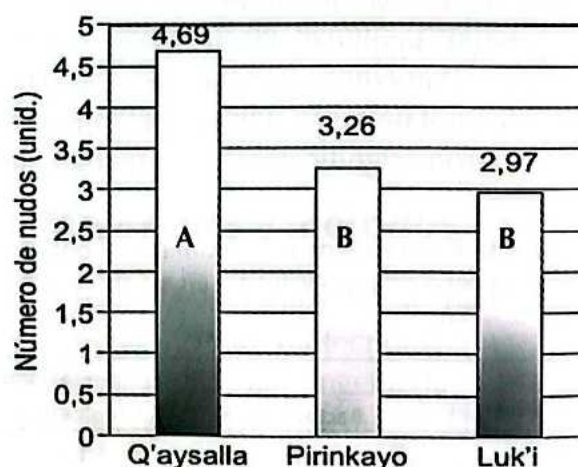


Gráfico 2. Comparación de promedio de número de nudos de tres ecotipos de papa amarga *in vitro*, según la prueba de Duncan. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P < 0,05$).

Se realizó la prueba de promedios de Duncan (gráfico 3) para la variable número de hojas entre los ecotipos en estudio. El ecotipo Q'aysalla obtuvo un promedio de 5,40 hojas que estadísticamente es mayor a los ecotipos Pirinkayo y Luk'i con 4,06 y 3,36 hojas. Esta agrupación para variable de número de hojas entre los ecotipos se asemeja a la variable de número de nudos, ya que en cada nudo de las *vitroplantas* de papa amargas esta inserta una hoja.

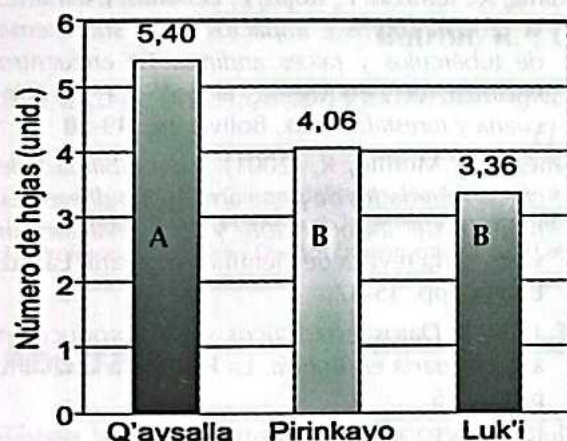


Gráfico 3. Comparación de promedio de número de hojas de tres ecotipos de papa amarga *in vitro*, según la prueba de Duncan. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P < 0,05$).

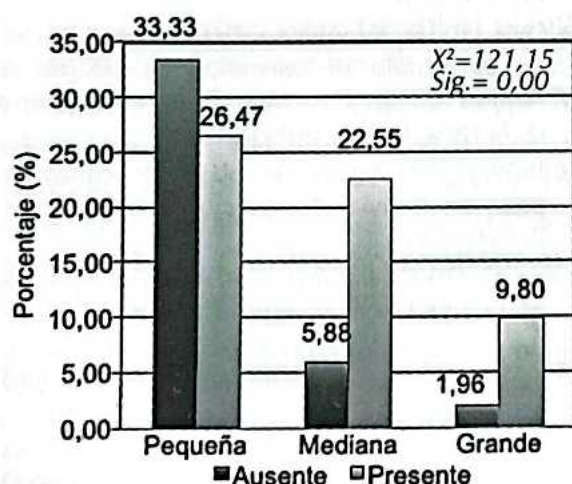


Gráfico 4. Porcentaje de tamaño de hoja (grande, mediana y pequeña) de acuerdo a la presencia de raíces (Ausente y presente) de tres ecotipos de papa amarga *in vitro*.

Se elaboró una matriz de correlación (gráfico 5) de las variables entre cada par de variables cuantitativas para identificar

las asociaciones. De las cuales se identificaron que la variable altura de *vitroplanta* es altamente correlacionada positivamente con número de nudos, número de hojas. Esto nos indica que al aumentar en altura las *vitroplantas* desarrollaran mayor cantidad de nudos y hojas.

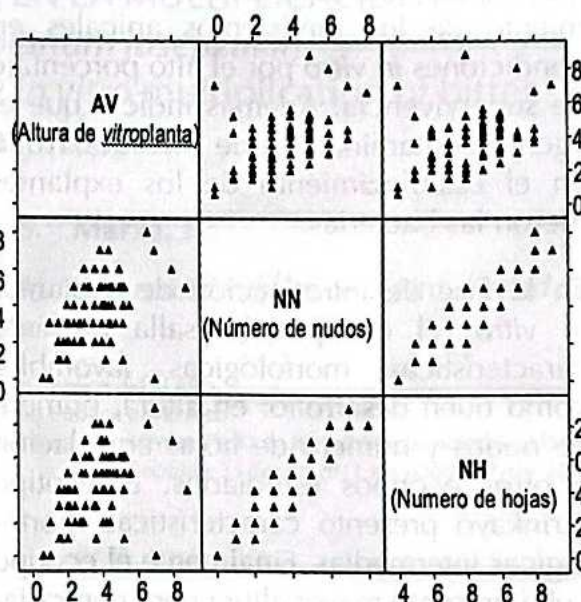


Gráfico 5. Dispersión de datos de la matriz de correlaciones de las variables cuantitativas de tres ecotipos de papa amarga evaluadas en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

De la evaluación de los datos cualitativos se analizaron con la prueba de Chi cuadrado (gráfico 4), donde muestra una relación significativa entre el tamaño de hoja con la presencia de raíz ($\chi^2 = 121,15$; $p = 0,00$), donde el 59,8% presentaron hojas pequeñas de las cuales una mayoría no formó raíces. Sin embargo un 28,43% lograron desarrollar hojas medianas de las cuales el 22,5% formaron raíces y un 5,88% no formaron raíces. Finalmente el 11,5% formaron hojas grandes de las cuales el 9,8% desarrolló las raíces y 1,96% tuvo ausencia de esta variable. La característica más sobresaliente a destacar son el comportamiento de la formación de hojas pequeñas con escasa formación de raíces, lo que implica altas tasas de multiplicación.

4. Conclusiones

De los objetivos planteados y resultados obtenidos de la evaluación de tres ecotipos de papa amarga en la fase de introducción se concluye:

No existió dificultades en el establecimiento de los meristemos apicales en condiciones *in vitro* por el alto porcentaje de supervivencia. Además indicar que el agente contaminante que más desarrolló en el establecimiento de los explantes fueron las bacterias.

En la fase de introducción de explantes *in vitro*, el ecotipo Q'aysalla presentó características morfológicas favorables como buen desarrollo: en altura, número de nudos y número de hojas en relación a otros ecotipos estudiados. El ecotipo Pirinkayo presentó características morfológicas intermedias. Finalmente el ecotipo Luk'i presentó mayor altura pero contrariamente menor desarrollo de nudos y hojas.

Se detectaron variables cuantitativas altamente correlacionadas positivamente entre la altura de vitroplanta, número de nudos, número de hojas. La otra correlación importante fue el número de nudos con el número de hojas.

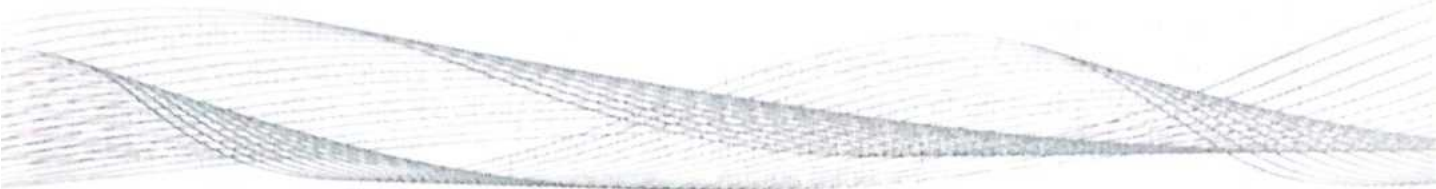
5. Agradecimientos

La información hace parte del trabajo de investigación de Roberto Butrón, Soledad Chávez, Ph.D. Félix Marza e Ing. Omar Aguilar realizado en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Los autores expresan

sus agradecimientos a la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto.

6. Referencias bibliográficas

- Aguirre, G., Pierre, J. y Leigue, L. (2010). *Aplicación del cultivo de tejidos en la multiplicación y conservación de los recursos fitogenéticos*. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias. Cochabamba, Bolivia. 200 p.
- Cadima, X., Terrazas, F., Rojas, J., Zeballos, J. e Iriarte, V. (2009). *Logros e impactos en el subsistema de tubérculos y raíces andinas. En encuentro nacional de innovación tecnológica agropecuaria y forestal*. La Paz, Bolivia. pp. 49-58
- Gómez E. y Murillo, R. (2001). *Adaptabilidad de cinco variedades de papa amarga en diferentes medios de introducción y conservación in vitro*. En la revista de científica Jiltañani. La Paz Bolivia. pp. 35-37.
- INE (2008). *Datos estadísticos de la producción agropecuaria en Bolivia*. La Paz, Bolivia. 2011. pp. 24-25
- Murashige, T. and Skoog, (1962). "A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue culture." *Physiología Plantarum* 15: pp. 473 – 497
- IBTA (1994). *Catálogo boliviano de cultivares de papa nativa*. IBTA-CIP-COTESU. Cochabamba, Bolivia. 31 p.
- INNOVA (2004). *Informe final cadena de la papa. En el estudio de Identificación, Mapeo y Análisis Competitivo de la Cadena Productiva de la Papa*. La Paz, Bolivia. 92 p.
- PROINPA (2004). *Principales plagas del cultivo de papa en Bolivia*. 1ra Edición. Cochabamba, Bolivia. 35 p.
- Saravia, G. (2007). *Biodiversidad en papas amargas*. AGRUCO. Cochabamba, Bolivia. 7 p.
- Trujillo y Rocabado. (2009). *Innovaciones tecnológicas en la producción de tubérculos-semilla de papa de alta calidad genética y fitosanitaria en Bolivia*. En encuentro nacional de innovación tecnológica agropecuaria y forestal. La Paz, Bolivia. pp. 15-20



SALES DE MURASHIGE Y SKOOG 1962 EN LA MULTIPLICACIÓN *IN VITRO* DE PAPA AMARGA (*Solanum jusepzkii*) Salts of Murashige and Skoog 1962 *in vitro* multiplication of bitter potato (*Solanum jusepzkii*)

Butrón, R.¹; Chávez, S.²; Marza, F.³

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de
El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Investigadora de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

3 Profesor de Genética y Diseños Experimentales de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph. D. en Biotecnología molecular, USA)

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

Three We evaluated three ecotypes of bitter potato were evaluated es in the laboratory (*Solanum jusepzkii*) Q'aysallla (Acc-04), Prinkayo (Acc-12) and luk'i (Acc-16) cultured *in vitro* condition from meristem culture in multiplication phase in test tubes at four concentrations of salts of Murashige and Skoog (1962) (25, 50, 75 and 100%) These were grown under in 16 hours light and 8 hours of darkness. The study was conducted Were evaluated uunder a completely randomized design with under two-factor. The variables recorded were height of plantlets, node number, number of leaves, coefficient of multiplication, root length leave size sheets, root presence of roots and root development degree of rooting. Luk'i ecotype had the highest plant height a good development-desrrollo plantlets fofrom the leaves and high coefficients of multiplication followed q'aysalla and pirinkayo ecotypes. In the application of different concentrations of MS salts, concentrations 1962 of to 100% and 75% favored the successful development of *in vitro* plants. C and concentrations of 50 and 25% resulted in por less performance of plantlets favorable characteristics.

Keywords: Biotechnology, Potato, *in vitro* culture

Resumen

Se evaluaron tres ecotipos de papa amarga (*Solanum jusepzkii*), Q'aysallla (Acc-04), Prinkayo (Acc-12) y luk'i (Acc-16) cultivadas en condiciones de *in vitro*, procedentes de cultivo de meristemas en la fase de multiplicación en tubos de ensayo en cuatro concentraciones de sales de Murashige y Skoog (1962) (25, 50, 75 y 100%). Estos fueron cultivados en 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Fueron evaluados bajo un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial. Las variables que se registraron fueron

altura de *vitroplantas*, número de nudos, número de hojas, coeficiente de multiplicación, longitud de raíz, tamaño de hojas, presencia de raíces y grado de enraizamiento. El ecotipo luk'i presentó la mayor altura de *vitroplantas* un buen desarrollo de las hojas y alto coeficientes de multiplicación seguida de los ecotipos q'aysalla y pirinkayo. En la aplicación de las diferentes concentraciones de sales de MS 1962 las concentraciones al 100% y 75% favorecieron al buen desarrollo de las *vitroplantas* y las concentraciones de 50 y 25% presentan características menos favorables.

Palabras claves: Biotecnología, papa, cultivo *in vitro*.

1. Introducción

La papa se cultiva en los andes desde hace más de 7.000 años. Según investigaciones confirmadas recientemente, el origen de la papa, especie *Solanum tuberosum*, se centra en la parte norte del lago Titicaca, sur del Perú (Spooner *et al.*, 2005). Es considerado como uno de los cultivos de importancia mundial ocupando en el consumo el quinto lugar y el cuarto lugar en cuanto al valor de la producción mundial, después del trigo, arroz y maíz (Mendoza y Gómez, 2009). Es cultivado en todo tipo de ecosistemas desde las zonas más altas hasta las más bajas, en la región del altiplano Perú-Boliviano, sobre los 3.800-4.500 msnm (CIP, 2006). La producción de papa en nuestro país alcanza los 935.862 ton, en una superficie cultivada 179.407 has con rendimiento promedio para la misma gestión de 5 216 kg*ha⁻¹, de las cuales el 27%, corresponde al departamento de La Paz, donde el rendimiento promedio esta por debajo del promedio nacional con 4.444 kg*ha⁻¹ (INE, 2008). Del total de la superficie cultivada en Bolivia se estima que el 15% de la producción corresponde a variedades nativas de papas amargas, (Saravia, 2007). Este cultivo se propaga vegetativamente, asegurando la conservación de características varietales durante generaciones sucesivas, teniendo como desventaja que el tubérculo-semilla favorece la diseminación de enfermedades (Jiménez, 1999). La biotecnología

vegetal, por medio de la micropropagación ofrece la posibilidad de producir plantas *in vitro*, en grandes cantidades de plántulas genéticamente idénticas, a partir del cultivo de meristemos o yemas (Pérez, 1998). Estos procesos facilitan la obtención de plantas madres libres de patógenos (Aguirre *et al.*, 2010). En nuestro país se ha incursionado con la técnica de micropropagación con variedades comerciales de papa por distintas instituciones, de las cuales la Unidad de Producción de Semilla de Papa (SEPA) con variedades: Huaycha, Sani Imilla, Desiree y Romano (Trujillo, 2008). En cuanto a las papas de variedades amargas IBTEN (2010), estudió la adaptabilidad de cinco variedades en diferentes medios de cultivo *in vitro*, donde el medio compuesto por 0,5 mg*l⁻¹ de AG3 (ácido giberélico) mas 15% AC (agua de coco) se comportó satisfactoriamente. Sin embargo Enríquez del Valle *et al.* (2005) realizó estudios similares con la Cúrcuma doméstica (*Agave angustifolia*), reduciendo la concentración de sales Murashige y Skoog (MS) 1962 en el medio de cultivo a niveles 25%, 50%, 75% y 100% en la fase de enraizamiento, obteniendo buenos resultados con la reducción de concentración hasta 75%.

Debido a la reducción de la papa amarga de la especie (*Solanum juzepzukii* Buk) en campo, las cuales están siendo remplazadas por variedades de papas comerciales a largo plazo se corre el riesgo de

perder la variabilidad genética, además estas especies presentan ventajas comparativas en zonas áridas y con climas adversos para la producción de especies comerciales, por presentar estas características son fuente potencial para realizar fitomejoramiento en especies comerciales susceptibles (heladas y secas). En la multiplicación de *vitroplantas* en condiciones de laboratorio de esta especie, no se tiene establecido la concentración adecuada de sales en el medio de cultivo, se ha observado que con los nutrientes incorporados, el crecimiento sobrepasa el tamaño ideal. Por estas razones expuestas con este trabajo de investigación se pretende aumentar la eficiencia, estableciendo un protocolo adecuado con el uso de cuatro concentraciones de MS 1962, en la multiplicación de *vitroplantas* de 3 ecotipos promisorias de papa amarga (*Solanum juzepzukii* Buk) procedentes de la colección de germoplasma de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

2. Materiales y métodos

La multiplicación *in vitro* de los ecotipos de papa amarga se efectuó en los ambientes del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, geográficamente queda ubicado a 16°29'29" sur y 68°11'36" oeste a 4.068 msnm. Para la presente investigación se utilizaron *vitroplantas* de 3 a 4 cm de longitud de tres ecotipos de papa amarga (*Solanum juzepzukii*), Q'aysallla (Acc-04), Prinkayo (Acc-12) y Luk'i (Acc-16) cultivadas *in vitro* por técnicas de cultivo de meristemas en tubos de ensayo, en el medio básico de MS 1962. Estos fueron cultivados en 16 horas luz y 8 horas de oscuridad.

Se establecieron 12 tratamientos para la multiplicación *in vitro*, donde se varió la concentración de sales de MS 1962 (25, 50, 75 y 100%) en las cuales fueron culti-

vadas los tres ecotipos de papa amarga (Luk'i, Prinkayo y Q'aysallla). Se registró variables de respuesta cuantitativas como la altura de *vitroplantas* (AV), número de nudos (NN), número de hojas (NH), coeficiente de multiplicación (CM) y longitud de raíz (LR) y también se registraron variables cualitativas como el tamaño de hojas (TH), presencia de raíces (PR) y grado de enraizamiento (GE). La unidad experimental fue un explante cultivado en un tubo de ensayo y tuvieron 13 repeticiones por tratamiento en total 156. Los tratamientos respectivos se instalaron en un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, donde el factor ecotipo tuvo tres niveles y el factor concentración de sales de MS 1962 tuvo cuatro niveles. Para analizar los datos cuantitativos obtenidos en la investigación se realizó un resumen de cuadro y gráficos que nos permitió identificar las tendencias, se aplicó la estadística descriptiva. Posteriormente se realizó el análisis de varianza para detectar diferencias significativas ($p < 0,05$) y diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos. De los tratamientos que fueron significativos se realizaron la prueba de promedios de Duncan ($p < 0,05$) con la finalidad de detectar tratamientos propicios. Consecutivamente se elaboró una cuadro de matriz de correlaciones obteniendo valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) para identificar variables que están asociados y además significativos ($p < 0,05$). Finalmente se elaboró un análisis de componentes principales para generar un nuevo conjunto de variables independientes llamados componentes principales. Estas operaciones se realizaron con el programa estadístico SAS 9,1; SPSS 18,0 y S-PLUS - 2000.

3. Resultados y discusiones

El análisis de los resultados fue elaborado en base a la información adquirida en la evaluación de la multiplicación *in vitro*

de tres ecotipos de papa amarga en base a cuatro concentraciones de sales de MS 1962 en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Análisis estadístico descriptivo

Se realizó un resumen de los parámetros estadísticos de tendencia central y de dispersión (cuadro 1) para variables cuantitativas y se realizó una descripción de cada una de ellas.

La variable altura de *vitroplanta* (AP) obtuvo una media de 5,93 cm con una desviación estándar de $\pm 1,47$ cm exis-

tiendo un rango de variación de 3 cm a 9,6. La variable número de nudos (NN) fluctuó entre 5 cm a 12 cm, siendo la media de la característica evaluada de 7,85 cm. El número de hojas (NH) promedio de las *vitroplantas* fue de 9,65 siendo el valor máximo de 14 y el valor mínimo de 6. En cuanto a la variable de coeficiente de multiplicación (CM) alcanzó un promedio de 5,73 con un rango de 7, con un valor máximo alcanzado para esta variable de 10 y su valor mínimo de 3. Finalmente la variable de longitud de raíz (LR) osciló entre 1,2 cm a 3,3 cm con una media de 2,52 cm y una desviación estándar respecto a la media fue de 0,47 cm.

Cuadro 1. Estadística descriptiva (rango, mínimo, máximo, media, desviación estándar, varianza, sesgo y curtosis) para variables cuantificadas en el estudio de evaluación de la multiplicación in vitro de tres accesiones de papa amarga en cuatro concentraciones de sales MS (1962) en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Variables	Estadísticos							
	Rango	Mín.	Máx.	Media	Std.	Var.	Sesgo	Curtosis
Altura de <i>vitroplanta</i> €	6,6	3	9,6	5,93	1,47	2,15	0,22	-0,57
Número de nudo §	7,0	5	12	7,85	1,42	2,01	0,23	-0,35
Número de Hoja ¥	8,0	6	14	9,65	1,50	2,25	0,23	-0,23
Coeficiente de Multiplicación £	7,0	3	10	5,73	1,51	2,28	0,31	-0,43
Longitud de Raíz λ	2,1	1,2	3,3	2,52	0,47	0,22	-0,46	0,10

€ = cm; § = Unidad; ¥ = unidad; £ = unidad; λ = cm. Elaboración propia

En los análisis descriptivos de variables efectuados, muestra que la totalidad de las respuestas tienen una distribución normal (coeficientes de sesgo y curtosis), lo cual fortalece el proceso de aplicación de herramientas estadísticas.

Análisis de varianza

Se realizó análisis de varianza (cuadro 2) para el factor ecotipo de las variables altura de *vitroplanta* (AV), coeficiente de multiplicación (CM) y número de nudos (NN) se observó diferencias estadísticas

significativas ($p < 0,05$) y altamente significativas ($p < 0,01$), pero en la longitud de raíces no existió diferencias significativas. En cambio, para el factor de concentraciones de sales de MS 1962 resultaron para todas las variables altamente significativas ($p < 0,01$), lo que nos indica claramente la influencia de las concentraciones en el desarrollo de las *vitroplantas*. La interacción de los factores ecotipo por las concentraciones de sales mostraron una interacción para las variables evaluadas, ya que cada factor se expresó independientemente, con excepción de la variable longitud de raíces (LR).

Cuadro 2. Análisis de varianza para variables cuantitativas (AV; altura de vitroplanta, NN; número de nudos, NH; número de hojas, CM; coeficiente de multiplicación y LR; longitud de raíz), de tres ecotipos de papa amarga en cuatro concentraciones de MS (1962), evaluados en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		AV	NN	NH	CM	LR
Ecotipo	2	24,16*	5,66**	2,93n.s.	5,75*	0,02n.s.
MS (1962)	3	32,05**	29,80**	36,65**	37,26**	1,18**
Cultivar* MS (1962)	6	1,35n.s.	1,00n.s.	2,31n.s.	1,00n.s.	0,57**
Error	97	0,89	1,22	1,27	1,31	0,17
C.V.		16,0%	14,1%	11,7%	19,90%	16,40%
R ²		0,62	0,45	0,50	0,48	0,32

CV = coeficiente de variación, R² = coeficiente de determinación, n.s = no significativos a una probabilidad estadística ($p > 0,05$); * = significativa a una probabilidad estadística ($p < 0,05$) y ** = significativa a una probabilidad estadística ($p < 0,01$)

Comparación de medias de Duncan

Se realizó la prueba de medias de Duncan (cuadro 3) del factor ecotipo, para la variable altura de vitroplanta. El ecotipo Luk'i obtuvo una mayor altura de 6,7 cm, en comparación al ecotipo Q'aysalla que alcanzó una altura mínima de 5,1 cm, en cambio el ecotipo Pirinkayo presentó una altura intermedia de 6,0 cm. Es decir, la diferencia de la altura de vitroplantas, posiblemente se deba al genotipo de cada ecotipo y la respuesta fisiológica en condiciones *in vitro*. Los resultados obtenidos por Gómez (2001) indica que la altura de vitroplantas, para los ecotipos Luk'i,

Pirinkayo, Casilla fueron de 3,5 cm, 5 cm y 5,8 cm respectivamente. Sin embargo en la investigación se obtuvo el ecotipo Luk'i con 6,7 cm, Pirinkayo con 6,0 y Q'aysalla con 5,1 cm. En cuanto a las variables de número de nudos, número de hojas, coeficiente de multiplicación se agruparon en dos grupos (A) y (B); el primer grupo estuvo conformado por el ecotipo Luk'i que muestra una clara superioridad para las variables mencionadas. En cambio para la variable longitud de raíz los tres ecotipos no presentaron diferencias estadísticas significativas. La diferencia detectada en las variables cuantitativas puede ser debido la carga genética del ecotipos de papa amarga.

Cuadro 3. Prueba de Duncan para crecimiento de vitroplantas y formación de raíces, de tres ecotipos de papa amarga, evaluados en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Ecotipos	Altura de vitroplanta (cm)	Número de nudos (unid.)	Número de hojas (unid.)	Coeficiente de multiplicación (unid.)	Longitud de raíz (cm)
Luk'i	6,7a	8,3a	10,0a	6,2a	2,56a
Pirinkayo	6,0b	7,5b	9,4b	5,4b	2,46a
Q'aysalla	5,1c	7,8b	9,6b	5,6b	2,54a

Promedios con la misma letra, son estadísticamente iguales (Duncan $p < 0,05$)

Del mismo modo, se realizó la prueba de promedios para el factor concentraciones de sales de MS 1962 (cuadro 4); se identificaron las concentraciones de 100% y 75% que

estadísticamente son superiores a las concentraciones de 50% y 25%, el cual indica que concentraciones bajas de MS 1962 en el medio de cultivo disminuyen el buen desar-

rollo de las variables altura de planta, número de nudos número de hojas y coeficiente de multiplicación. No obstante, la variable longitud de raíces tiene un comportamiento diferenciado frente a las concentraciones bajas de MS 1962 en el medio de cultivo donde las concentraciones bajas tienen mayor longitud de raíces. Al respecto Yaguache (2009) indica que la disminución de las concentración de sales minerales en el medio de cultivo MS

frena el crecimiento de las plántulas *in vitro*. Además, Pierik (1990) señala que la concentración mineral de los medios de cultivo condiciona totalmente la respuesta de los cultivos en cuanto a crecimiento y características fisiológicas de las plantas obtenidas; el cual está condicionando a la definición de nuevos medios de cultivo aplicados de forma estática o de forma dinámica durante el transcurso de cada período de cultivo.

Cuadro 4. Prueba de Duncan del comportamiento de tres ecotipos de papa amarga para las variables cuantitativas, de cuatro concentraciones de MS (1962), evaluados en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Concentraciones de MS 1962	Altura de vitro-planta (cm)	Número de nudos (unid.)	Número de hojas (unid.)	Coeficiente de multiplicación (unid.)	Longitud de raíz (cm)
100%	6,6a	8,7a	10,6a	6,8a	2,2b
75%	7,0a	8,6a	10,5a	6,5a	2,5a
50%	5,3b	7,2b	8,9b	5,0b	2,6a
25%	4,7c	6,8b	8,5b	4,5b	2,7a

Promedios con la misma letra, son estadísticamente iguales (Duncan $p < 0,05$)

Análisis de correlación simple

Con el propósito de determinar el grado de asociación de variables, se procedió a realizar el cálculo de las correlaciones cruzadas entre todas las variables cuantitativas, llegando a formar una matriz de correlaciones que constituye un elemento de ayuda. La matriz de correlación simple entre cada par de variables cuantitativas (cuadro 5) se presentó del total de coeficientes analizados, diez fueron altamente significativos ($P < 0,001$) y su análisis respectivo empezó del coeficiente más alto y altamente significativo. La correlación más alta correspondió a la variable número de hojas y número de nudos ($r = 0,96$), esta asociación indica que al incrementar el número de hojas incrementa el número de nudos. La variable altura de planta esta altamente correlacionada con el número de nudos ($r = 0,80$); número de hojas ($r = 0,77$); coeficiente de multiplicación ($r = 0,77$) y longitud de raíz ($r = -0,49$). Estas correlaciones revela que al incrementar la altura, las *vitroplantas* tienden a un mayor desarrollo en el número de hojas, número de

nudos y aumenta las posibilidades de un mayor tasa de propagación al incrementar el coeficiente de multiplicación. Sin embargo, la correlación negativa de altura de *vitroplanta* con la longitud de raíz, nos indica que existe tendencias al incrementar la altura desarrolla con menor longitud raíz. Por otra parte, haciendo una análisis general y de acuerdo a los datos que se muestran en la matriz (cuadro 5), se observa las correlaciones altamente positivas entre el número de hojas con el coeficiente de multiplicación ($r = 0,90$) lo cual revela que a mayores número de hojas se traducen en mayores coeficientes de multiplicación. Por otra parte, la variable número de hojas se asocia con longitud de raíz ($r = -0,90$) implicando que a mayor cantidad de número hojas de las *vitroplantas* conduce a la tenencia de menor longitud de raíz. Variables con menor grado de relación negativa para la longitud de raíz, integran: la altura de *vitroplanta*, el coeficiente de multiplicación, el número de nudos y el número de hojas con $r = -0,49$; $r = -0,59$; $r = -0,60$ y $r = -0,61$ respectivamente.

Cuadro 5. Valores de los coeficientes de correlación (r) de las variables cuantitativas (AV: altura de vitroplanta, NN: número de nudos, NH: número de hojas, CM: coeficiente de multiplicación y LR: longitud de raíz) de tres ecotipos de papa amarga en cuatro concentraciones de MS (1962), evaluados en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Variables Cuantitativas	AV	NN	NH	CM	LR
Altura de vitroplanta	1,00				
Número de nudos	0,80**	1,00			
Número de hojas	0,77**	0,96**	1,00		
Coeficiente de multiplicación	0,77**	0,93**	0,90**	1,00	
Longitud de raíz	-0,49**	-0,60**	-0,61**	-0,59**	1,00

* La correlación es significativa al nivel $P < 0,05$ y

** La correlación es significativa al nivel $P < 0,01$.

Análisis de componentes principales

La transformación lineal de este método permitió generar un nuevo conjunto de variables independientes llamados componentes principales, que nos expresan sus resultados en valores y vectores propios. Donde los valores propios miden la importancia y la contribución de cada componente a la varianza total, mientras que en los vectores propios, cada coeficiente indica el grado de contribución de cada variable original con la que se asocia a cada componente principal. En consecuencia, el estudio puede ser interpretado en función al valor propio (varianza de cada eje) de 5 componentes principales (gráfico 1), con los dos primeros de ellos se logró representar más del 70% de la varianza total acumulada del conjunto de datos. Es decir, estos dos componentes principales no relacionados explican cada una el 80% y 12%, de la varianza total.

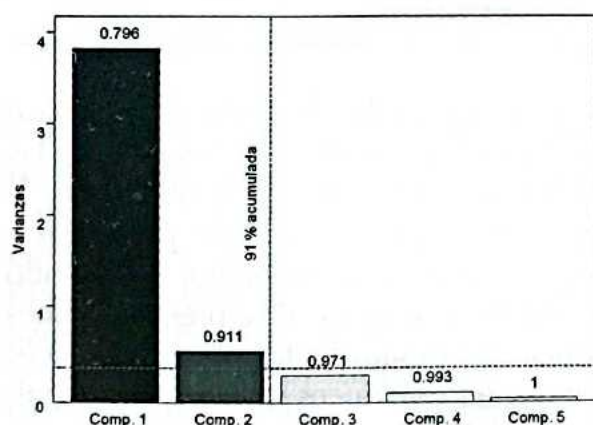


Gráfico 1. Diagrama de sedimentación de los componentes principales de acuerdo a varianza o valor propio de tres ecotipos de papa amarga en cuatro concentraciones de MS 1962 en condiciones *in vitro* evaluadas en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Cada variable contribuye a la formación de componentes principales y además se puede identificar la variable más influyente en cada componente principal.

Distribución espacial de las 5 variables

Por tratarse este caso de un análisis normado, es posible representar las proyecciones de las variables originales sobre los dos primeros componentes. En el gráfico 2 se aprecia la proyección de las variables en los dos primeros ejes o componentes principales. Considerando la información o varianza que aportaron a los dos primeros componentes principales, las variables más vinculadas negativamente al primer componente fueron: número de hojas, coeficiente de multiplicación, número de nudos y altura de vitroplanta. Estas variables presentaron una alta correlación, sin embargo, la variable longitud de raíz fue ambivalente en la vinculación con los componentes principales, pero desde un análisis de correlación se logró observar la correlación negativa al primer grupo de variables.

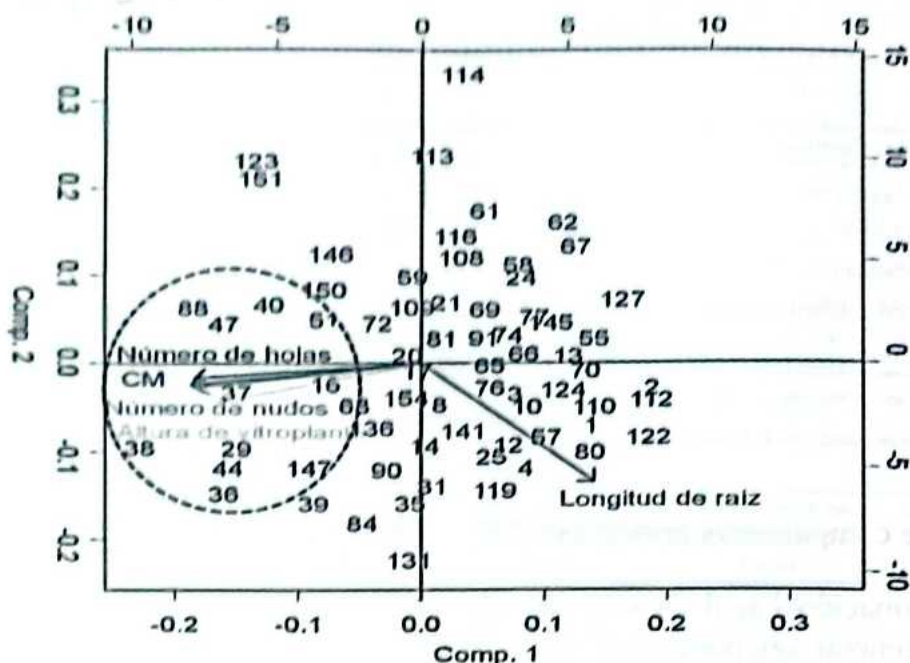


Gráfico 2. Diagrama de Biplot de asociación de características morfológicas y componentes principales de tres ecotipos de papa amarga en cuatro concentraciones de sales MS 1962. (CM=Coeficiente de multiplicación)

Tamaño de hoja y presencia de raíces

La prueba de Chi cuadrada (cuadro 6), muestra una relación significativa entre el tamaño de la hoja con la presencia de la raíz ($X^2=122,0$ $P=0,372$), para

el tamaño de la hoja, el 11,5 % tienen hojas pequeñas, 45% de hojas medianas y 43% de hojas grandes; en cambio en la presencia de raíz se enraizaron un 87% de un total de 122 vitroplantas y el 15 % no presentaron raíces.

Cuadro 6. Resumen de la relación entre el tamaño de hoja y presencia de raíces de tres ecotipos de papa amarga en cuatro concentraciones de MS 1962, en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Tamaño de hoja	Presencia de raíz		Total	(%)
	No	Si		
Hoja pequeña	1	13	14	11,5
Hoja mediana	5	50	55	45,1
Hoja grande	9	44	53	43,4
Total	15	107	122	100
(%)	12,3	87,7	100	

Grado de enraizamiento y tamaño de hoja

Los resultados (cuadro 7) muestran la existencia de diferencias en el grado de enraizamiento y tamaño de hoja, siendo el valor de Chi cuadrada ($X^2= 47, 209$, $P = 0,000$); en la variable tamaño de hoja se tiene en proporción 11,5% de hojas

pequeñas seguidas de hojas grandes con 45,5% y de hojas medianas el 43% de las vitroplantas. De estos datos obtenidos, la mayoría de las vitroplantas presentaron hojas medianas, sin embargo, en el grado de enraizamiento el 68% presentó raíces principales desarrolladas, 12,3% de raíces principales con raíces secundarias y finalmente el 12,3 % no presentó raíz alguna.

Cuadro 7. Recuento de la relación entre el tamaño de hoja y grado de enraizamiento de tres ecotipos de papa amarga evaluadas en cuatro concentraciones de MS 1962, en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Tamaño de hoja	Grado de enraizamiento			Total	(%)
	Sin raíz	Raíz principal desarrollado	Raíz principal con raíces secundarias		
Hoja pequeña	1	1	12	14	11,5
Hoja mediana	5	46	4	55	45,5
Hoja grande	9	36	8	53	43,4
Total	15	83	24	122	100
(%)	12,3	68,0	19,7	100	

Grado de enraizamiento y presencia de raíz

Los valores de la prueba de Chi cuadrada muestran que existe relación significativa entre el grado de enraizamiento y la presencia de raíces ($X^2= 122,0$ y $P= 0,000$). El 87% de la *vitroplantas* multiplicadas (cuadro 8) desarrolló raíces y

un 12,3% de *vitroplantas* no presentó raíces, siendo la principal característica la presencia de raíz. En cuanto al grado de enraizamiento sólo el 68% presentó raíces principales desarrolladas y el 12,3% de *vitroplantas* desarrolló raíces principales con raíces secundarias.

Cuadro 8. Recuento de la relación entre la presencia de raíces y el grado de enraizamiento de tres ecotipos de papa amarga evaluadas en cuatro concentraciones de MS 1962, en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Grado enraizamiento	Presencia de raíces		Total	(%)
	No	Si		
Sin raíz	15	0	15	12,3
Raíz principal desarrollado	0	83	83	68,0
Raíz principal con raíces secundarias	0	24	24	19,7
Total	15	107	122	100
(%)	12,3	87,7	100	

3. Conclusiones

En base a la información analizada se llega a las siguientes conclusiones:

Dentro los ecotipos investigados el ecotipo Luk'i mostró un buen comportamiento morfológico con un buen desarrollo en altura, número de hojas, altos coeficientes de multiplicación seguidas del ecotipo Q'aysalla y el ecotipo de Pirinkayo con características menos favorables que las anteriores.

La concentración de sales MS 1962 reducida al 75% expresa un similar comporta-

miento en el desarrollo de las *vitroplantas* que con la aplicación de sales al 100%, por ende, la reducción de la concentración al 75% no afecta el buen desarrollo y calidad de las *vitroplantas*. Las concentraciones bajas al 50% y 25% afectan significativamente en el desarrollo de las *vitroplantas*.

Se encontró variables altamente asociadas al: número de nudos con el número de hojas, número de hojas, altura de *vitro*-planta con el coeficiente de multiplicación. Se detectó correlaciones negativas de la longitud de raíz con los demás variables cuantitativas.

Se identificó agrupaciones nuevas de variables cuantitativas alineadas en sus respectivos componentes principales. Donde las variables número de hoja, número de nudos, coeficientes de multiplicación y altura de planta muestran un agrupamiento en el componente 2 y estas tienen correlación entre sí.

Además, se evidenció las relaciones entre las variables cualitativas entre el grado de enraizamiento con el tamaño de hojas y grado de enraizamiento con presencia de raíces.

4. Agradecimientos

Los investigadores expresan sus agradecimientos a la UPEA, a los señores Ing. Wilfredo Rojas, Ph. D. Víctor Hugo Mendoza, Ing. Cristóbal Riquelme, colaboradores en el desarrollo del presente trabajo. Al encargado de Laboratorio de Biotecnología Vegetal Ing. Omar Aguilar de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

6. Referencias bibliográficas

- Aguirre, G., Pierre, J. y Leigue, L. (2010). *Aplicación del cultivo de tejidos en la multiplicación y conservación de los recursos fitogenéticos*. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias. Cochabamba, Bolivia. 200 p.
- CIP (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa*. 1ra edición. Huancavelica, Perú. 208 p.
- Enríquez del Valle, J. R., Carrillo C, Guillermo. (2005). *Salas inorgánica y ácido indolbutírico en el Enraizado in vitro de brotes de Agave angustifolia*. ISSN (Revista Mexicana de Fito-tecnia). Chapingo, México. pp. 175-178.
- Gómez E. y Murillo, R. (2001). *Adaptabilidad de cinco variedades de papa amarga en diferentes medios de introducción y conservación in vitro*. En la revista de científica Jiltañani. La Paz Bolivia. pp. 35-37.
- IBTEN (2010). *Desarrollo de investigaciones en biotecnología aplicada a la agricultura sostenible. Adaptabilidad de cinco variedades de papa amarga (Solanum juzepczukii Buck) en diferentes medios de introducción y conservación in vitro*. La Paz, Bolivia. 21 p.
- INE (2008). *Datos estadísticos de la producción agropecuaria en Bolivia*. La Paz, Bolivia. 2011. pp. 24-25
- Jiménez, E. (1999). *Aplicación de la Biotecnología en la mejora genética de plantas y en la producción de semillas. Propagación masiva de plantas in vitro*. Módulo 4. Santa Clara, Cuba. pp. 82.
- Murashige, T. and Skoog, (1962). "A revised médium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue culture." *Physiologia Plantarum* 15: pp. 473 – 497
- Mendoza, V. y Gómez, V. (2009). *Producción de semilla prebásica de papa de genotipos de papa nativa a partir de cultivos in vitro en el altiplano de Bolivia*. En encuentro nacional de innovación tecnológica agropecuaria y forestal. La Paz, Bolivia pp. 8-14
- Pérez P, J. (1998). *Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología*. Editorial Santa Clara. Villa Clara, Cuba. Ediciones GEO. 390 p.
- Pierik, R.L.M. 1990. *Cultivo in vitro de plantas superiores*. Department of Horticulture Agricultural University Wageningen, The Netherlands. Madrid, España. 326.
- Saravia, G. 2007. *Biodiversidad en papas amargas*. AGRUCO. Cochamba, Bolivia. 7 p.
- Spooner, D.M., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R. y Bryan, G. J. (2005). *A Single Domestication for Potato Based on Multilocus Amplified Fragment Length Polymorphism Genotyping*, PNAS, Vol. 102(41).
- Trujillo E, A. (2008). *Unidad de Producción de Semilla de Papa – SEPA*. Cochabamba, Bolivia. 25 p.
- Yaguache C., A. (2009). *Germinación, brotación y conservación in vitro de Solanum cajanumensis, kunth (tomate de árbol silvestre)*. Tesis de grado de la Escuela de Ciencias Agropecuarias Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Católica de Loja. Loja, Ecuador. 59 p.

ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA MULTIPLICACIÓN *IN VITRO* EN DOS TIPOS DE EXPLANTES DEL ULLUCO (*Ullucus tuberosus* L.) ECOTIPO KELLU

Gibberellic acid on the multiplication *in vitro* in two types of explants Ulluco (*Ullucus tuberosus* L.) ecotype Kellu

Chávez, S.¹; Butrón, R.²; Marza, F.³; Mamani B.⁴

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

3 Professor de Genética y Diseños Experimentales de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph. D. en Biotecnología molecular, USA)

4 Investigador de la Unidad de Biotecnología Vegetal del Instituto de Biología Molecular y Biotecnología, UMSA.

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

To develop a methodology to obtain seedlings *in vitro* multiplication of ulluco (*Ullucus tuberosus*) Kellu ecotype were carried out with seedlings from two types of explants (apical and axillary) cultured on Murashige and Skoog based on the addition of three concentrations of GA₃ (0,0 mg * l⁻¹ GA₃, 0,2 mg * l⁻¹ GA₃, 0,4 mg * l⁻¹ GA₃ and 0,6 mg * l⁻¹ GA₃), which were incubated under an illumination of 2000 lux intensity, a photo-period of 16 hours and 8 hours. Were measured: length of outbreak, days to sprouting, number of nodes per shoot, number of leaves, and number of roots. At 45 days from the apical meristem explants reached a greater length, greater number of leaves, increased number of outbreaks in relation to the explants from axillary meristems. As AG₃ concentrations were identified concentrations to 0,4 mg * l⁻¹ GA₃, as the most outstanding for the response variables studied, were also identified by the group of variables involved in the mass multiplication of shoots.

Keywords: *In vitro*, ecotype, gibberellic acid, apical meristems, axillary meristems.

Resumen

Para desarrollar una metodología que permita obtener plántulas *in vitro* en la multiplicación de ulluco (*Ullucus tuberosus*) ecotipo Kellu, se llevó a cabo con plántulas provenientes de dos tipos de explantes (apical y axilar) cultivadas en medio basa de Murashige y Skoog con la adición de tres concentraciones de AG₃ (0,0 mg*l⁻¹AG₃; 0,2 mg*l⁻¹AG₃; 0,4 mg*l⁻¹AG₃ y 0,6 mg*l⁻¹AG₃), las cuales fueron incubados bajo una iluminación de 2000 lux de intensidad, un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Se midieron:

longitud de brote, días a la brotación, número de nudos por brote, número de hojas y número de raíces. A los 45 días los explantes provenientes del meristemo apical alcanzaron una mayor longitud, mayor número de hojas, mayor número de nudos por brotes en relación a los explantes provenientes de meristemos axilares. En cuanto a las concentraciones del AG₃: se identificaron concentraciones al 0,4 mg·l⁻¹ de AG₃, como las más sobresalientes para las variables de respuestas estudiadas, también se identificaron la agrupación de variables que están involucradas en la multiplicación masiva de brotes.

Palabras claves: *in vitro*, ecotipo, ácido giberélico, meristemo apical, meristemo axilar.

1. Introducción

El ulluco (*Ullucus tuberosus* L.) es un tubérculo originario de los andes y se cultiva desde Venezuela hasta el norte de Argentina (Tapia y Fries, 2007). En Bolivia, es conocido con una menor importancia que la papa (*Solanum sp.*) y oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), sin embargo, se considera un rubro importante para los agricultores en los sistemas de producción tradicionales con altitudes de 3.300 a 3.600 msnm, por ser fuente de ingresos económicos y de alimentación (según Tapia, 1994; citado por PROINPA, 2003). En Bolivia, el ulluco se cultiva en siete de los nueve departamentos (Chuquisaca, La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí, Tarija y Santa Cruz). Según el INE, citado por PROINPA (2003), en los años 1983-84 y 1997-98, la mayor superficie cultivada de este tubérculo se encontró en Cochabamba y Chuquisaca, alcanzando 3.166 ha y la producción total 10.404 tn. El rendimiento promedio llegó a 2.892 Kg·ha⁻¹. En el Banco Nacional de Tubérculos y Raíces Andinos (BNTRA), se mantiene una colección de 197 accesiones de ulluco, todo este material se encuentra en el Centro de Toralapa, conservadas en campo, invernadero, *in vitro* y semilla sexual (Cadima et al, 2009).

Este cultivo se propaga vegetativamente, asegurando la conservación de características varietales durante generaciones sucesivas, teniendo como desventaja que el tubérculo-semilla favorece la disemi-

nación de enfermedades (Jiménez, 1999). La biotecnología vegetal, por medio de la micropropagación ofrece la posibilidad de producir plantas *in vitro*, en grandes cantidades de plántulas genéticamente idénticas, a partir del cultivo de meristemos o yemas (Pérez, 1998). Según Michael e Hidalgo (2003), cuando los meristemas logran su desarrollo y cuentan con 3-5 nudos se procede a su multiplicación a fin de, conservación o propagación. El medio de cultivo utilizado en micropropagación es similar al medio para aislamiento de meristemas (Pierik, 1990), con la sola diferencia que en el medio de micropropagación se usa AG₃ a 0,25 ppm. Según Rígato et al. (2001), encontraron diferencias en el tipo de explantes en la fase de multiplicación en plántulas *in vitro* del cultivo de la papa. Los explantes provenientes del ápice enraizaron 60%, en cambio los explantes provenientes de la parte del tercio medio de la planta enraizaron un 42%, por la cual se utilizó dos tipos de explantes.

Una de las causas de la reducción de rendimiento se debe a la carencia de alternativas tecnológicas (falta de variedades mejoradas), el aporte a la seguridad alimentaria de la población en la actualidad es limitada, atribuyéndose la misma a la poca investigación, así como también se tiene un vacío de información con respecto a patrones agronómicos, usos, económico-comercial en las unidades productivas básicas. En el campo de la biotecnología vegetal en Bolivia, se ha

generado una escasa información sobre el ulluco. Por el cual, el presente trabajo está enfocado a la propagación *in vitro* a partir de cultivo de meristemo para conocer el comportamiento, con la adición de niveles de reguladores de crecimiento en la fase de multiplicación en combinación de dos tipos de explante, el material vegetal que se estudio es la ACC-016 (ecotipo Kellu) de la colección del Banco Germoplasma de de Tubérculos Andinos de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

2. Materiales y métodos

La propagación *in vitro* del ulluco se realizó en los ambientes del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica ubicado a 16°29'29" sur y 68°11'36" oeste a 4.068 msnm.

En la fase de introducción, los explantes procedentes de meristemos apicales y axilares de ulluco ecotipo Kellu, se cultivó en medio básico de Murashige y Skoog (1962) y posteriormente fueron incubadas bajo luz blanca fluorescente a 2.000 lux de intensidad, un fotoperiodo de 16 horas y 8 horas de de oscuridad a una temperatura de 12 a 18°C. Por un periodo de 45 días.

En la fase de multiplicación se cultivaron dos tipos de explantes: provenientes de meristemos apicales (a1) y provenientes de meristemos axilares (a2). Estas fueron cultivadas en medio básico de Murashige y Skoog 1962 adicionando ácido giberélico (AG_3) en diferentes concentraciones: 0 $mg \cdot l^{-1}$ AG_3 (b1); 0,2 $mg \cdot l^{-1}$ AG_3 (b2); 0,4 $mg \cdot l^{-1}$ AG_3 (b3) y 0,6 $mg \cdot l^{-1}$ AG_3 (b4), y el pH se ajustó a 5,7. Se vertió en tubos de ensayo (3 $ml \cdot tubo^{-1}$), posteriormente fueron incubadas bajo luz blanca fluorescente a 2.000 lux de intensidad, un fotoperiodo de 16 horas y 8 horas de de oscuridad a una temperatura de 12 a 18°C. Para la evaluación de esta fase se registró vari-

ables de respuesta cuantitativas como la longitud de brote (LB), días a la brotación (DB), número de nudos por brote ($NN \cdot B^{-1}$), número de hojas (NH) y número de raíz (NR). La unidad experimental fue un explante cultivado en un tubo de ensayo con 8 tratamientos de 15 repeticiones, las cuales fueron instalados en un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial. Para analizar los datos cuantitativos obtenidos en la investigación se realizó un resumen de cuadros y gráficos que permitió identificar las tendencias, para esta descripción se aplicó la estadística descriptiva. Luego, se realizó el análisis de varianza para detectar diferencias significativas ($p < 0,05$) y diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos. De los tratamientos que fueron significativos se realizaron la prueba de promedios de Duncan ($p < 0,05$) con la finalidad de detectar tratamientos propicios. Consecutivamente se elaboró una cuadro de matriz de correlaciones obteniendo valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) para identificar variables que están asociados y además significativos ($p < 0,05$). Finalmente, se elaboró un análisis de componentes principales para generar un nuevo conjunto de variables independientes llamados componentes principales. Estas operaciones se realizaron con el programa estadístico SAS 9,1; SPSS 18,0 y S-PLUS - 2000.

3. Resultados

Análisis descriptivo

Se analizaron datos estadísticos descriptivos en función a 5 variables cuantitativas (longitud de brote, días a la brotación, número de nudos por brote número de hojas y número de raíces). La variable de longitud de brote obtuvo una media de 3,01 cm con una desviación estándar respecto a la media de $\pm 0,51$, siendo su valor máximo de 4,20 cm y 2,0 cm

mínimo. Seguidamente se muestra que el número de nudos por brote tiene un rango de 7, siendo su media de 4,15 unidades y su desviación estándar de $\pm 1,63$. En cuanto a la variable número de hojas, la media fue de 4,16 unidades con una desviación estándar de $\pm 1,64$, su valor máximo fue de 8 unidades y su valor mínimo de 1 unidad. Finalmente

los brotes alcanzaron a tener 5 raíces y su mínima de 2 raíces con una media para esta variable de 3,22 raíces por brote. Por las características de los coeficientes de distribución (sesgo y curtosis), se indica que los criterios son satisfechos y que por lo tanto amerita en el análisis inferencia.

Cuadro 1. Estadística descriptiva (rango, mínimo, máximo, media, desviación estándar, varianza, sesgo y curtosis) para variables cuantificadas en el estudio de multiplicación del ulluco ecotipo kellu en base a dos tipos de explante con tres niveles de Ácido Giberelico en el laboratorio de biotecnología vegetal, en Universidad Pública de El Alto

	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza	Asimetría	Curtosis
Longitud de brote ©	2,20	2,00	4,20	3,0127	0,51505	0,265	0,274	-0,598
Días a la brotación □	7,00	14,00	21,00	17,7941	1,71965	2,957	-0,186	-0,734
Número de nudo/ brote®	7,00	1,00	8,00	4,1471	1,62528	2,642	0,463	-0,238
Número de hojas Ω	7,00	1,00	8,00	4,1569	1,63952	2,688	0,334	-0,284
Número de raíces ¥	3,00	2,00	5,00	3,2162	0,62960	0,396	0,514	0,939

© = cm.; □ = Días; ® = Unidad; Ω = Unidad; ¥ = Unidad.

Análisis de varianza

En el análisis de varianza (cuadro 2) del tipo de explante se presentó diferencias altamente significativas ($p > 0,01$) para las variables de longitud de brote, días a la brotación, número de nudos por brote, número de hojas y no para la longitud de raíz, de esta descripción se deduce que cada tipo de explante tiene diferencias marcadas para las variables ya citadas. Se estimaron diferencias altamente significativas entre la aplicación de tres

niveles de AG_3 (con un testigo) para todas las variables descritas exceptuando la longitud de raíz. En la interacción de los factores tipos de explante por la aplicación de niveles de AG_3 no presentaron diferencias significativas de las variables de días a la brotación, número de nudos por brote, número de hojas y no para la longitud de raíz, mostrando claramente la expresión de los factores independientemente. Sin embargo se observaron la interacción de los factores respecto a la variable de longitud de brote.

Cuadro 2. Análisis de varianza para variables (LB; longitud de brote, DB; días a la brotación, NN/B; número de nudos por brote; NH; número de hojas y número de raíz), de la fase de multiplicación del ulluco ecotipo kellu en base a dos tipos de explante con tres niveles de Ácido Giberelico, evaluadas en el laboratorio de biotecnología vegetal, Universidad Pública de El Alto

Fuente de Variación	GL.	Cuadrado Medio				
		LB	DB	NN/B	NH	NR
Tipo explante	1	0,582**	17,238**	10,444**	10,444**	0,136n.s.
Niveles AG_3	3	6,382**	60,849**	55,021**	55,021**	0,259n.s.
Explante* AG_3	3	0,619**	1,993n.s.	1,707n.s.	1,707n.s.	0,181n.s.
Error	94	0,057	0,932	0,951	0,951	0,392
C.V.		8,0%	5,4%	23,5%	23,5%	19,5%
R^2		0,8	0,71	0,67	0,67	0,20

C.V. = Coeficiente de variación; R^2 = coeficiente de determinación; n.s. = No significativo a una probabilidad estadística al $\alpha = 0,05$; * = Significativa a una probabilidad estadística al $\alpha = 0,05$; ** = Significativa a una probabilidad estadística al $\alpha = 0,01$

Comparación de medias

Longitud de brote

Se realizó la prueba de medias Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 1), para ver la diferencia entre los tipos de explantes en la variable longitud de brote. El cual indica que estadísticamente son diferentes entre tipo de explantes formando grupos A y B, donde se observó que el explante proveniente del meristemo apical (A) tiene 3,07 cm y es superior al explante proveniente del meristemo axilar (B) que está con 2,96 cm. Del mismo modo se realizó la prueba de promedio Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 1), para ver la diferencia entre el factor niveles de ácido giberélico (AG_3) en la variable longitud de brote.

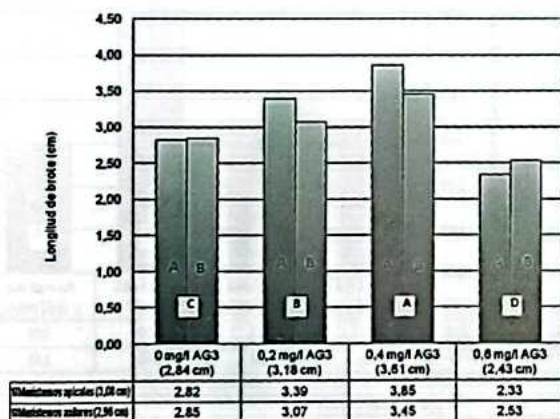


Gráfico 1. Comparación de media de longitud de brote en base a la aplicación de niveles de AG_3 a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Estos datos indican que estadísticamente son diferentes entre niveles de AG_3 formando grupos A, B, C y D donde se observó que el nivel 0,4 mg/l AG_3 (A) obtuvo un promedio de 3,61 cm; el nivel 0,2 mg/l AG_3 (B) alcanzó un promedio de 3,19 cm; el nivel 0 mg/l AG_3 (C) alcanzó un promedio de 2,84 cm y con la adición de 0,6 mg/l AG_3 (D) se obtuvo un promedio de 2,43 cm que llegó a tener menor longitud de brote.

Días a la brotación

Realizado la prueba de medias de Duncan ($P<0,05$), se observó que existen diferencias significativas en el tipo de explante (gráfico 2). El explante proveniente del meristemo axilar (B) empezó a brotar a los 17,03 días antes que el explante procedente del meristemo apical (A) en promedio a los 18,27 días. En cuanto a los niveles de ácido giberélico (AG_3) la prueba Duncan ($P<0,05$) los agrupa en cuatro: el primer grupo compuesto por el nivel 0,4 mg/l AG_3 (A) obtuvo un promedio de 15,72 días, el segundo grupo compuesto por el nivel 0,2 mg/l AG_3 (B) obtuvo un promedio de 17,6 días, el tercer grupo compuesto por el nivel 0,6 mg/l AG_3 (C) obtuvo un promedio de 18,28 días y el cuarto grupo compuesto por el nivel 0 mg/l AG_3 (D) obtuvo un promedio de 19,44 días. El nivel 0,4 mg/l AG_3 ayudó a la brotación de los explantes y llegó a ser el mejor nivel en relación a otros niveles.

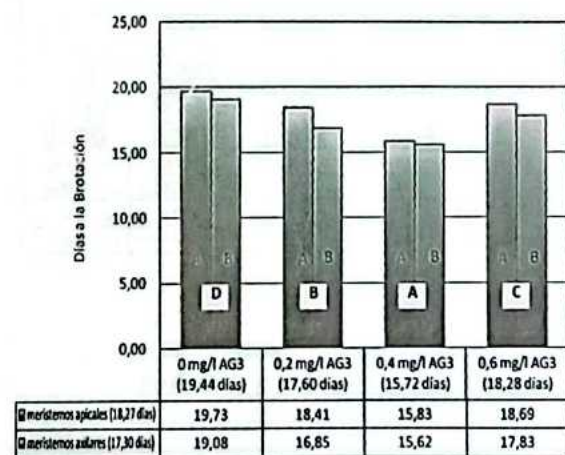


Gráfico 2. Comparación de media de días a la brotación en base a la aplicación de niveles de AG_3 a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Número de nudos por brote

Realizado la prueba de medias de Duncan ($P<0,05$), se observa que existen diferencias significativas (gráfico 3) en el tipo de

explante. El explante del meristemo apical (A) obtuvo nudos de 4,42 unidades por brote en cambio el explante proveniente del meristemo axilar (B) tuvo 3,86 unidades de nudos por brote. Para los niveles de ácido giberélico (AG_3) la prueba Duncan ($P<0,05$) los agrupa en tres: el primer grupo compuesto por el nivel 0,4 mg/l AG_3 (A) obtuvo un promedio de 6,28 unidades de nudos por brote llegando a ser superior, el segundo grupo compuesto por los niveles 0 mg/l AG_3 (B) y 0,2 mg/l AG_3 (B) obtuvo un promedio de 3,81; 3,6 unidades, y el tercer grupo compuesto por el nivel 0,6 mg/l AG_3 (C) obtuvo un promedio de 2,92 unidades que llegó a formar un menor número de nudos en comparación con otros niveles y con la adición de 0,4 mg/l AG_3 ayudó a la formación de número de nudos por brote.

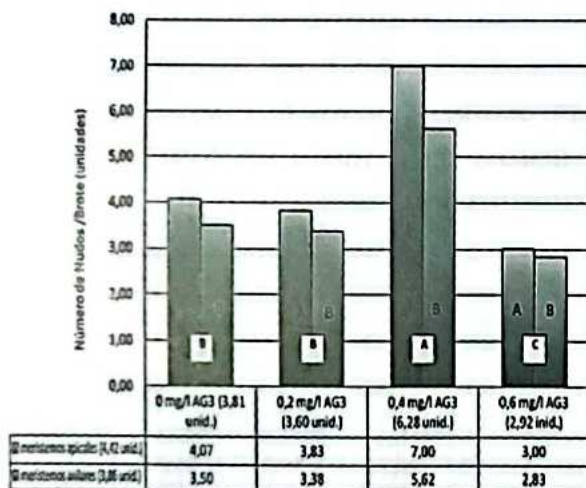


Gráfico 3. Comparación de media de días de número de nudos por brote en base a la aplicación de niveles de AG_3 a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Número de hojas

Realizado la prueba de medias de Duncan ($P<0,05$), se observó que existen diferencias significativas (gráfico 4) en el tipo de explante. El explante del meristemo apical (A) obtuvo mayor número de hojas alcanzando un promedio de 4,42 unidades por brote, en cambio el explante prove-

niente del meristemo axilar (B) tuvo 3,86 unidades de hojas por brote. Dentro los niveles de ácido giberélico (AG_3) la prueba Duncan ($P<0,05$) los agrupa en tres: el primer grupo compuesto por el nivel 0,4 mg/l AG_3 (A) obtuvo un promedio de 6,28 unidades de nudos por brote llegando a ser superior, el segundo grupo compuesto por los niveles 0 mg/l AG_3 (B) y 0,2 mg/l AG_3 (B) obtuvo un promedio de 3,81; 3,6 unidades, y el tercer grupo compuesto por el nivel 0,6 mg/l AG_3 (C) obtuvo un promedio de 2,92 unidades que llegó a formar un menor número de hojas en comparación con otros niveles. Con la adición de 0,4 mg/l AG_3 se ayudó en la formación de número de nudos por brote.

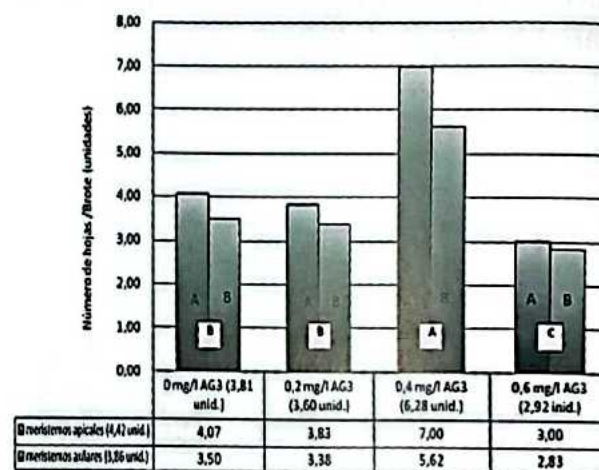


Gráfico 4. Comparación de media de días de número de nudos por brote en base a la aplicación de niveles de AG_3 a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Número de raíces

Realizado la prueba de medias de Duncan ($P<0,05$), se observó que no existen diferencias significativas (gráfico 5) en el tipo de explante. El explante del meristemo apical (A) obtuvo 3,31 unidades de número de raíces y el explante proveniente del meristemo axilar (A) tuvo 3,17 unidades de número de raíces. Dentro los niveles de ácido giberélico (AG_3) la prueba

Duncan ($P < 0,05$) agrupó todo los factores en un sólo grupo, revelando la no existencia diferencias entre los niveles de AG₃.

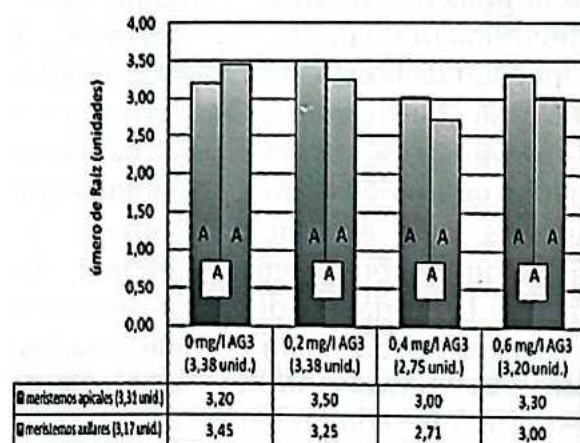


Gráfico 5. Comparación de promedios de número de nudos por brote en base a la aplicación de niveles de AG₃ a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

Análisis de correlación

La matriz de correlación entre cada par de características se muestra en el cuadro 3 donde se muestra que 7 coeficientes fueron altamente significativas ($P < 0,01$) de los 10. Existe una alta asociación entre el número de nudos con el número de hojas, esta relación se debe a que cada hoja de los brotes están insertados en el nudo. Asimismo, se encontró correlaciones entre la longitud de brote con el número de brote por explante, número de hojas y días a la brotación, lo cual indica que cuando aumenta la longitud de brote también aumenta el número de nudos por brote y número de hojas; también se deduce que cuanto menos días brote el explante, la altura del brote se incrementará en mayor longitud. Finalmente, existen correlaciones negativas de días a la brotación con el número de brote por explante y número de hojas, estas variables están correlacionadas de manera positiva con el número de raíces, lo que explica, cuando más tardío sea la brotación del explante habrá mayor número de raíces.

Cuadro 3. Valores de coeficiente de correlación (r) de las características morfológicas de ulluco ecotipo kellu, en la fase de multiplicación *in vitro* en base a tres niveles de AG₃ evaluadas en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Variables	Longitud de brote (cm)	Días a la brotación	Número de nudo* Brote ⁻¹	Número de Hojas	Número de Raíces
Longitud de brote (cm)	1				
Días a la brotación	-0,487**	1			
Número de nudo* Brote ⁻¹	0,847**	-0,464**	1		
Número de Hojas	0,839**	-0,438**	0,946**	1	
Número de Raíces	-0,143	0,550**	-0,304	-0,317	1

Análisis de agrupamiento

Análisis de componentes principales

En este estudio, los componentes principales fueron interpretados tomando como base sus valores y vectores propios. Los

valores propios y la varianza total (gráfico 6), se muestra que la varianza asociada con cada componente principal es diferente y decrece en orden. El primer componente explica el 59,7% de la varianza total, el segundo explica el 26,4%.

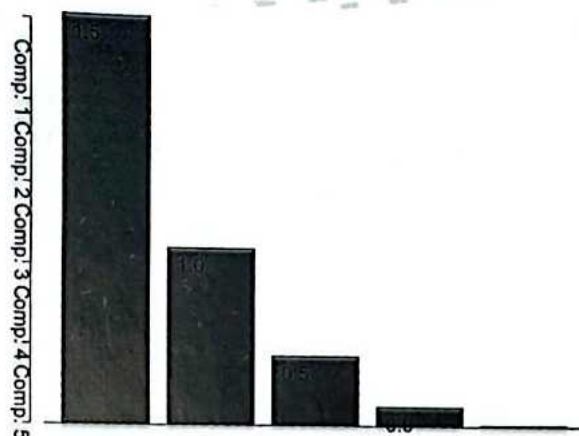


Gráfico 6. Diagrama de sedimentación de los componentes principales de acuerdo a varianza o valor propio de dos tipos de explantes de ulluco ecotipo kellu en base a tres niveles de AG, evaluadas en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Diagrama Biplot de 5 variables cuantitativas

En el gráfico 7 se observa que las variables: número de nudos, número de hojas y longitud de brote están correlacionadas entre sí. Esta agrupación corresponde a las variables que están directamente involucradas con la multiplicación. Además esta agrupación corresponde al segundo componente principal. En cambio las variables días a la brotación y número de raíz están correlacionados, pero su proyección es ambivalente respecto a los componentes.

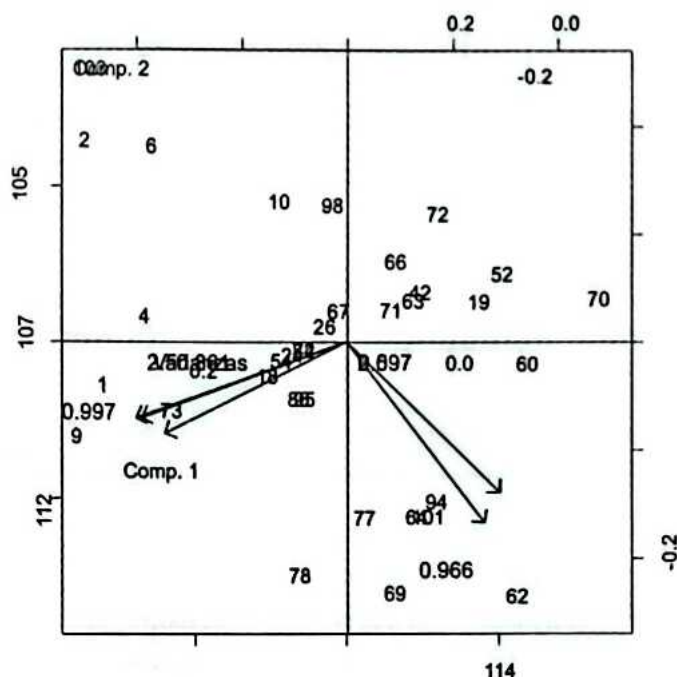


Gráfico 7. Diagrama de Biplot, asociación de características morfológicas y componentes principales de dos tipos de explantes de ulluco ecotipo kellu en base a tres niveles de AG, evaluadas en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

4. Conclusiones

Los métodos aplicados para estudiar el comportamiento morfológico de dos tipos de explantes del ecotipo Kellu *in vitro*, fueron complementarios y su contribución fue valiosa para responder a los

objetivos propuestos. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye:

Al comparar los dos tipos de explantes (meristemo apical y meristemo axilar) las diferencias son marcadas en las variables de: longitud de brote, días a la brotación,

número de nudos por brote, número de hojas y no así en el número de raíces.

Se identificó que el meristemo apical es el más adecuado en la multiplicación *in vitro* de ulluco ecotipo Kellu, lo que implica su aprovechamiento en la multiplicación masiva *in vitro* para su posterior enraizamiento y aclimatación.

Los niveles adecuados de AG_3 , en la multiplicación *in vitro* de ulluco del ecotipo Kellu con la concentración $0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} AG_3$, mostró buenas características en la multiplicación *in vitro*, seguida de la concentración de $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} AG_3$ y las concentraciones $0,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} AG_3$ sin la aplicación de AG_3 mostró características morfológicas desfavorables en comparación con las dos primeras concentraciones.

Se identificó variables altamente correlacionadas el número de hojas con la longitud de brote, número de nudos por explante. También se identificó la correlación negativa de la variable días a la brotación con la longitud de brote, número de hojas, y número de nudos por explante.

Se observó agrupamiento para variables de características relacionadas con la multiplicación, como la variable número de nudos por brote con el número de hojas y la variable longitud de explante, además la relación de las variables mencionadas opuestamente con la variable días a la brotación y número de raíz.

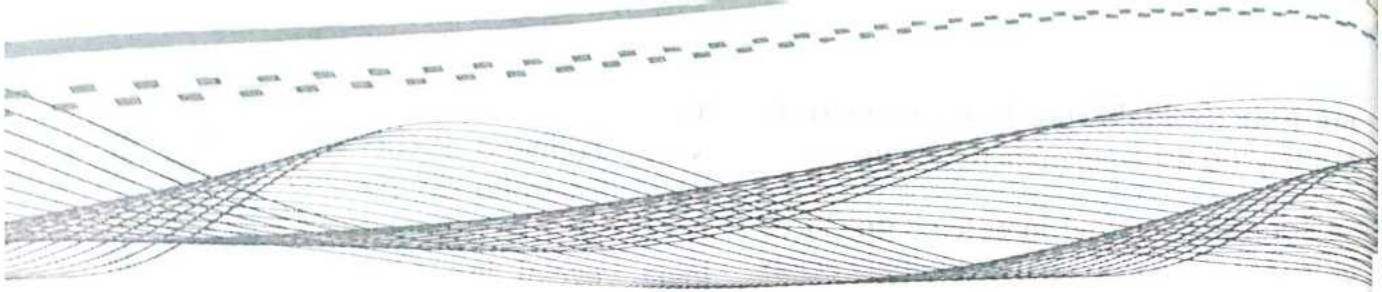
5. Agradecimientos

Los investigadores expresan sus agradecimientos a la UPEA, a los señores Ph.D.

Víctor Mendoza, Ms.C. Wilfredo Rojas, Ms.C. Edilberto Pacheco colaboradores en el desarrollo del presente trabajo. Al encargado de Laboratorio de Biotecnología Vegetal Ing. Omar Aguilar de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

6. Referencias bibliográficas

- Cadima, X., Terrazas, F., Rojas, J., Zeballos, J. e Iriarte, V. (2009). Logros e impactos del subsistema de tubérculos y raíces andinos, periodos 2003-2008. En Encuentro nacional de innovación tecnológica agropecuaria y forestal. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 49 - 57.
- Jiménez, E. (1999). *Aplicación de la Biotecnología en la mejora genética de plantas y en la producción de semillas*. Propagación masiva de plantas in vitro. Módulo 4. Santa Clara, Cuba. pp. 82.
- Murashige, And Skoog. (1962). "A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue culture." *Physiologia Plantarum* 15: 473 - 497
- Pérez P, J. (1998). *Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología*. Editorial Santa Clara. Villa Clara, Cuba. Ediciones GEO. 390 p.
- Pierik, R.L.M. (1990). *Cultivo in vitro de plantas superiores*. Department of Horticulture Agricultural University Wageningen, The Netherlands. Madrid, España. P. 326.
- PROINPA (2003). *Conservación y uso de la Biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo 1993 - 2003*. Programa Colaborativo de Manejo y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTA), Proyecto Papa Andina. Cochabamba, Bolivia. 140 p.
- Rígato, S. Gonzales, A. y Huarte, M. *Producción de Plántulas de Papa a Partir de Técnicas Combinadas de Micropropagación e Hidroponía para la Obtención de Semilla Prebásica*. Revista Latinoamericana de la Papa. 11 p.
- Tapia, M. E. y Fries, A.M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y ANPE. 1ra edición. Lima, Perú. pp. 48 - 50.



ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE EXPLANTES EN EL ENRAIZAMIENTO IN VITRO DE ULLUCO (*Ullucus tuberosus* L.) ECOTIPO KELLU

Indole butyric acid and types of explants *in vitro* rooting ulluco (*Ullucus tuberosus* L.) ecotype Kellu

Chávez, S.¹; Butrón, R.²; Marza, F.³; Mamani, B.⁴

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

3 Profesor de Genética y Diseños Experimentales de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph. D. en Biotecnología molecular, USA)

4 Investigador de la Unidad de Biotecnología Vegetal del Instituto de Biología Molecular y Biotecnología, UMSA.

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

Ulluco (*Ullucus tuberosus* L.) is a tuber native to the Andes in Bolivia, is known as a minor potatoes and oca. Multiplication in the field is done through seed tuber having the disadvantage of spread of disease. Plant biotechnology, through micropropagation offers the possibility of producing plants *in vitro*, in large numbers of genetically identical seedlings, from the cultivation of meristems or buds. For this investigation, nodal segments were planted shoots 3 to 4 cm in length in the basic medium of Murashige and Skoog (1962) 50% of their concentration, to which were added BAP 0.1 mg * l⁻¹ and AIB in different concentrations: 1) 0 mg * l⁻¹ IBA, 2) 0.2 mg * l⁻¹ IBA, 3) 0.4 mg * l⁻¹ IBA and 4) 0.6 mg * l⁻¹ IBA, each of them is added, sucrose 30 g * l⁻¹, in this phase of rooting was recorded quantitative response variables as the length of shoot, number of leaves per shoot, number of leaves per shoot, root number, root length and root dry matter. The explants from the apical meristem developed good morphological characteristics. Adequate levels of IBA for rooting phase were 0.4 mg * l⁻¹ and 0.2 mg * l⁻¹ in relation to other levels used. It also identified a positive association between quantitative variables between the length of the outbreak with the number of nodes, number of leaves and root length of the root dry matter.

Keywords: indole butyric acid, ecotype, type of explant.

Resumen

El ulluco (*Ullucus tuberosus* L.) es un tubérculo originario de los andes en Bolivia, es menos conocido que la papa y oca. Su multiplicación en campo se realizó a través de tubérculo semilla teniendo como desventaja la diseminación de enfermedades. La biotecnología vegetal, por medio de la micropropagación ofrece la posibilidad

de producir plantas *in vitro*, en grandes cantidades de plántulas genéticamente idénticas, a partir del cultivo de meristemos o yemas. Para esta investigación se sembraron segmentos nodales brotes 3 a 4 cm de longitud en el medio básico de Murashige y Skoog (1962) al 50% de su concentración, al cual se adicionaron BAP $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ y AIB en diferentes concentraciones: 1) $0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ AIB; 2) $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ AIB; 3) $0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ AIB y 4) $0,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ AIB, a cada uno de ellos se adiciono, sacarosa $30 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. En esta fase de enraizamiento se registró variables de respuesta cuantitativas como la longitud de brote, número de nudos por brote, número de hojas por brote, número de raíz, longitud de raíz y materia seca de la raíz. Los explantes provenientes del meristemo apical desarrollaron buenas características morfológicas. Los niveles adecuados de AIB para la fase de enraizamiento fueron $0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ y $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ en relación a otros niveles utilizados. Además se identificaron la asociación positiva de variables cuantitativas entre la longitud de brote con el número de nudos, número de hojas longitud raíz y materia seca de la raíz.

Palabras claves: Ácido indolbutírico, ecotipo tipo de explante

1. Introducción

El ulluco (*Ullucus tuberosus* L.) es un tubérculo originario de los andes y se cultiva desde Venezuela hasta el norte de Argentina (López y Hermann 2004). En Bolivia, es conocido con una menor importancia que la papa y oca, sin embargo, se considera un rubro importante para los agricultores en los sistemas de producción tradicionales con altitudes de 3.300 a 3.600 msnm, por ser fuente de ingresos económicos y de alimentación (según Tapia, 1994; citado por PROINPA, 2003). Según el INE, citado por PROINPA (2003), en los años 1983-84 y 1997-98, la mayor superficie cultivada de este tubérculo se encontró en Cochabamba y Chuquisaca, alcanzando 3.166 ha y la producción total 10.404 tn. El rendimiento promedio llegó a 2.892 Kg ha^{-1} . En el Banco Nacional de Tubérculos y Raíces Andinos (BNTRA), se mantiene una colección de 197 accesiones de ulluco, todo este material se encuentra en el centro experimental de Toralapa conservadas en campo, invernadero, *in vitro* y semilla sexual (Cadima et al, 2009).

Su multiplicación en campo se lo realiza a través de tubérculo semilla teniendo

como desventaja la diseminación de enfermedades (Jiménez, 1999). La biotecnología vegetal por medio de la micropropagación ofrece la posibilidad de producir plantas *in vitro*, en grandes cantidades de plántulas genéticamente idénticas, a partir del cultivo de meristemos o yemas (Pérez, 1998). Según Michael e Hidalgo (2003), cuando los meristemas logran su desarrollo y cuentan con 3-5 nudos se procede a su multiplicación a fin de, conservación o propagación. El medio de cultivo utilizado en micropropagación es similar al medio para aislamiento de meristemos, con la sola diferencia que en el medio de micropropagación se usa AG3 a 0,25 ppm. Según Rígado et al (2001), encontraron diferencias en el tipo de explantes en la fase de multiplicación en plántulas *in vitro* del cultivo de la papa. Los explantes provenientes del ápice enraizaron 60%, en cambio los explantes provenientes de la parte del tercio medio de la planta enraizaron un 42%, motivo por la cual se utilizó dos tipos de explantes.

Una de las causas de la reducción de rendimiento se debe a la carencia de alternativas tecnológicas (falta de variedades mejoradas), el aporte a la seguridad

alimentaria de la población en la actualidad es limitada, atribuyéndose la misma a la poca investigación así como al vacío de información con respecto a patrones agronómicos, usos, económico-comercial en las unidades productivas básicas. En el campo de la biotecnología vegetal en Bolivia, se ha generado una escasa información sobre el ulluco. Por el cual el trabajo está enfocado a la propagación *in vitro* a partir de cultivo de meristemo para conocer el comportamiento, con la adición de 3 niveles de reguladores de crecimiento en la fase de multiplicación y enraizamiento en combinación de dos tipos de explante, el material vegetal que se estudio es la ACC-016 (ecotipo Kellu) de la colección del Banco Germoplasma de Tubérculos Andinos de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

2. Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en los ambientes del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, geográficamente queda ubicado a 16°29'29" sur y 68°11'36" oeste a 4.068 msnm.

Se introdujeron explantes procedentes de meristemas apicales y axilares de ulluco ecotipo Kellu se cultivo en medio básico de Murashige y Skoog (1962) y posteriormente fueron incubadas bajo luz blanca fluorescente a 2.000 lux de intensidad, un fotoperiodo de 16 horas y 8 horas de oscuridad a una temperatura de 12 a 18 °C por un periodo de 45 días. Luego paso a la fase de multiplicación donde se sembraron segmentos nodales de los brotes del anterior fase (brotes 3 a 4 cm de longitud) de igual manera se encubaron con las características ya mencionadas.

En la fase de enraizamiento, se procedió a sembrar los segmentos nodales (brotes 3 a 4 cm de longitud procedentes de la

fase anterior, respetando la procedencia del tipo de explante), a un medio básico de Murashige y Skoog (1962) al 50% de su concentración, al cual se adicionaron bencilaminopurina (BAP) 0,1 mg·l⁻¹ y ácido indolbutírico (AIB) en diferentes concentraciones: 1) 0 mg·l⁻¹ AIB; 2) 0,2 mg·l⁻¹ AIB; 3) 0,4 mg·l⁻¹ AIB y 4) 0,6 mg·l⁻¹ AIB, a cada uno de ellos se adicionó, sacarosa 30 g·l⁻¹, agar 6 g·l⁻¹ y el pH se ajustó a 5,7. Luego se vertió en tubos de ensayo (3 ml/tubo), después de sembrarlas se las encubó bajo luz blanca fluorescente a 2.000 lux de intensidad, un fotoperiodo de 16 horas y 8 horas de oscuridad a una temperatura de 12 a 18°C.

Los cultivos se incubaron durante 45 días, bajo las condiciones de iluminación y temperaturas ya descritas. En la fase de enraizamiento se registró variables de respuesta cuantitativas como la longitud de brote (LB), número de nudos por brote (NN/B), número de hojas por brote (NH/B), número de raíz (NR), longitud de raíz (LR) y materia seca de la raíz (MSR).

Estuvo conformado de 4 tratamientos con 15 repeticiones haciendo un total de 60. Los tratamientos respectivos se instalaron en un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, donde el factor ecotipo tuvo dos niveles y el factor concentración de AIB tuvo cuatro niveles. Para analizar los datos cuantitativos obtenidos en la investigación se realizó un resumen de tablas y figuras que nos permitió identificar las tendencias, para esto se aplicó la estadística descriptiva. Por eso se realizó el análisis de varianza para detectar diferencias significativas ($p < 0,05$) y diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos. De los tratamientos que fueron significativos se realizó la prueba de promedios de Duncan ($p < 0,05$) con la finalidad de detectar tratamientos favorables. Consecutivamente se elaboró un cuadro de matriz de correlaciones obteniendo valores de coeficiente de correla-

ción de Pearson (r) para identificar variables que están asociados Finalmente se elaboró un análisis de componentes principales para generar un nuevo conjunto de variables independientes llamados componentes principales. Estas operaciones se realizaron con el programa estadístico SAS 9,1; SPSS 18,0 y S-PLUS - 2000.

3. Resultados y discusiones

Los resultados fueron elaborados en base a la información adquirida de la fase de enraizamiento *in vitro* de ulluco ecotipo Kellu, en las cuales se utilizó el medio básico de Murashige y Skoog (1962) al 50% de su concentración al cual se adicionó Ácido Indolbutírico (AIB) en diferentes concentraciones aplicados a dos tipos de explantes.

Análisis descriptivo

La variable altura de longitud de brote (LB) expresó una media de 3,33 cm con una

desviación estándar de 0,47 cm obteniendo un máximo de 4,5 cm y un mínimo de 2,5 cm. La variable número de nudos por brote (NN/B) tiene un valor máximo de 11 y un mínimo de 3 unidades, siendo la media de la característica 5,46 unidades. El número de hojas (NH) promedio de los brotes fue de 5,54 unidades fluctuando valores entre 3 a 10 unidades. En cuanto a la variable número de raíces (NR) obtuvo un promedio de 4,57 con un rango de 8, siendo el valor máximo de 10 y el valor mínimo de 2 unidades. Para la variable de longitud de raíz (LR) osciló entre 1 cm a 3 cm con una media de 1,88 cm y finalmente para la variable materia seca de la raíz (MSR) se obtuvo un valor máximo de 15 y un mínimo de 1% alcanzando una desviación estándar de 3,85 respecto a la media fue de 7,16%. Para las características de coeficientes de distribución (sesgo y curtosis) obtenidas, se puede indicar que los criterios son satisfechos para realizar dichos análisis.

Cuadro 1. Estadística descriptiva (rango, mínimo, máximo, media, desviación estándar, varianza, sesgo y curtosis) para variables cuantificadas en el estudio de evaluación de enraizamiento *in vitro* de ulluco ecotipo kellu en base al 50% de su concentración MS (1962) y la adición de niveles de ácido indolbutírico a dos tipos de explante el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Variables	Estadísticos							
	Rango	Mín.	Máx.	Media	Std.	Var.	Sesgo	Curtosis
Longitud de brote [Ⓢ]	2	2,5	4,5	3,33	0,47	0,22	0,49	-0,56
Número de nudo/ brote [Ⓢ]	7	3	11	5,46	1,69	2,87	0,72	0,13
Número de hojas ^Ω	8	3	10	5,54	1,77	3,13	0,86	0,5
Número de raíces [¥]	8	2	10	4,57	2,04	4,14	0,86	-0,11
Longitud de raíces [Ⓢ]	1	1	3	1,88	0,35	0,12	-0,13	-0,87
Materia seca de raíz []]	14	1	15	7,16	3,85	14,81	0,41	-0,81

Ⓢ = cm.; Ⓢ= Unidad; Ω= Unidad; ¥= Unidad. Ⓢ= cm;]=porcentajes

Análisis de varianza

Realizado el análisis de varianza para longitud de brote (LB), número de nudos por brote (NN/B), número de hojas por brote (NH/B) y materia seca de la raíz (MSR) existen diferencias altamente significativas ($p<0,01$) entre tipos de explante, en cuanto

a número de raíces (NR) y longitud de la raíz (LR) muestran ser no significativas ($p<0,05$) para el tipo de explante.

Sin embargo, el análisis de varianza para los niveles de AIB las variables LB, NN/B, NH/B, NR, LR y MSR muestran ser altamente significativos ($p<0,01$), y para todas

las variables el coeficiente de determinación (R^2) se encuentra por encima del 55% lo que nos indica que atribuyen en gran manera los tratamientos en base a la adición los niveles de AIB.

En cuanto a la interacción entre tipos de explante* niveles de AIB (cuadro 2), realizando un análisis de varianza para la variables LB, NN/B, NH/B, NR y MSR indican diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) y para la variable LR muestra ser no significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 2. Análisis de varianza para variables componentes principales (LB; longitud de brote, NN/B; número de nudos por brote, NH/B; número de hojas por brote, NR; número de raíces, LR; longitud de raíz y MSR; materia seca de la raíz), de ulluco ecotipo kellu en base al 50% de su concentración MS (1962) y la adición de niveles de ácido indolbutírico (AIB) a dos tipos de explante el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio					
		LB	NN/B	NH/B	NR	LR	MSR
Tipo explante	1	9,38**	63,61**	74,71**	3,22n.s.	0,17n.s.	39,26**
Niveles AIB	3	1,45**	21,63**	28,90**	14,05**	0,50**	73,22**
Explante* AIB	3	0,27**	6,84**	9,79**	9,5**	0,10n.s.	18,00**
Error	92	0,066	1,19	0,94	1,36	0,06	2,76
C.V.		7,70%	23,77%	21,43%	29,48%	14,25%	28,10%
R^2		0,73	0,57	0,67	0,77	0,70	0,85

C.V. = Coeficiente de variación; R^2 = Coeficiente de determinación; n.s. = no significativos a una probabilidad estadística ($p > 0,05$); * Significativa a una probabilidad estadística ($p < 0,05$); ** Significativa a una probabilidad estadística ($p < 0,01$).

Comparación de medias de Duncan

Longitud de brote

Realizado la comparación de medias (gráfico 1), existe diferencias entre los dos tipos de explantes en la variable longitud de brote. El cual indica que estadísticamente son diferentes entre tipo de explantes formando grupos A y B, donde se mostró que el explante proveniente del meristemo apical (A) tiene 3,62 cm y es superior al explante proveniente del meristemo axilar (B) que esta con 2,98 cm. Del mismo modo se realizó la prueba de promedio Duncan ($\alpha = 0,05$) (gráfico 1), para ver la diferencia entre el factor niveles de AIB en la variable longitud de brote, el cual indica que estadísticamente son diferentes entre niveles de AIB formando grupos A, B y C donde se observó que el nivel 0,4 mg/l AIB (A) obtuvo un promedio de 3,61 cm; el nivel 0,6 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 3,32 cm; el nivel 0,2 mg/l AIB (C) alcanzó un promedio de 3,16 cm y con la adición de 0 mg/l AIB (C) se obtuvo un promedio

de 3,14 cm que llegaría a tener menor longitud de brote. Al respecto Pierick (1990) menciona que concentraciones la adición de AIB ocasiona la elongación celular y expansión de los tejidos.

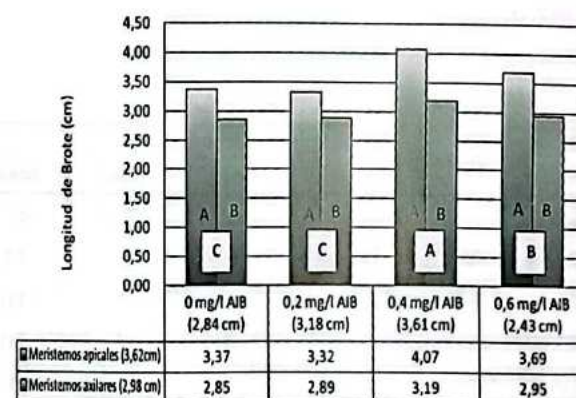


Gráfico 1. Comparación de media de longitud de brote en base a la aplicación de niveles de AIB a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

Número de nudos por brote

Realizado la comparación de medias Duncan ($\alpha = 0,05$) (gráfico 2), muestra las diferencias entre los dos tipos de explantes

en la variable número de nudos por brote. El cual indica que estadísticamente son diferentes entre tipo de explantes formando grupos A y B, donde se observó que el explante proveniente del meristemo apical (A) tiene 6,04 unidades y es superior al explante proveniente del meristemo axilar (B) que esta con 4,50 unidades por brote.

Para el factor niveles de AIB en la variable número de nudos por brote, se realizó la prueba de promedio Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 2) muestra que estadísticamente son diferentes entre niveles de AIB formando 2 grupos A y B, donde se observó que el nivel 0,4 mg/l AIB (A) obtuvo un promedio de 6,68 unidades; el nivel 0 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 5,04 unidades; el nivel 0,6 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 4,85 unidades y con la adición de 0,2mg/l AIB (B) obtuvo un promedio de 4,26 unidades que llegó a tener menor longitud de brote. Sobre este comportamiento Hurtado y Merino (1997) indica que la adición de AIB ayuda a la formación de nudos.

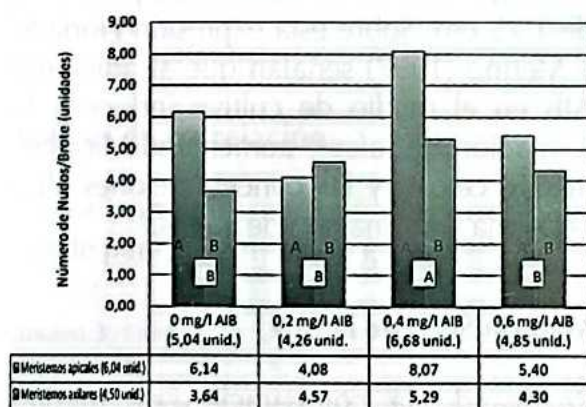


Gráfico 2. Comparación de media para número de nudos por brote en base a la aplicación de niveles de AIB a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Número de hojas por brote

Realizando la comparación de medias Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 3), muestra las diferencias entre los dos tipos de explantes en la variable número de hojas por brote

El cual indica que estadísticamente son diferentes entre el factor tipo de explantes formando grupos A y B, donde se observó que el explante proveniente del meristemo apical (A) tiene 6,20 unidades y es superior al explante proveniente del meristemo axilar (B) que esta con 4,50 unidades por brote. Donde el factor niveles de ácido indolbutírico (AIB) en la variable número de hojas por brote, realizando la prueba de promedio Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 3) muestra que estadísticamente son diferentes entre niveles de AIB formando tres grupos A, B y C. donde se observó que el nivel 0,4 mg/l AIB (A) obtuvo un promedio de 6,96 unidades; el nivel 0 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 5,04 unidades; el nivel 0,6 mg/l AIB (B, C) alcanzó un promedio de 4,85 unidades y con la adición de 0,2 mg/l AIB (B) se obtuvo un promedio de 4,26 unidades.

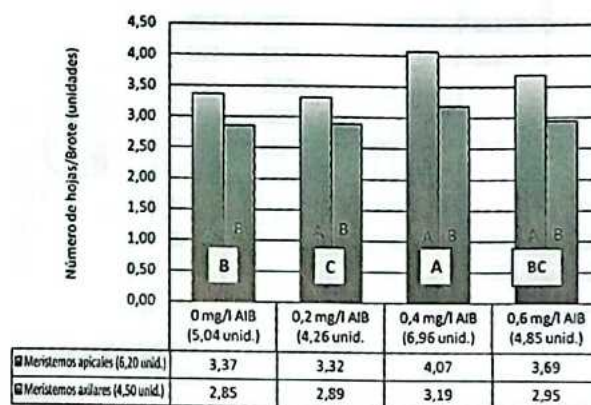


Gráfico 3. Comparación de media para número de hojas por brote en base a la aplicación de niveles de AIB a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Número de raíz

Realizado la comparación de medias Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 4), muestra las diferencias entre los dos tipos de explantes en la variable número de raíz. La cual indica que estadísticamente son diferentes entre el factor tipo de explantes formando grupos A y B, donde se observó que el explante proveniente del meristemo apical (A) tiene 4,50 unidades y

es superior al explante proveniente del meristemo axilar (B) que esta con 3,53 unidades. Donde el factor niveles de AIB en la variable número de raíz, realizando la prueba de promedio Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 3) muestra que estadísticamente son diferentes entre niveles de AIB formando dos grupos A y B. Donde se observó que el nivel 0,4 mg/l AIB (A) obtuvo un promedio de 6,06 unidades; el nivel 0,2 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 3,25 unidades; el nivel 0,6 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 3,11 unidades y con la adición de 0 mg/l AIB (B) se obtuvo un promedio de 2,13 unidades, el cual indica que el grupo B no muestra diferencias significativas.

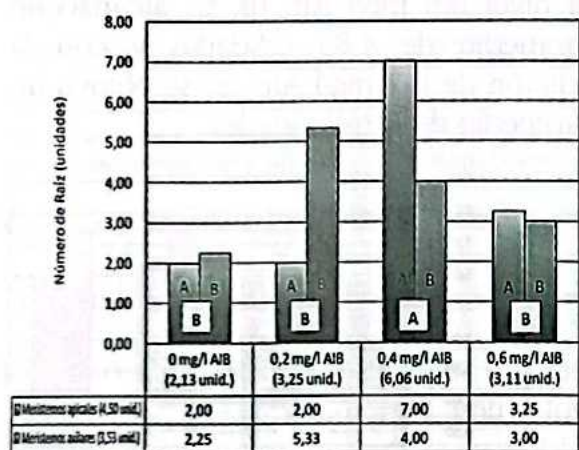


Gráfico 4. Comparación de media para número de raíz en base a la aplicación de niveles de AIB a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Longitud de Raíz

Realizando la comparación de medias Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 5), muestra las diferencias entre los dos tipos de explantes en la variable longitud de raíz. El cual indica que estadísticamente no son diferentes entre el factor tipo de explantes formando grupos un solo grupo A, donde se observó que el explante proveniente del meristemo apical (A) tiene 1,84 cm el explante proveniente del meristemo axilar (A) que esta con 1,75 cm. El factor niveles de AIB en la variable número de raíz, realizando la prueba de promedio Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 5),

muestra que estadísticamente son diferentes entre niveles de AIB formando grupos A, B, y C.

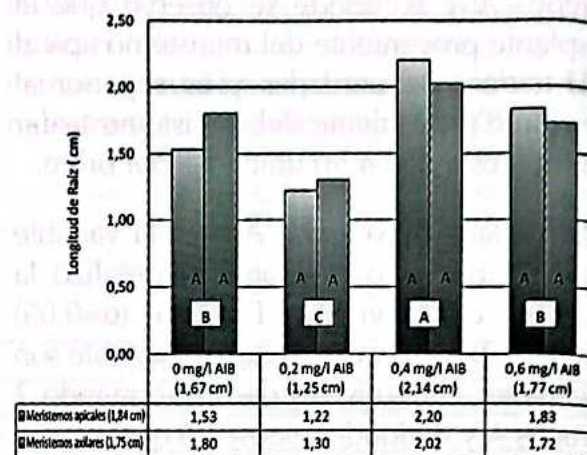


Gráfico 5. Comparación de media para longitud de raíz en base a la aplicación de niveles de AIB a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después, de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Se observó que el nivel 0,4 mg/l AIB (A) obtuvo un promedio de 2,14 cm; el nivel 0,6 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 1,77 cm; el nivel 0 mg/l AIB (B) tuvo un promedio de 1,67 cm y con la adición de 0,2 mg/l AIB (C) se obtuvo un promedio de 1,25 cm. Sobre esta expresión Hurtado y Merino (1997) señalan que al adicionar AIB en el medio de cultivo induce a la formación de raíces, aumentando la plasticidad celular y las concentraciones altas ocasiona la formación de callos.

Materia Seca de la raíz

Realizando la comparación de medias Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 6) muestra las diferencias entre los dos tipos de explantes en la variable materia seca de la raíz. El cual indica que estadísticamente son diferentes entre el factor tipo de explantes formando grupos A y B donde se observó que el explante proveniente del meristemo apical (A) tiene 7,78 % y es superior al explante proveniente del meristemo axilar (B) que esta con 4,81%. El factor niveles de AIB en la variable materia seca de la raíz, reali-

zando la prueba de promedio Duncan ($\alpha=0,05$) (gráfico 6). Muestra que estadísticamente son diferentes entre niveles de AIB formando grupos A, B, y C. Donde se observó que el nivel 0,4 mg/l AIB (A) obtuvo un promedio de 10,5 %; el nivel 0,6 mg/l AIB (B) alcanzó un promedio de 5,67 %; el nivel 0 mg/l AIB (C) tuvo un promedio de 2,67 % y con la adición de 0,2 mg/l AIB (C) obtuvo un promedio de 2,63%.

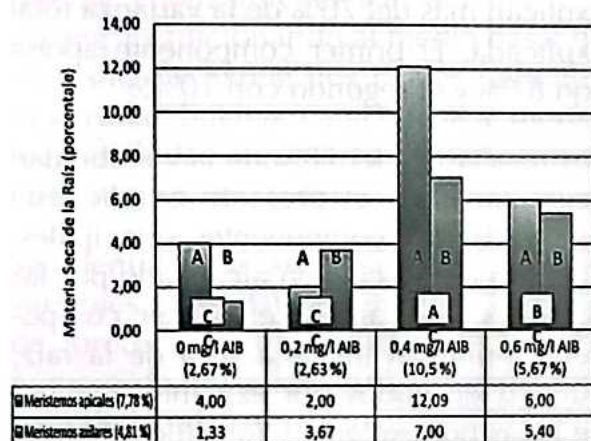


Gráfico 6. Comparación de media para materia seca de la raíz en base a la aplicación de niveles de AIB a dos tipos de explante, según la prueba de Duncan después de 45 días. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).

Análisis de correlación

Se realizaron un análisis de correlación simple para determinar el grado de asocia-

ción para cada par de variables (cuadro 5) se presentó del total de coeficientes analizados, diez fueron altamente significativos ($P<0,001$). El análisis de las correlaciones que se presenta a continuación es explicativo de las asociaciones encontradas empezando a describir desde el coeficiente más alto y altamente significativo. La correlación más alta correspondió al variable número de hojas y número de nudos ($r=0,89$). La variable longitud de brote esta altamente correlacionada: con el número de hojas por explante ($r=0,88$), número de nudos por explante ($r=0,81$), número de raíces ($r=0,60$), longitud de raíces ($r=0,69$) y materia seca de raíz ($r=0,78$); lo que explica esta correlación positiva que al incrementar el número la longitud del brote también se incrementará número de hojas por explante, número de nudos por explante, número de raíces, longitud de raíces y materia seca de raíz.

Además cabe indicar que el número de raíces está altamente correlacionada con la longitud de raíces, materia seca de raíz. Lo que indica claramente cuando aumente el número de raíces la materia seca se de la raíz también aumentará en proporción.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación (r) de las variables cuantitativas (LB; longitud de brote, NH/B; número de hojas por brote, NN/B; número de nudos por brote, NR; número de raíz, LR; longitud de raíz y MSR; materia seca de la raíz) de enraizamiento *in vitro* de ulluco ecotipo kellu en base al 50% de su concentración MS (1962) y la adición de niveles de ácido indolbutírico a dos tipos de explante el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

	LB (cm)	NH/B	NN/B	NR	LR	MSR
LB (cm)	1					
NH/B	0,876**	1				
NN/B	0,809**	0,885**	1			
NR	0,604**	0,687**	0,708**	1		
LR (cm)	0,685**	0,618**	0,587**	0,396*	1	
MSR	0,755**	0,791**	0,790**	0,861**	0,657**	1

* La correlación es significativa al nivel 0,05%;** La correlación es significativa al nivel 0,01%.

Análisis de componentes principales

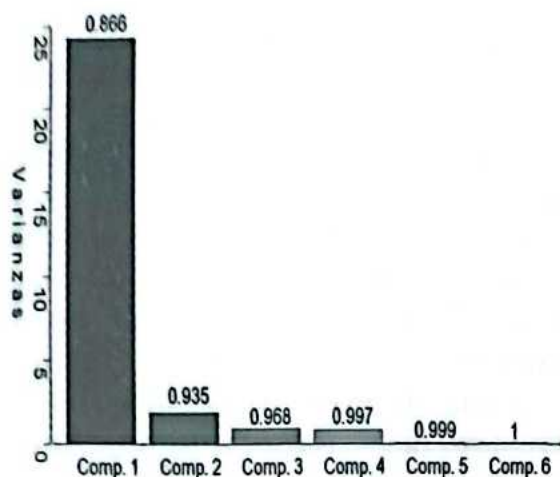


Gráfico 7. Diagrama de sedimentación de los componentes principales de acuerdo a la varianza evaluada de ulluco ecotipo kellu en base a la adición de niveles de AIB a MS (1962) 50% de su concentración en dos tipos de explante, en condiciones *in vitro* evaluadas en el Laboratorio de biotecnología Vegetal de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

Se realizó los componentes principales el cual permitió generar un conjunto de variables independientes, que expresan sus valores y sus vectores propios. Los valores propios indicaron la importancia y la contribución de cada uno de los

componentes a la varianza total explicada; en cambio en los vectores propios indican el grado de contribución de cada variable original con la que se asocia a cada componente principal. Para la elección de los componentes principales se tomaron las componentes cuyos valores propios expliquen un 70% o más de la varianza total. De los datos obtenidos se eligieron dos componentes principales (1 y 2, debido a que los dos primeros explican más del 70% de la varianza total explicada. El primer componente aporta con 87% y el segundo con 10%.

Los resultados del 70% de la variabilidad acumulada, en el presente estudio esta explicada dos componentes principales. El grado de asociación alcanzado por las variables integrantes del primer componente principal (materia seca de la raíz, número de nudos por explante, número de hojas por explante y longitud de brote) que explican el 80% de la variación de forma nítida. Aunque de manera poco definida el segundo componente principal (longitud de raíz y número de raíz), refleja el 6,83 de la varianza total.

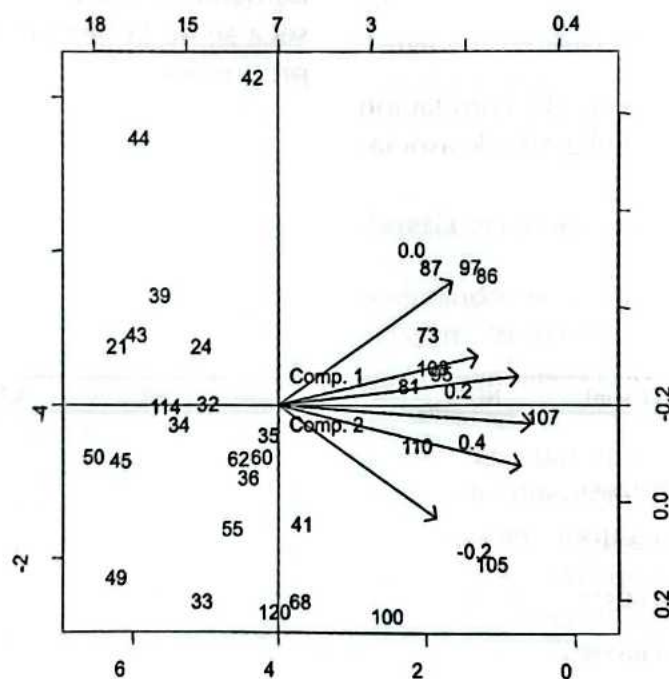


Gráfico 8. Diagrama de Biplot, asociación de características morfológicas y componentes principales de ulluco ecotipo kellu en base a la adición de niveles de AIB a MS (1962) 50% de su concentración en dos tipos de explante en condiciones *in vitro* evaluadas en el Laboratorio

4. Conclusiones

Los explantes provenientes del meristemo apical desarrollaron buenas características morfológicas en relación al meristemo axilar, lo que ratifica en la fase de enraizamiento es elemental cultivar *vitroplantas* proveniente del meristemo apical.

Los niveles adecuados de AIB para la fase de enraizamiento son $0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ y $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ adicionando al medio basal de Murashige y Skoog, los cuales permiten desarrollar buenas características morfológicas de las *vitroplantas* en relación a otros niveles utilizados.

Se identificó la asociación positiva de variables cuantitativas entre la longitud de brote con el número de nudos, número de hojas longitud raíz y materia seca de la raíz.

Las variables agrupadas en el primer componente principal fueron materia seca de la raíz, número de nudos por explante, número de hojas por explante y longitud de brote, que en total representó el 80% de variación.

5. Agradecimientos

Los investigadores expresan sus agradecimientos a la UPEA, a los señores Ph.D. Víctor Mendoza, Ms.C. Wilfredo Rojas, Ms.C. Edilberto Pacheco colaboradores en el desarrollo del presente trabajo. Al encargado de Laboratorio de Biotecnología Vegetal Ing. Omar Aguilar de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

6. Referencias bibliográficas

- Cadima, X., Terrazas, F., Rojas, J., Zeballos, J. e Iriarte, V. (2009). *Logros e impactos en el subsistema de tubérculos y raíces andinas*. En encuentro nacional de innovación tecnológica agropecuaria y forestal. La Paz, Bolivia. pp. 49-58.
- Hurtado, D., Merino, M. (1997). *Cultivo de tejidos vegetales*. México, D.F. Editorial Trillas. 225 p.
- INE (2008). *Datos estadísticos de la producción agropecuaria en Bolivia*. La Paz, Bolivia. 2011. pp. 24-25.
- Jiménez, E. (1999). *Aplicación de la biotecnología en la mejora genética de plantas y en la producción de semillas*. Propagación masiva de plantas *in vitro*. Módulo 4. Santa Clara, Cuba. pp. 82.
- Lopez, G. y Hermann, M. (2004). *El cultivo del ulluco en la sierra central del Perú*. Lima, Perú. 120 p.
- Murashige, T. and Skoog, (1962). "A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue culture." *Physiologia Plantarum* 15: pp. 473 – 497
- Pérez, P. J. (1998). *Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología*. Editorial Santa Clara. Villa Clara, Cuba. Ediciones GEO. 390 p.
- Pierik, R.L.M. (1990). *Cultivo in vitro de plantas superiores*. Department of Horticulture Agricultural University Wageningen, The Netherlands. Madrid, España. 326.
- PROINPA (2003). *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo 1993 – 2003*. Programa Colaborativo de Manejo y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTA), Proyecto PAPA ANDINA. Cochabamba, Bolivia. 140 p.
- Rígate, S. Gonzales, A. y Huarte, M. *Producción de plántulas de papa a partir de técnicas combinadas de micropropagación e hidroponía para la obtención de semilla prebásica*. Revista Latinoamericana de la Papa. 11 p

EFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON BIOL EN EL CULTIVO DE AVENA EN LA ÉPOCA DE LLUVIA (*Avena sativa* L.)

Effect of three levels of fertilization with biol in the cultivation of avena in the epoch of lluvia (*Avena sativa* L.)

López, J. C.¹; Vargas, V.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica Universidad Pública del El Alto

2 M.V.Z. Proyecto: Manejo de la Contaminación en el Eje Hidrográfico El Alto-Lago Titicaca (PROLAGO).

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

The study of three biol levels in the cultivation of oat *Trenches sativa* L. was carried out in the community of High Kenakahua. Municipality of Pucarani. The levels included in the study were: 0%, 50%, 75%, 100% of biol product of manure of bovine livestock broken down in a biodigestor, the fertilization effect with biol on the growth of the plant and the increment of the dimensions of the leaf. It was evaluated totally at random under the design of blocks with twelve experimental units, with three repetitions in one period three months, being the answer variables the increment of growth, the yield of green and dry matter. The results indicate that the best level is of 100% biol for the growth of oat with a height bigger than 108.4 cm. The fertilization effect with pure biol it showed bigger increments in plant height and area to foliate. Of the above-mentioned you conclude that the oat can be fertilized in efficient form using the level of 100% biol that accelerates the growth of the plant.

Keywords: *Avena sativa* L. effect, fertilization, levels, biol, cultivation, avena, epoch, lluvia.

Resumen

El estudio de tres niveles de biol en el cultivo de avena *Avena sativa* L. se realizó en la comunidad de Kenakahua Alta, Municipio de Pucarani. Los niveles estudiados fueron: 0%, 50%, 75%, 100% de biol producto de estiércol de ganado bovino descompuesto en un biodigestor, el efecto de fertilización con biol sobre el crecimiento de la planta y el incremento de las dimensiones de la hoja. Fue evaluado bajo el diseño de bloques completamente al azar con doce unidades experimentales, con tres repeticiones en un periodo de tres meses, siendo las variables de respuesta el incremento de crecimiento, el rendimiento de materia verde y seca. Los resultados indican que el mejor

nivel es de 100% biol para el crecimiento de avena con una altura mayor de 108,4 cm. El efecto de fertilización con biol mostró incrementos en altura de planta y área foliar. Se concluye que la avena puede ser fertilizada en forma eficiente empleando 100% biol para acelerar el crecimiento de la planta.

Palabras clave: *Avena sativa* L. efecto, fertilización, niveles, Biol, cultivo, avena, época, lluvia.

1. Introducción

La avena es uno de los principales cultivos forrajeros de los valles mesotérmicos andinos de Bolivia. La variación de estos factores climáticos, causa una variación estacional en la productividad de la avena (Jutzy, et al. 1979).

El cultivo de avena es una fuente importante de alimento para la industria pecuaria; se destina cerca del 80% de la producción nacional para el consumo como forraje verde, forraje henificado, grano y alimentos balanceados. Gutiérrez F. (1987).

El biol es considerado por muchos investigadores un fertilizante foliar que favorece el desarrollo foliar de las plantas. Asimismo sostiene que el biol tiene efectos favorables en las propiedades químicas y biológicas del suelo. Serrano T. (2009)

Según Fernando A. (2010) el biol es un abono foliar orgánico, también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol, residuos de cosecha).

La baja disponibilidad de alimentación en materia verde en época seca lo cual repercute en el bajo rendimiento de leche de ganado bovino, en los últimos años la variabilidad de los factores climáticos, (escases de lluvia, helada, inundaciones, sequías) ha ocasionado que la producción de forrajes sea insuficiente, repercu-

tiendo directamente en la economía del productor en el altiplano paceño.

Como forraje, la avena tiene alta digestibilidad, proporciona alta cantidad de energía metabolizable y su fibra presenta mejores cualidades que otros.

El biol actualmente llega a hacer un fertilizante foliar orgánico excelente para el desarrollo de los forrajes. De acuerdo a estudios realizados por la GTZ el 2010 en Bolivia, el biol presenta las siguientes características: 7,5 de pH, 85% en materia orgánica, 2,6% nitrógeno, 1,5% fósforo, 1,0% potasio.

El presente trabajo de investigación se realizó con los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de tres niveles de biol en el cultivo de avena (*Avena sativa* L.)
- Evaluar las variables agronómicas (altura de planta, número de macollos) de la producción de avena bajo el efecto de diferentes niveles de aplicación foliar del biol.
- Evaluar el rendimiento del forraje estudiado (materia verde y materia seca), mediante la aplicación de biol en tres diferentes concentraciones.

Dentro la hipótesis nula no existe diferencia en la aplicación foliar de tres niveles de biol en el cultivo de avena (*Avena sativa* L.).

2. Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Kenakahua Alta perteneciente al municipio de Pucaráni de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, esta comunidad se encuentra ubicada a 3.830 msnm y 75 km al oeste de la ciudad de La Paz.

Los materiales e insumos empleados fueron semilla de avena variedad gaviota, biol, mochila fumigadora, carretilla, rastrillo, wincha de 50 metros, hoz, saca, malla, baldes de 20 litros, cámara fotográfica, tablero de registro.

El trabajo consistió en evaluar el efecto de tres niveles de biol en el cultivo de avena, se estableció un diseño bloques completamente al azar con doce unidades experimentales, se trabajaron con cuatro tratamientos y tres repeticiones en la época de lluvia. La aplicación de biol se realizó desde el primer mes de edad de crecimiento hasta los tres meses, cada dos semanas se prepararon niveles al 100% de biol en baldes de 10 litros.

Este trabajo se realizó en las parcelas de los señores: Vicente Huanco, Carlos Maca, Gregorio Conde en terrenos de 400 m² cada uno. El biol se obtuvo del biodigestor de María Cantuta Limachi para estas tres parcelas.

Los factores estudiados fueron los siguientes:

- a) Tratamiento 1: Testigo 0%, sin aplicación de biol, (sólo se aplicó riego en estas unidades experimentales).
- b) Tratamiento 2: Concentración de biol al 50%, se preparó 5 litros de biol con otros 5 litros de agua y se mezcló en la mochila fumigadora, luego se aplicó en cada unidad experimental de cada bloque en la parcela de cultivo de avena.

c) Tratamiento 3: Concentración de biol al 75% se preparó 7,5 litros de biol con 2,5 litros de agua y se mezcló en la mochila fumigadora, luego se aplicó en cada unidad experimental de cada bloque en la parcela de cultivo de avena.

d) Tratamiento 4: Concentración de biol al 100%, se preparó los 10 litros de biol sin agua en la mochila fumigadora, luego se aplicó en cada unidad experimental de cada bloque en la parcela de cultivo de avena.

Los diferentes análisis estadísticos realizados de las variables de respuesta propuestas, fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

3. Resultados y discusión

En base a los datos obtenidos en el campo, los resultados y las discusiones respectivas se detallan a continuación:

La siembra se realizó en las primeras semanas de febrero del 2010, el tiempo de desarrollo de cultivo de avena fue de cuatro meses, la avena de variedad gaviota mostro un comportamiento que ha variado por la aplicación de biol que mostró un efecto en el cultivo.

Durante el primer mes no se observó precipitaciones o lluvias en la zona la germinación de avena se retrasó, posteriormente en el segundo mes la avena ya desarrollaba con una altura de 10 a 15 cm., se aplicó tres dosis de biol durante tres meses.

Durante este tiempo se observó que los factores climáticos como la sequía han variado al cultivo donde se aplicó mayor biol era resistente a la sequía tenían hojas vigorosas, el cultivo sin biol se marchitaba mostraban decaimiento de las hojas y el último mes afectó la helada con quemaduras el cultivo sin biol, la planta con

aplicación de biol no mostro quemaduras en las hojas.

Cuadro 1. Análisis de varianza de altura de la planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	2	5189,460000	2594,730000	92,78	<0,0001 **
TRAT	3	375,616667	125,205556	4,48	0,0564 NS
Error	6	167,793333	27,965556		
Total	11	5732,870000			
Promedio	98,75				
CV%	5,355187				

La probabilidad encontrada del 5% (0,05) es mayor al valor que ocupa la probabilidad encontrada (0,001) en el bloque por lo que se rechaza la hipótesis nula esto a un nivel de significancia de 5%. El análisis de varianza (cuadro 1), para la variable de la altura de la planta mostró que existen diferencias altamente significativas en los promedios de los bloques, lo cual quiere decir, que la aplicación con biol influye en el incremento de crecimiento en longitud en cultivo de avena.

En los tratamientos de probabilidad encontrada del 5% (0,05) es menor al valor que ocupa la probabilidad encontrada (0,0564) en los tratamientos. por lo que se rechaza la hipótesis nula, esto a un nivel de significancia de 5%. El análisis de varianza también muestra, que existen diferencias significativas al 5% entre tratamientos, lo cual se explica ya que por cada tratamiento existe influencia o efecto de biol en el crecimiento de avena.

El coeficiente de variación es de 5,35%.

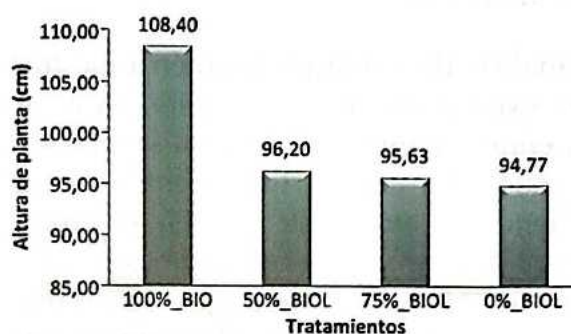


Gráfico 1. Altura de la planta por tratamientos, a los cuatro meses

Se observa que en el tratamiento D 100% biol alcanzó mayor altura con un promedio de 108,4 cm, mientras que en el tratamiento C 75% biol alcanzó una altura inferior de 95,63 cm, por otro lado en el tratamiento B 50% biol alcanzó una altura poco menor de 96,2 cm, y el ultimo tratamiento A% biol 94,76.

Cuadro 2. Análisis de varianza de número de macollos

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	2	149,2850000	74,6425000	35,28	0,0005 **
TRAT	3	18,1625000	6,0541667	2,86	0,1265 NS
Error	6	12,6950000	2,1158333		
Total	11	180,1425000			
Promedio	12,225				
CV %	11,89849				

La probabilidad encontrada del 5% (0,05) es mayor al valor que ocupa la probabilidad encontrada (0,0005) en el bloque por lo que se rechaza la hipótesis nula esto a un nivel de significancia de 5%. El análisis de varianza (cuadro 2), el número de macollos mostró que existen diferencias altamente significativas en los promedios de los bloques, lo cual quiere decir, que la aplicación con biol influye en el incremento de crecimiento en longitud en cultivo de avena. En los tratamientos probabilidad encontrada del 5% (0,05) es mayor al valor que ocupa la probabilidad encontrada (0,1265) en los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula, esto a un nivel de significancia de 5%.

El análisis de varianza también muestra, que existen diferencias significativas al 5% entre tratamientos, lo cual se explica ya que por cada tratamiento existe influencia o efecto de biol en el crecimiento de avena. El coeficiente de variación de 11,89 % indica que los datos fueron manejados adecuadamente o son

confiables, por encontrarse en el rango aceptable para trabajos de campo puede llegar hasta 30%.

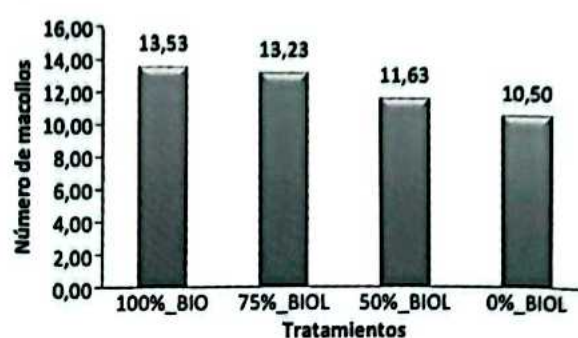


Gráfico 2. Numero de macollos por planta con tres niveles de biol

Se observa que en el tratamiento D 100% biol alcanzó un numero mayor de macollos con un promedio de 13,5, mientras que en el tratamiento C 75% biol se tiene un numero de macollos inferior de 13,2, por otro lado, en el tratamiento B 50% biol alcanzó un numero de macollos poco menor de 11,6 y el ultimo tratamiento A con 0% biol alcanzó un número de macollos menos de 10,5.

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento en materia verde

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	2	103,3716667	51,6858333	329,33	<0,0001 **
TRAT	3	2,4133333	0,8044444	5,13	0,0430 *
Error	6	0,9416667	0,1569444		
Total	11	106,7266667			
Promedio		8,466667			
CV %		4,679080			

La probabilidad encontrada del 5% (0,05) es mayor al valor que ocupa la probabilidad encontrada (0,0001) en el bloque por lo que se rechaza la hipótesis nula esto a un nivel de significancia de 5%. El análisis de varianza (cuadro 3), para la variable de materia verde mostró que existen diferencias altamente signifi-

cativas en los promedios de los bloques, lo cual quiere decir, que la aplicación con biol influye en la materia verde de avena.

En los tratamientos probabilidad encontrada del 5% (0,05) es mayor al valor que ocupa la probabilidad encontrada

(0,0430) en los tratamientos por lo que se rechaza la hipótesis nula esto a un nivel de significancia de 5%. En análisis de varianza también muestra, que existen diferencias significativas al 5% entre tratamientos, lo cual se explica que por cada tratamiento existe influencia o efecto de biol en la materia verde de avena. El coeficiente de variación de 4,67%.

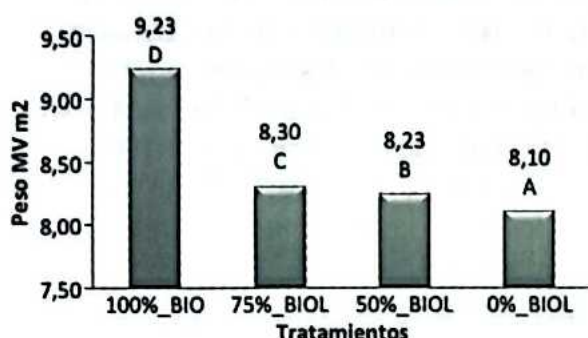


Gráfico 3. Rendimiento de materia verde con tres niveles de biol

Cuadro 4. Análisis de varianza para rendimiento en materia seca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	2	14,09331667	7,04665833	382,68	<0.0001**
TRAT	3	0,38016667	0,12672222	6,88	0.0228*
Error	6	0,11048333	0,01841389		
Total	11	14,58396667			
Promedio	3,198333				
CV %	4,242766				

La probabilidad encontrada del 5% (0,05) es mayor al valor que ocupa la probabilidad encontrada (0,0001) en el bloque por lo que se rechaza la hipótesis nula esto a un nivel de significancia de 5%. El análisis de varianza (cuadro 4), para la variable de materia seca mostro que existen diferencias altamente significativas en los promedios de los bloques, lo cual quiere decir, que la aplicación con biol influye en el peso de forraje seco de avena.

En los tratamientos probabilidad encontrada del 5% (0,05) es mayor al valor que ocupa la probabilidad encontrada

En la materia verde se registran diferencias estadísticas pero se observa que en el tratamiento D 100% biol es la que presenta un peso mayor con relación al resto de los niveles de biol con 9,2 kg/m² mientras que en el tratamiento C 75% biol alcanzó un peso inferior de 8,3 kg/m² por otro lado en el tratamiento B 50% biol alcanzó un peso menor de 8,2 kg/m² y el ultimo tratamiento A% biol alcanzó un peso mas menor de 8,1 kg/m².

(0,0228) en los tratamientos por lo que se rechaza la hipótesis nula esto a un nivel de significancia de 5%. En análisis de varianza también muestra, que existen diferencias significativas al 5% entre tratamientos, lo cual se explica ya que por cada tratamiento existe influencia o efecto de biol en el peso de materia seca de avena. El coeficiente de variación de 4,24 %. Indica que los datos fueron manejados adecuadamente o son confiables, por encontrarse en el rango aceptable para trabajos de campo puede llegar hasta 30%.

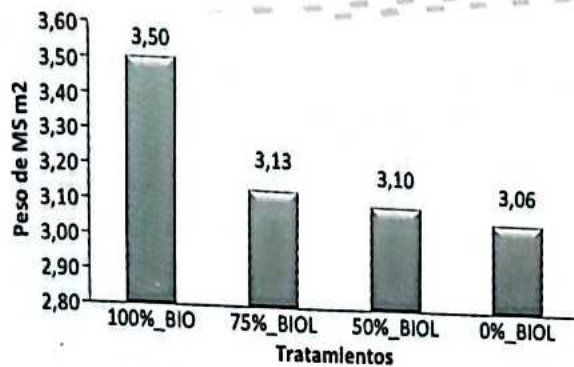


Gráfico 4. Rendimiento de materia seca con tres niveles de Biol

Por otra parte en materia seca se registran diferencias estadísticas pero se observa que en el tratamiento D 100% biol es la que presenta un peso mayor con relación al resto de los niveles de biol con 3,5 kg/m² mientras que en el tratamiento C 75% biol alcanzó un peso inferior de 3,13 kg/m² por otro lado en el tratamiento B 50% biol alcanzó un peso menor de 3,10 kg/m² y el ultimo tratamiento A% biol alcanzó un peso mas menor de 3,06 kg/m².

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones.

De conformidad a las hipótesis formuladas al inicio de la investigación, se evidencio que todas las hipótesis se rechazan por existir diferencias en las variables de experimentación.

El mejor incremento de crecimiento en el cultivo fue de nivel 100% biol a 108,4 cm, el cual es la más alta para las plantas aplicadas sin biol se tiene un promedio de 94,77cm, de longitud que se muestra en el (gráfico 1)

Con referencia al número de macollos, se indica que los diferentes tratamientos o niveles tuvieron poca diferenciación como el tratamiento D 100% biol que tuvo el mayor numero de macollos con

un promedio 13,5, en segundo lugar correspondió al tratamiento C 75% biol con un promedio 13,2 por otro lado el tercer lugar el tratamiento B 50% biol con un promedio 11,6 y el ultimo tratamiento A% biol con 10,5.

En el rendimiento de materia verde se indica que existen diferencias el tratamiento D nivel 100% biol con un promedio de 9,2 kg/m² que es mayor que los demás tratamientos como se observa en la (gráfico 3) con promedio de 8,2kg/m². En materia seca se observó que el tratamiento D 100% biol alcanzó mayor peso de 3,5 kg/m² mientras que los demás tratamientos o niveles alcanzaron un promedio de 3,09 kg/m² como muestra en el (gráfico 4)

Se demuestra que la aplicación de biol adecuada incrementó el crecimiento de la planta de avena, lo cual puede ser una opción para acelerar el crecimiento del cultivo y acortar el ciclo de desarrollo. Repetir la experiencia efectuando ensayos con la misma característica con el fin de validar los resultados.

5. Agradecimientos

A la Carrera de Ingeniería Agronómica de la UPEA, al plantel docente y administrativo, por haberme acogido durante mi formación.

Al proyecto PROLAGO en Bahia Cohana por todo el apoyo técnico y todas las personas que de una u otra forma, contribuyeron en la realización del presente trabajo.

A mis asesores: M.V.Z. Dr. Vladimir Varga de prolago, Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, Ing. Laoreano Coronel Quispe por la colaboración y guía durante la realización del presente trabajo.

6. Referencias bibliográficas

Fernando A. (2010). *Preparación y uso de Biol. Soluciones Prácticas ITDG tecnologías desafiando la pobreza*. Biblioteca Nacional Lima Perú www.solucionespracticas.org

Gutiérrez F. (1987). *Variedades de avena en producción de forraje y grano en dos localidades*, Centro de Investigación en Forrajes La Violeta, Cochabamba.

Jutzi, S. et al. (1979). *La productividad de la avena (Avena sativa) en forraje en tres épocas del año*. Experiencias en cultivos forrajeros II.

Serrano T. (2009). *Curso – taller. Construcción de biodigestores y uso del Biol*. Universidad Pública de El Alto.

7. Anexos



Foto 1. Siembra de avena variedad gaviota con tracción animal en la época de lluvia. (Juan C. López)



Foto 2. Desarrollo de área filiar y la medición de la altura por efecto de biol durante tres meses de estudio. (Juan C. López)



Foto 3. Biodigestor que produce biol producto de la descomposición de estiércol de ganado bovino para aplicación foliar con mochila fumigadora a la avena en estudio. (Juan C. López)



Foto 4. Diferencia de crecimiento con la aplicación de biol y sin biol. (Juan C. López)



Foto 5. Evaluación del peso de materia verde y la elaboración de ensilaje. (Juan C. López)

PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE HABA (*Vicia faba* L.) CON LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NÚMEROS DE SEMILLAS POR GOLPE EN TRES DISTANCIAS DE SURCO

Production of the bean cultivation (*Vicia faba* L.) with the application of different numbers of seeds for blow in three furrow distances

Mamani, P.¹

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

To know the answer of the use of different numbers of seeds for blow in three furrow distances in the bean (*Vicia faba* L.) cultivation in production it was necessary to carry out an evaluation. Dos bean seeds for blow in distances among furrows 70 cm obtained better bean yield in dry grain. The study was carried out in the town of Chirapaca, belonging to the county The Andes of the Department of La Paz, located to 55 km of the city of El Alto one, in Bolivia. 1 and 2 seeds were used by blow in distances among furrows 45, 60 and 70 cm respectively, distributed aleatorily in the experimental units. The experimental design that was used was the complete blocks at random, with two factors and four repetitions. The results were the following ones: The best yields in dry grain corresponded at the following levels: S2/D3 with 4.21 t/ha and S1/D3 with 3.05 t/ha respectively. The wide distance with two and a seed for blow influenced in the increment of the yield. The economic entrance indicated that the best beneficio/costo retributions corresponded at the levels of S2/D3 with Bs 3,30 and S1/D3 with Bs 2,50. When taking into account all the study variables and the results you concluded that the bean siembra with S2/D3 or S1 / D3 can be used like better levels in the bean production.

Keywords: Production, cultivation, bean, seeds for blow and furrow.

Resumen

Para conocer la respuesta del uso de diferentes números de semillas por golpe en tres distancias de surco en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en producción fue necesario para realizar una evaluación. Dos semillas de haba por golpe en distancias entre surcos 70 cm obtuvieron mejor rendimiento en grano seco. El estudio se realizó en la localidad de Chirapaca, perteneciente a la provincia Los Andes del Departamento de La

Paz, ubicado a 55 km de la ciudad de El Alto, en Bolivia. Se utilizaron 1 y 2 semillas por golpe en distancias entre surcos de 45, 60 y 70 cm respectivamente, distribuidos aleatoriamente en las unidades experimentales. El diseño experimental que se empleó fue los bloques completos al azar, con dos factores y cuatro repeticiones. Los resultados fueron los siguientes: Los mejores rendimientos en grano seco correspondieron a los siguientes niveles: S2/D3 con 4.21 t/ha. y S1/D3 con 3.05 t/ha respectivamente. La distancia ancha con dos y una semilla por golpe influyó en el incremento del rendimiento. El ingreso económico indicó que las mejores retribuciones de beneficio/costo correspondieron a los niveles de S2/D3 con Bs 3,30 y S1/D3 con Bs 2,50. Al tomar en cuenta todas las variables de estudio y los resultados se concluyó que la siembra de haba con S2/D3 o S1 /D3 puede emplearse como mejores niveles en la producción de haba.

Palabras claves: Producción, cultivo, haba, semillas por golpe y surco.

1. Introducción

En el altiplano norte de nuestro país se cultivan variedades conocidas, de grano grande y de porte alto llamado "Gigante Copacabana", etc. por los productores de haba. Los principales problemas que tienen ellos son: el bajo rendimiento de cultivo de haba, ataque de plagas, daños ocasionados por factores adversos y la mala calidad, debido a esos problemas, los productores de haba obtienen bajos ingresos económicos y en algunos casos no cubre los costos de producción. En las zonas altas, la mayor parte de este cultivo se cosecha en grano seco, cuyos precios de venta son bajos.

Adriela (1991), indica que el haba tiene una demanda en el mercado nacional (Bolivia) e internacional (Perú, Japón, etc.), por su alto valor nutritivo, son fuente de proteínas de bajo costo y permite elaborar harina, galletas, etc. El haba es un producto agrícola importante en la seguridad alimentaria de nuestro país.

En la actualidad algunos productores de haba realizan la siembra utilizando diferentes densidades de la siembra tradicional y otros utilizan uno o dos semillas por golpe. La calidad de grano que obtienen después de la cosecha es baja. En el ámbito nacional llega a un rendimiento promedio de 2,42 t/ha (Salva-

tierra, 1999). Considerando estos factores se tomó la decisión realizar una investigación con la aplicación de diferentes números de semillas por golpe es tres distancias (45 cm, 60 cm y 70 cm), para evaluar las variables fenológicas, agronómicas y costo de producción.

En las comunidades de la región de estudio, no se cuenta con registros ni la suficiente información, acerca de la producción de cultivo de haba con diferentes números de semillas por golpe en tres distancias de surco para incrementar la producción.

Los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

- Determinar el desarrollo fenológico del cultivo de haba.
- Evaluar el rendimiento de los tratamientos con la aplicación de diferentes números de semillas por golpe en tres distancias de surco.
- Determinar los costos de producción por la aplicación de diferentes números de semillas por golpe en tres distancias de surco.

FAO (2006) citado por Confalone (2008), menciona que el haba (*Vicia faba* L.) es la séptima legumbre de grano en la impor-

tancia en el mundo y la típica leguminosa de doble utilización (tanto para la alimentación humana como animal), constituyéndose en muchos países la mayor fuente de proteína humana.

M.A.G.D.E.R. (2002), menciona que la producción del cultivo de haba se efectúa en 7 de los 9 departamentos de

Bolivia con un rendimiento promedio de 1957 kg/ha, donde la producción se obtiene en los departamentos de Potosí y La Paz con 19000 y 1471 t respectivamente.

En cuadro 1, se muestra la composición bromatológica en base a grano seco de haba.

Cuadro 1. Composición bromatológica de haba

Especie	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasas (%)	Carbohidratos (%)	Calorías (cal/kg)
Haba	11,0	23,4 a 25,9	2,4	55,3	3350

Fuente: MACA (2005)

El mismo autor indica que el grano de haba contiene una importante cantidad de aminoácidos esenciales como: cistina, metionina, lisina, leucina, triptófano, entre otros que son importantes para la alimentación humana.

MACA (2005), indica que hay diversidad de variedades para las zonas altas, cuyas plantas son de porte variable con alturas entre 90,00 cm y 2,00 m con 3,00 a 10,00 ramas y 10,00 a 60,00 vainas por planta. Además menciona que, en general, las variedades de las zonas altas, conocidas como "habillas", son cultivadas principalmente para su consumo en grano seco, aunque también se pueden comercializar en vaina, cuya calidad es apreciada. En este grupo tenemos a la "Gigante de Copacabana", "Usnayo", original de "Waca Jabasa" y "Haba Grande". Estas alcanzan rendimientos entre 1,20 a 4,50 t/ha en grano seco.

INIAF (2010), recomienda sembrar en surcos de 70 cm de distancia, 20 a 30 cm entre plantas y una profundidad de 7 a 15 cm. Contrariamente Villarroel (1997), recomienda sembrar el haba en la región del altiplano a 60 cm de distancia entre surcos. Por otro lado la ORS, JICA y UPCA (2004), indican que la distancia entre surcos debe ser superior a 60 cm y mayores a 30 cm entre planta.

Según ORS (2006), la semilla recomendable para la siembra debe ser certificada, además antes de la siembra la semilla se debe desinfectar por termoterapia, durante 2 minutos (en agua hirviendo), así eliminamos enfermedades.

Niño (2005) e INIAP (2000), recomiendan colocar 1, 2 y 3 semillas por golpe esto en función a la distancia entre plantas y surcos. Si la distancia es mayor, la cantidad de semillas será tres y si es menor la distancia entre surcos se colocará una semilla.

MACA (2005), Villarroel (1997) e IBTA (1996), para tener una buena cosecha, recomiendan sembrar a una distancia poblacional de 13 a 20 plantas/m² y 10 a 11 plantas/m² en alturas (100 a 200 kg/ha de semilla). Se debe emplear 2 semillas por golpe.

2. Materiales y métodos

Ubicación. El presente estudio se realizó en los campos de la "comunidad de Chirapaca", Cantón Batallas, ubicado en el altiplano norte de La Paz a 55 km. La zona geográficamente está situada entre las coordenadas 16° 18' latitud sud y a 68° 33' longitud oeste y una altitud aproximada de 3.860 m.s.n.m. (Instituto

Geográfico Militar, 2005).

Material Vegetal. Se utilizó Semilla de haba del ecotipo "Gigante Copacabana".

Material de Campo. Picotas (2 unidades), chuntillos (2 unidades), rastrillo (1 unidad), cinta métrica (1 unidad de 50 m), regla (1 unidad de 30 cm), estacas para marcar (56 unidades), letreros (28 unidades), etc.

Material de Laboratorio. Balanza analítica de precisión (0,01 g).

Metodología

Fase de Establecimiento de la Parcela Experimental. Se realizó las siguientes labores:

Preparación del Terreno. Se realizó el roturado del suelo con la maquinaria agrícola (tractor).

Siembra. La siembra se realizó con 1 y 2 semillas por golpe, las distancias entre surcos fue: 45, 60 y 70 cm y entre plantas 30 cm a una profundidad aproximada de 15 cm.

El experimento contó con cuatro repeticiones, con seis tratamientos, con un total de 24 unidades experimentales.

Análisis Estadístico. Se aplicó el diseño experimental Bloques Completos al Azar con arreglo factorial de 2x3 y con 4 repeticiones, donde se ensayó dos factores (Calzada, 1982)

Factor A: Semillas

Factor B: Distancias

Factor semillas con 1 y 2 semillas por golpe.

Factor distancias con tres distancias entre surcos de 45, 60 y 70 cm.

Tratamientos. Se distribuye de la siguiente manera (cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de Tratamientos

T1	S1	D1	1 semilla con distancia entre surcos 45 cm
T2	S1	D2	1 semilla con distancia entre surcos 60 cm
T3	S1	D3	1 semilla con distancia entre surcos 70 cm
T4	S2	D1	2 semillas con distancia entre surcos 45 cm
T5	S2	D2	2 semillas con distancia entre surcos 60 cm
T6	S2	D3	2 semillas con distancia entre surcos 70 cm

Variables de Respuesta:

Días a la Emergencia

Días al Macollamiento

Días a la Floración

Días al Envainado

Días al Llenado de Legumbres (Granos)

Altura de la Planta

Número de Macollos por Planta

Longitud de Vainas

Número de Vainas por Planta

Peso de 100 Granos

Rendimiento de Grano Seco

Variables Económicas

3. Resultados y discusión

Días a la Emergencia. De acuerdo a la investigación realizada, mostró el 100% de las plantas emergidas a los 48 días después de la siembra, aspecto que es corroborado por JICA (2006), donde menciona que la emergencia ocurre a los 30 y 45 días desde la siembra.

Galeshi *et.al.* (2001) citado por Calle (2009), menciona que el tamaño de la semilla induce a las variaciones en la germinación y emergencia en plántulas de un mismo genotipo en la primera etapa del cultivo, la ventaja de la semilla grande es la capacidad de promover energía más rápidamente para el crecimiento.

Días al Macollamiento. Ocurrió a los 64 días después de la siembra en todas las unidades experimentales (Gráfico 1), los cuales concuerdan con los datos reportados por JICA (2006), donde menciona el macollamiento ocurre a los 30 días

después de la emergencia. Contrariamente Ichuta (2009), señala que el macollamiento en cultivo de haba ocurre a los 45 días desde la siembra, siendo diferente al dato reportado en esta investigación.

Días a la Floración. Esto ocurrió a los 103 días después de la siembra. En las investigación realizada por Calle (2009), sobre el efecto de calibres de la semilla en el rendimiento de haba es la siguiente: para calibre extra fue a los 85 días, para calibre primera a los 90 días y por último el calibre segunda a los 100 días considerando la floración en más de 50%.

Días al Envainado. Ocurrió a los 125 y 128 días desde la siembra. Al respecto Ichuta (2009), asevera que los días al envainado ocurren a los 65 y 120 días en la región del altiplano norte de La Paz, siendo este dato algo similar al presente estudio.

Días al Llenado de Legumbres (Granos). El llenado de granos (legumbres) al 100 % ocurrió a los 150 y días después de la siembra (Gráfico 2). Con relación a este variable Ichuta (2009), contabilizó el % de llenado de grano en cada unidad experimental a los 270 días transcurridos a partir de la siembra, siendo este dato totalmente diferente al presente estudio, esta diferencia se debe a la influencia de factores de suelo, clima, humedad, variedad, época de siembra que son distintas en cada región o lugar del altiplano.

Altura de la Planta. En el Análisis de Varianza realizado para la variable dependiente altura de la planta no existe diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) en ninguna de las variables independientes (número de semillas por golpe, distancia entre surcos e interacción número de semillas por golpe/distancia entre surcos).

La prueba LSMEANS (Cuadrados Mínimos Medios) para la variable altura de la planta

al nivel de 5 % de significancia. Entre S2/D3 (T6) con 108,60 cm y la S1/D1 (T1) con 97,17 cm de altura, existe diferencia estadística significativa debido a que la mayor distancia permite a la planta: tener mayor disponibilidad de nutrientes, captar mejor la radiación solar para realizar la fotosíntesis, hay menos competencia en nutrientes, etc., estos datos son totalmente diferentes a las evaluaciones reportadas por el INIAF (2010), donde menciona que la altura promedio de la planta en la región es de Copacabana es 145,00 cm esto nos indica que este hecho se debe a diferentes factores como ser: clima, suelo, época de siembra, etc.

Número de Macollos por Planta. En Análisis de Varianza para la variable dependiente número de macollos, mostró que en la variable independiente número semillas por golpe existe una diferencia estadística altamente significativa ($p < 0,01$).

La comparación de media para el variable número de macollos por planta es la siguiente: S2/D3 (T6) con 8,70 macollos; S2/D2 (Testigo) con 7,97 macollos y S2/D1 (T4) con 7,30 macollos, son no significativos entre sí; pero, son significativos con S1/D2 (T2) con 6,25 macollos; S1/D3 (T3) con 6,15 macollos y S1/D1 (T1) con 5,45 macollos, siendo estos datos un poco diferentes a los reportados en investigaciones realizadas por el INIAF (2010), Soto y Rivero (2007), donde mencionan que el número de macollos por planta es 5,00 unidades, esta diferencia se debe a la cantidad de semillas colocadas por golpe en la parcela experimental, al factor clima y suelo.

Longitud de la Vaina. En el Análisis de Varianza realizado para la variable longitud de vaina, no existe ninguna diferencia estadística significativa ($p > 0,05$).

La prueba LSMEANS para la longitud de la vaina al 5 % mostró que el tratamiento

S2/D3 (T6) con 12,42 cm es significativo con el resto de las interacciones S1/D3 (T3) con 11,73 cm; S1/D2 (T2) con 11,67; S2/D2 (Testigo) con 11,45 cm; S2/D1 (T4) con 11,20 cm y S1/D1 (T1) con 11,17 cm, dándonos a entender que S2/D3 (T6) obtuvo una media superior para la obtención de un mayor longitud en las vainas del haba, esto se debe que en mayor distancia entre surcos hay más disponibilidad de nutrientes. Estos datos concuerdan con las investigaciones realizadas por Aguilar (2001), donde indica que la longitud de la vaina promedio es de 12.70 cm en la localidad de Belén, correspondiente a la región de Altiplano Norte.

Número de Vainas por Planta. Análisis de Varianza realizado para la variable número de vainas por planta, no existe la diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) en número de semillas empleadas. La distancia entre surcos fue significativa ($p < 0,05$).

La prueba LSMEANS realizada a nivel de 5 % de significancia con respecto al variable número de vainas por planta, mostró que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos S2/D3 (T6) con 25,02 vainas; S1/D3 (T3) con 24,50 vainas y S2/D2 (Testigo) con 20,95, pero es significativo el tratamiento S2/D3 (T6) con 25,02 vainas por planta respecto a las interacciones S1/D2 (T2) con 18,02 vainas; S2/D1 (T4) con 16,72 vainas, y es altamente significativo S2/D3 (T6) ante el tratamiento S1/D1 (T1) con 16,70 vainas. Estos resultados se asemejan con los estudios realizados por INIAF (2010) donde menciona que el número de vainas por planta es 23,00 unidades en promedio.

Peso de 100 Granos. El ANVA representa a la variable dependiente peso de 100 g donde existe una diferencia estadística

altamente significativa ($p < 0,01$) entre el número de semillas sembradas por golpe. También la distancia entre surcos muestra altamente significativa ($p < 0,01$), es decir que una de las distancias utilizados (70 cm) fue mejor para la obtención del peso de 100 granos. De la misma manera en la interacción se observa que existe la diferencia estadística altamente significativa ($p < 0,01$).

La prueba estadística LSMEANS al 1 % de significancia, existe una diferencia estadística significativa entre S2/D3 (T6) con 285,38 g; con el resto de tratamientos S1/D3 (T3) con 242,83 g; S2/D2 (testigo) con 234,35 g; S1/D2 (T2) con 233,18 g; S2/D1 (T4) con 230,02 g y S1/D1 (T1) con 228,85 g. Estos resultados se asemejan con las investigaciones realizadas por INIAF (2010), donde menciona que el peso de 100 granos de haba de ecotipo Gigante de Copacabana es 280,00 g en la región de Copacabana.

Choque (2005), para el mismo variable obtuvo los siguientes resultados: la variedad "Cumana" con 261,98 ; "Pairumani 1" con 155,37; "Criollo" con 175,75; "Pairumani 5" con 235,38; "Usnayo" con 273,53 y "Toralapa 2" con 300,60 g respectivamente por 100 granos de haba seca. Esta diferencia se debe a los factores genéticos de cada variedad o ecotipo, condiciones climáticos, suelo y otros.

Rendimiento de Grano Seco. En el Análisis de Varianza realizado en el Cuadro 3, para la variable dependiente rendimiento grano seco se puede observar que no existe una diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) entre variables independientes número de semillas por golpe y la interacción. En cuanto a la distancia entre surcos existe una diferencia altamente significativa ($p < 0,01$).

Cuadro 3. ANOVA para Variable Rendimiento de Grano Seco.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Pr > F
Semilla	1	1,10	1,10	2,0	0,17 NS
Distancia	2	7,79	3,89	7,1	0,006 **
Semilla/Dist.	2	1,63	0,81	1,4	0,25 NS
Error	15	8,20	0,54		
Total correg.	23	22,9			

C.V. 25 %

** Altamente Significativo (0.01)

NS No Significativo

Calzada (1982)

Los resultados del gráfico 3, de forma general nos permite apreciar los rendimientos promedios de grano seco de cada tratamiento S2/D3 (T6) con 4,21 t/ha el cual es significativo con respecto a los otros tratamientos. Este resultado se asemeja con las investigaciones realizadas por Esprella, *et.al.* (2004), donde mencionan que el rendimiento de grano seco es de 3,50 a 4,00 t/ha.

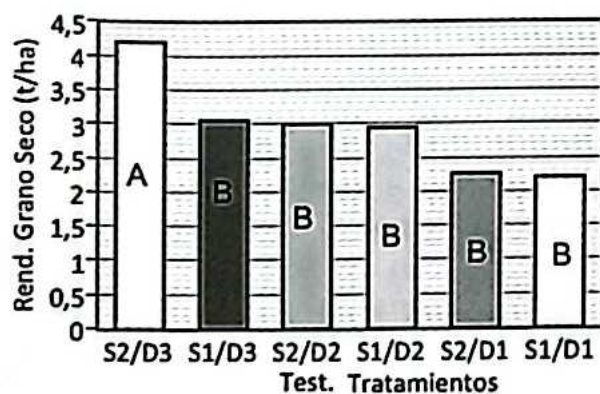


Gráfico 3. Prueba de LSMEANS para rendimiento de grano seco.

Asimismo los rendimientos logrados por Condori (1996), es concordante a los datos obtenidos en el presente trabajo con un valor de 2,60 a 3,90 t/ha.

Sin embargo PASAP (2003), citado por Ichuta (2009), señala que el rendimiento promedio en grano seco de variedades o ecotipos de haba en la zona altiplánica y valles son de 2,00 a 3,00 t/ha respectivamente, mientras para Alba (1995), también citado por el mismo autor indica que la disponibilidad de nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos.

Análisis Económico. El precio base fue tomado del costo de una arroba de grano en seco en el mercado local, la misma que está a razón de Bs 40. Deduciendo el costo unitario en Bs 3,33 el kg.

Analizando los rendimientos, costos de producción, los beneficios netos y la relación beneficio costo, la S2/D3 (T6) es la que reporta los mayores beneficios con Bs 10764,89 consecuentemente con la mejor relación beneficio/costo; es decir, por cada boliviano que se invierte en la producción con la aplicación de 2 semillas por golpe en distancia entre surco 70 cm el retorno es Bs 3,30.

4. Conclusiones

El mejor rendimiento de haba, se logró obtener con la siembra de dos semillas por golpe en distancia entre surcos 70 cm. (S2/D3) con 4,21 t/ha.

En cuanto al peso de 100 granos, el tratamiento S2/D3 tiene una media mayor con 285,38 g.

La mejor longitud de vainas y número de vainas por planta mostró la siembra de haba en distancias anchas con 2 semillas por golpe.

Según la tasa de retorno marginal fue la siembra con dos semillas por golpe en distancia entre surcos 70 cm. En términos de relación B/C, el tratamiento que tuvo mejor ingreso neto fue: S2/D3 con Bs 3,30 seguido con la S1/D2 con Bs 2,92 por Bs invertido.

5. Referencias bibliográficas

- Adriela, G. N. (1991). *Cultivos Andinos*, 1ed. Edit. "CIPCA" Lima, Perú. pp. 13 – 15.
- Aguilar, L. J. (2001). *Validación de variedades mejoradas de haba de altura y valle en condición de Belén, altiplano norte*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés.

- Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. p 96.
- Calzada, B. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. Edit. Milagros. Lima, Perú. p 614.
- Calle, D. (2009). *Efecto del calibre de la semilla en el rendimiento de haba (Vicia faba L.) del ecotipo Gigante Copacabana, en la comunidad Pairumani, provincia Omasuyos, departamento de La Paz*. Tesis Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Universidad Católica Boliviana. Unidad Académica Campesina-Tiahuanaco. La Paz, Bolivia. p 65.
- Condori, P. B. (1996). *Análisis agroeconómico del efecto residual de fertilización mineral y cal en el cultivo de haba (Vicia faba L.)*. Tesis Licenciatura en Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. p 110.
- Confalone, A. E. (2008). *Crecimiento y Desarrollo del Cultivo de Haba (Vicia faba L.)*. Parametrización de Submodelo de Fenología de GROPGRO – FABABEAN. Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela, Escola Politécnica Superior. Departamento de Producción VEXETAL. Lugo, España.
- Choque, B. E. (2005). *Comportamiento Agronómico de tres Variedades y tres Ecotipos de Haba (Vicia faba L.) en la Comunidad Cumana, Provincia Los Andes, La Paz*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica Boliviana. Unidad Académica Campesina-Tiahuanaco. La Paz, Bolivia. p 109.
- Esprella, R. C.; Condori, B., Iriarte, V., Gonzales, M.A. Y Choque, B. (2004). *Estudio de Línea Base Sobre la Problemática del Cultivo de Haba (Vicia faba L.)*. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. p 34.
- Higueta, F. (2000). *Haba; Rendimiento, Espaciamiento, Resistencia a la Temperatura, Control de Enfermedades*. Vol. 25(9). Colombia. pp. 572 – 577.
- Ichuta, C. (2009). *Medidas de adaptación al cambio climático con diferentes métodos de riego, épocas de siembra en ecotipos de haba (Vicia faba L.) en la localidad de Ancoraimes de la provincia Omasuyos La Paz*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. p 94.
- Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) (1996). *Programa Nacional de Leguminosas de Grano*.
- INIAF (2010). *Variedades mejoradas de haba y arveja*. Primera edición. La Paz, Bolivia. pp. 1-7.
- INIAP (2000) *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Manual Agrícola de los Principales Cultivos de Ecuador*. Departamento Técnico de Crystal Chemical Inter- América. S/ed. Ecuador.
- Instituto Geográfico Militar (2005). *Carta Nacional*.
- JICA (2006). *Manual de producción del haba*. Editor JICA. La Paz, Bolivia. p 18.
- MACA (2005). *El Cultivo de Haba*. Boletín Técnico. La Paz, Bolivia.
- M.A.G.D.R. (2002). *Encuesta de Seguimiento y Evaluación de Productos Agrícolas-Departamento de Información y Estadísticas SINSAAT*. p 18.
- Niño, V. (2005). *Guía agronómica cultivo de haba. recomendaciones técnicas para siembra en la sierra peruana*. S/ed. Churín, Perú, p 24.
- Soto, R. y Riveros, F. (2007). *Transferencia Tecnológica en el Sector Agropecuario. Nuevas Variedades de Haba. Parte 2*. s/ed. México.
- ORS-LP. (2006). *Haba Preparación del terreno, la siembra, riego*. Cartilla Maya. La Paz, Bolivia. p 18.
- ORS, JICA y UPCA, (2004). *Producción de Haba para Consumo y Semilla*. Editores. ORS, Prefectura de La Paz. Programa Achacachi. La Paz, Bolivia. p. 48.
- Villarroel, S. (1997). *Manejo de Plagas*. Tomo 1. Ed. Cadia Ballance. Cochabamba, Bolivia. pp. 63.

6. Anexos



Foto 1. Macollamiento de haba a los 64 días. (Pedro Mamani)



Foto 2. Llenado de grano de haba a los 150 días. (Pedro Mamani)

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES EN CAÑAHUA

Characterization and evaluation of the components in cañahua

Mayta, A.¹; Marza F.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Profesor de Genética y Diseños Experimentales de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph. D. en Biotecnología molecular, USA)

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

Twelve cañahua agreements were studied, under a design blocks at random with four repetitions. The investigation was carried out with the objective of to characterize and to evaluate the main components of cañahua yield. The variance analysis shows significant differences in the production, it was on the average of 13.9 grains for plant, with a coefficient of variation of 10.8%, value that shows great variability of grain production among cultivars. The agreements BNGA-222, ILLPA-INIA and BNGA-616, turned out to be the best, it has been possible to take place of 18.560, 18.198, 17.118 grains for plant, respectively. The vegetable covering has developed with an average 9.9 cm. of diameter; the height of the plant had been able to develop on the average of 37.3 cm. high. The grain production has shown to have a grade of significant association ($p < 0.01$) with height of the plant, I number of primary branches and vegetable covering, in the proportion of $r=0.402$, $r=0.415$, $r=0.371$ and $r=0.535$, respectively. The main components are dependent, the first component is contributed with 40% of the total variability and it is bound to the development of the plants with relationship at the time, the second component picks up in an accumulated proportion of 69.1% of the variability and it is bound to the production.

Keywords: Cañahua, agreements, variability, coefficient, components.

Resumen

Doce accesiones de cañahua se estudiaron, bajo un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones. La investigación fue realizada con el objetivo de caracterizar y evaluar los componentes principales de rendimiento de cañahua. El análisis de varianza muestra diferencias significativas en la producción, fue de 13,9 granos por planta en promedio, con un coeficiente de variación de 10.8%, valor que muestra gran variabilidad de producción de grano entre cultivares. Las accesiones BNGA-222, ILLPA-INIA y BNGA-616, resultaron ser los mejores, se ha logrado producir de 18.560, 18.198,

17.118 granos por planta, respectivamente. La cobertura vegetal ha desarrollado con un promedio de 9,9 cm de diámetro, la altura de la planta a logrado desarrollar de 37,3 cm de altura en promedio. La producción de grano ha mostrado tener un grado de asociación significativa ($p < 0.01$) con altura de la planta, número de ramas primarias y cobertura vegetal, en la proporción de $r = 0.402$, $r = 0.415$, $r = 0.371$ y $r = 0.535$, respectivamente. Los componentes principales son dependientes, el primer componente se contribuye con 40% de la variabilidad total y está ligado al desarrollo de las plantas con relación al tiempo, el segundo componente recoge en una proporción acumulada de 69,1% de la variabilidad y está ligado a la producción.

Palabras clave: cañahua, accesiones, variabilidad, coeficiente, componentes.

1. Introducción

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) es una especie originaria de Los Andes. El cultivo se desarrolla en áreas marginales y está adaptada a las condiciones medio ambientales hasta más de 4300 msnm. La superficie cultivada en Bolivia es de 1.550 ha, con un rendimiento promedio de 645 kg ha⁻¹. Es apreciada por sus cualidades nutritivas (14 a 19 % de proteína y un importante balance de aminoácidos), lo cual despierta un interés inusitado en su cultivo (Soto et al. 2008). La cañahua como cultivo andino, en los últimos años, ha cobrado bastante interés, por su alto valor proteínico, vitamínico, y sus cualidades recuperan su importancia en la producción, con potencial de mercadeo y capaz de proporcionar seguridad alimentaria regional y mundial (Mujica et al. 2002). A pesar de que es una de las especies menos estudiadas, sin embargo, se considera que se desarrolla mejor en suelos francos arcillosos con buen drenaje y muestra tolerancia a la salinidad, tolera periodos prolongadas de sequia, muestra susceptibilidad a la humedad en las primeras fases de desarrollo, una vez establecida, es muy resistente al frío, soportando temperaturas de hasta -4°C, ya que por un mecanismo de adaptación las hojas cubren y protegen los primordios, evitando el congela-

miento las partes vitales de la planta, en el otro extremo puede soportar hasta 28°C, si cuenta con la humedad necesaria (Hurtado, 2008).

Para poder efectuar un óptimo manejo de los cultivos es necesario conocer cómo crecen y cómo y cuando se determinan los componentes principales, ya que ello nos ayudan a interpretar o predecir el efecto de variaciones en el ambiente o en el manejo agronómico, sobre el rendimiento. Las etapas más críticas para determinar el rendimiento son la floración y llenado de granos, y los principales factores medioambientales que determinan la cantidad de granos por metro cuadrado bajo condiciones de crecimiento potencial, son la radiación solar y la temperatura (Andrade, 2010). Según Delgado, et al. (2009), las plantas en estado natural son influenciadas por el ambiente determinado por la posición de relieve, y a lo largo de miles de años de evolución para una misma especie se tienen plantas que difieren en algunos caracteres como por ejemplo color, forma, tamaño, altura de las plantas, número de semillas por planta, etc. Todas las variaciones naturales constituyen el acervo genético de la especie, estas características hacen que el cultivo esté sometido a diferentes condiciones climáticas a lo largo de su estado de crecimiento.

2. Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca, ubicado en la Provincia Los Andes, Municipio de Laja, al oeste del Departamento de La Paz y distante a 15 km de ciudad de El Alto. Situada a 16°31'28" de latitud sur, 68°18'30" de longitud oeste, a una altitud de 3.901 msnm.

El estudio está establecido por doce accesiones de cañahua, y se estableció bajo un diseño de bloques al azar con 4 bloques, considerando 12 tratamientos, alcanzando un total de 48 unidades experimentales, la siembra se realizó en base a las siguientes características: número de bloques 4, número de surcos por unidad experimental 4, distancia entre bloques 0,50 m., distancia entre unidad experimental 0,25 m. y longitud de surco 3 m, con una densidad de siembra de 6 kg ha⁻¹. Se caracterizó sobre 8 plantas por unidad experimental y se evaluó: Días a la floración (DF), Días al estado de grano lechoso (DEGL), Días a la madurez fisiológica (DMF), Número de ramas primarias (NRP), Cobertura vegetal (CV), Altura de la planta (HPTA), y Rendimiento (RDTO).

Análisis de varianza (ANVA).- Esta técnica se ha utilizado para identificar la importancia de diferencia estadística intra y entre cultivares en estudio.

Comparación de media.- Se realizó para diferenciar promedios de todas las variables en cuestión mediante la prueba de Duncan.

Coeficiente de correlación (r).- Se realizó la correlación para determinar el grado de relación que existe entre la producción y los variables en estudio. Los valores que se toma están entre +1 y -1. Los tratamientos se realizan mediante las relaciones de sumas de cuadrados y los desvíos estándar muestrales de cada variable de X e Y (Lahura, 2003).

Análisis de componentes principales (ACP).- El ACP fue determinada de acuerdo a la metodología sugerida por Rodríguez (2009), este análisis consiste en encontrar transformaciones ortogonales de las variables originales para conseguir un nuevo conjunto de variables encorraladas, denominadas Componentes Principales, que se obtienen en orden decreciente de importancia. Se trata de sintetizar los datos contenidos en un cuadro de datos X en un conjunto más pequeño de nuevas variables $C^1, C^2, \dots$ llamadas componentes principales, manteniendo la información esencial de X. Así, en la etapa 1 del algoritmo se encuentra una variable sintética C^1 , el primer componente principal, la cual es combinación lineal de las variables originales X_i . Generalmente el primer componente principal, C^1 , no es suficiente para condensar la información contenida en X, por lo que se construye una segunda componente principal C^2 . En general en la etapa k, se construye componente principal k-ésima dada por: $C^k = a_{k1} X^1 + \dots + a_{kj} X^j + \dots + a_{km} X^m$. Donde: C^k es componente principal, X^j es la columna j de X (variable original), a_{kj} son sistemas de peso, X son datos y a_k se llama el k-ésimo factor. Los factores a_{kj} constituyen un sistema de pesos para las variables, los cuales indican cuanto aporta cada variable a la construcción de la componente. Algunos factores a_{kj} serán negativos y otros serán positivos.

3. Resultados y discusiones

Análisis descriptivo

Variables fenológicas del ciclo productivo.- El ciclo productivo de los cultivos evaluados (cuadro 1), en función de 3 variables con un grado de asociación en términos de su implicancia (precocidad). Con relación días a la floración¹, fue de 84 días en promedio con una variación de 7 días, y entre cultivares hay una diferencia de 10 días de floración. Esta variación

probablemente se debe a que las plantas han tenido influencia por medio ambiente, edáfica o simplemente se debe a las características de la planta, que es propia de cada cultivar según sus fases fenológicas. Con respecto días al estado de grano lechoso², fue de 94 días con una variación de 13 días, las plantas han logrado llegar a su estado de grano lechoso a los 94 +/- 15 días, es decir la mayoría de las plantas presentan cultivares cuyo días fluctuación dentro dicho intervalo. Con respecto días a la madurez fisiológica³, las cultivares iniciaron a madurar a los 105 días, extendiéndose la misma hasta los 127 días, con un margen de variación de 22 días, con un promedio de 114 días y con una variación de 13 días intra cultivares, estas variaciones podemos atribuir al carácter genético de cada cultivar.

Variables fenológicas de desarrollo de la planta.- El desarrollo de la planta evaluado (cuadro 1) en función de 4 variables, con un grado de asociación en términos de su implicancia (productividad). **Con relación número de ramas primarias⁴, alcanzó desarrollar 9 ramas/pta. en promedio, con una variación de 1 rama/pta., con valores extremos de 8 ramas/pta. mínimo y 12 ramas/pta. máximo, estos valores nos muestran que no hay una variación significativa, se puede atribuir las ramas primarias contadas hasta el segundo tercio de la planta, desarrollan todos los cultivares con mismo número de ramas por planta, solo con un rango de variación de 2 ramas/pta.** Respecto con la cobertura vegetal⁵, por su estructura arquitectónica morfológica de la planta y por su hábito de crecimiento de tipo Lasta 11 accesiones y de tipo Saihua solo 1 accesión, los cultivares alcanzaron a desarrollar con mayor cobertura vegetativa de 12,9 cm. de diámetro y con menor cobertura vegetativo de 7,8 cm de diámetro, con un promedio de 9,9 cm. de diámetro, con un margen de variación promedio

de 1,5 cm. de diámetro. Los valores nos enseñan una variación significativa entre e intra cultivares, con una rango de variación de 5,1 cm. diámetro. La variable en cuestión, presenta una tendencia reducida en términos de amplitud, ello puede deberse al hecho de las características de la población en estudio, misma que está estructurada en función de cruza en base a un pool de características genéticas no distantes. Con respecto altura de la planta⁶, que es característica propia del cultivo; alcanzó una altura promedio de 37,3 cm., con una mínima de 25,6 cm. y alcanzando como máximo de 58,8 cm. con una rango de variación de 33,2 cm. y con una variación alta de 40,7 cm. en promedio. Estas valores nos indican una variación significativa, se puede atribuir, las plantas han tenido un crecimiento desigual entre e intra cultivares, posiblemente han sido influenciados por factores ambientales y edáficas, consecuentemente a influido en la producción de grano, en términos de variabilidad. Con relación rendimiento por planta⁷, en grano alcanzaron a producir en un promedio de 13,9 g/pta. con una variación de 8,2 g/pta. esta variación nos demuestra que existe gran variabilidad en la producción de grano entre cultivares, como valores extremos tenemos 8.6 g/pta. mínimo y 19,7 g/pta. como máximo. Estos valores nos demuestran la producción del cultivo, está influenciado por las características morfológicas y fisiológicas de la planta, bajo las condiciones de zona de estudio. Por las particularidades de los coeficientes de distribución (sesgo y curtosis), se puede decir que los criterios son buenos, por lo tanto merecen análisis inferencial y el uso de pruebas de configuraciones paramétricas. Las variables en cuestión presentan una tendencia reducida en términos de amplitud, ello puede deberse al hecho de las características de la población en estudio, misma que está estructurada a condiciones medio ambientales, suelo, fertilidad y precipitación.

Cuadro 1. Estadística descriptiva, en el estudio de caracterización y evaluación de los componentes de doce accesiones de cañahua. Estación Experimental Kallutaca, campaña agrícola 2009 - 2010.

Variables	Rango	Mín.	Máx.	Media	DS	Var.	Sesgo	Curtosis
Días a la floración§	10	80	90	84,0	2.66	7,1	0,03	-0,30
Días al estado de grano lechoso§	15	84	99	93,5	3.58	12,8	0,01	-0,10
Días a la madurez fisiológica§	22	105	127	113,7	6.08	36,9	0,44	-0,18
Número de ramas primarias£	4,0	8,0	12,0	9,4	0.92	0,8	0,49	0,28
Cobertura vegetal¥	5,1	7,8	12,9	9,9	1.24	1,5	0,59	0,09
Altura de la planta¥	33,2	25,6	58,8	37,3	6.38	40,7	0,61	1,69
Rendimiento por planta©	11,1	8,6	19,7	13,93	2.87	8,21	0,50	-0,64

Convenciones estadísticas:

Rango, Mínimo, Máximo, Media, Varianza, Sesgo y Curtosis.

Convenciones de las variables:

§ = Días; ¥ = cm.; £ = Unidad; © = t ha⁻¹; ® = Kg ha⁻¹; € = mm.

Análisis de varianza

Mediante un análisis de varianza se calculó la variabilidad entre las poblaciones, para variables en cuestión (cuadro 2). El análisis de varianza para; días a la floración y días al estado de grano lechoso, donde se observa que no hay diferencia significativa entre bloques a una probabilidad de 5% ($p > 0,05$), sin embargo entre cultivares es significativo ($p < 0,05$), debido posiblemente a que las plantas han tenido igual efecto en cada fase fenológico de las circunstancias medio ambientales y edáficas. El coeficiente de variación de días a la floración y días al estado de grano lechoso tiene una coeficiente de variación de 2% y 2,8% respectivamente, este valor bajo indica que existe mínima variabilidad en días de floración y maduración de grano de cañahua. Con respecto días a la madurez fisiológica, el análisis de varianza se observa que existe diferencias significativas entre cultivares y bloques ($p < 0,05$), probablemente se debe a que las plantas han tenido variabilidad en la maduración de los cultivares en estudio, razón de que su coeficiente de variación es baja, por cuanto es 1,9%.

En el cuadro 2, se puede apreciar las variables fenotípicas de desarrollo de la planta. En el caso de las variables; número de ramas primarias y altura de la planta no hay diferencia significativa ($p > 0,05$) entre bloques, sin embargo entre cultivares presenta diferencias estadísticas ($p < 0,05$), habiéndose obtenido un coeficiente de variación de 8,3% y 12% respectivamente. El bajo coeficiente de variabilidad esta dentro de los niveles permitidos y que son propios de cada accesión dentro de la población de plantas de cañahua. Las variables, cobertura vegetal y rendimiento por planta, se aprecia diferencia significativa entre cultivares y bloques a una probabilidad de 5%, posiblemente durante el crecimiento y desarrollo de la planta han tenido igual influencia bajo condiciones medio ambientales y por el manejo agronómico. El coeficiente de variabilidad es de 6% de cobertura vegetal y 10,8% de rendimiento por planta, lo que explica la existencia de poca variación en cobertura vegetal y relativamente mayor variación en peso de grano, sin duda, la cobertura vegetal es parte vital que influye de manera directa en la producción de grano de cañahua.

Cuadro 2. Análisis de varianza para caracteres morfológicos de doce accesiones de cañahua. Estación Experimental Kallutaca, campaña agrícola 2009 - 2010.

Fuente de variación	GL.	Cuadrado medio						
		DF	DEGL	DMF	NRP	HPTA	CV	RDTO
Cultivar	11	21,48**	34,81**	142,16**	1,75**	112,71**	5,42**	27,88**
Bloque	3	0,13n.s.	0,31n.s.	4,41**	0,13n.s.	4,00n.s.	0,37**	1,53**
Error Exp.	33	2,92	6,61	4,80	0,60	20,08	0,35	2,26
C.V.		2%	2.8%	1.9%	8.3%	12%	6%	10.8%
R ²		0.71	0.64	0.91	0.50	0.65	0.84	0.81

Convenciones estadísticas: ** Significativa a una probabilidad estadística al $\alpha=0.05$. n.s.: no significativo; C.V.: coeficiente de variación; R²: R cuadrado.

Convenciones de las variables: DE: días a la emergencia; DF: días a la floración; DEGL: días al estado de grano lechoso; DMF: días a la madurez fisiológica.

Características de la planta

Número de ramas primarias.- La prueba de Duncan para número de ramas primarias, conforme se presenta en el cuadro 3, estadísticamente iguales ($P<5\%$) el grupo A, están formados por 6 accesiones con mayor número de ramas primarias, sobresaliendo del grupo BNGA-616 con un promedio de 11 ramas/pta. Entre tanto el grupo B está formado por 9 accesiones, iguales estadísticamente ($P<5\%$), en el grupo C, se distinguen por conglomerar 9 cultivares, consideradas con menor número de ramas son las accesiones BNGA-636 y BNGA-425, con un promedio de 8 ramas/pta. de los cultivares en estudio. Estadísticamente presenta diferencia significativa ($P>5\%$), solo en tres grupos A, B y C. Por el hábito de crecimiento Saihua y Lasta, hay menor variabilidad de ramas entre cultivares. Similares resultados ha encontrado el Choquecallata (2007), en las accesiones 472, 771, 636 y la local consideradas plantas muy ramificadas de 6 a 7 ramas/pta.

Cobertura vegetal.- En el cuadro 3, se presentan los resultados de la comparación de las medias, resaltando los cultivares ILLPA-INIA y BNGA-616 logran desarrollar el mayor cobertura vegetal, teniendo en promedio de 12,00 y 11,75 cm de diámetro respectivamente, estadísticamente estos valores son superiores ($P<5\%$), frente a los cultivares BNGA-081

y BNGA-455, que tan solo han alcanzado a desarrollar de 8,4 y 8,23 cm diámetro en promedio.

Altura de la planta.- Las cultivares han desarrollado, con mayor crecimiento BNGA-455 y BNGA-616, alcanzando una altura promedio de 46,15 y 46,03 cm respectivamente, y con menor crecimiento es la accesión BNGA-636 con un promedio de 28,63 cm. de altura. En el cuadro 3, se puede observar 4 grupos estadísticamente diferentes ($p>0,05$), de las cuales en el primer grupo A, esta agrupado por BNGA-455, BNGA-616, ILLPA-INIA y BNGA-475, en el cuarto grupo D están BNGA-472, BNGA-081, BNGA-432 y BNGA-636, iguales estadísticamente ($p<0.05$). Por la gran variabilidad de crecimiento de las cultivares ha influenciado directamente en la producción de grano, que nos permite asumir las diferencias en altura de plantas debidas a las condiciones de medioambientales y suelo. Diferentes, han sido obtenidos por Choquecallata (2007), alcanzó la mayor altura correspondió a la local (Saihua) de 27,2 cm, en tanto la accesión 616 (Lasta) logró obtener la menor altura respecto al resto de los demás accesiones con 19,9 cm, en tanto Pinto *et al.* (2008), obtuvieron 54 cm de altura en la accesión 081.

Rendimiento por planta.- Según los resultados del cuadro 3, se ha identificado 5 grupos estadísticamente diferente ($P>5\%$),

en el grupo A, iguales estadísticamente ($p < 5\%$) esta conglomerado por los cultivares BNGA-222, ILLPA-INIA y BNGA-616, con mayores pesos promedio por planta con 18,56, 18,20 y 17,12 g/pta. respectivamente, que puede ser influenciado por altura de la planta, número de ramas y cobertura vegetal, que es propia de cada cultivar. Mientras grupo E estadísticamente iguales ($p < 5\%$) con menor rendimiento esta agrupado por 6 accesiones BNGA-636, BNGA-425, BNGA-475, BNGA-472, BNGA-432 y BNGA-081, del grupo con menos peso es la BNGA-081, con un promedio de 11,31 g/pta., de acuerdo a los resultados que se muestra en el cuadro 3, se puede evidenciar la gran variabilidad en la producción de grano por planta en las condiciones de la zona de

estudio. Por otro lado podemos asumir que las plantas no han desarrollado uniformemente de tal razón la producción de grano por planta es muy variable. Los resultados obtenidos por Flores (2007), es 3,71 g/pta. con un coeficiente de variación de 58,64% valor que indica que existe un alto grado de variabilidad. Mientras Choque (2005), obtuvo pesos promedio de 9,40 y 9,21 g/pta. en el ecotipo sauhua. Con respecto del reporte de Mamani (2000), los rendimientos son más altas de 9.4 y 14.0 g/pta., mismo autor (2003), realizada en Estación Experimental Illpa INIA - Puno, obtuvo 2,7 g/pta. mínima y 41,7 g/pta. máxima con un promedio de 8,68 g/pta. en el cultivo de CUPI con un variación significativa entre cultivares.

Cuadro 3. Valores promedios de los caracteres morfológicos de doce accesiones de cañahua. Estación Experimental Kallutaca, campaña agrícola 2009 - 2010.

Variables	Accesiones											CUPI	ILLPA-INIA
	BNGA-472	BNGA-081	BNGA-365	BNGA-432	BNGA-425	BNGA-455	BNGA-222	BNGA-616	BNGA-636	BNGA-475			
DF (días)	86,50 AB	85,00 BC	85,75 ABC	80,75 E	82,00 DE	86,00 ABC	83,25 CDE	84,00 BCD	80,75 E	84,00 BCD	88,00 A	82,25 DE	
DEGL (días)	96,50 AB	85,25 ABC	97,75 A	89,75 D	89,75 D	96,50 AB	92,25 CD	92,75 BCD	89,7 5D	93,00 BCD	96,50 AB	91,75 CD	
DMF (días)	114,75 BC	113,50 BCD	116,00 B	105,25 F	111,00 DE	125,75 A	123,00 A	111,50 CDE	106,25 F	110,00 E	113,75 BCD	114,00 BCD	
NRP (Nº)	9,00 BC	9,00 BC	9,50 ABC	9,75 ABC	8,50 C	10,00 AB	10,00 AB	10,75 A	8,50 C	9,50 ABC	9,00 BC	9,25 BC	
CV (cm)	9,93 BCD	8,40 EF	9,15 DE	9,68 CD	9,28 CDE	8,23 F	10,20 BC	11,75 A	10,83 B	9,78 CD	10,18 CB	12,00 A	
HPTA (cm)	35,58 BCD	31,83 CD	37,75 BC	31,70 CD	35,98 BC	46,15 A	38,00 BC	46,03 A	28,63 D	39,48 AB	36,20 BC	40,05 AB	
RDTO (cm)	11,61 CDE	11,31 E	14,02 BC	11,53 DE	12,50 BCDE	13,86 BCD	18,56 A	17,12 A	12,52 BCDE	11,76 CDE	14,22 B	18,20 A	

Convenciones estadísticas: Según la prueba de Duncan. Los promedios con letras iguales no son diferentes ($p < 0.05$).

Convenciones de las variables: DF: días a la floración; DEGL: días al estado de grano lechoso; DMF: días a la madurez fisiológica; NRP: número de ramas primarias; CV: cobertura vegetal; HPTA: altura de la planta; RDTO: rendimiento por planta.

Análisis de coeficiente de correlaciones múltiple

En el cuadro 4, podemos observar un alto coeficiente de correlación a un nivel de significancia ($p < 0,01$) de $r = 0,904$ entre días al estado de grano lechoso y días a la floración, y esta última variable está relacionada positivamente y altamente signi-

ficativa a días a la madurez fisiológica de $r = 0,438$ y días a la madurez fisiológica también está asociado a, días al estado de grano lechoso de $r = 0,429$ a un nivel de significancia de ($p < 0,01$). Por lo que se constituyen estos valores de manera directa e indirecta en el desarrollo y crecimiento de la planta de cañahua, consecuentemente habrá mayor producción de

grano de cañahua. El número de ramas primarias, presenta una asociación positiva y significativa ($p < 0,01$) con la altura de la planta de $r = 0,651$, lo que significa al crecer más alto, la planta logrará tener mayor número de ramas y habrá una buena formación de cobertura vegetativa, igualmente habrá mayor producción de grano. Número de ramas primarias también está asociado con, días a la madurez fisiológica de $r = 0,291$, a un nivel de significancia de ($p < 0,05$). Esta variable fenológica significa, que cuanto sea la producción en menor tiempo posible con buen rendimiento, mejor, con estas características la planta se constituya un componente para selección de cultivo.

El rendimiento por planta ha mostrado tener una relación asociada positiva y significativa ($p < 0,01$) con altura de la planta, número de ramas primarias y cobertura vegetal, en la proporción de $r = 0,402$;

0,415; 0,371 y 0,535; respectivamente; estos caracteres juegan un rol importante en la estructura de la planta, a mayor altura de la planta, mayor número de ramas y mayor cobertura vegetal mayor será el rendimiento de grano de cañahua. Estos resultados están corroborados por Mamani (2003), que dice que cuanto mayor sea la altura de la planta y mayor número de ramas y mayor cobertura vegetal, habrá mayor rendimiento de grano de cañahua. El rendimiento también está asociado con días a la madurez fisiológica en forma positiva y significativa de $r = 0,402$, este carácter fenológico influye en la producción de grano de manera indirecta. Estos resultados están corroborados por Mamani (2003), indica sobre estos caracteres asociados, que dan la mejor formación a la arquitectura de la planta, permiten una mayor exposición de las hojas a la luz solar para el proceso de fotosíntesis y consecuentemente, a la producción de grano.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación (r) de las características morfológicas de doce accesiones de cañahua. Estación Experimental Kallutaca, campaña agrícola 2009-2010.

Variables	DF	DEGL	DMF	HPTA	NRP	CV	RDTO
DF	1,000						
DEGL	0,904**	1,000					
DMF	0,438**	0,429**	1,000				
HPTA	0,301*	0,239	0,497**	1,000			
NRP	0,180	0,190	0,291*	0,651**	1,000		
CV	-0,229	-0,307*	-0,307*	0,138	0,150	1,000	
RDTO	-0,017	-0,060	0,402**	0,415**	0,371**	0,535**	1,000

Convenciones estadísticas:

* La correlación es significativa al nivel 5%.

** La correlación es significativa al nivel 1%.

Convenciones de las variables: DF: días a la floración; DEGL: días al estado de grano lechoso; DMF: días a la madurez fisiológica; NRP: número de ramas primarias; CV: cobertura vegetal; HPTA: altura de la planta; RDTO: rendimiento por planta.

Análisis de componentes principales

Como se aprecia en el gráfico 1, el componente 1 (C_1) recoge aproximadamente el 40% de la variabilidad de los datos, el componente 2 (C_2) se constituye con 69,1% y el componente 3 (C_3) explica el 81,2% de la variabilidad acumulada, entre el C_1 y C_2 presentan una variación grande a efectos de visualización, mientras el C_3 presenta una variación mínima. **El análisis de la importancia relativa de las compo-**

nentes principales, efectuadas de doce accesiones de cañahua, el primer componente es una media de los caracteres morfológicos de las plantas, y está dominado por días a la madurez fisiológica con 46,1%, seguida por días a la floración, altura de la planta, días al estado de grano lechoso, número de ramas primarias y rendimiento por planta con una variación de 44,9; 44,3; 43,7; 36,8 y 24% respectivamente, éstos valores han contribuido en la formación del C_1 positivamente, hace

que éstos variables se muestran muy relacionada con la diferenciación entre cultivos o muestran la complementariedad del sistema productivo de las plantas de cañahua. El C_1 se puede interpretar como una medida de desarrollo, en términos de la estructura arquitectónica de la planta con relación del tiempo, es decir éstos variables han logrado un óptimo desarrollo en el periodo de floración y en llenado de grano, ya que el rendimiento de grano por planta queda determinado en este momento (Pergolini, 2010).

El C_2 , está dominado por el cobertura vegetal con 54,7%, ha éste variable están asociadas positivamente el rendimiento por planta (52,4%), número de ramas primarias (31,1%), altura de la planta (28,3%) y negativamente están asociadas días al estado de grano lechoso (-37,2%) y días a la floración (-33,1%) y estos caracteres han contribuido en la formación del C_2 , y cada una de las variables, que determinan por sí sola componente principal. Por las características de éstos variables y valores, se puede indicar que están muy asociados al aspecto del desarrollo y crecimiento intra y entre cultivos de las plantas, consecuentemente de alto y bajo rendimiento de grano por planta.

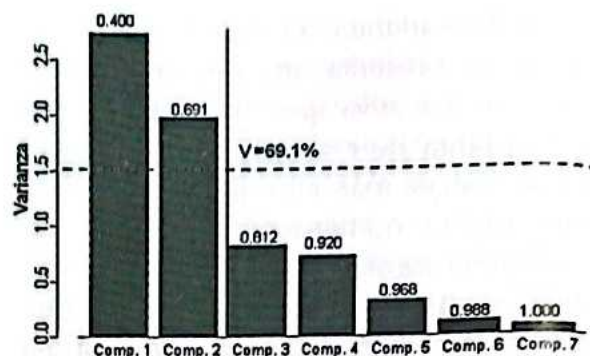


Gráfico 1. Proporción de variabilidad de componentes principales de doce accesiones de cañahua. Estación Experimental Kallutaca, campaña agrícola 2009-2010.

Análisis de Biplot

En el gráfico 2, se aprecia cierta tendencia entre los variables, es decir: hay correlación entre caracteres que permiten diferenciar variables a nivel de grupos. El C_1 está asociado por días ala estado de grano lechoso, días a la floración, días a la madurez fisiológica, altura de la planta, número de ramas primarias y rendimiento por planta, entre las cuales existe una correlación positiva, las variables asociados nos enseñan que son variables dependientes. El primer componente sigue siendo una medida de desarrollo de la plantas con relación del tiempo.

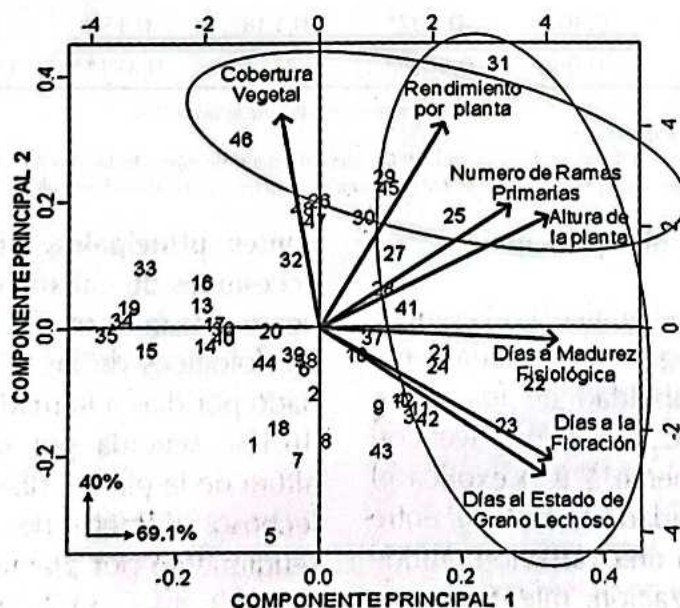


Gráfico 2. Diagrama de dispersión de Biplot, asociación de características morfológicas y componentes principales de doce accesiones de cañahua. Estación Experimental Kallutaca, campaña agrícola 2009-2010.

El C₂ está agrupado por cobertura vegetal, rendimiento por planta, número de ramas primarias y altura de la planta, entre las cuales existe una asociación positiva, se puede decir son caracteres dependientes. Estas variables correlacionados juegan un rol importante en determinar cuan relacionados están entre sí, significa que un carácter desarrolla el otro carácter también desarrolla, es decir la producción de grano por planta, está influenciado por los caracteres fenotípicos de manera directa e indirecta, un efecto directo la tiene número de ramas primarias, altura de la planta y cobertura vegetal, con un nivel de agrupación de 31,1%; 28,3% y 54,7%, respectivamente, relacionado las tres variables que permita identificar como componentes principales de rendimiento, es decir son caracteres que determinan la producción de grano de cañahua. El segundo componente esta sobre todo ligado a la producción, el vector de días al estado de grano lechoso, muestra una relación interesante con el ciclo productivo, este componente está encorralado, pero no son independientes.

4. Conclusiones

Para fines de determinar los componentes de principales se puede asumir que las características morfológicas influyen en la producción de grano, es decir hay dependencia entre caracteres, el primer componente se contribuye con 40% de la variabilidad total acumulada y está ligado al desarrollo de las plantas con relación del tiempo, el segundo componente recoge en una proporción acumulada de 69,1% de la variabilidad y está unido sobre todo a la producción (cobertura vegetal, rendimiento por planta, número de ramas primarias y altura de la planta), en el cultivo de cañahua, que son referentes para la selección de planta.

Los cultivares ILLPA-INIA y BNGA-616, han desarrollado la mayor cobertura vegetativa que los demás cultivares y que han tenido una influencia directa sobre la producción de grano de cañahua, lo cual es una referencia para fines de selección,

Los cultivares BNGA-222, BNGA-616 y ILLPA-INIA, han logrado producir mayor cantidad de grano de cañahua, superiores a los demás cultivares, que ha sido influenciado directa y significativa por días a la madurez fisiológica y cobertura vegetal, lo cual es una referencia para fines de selección con fines de fitomejoramiento.

Los cultivares BNGA-455, BNGA-616, han logrado desarrollar mayor crecimiento y mayor número de ramas, que los de más cultivares, influenciado directamente por número de ramas primarias y días a la madurez fisiológica.

Los cultivares BNGA-432 y BNGA-636, han terminado su ciclo productivo en menos tiempo, que los de mas cultivares en estudio, influenciado directamente por la altura de planta, cobertura vegetal, rendimiento por planta y días a la floración.

5. Agradecimiento

A la Universidad Pública de El Alto y a la Carrera de Ingeniería Agronómica - Estación Experimental de Kallutaca por darme la oportunidad de integrarme a través del trabajo de Investigación. Y mi más sincera gratitud al Dr. Félix Marza Mamani, Ph.D. por su disposición de tiempo para que se haga realidad éste trabajo y por su colaboración en la redacción del documento final.

6. Referencias bibliográficas

Abbott, L., S. Pistorale, A. A. Abbott, L. y S. Pistorale (2009). *Evaluación de los componentes del*

- rendimiento en semilla mediante coeficientes de sendero en poblaciones de agropiro alargado. Departamento de Ciencias Básicas, U. N. de Luján, CC 221, Buenos Aires, Argentina. A. Andrés, INTA-EEA Pergamino. Agriscientia Vol. XXVI (2): pp. 55-62.
- Andrade, H. Fernando (2010). *Momentos críticos para la determinación del rendimiento de los cultivos*. INTA, Buenos Aires. [En línea]. Disponible en: www.elsitioagricola.com.
- Delicado (2001). *Análisis de componentes principales*. [En línea]. Disponible en: www.rincondelvago/componentesprincipales.html.
- Galbiati, R. Jorge (2003). *Componentes principales. El método de componentes principales*. [En línea]. Disponible en: [Componentes.pdf](#).
- Hurtado, J. (2008). *La cañahua. Importancia de los cultivos andinos*. Fuente INIA. [En línea]. Disponible en: www.redalyc.uaemex.mx.pdf.
- Infante, N., P. Madriz y T. González (2003). *Fases de desarrollo y componentes del rendimiento de tres cultivares de frijol mungo (Vigna radiata (L) Wilczek) en Maracay, Estado Aragua, Venezuela*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). pp. 417-429.
- IPGRI, IFAD y PROINPA (2005). *Descriptores de cañahua*. [En línea]. Disponible en: www.biodiversityinternational.org/pdf.
- Lahura, Erick (2003). *El coeficiente de correlación y correlaciones documento de trabajo 218*. [En línea]. Disponible en: www.pucp.edu.pe/economía/pdf/D218.pdf.
- Mamani, Reynoso Félix (2003). *Componentes de rendimiento en la producción de grano de seis cultivares de cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Altiplano. Escuela de post grado, Puno, Perú. 67 pp. Fuente: fa.biblio.umsa.bo/cgi-bin/-search.
- Mujica, A., S. Jacobsen, R. Ortiz, A. Cañahua, V. Apaza, P. C. Aguilar y R. Dupeyrat (2002). *La Cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen) En la nutrición humana del Perú*. 1ra Edición. Instituto de Investigación UNA. Puno - Perú. 68 p.
- Pergolino, S. (2010). *Factores que explican las variaciones de rendimiento del cultivo*. [En línea]. Disponible en: www.elsitioagricola.com.
- PROINPA (2007). *Promoción e Investigación de Productos Andinos. Centro de investigación Quipaquipani*. [En línea]. Disponible en: www.proinpa.org/.../link.php.
- Rodríguez, Rojas Oldemar (2009). *Análisis de Componentes Principales*. [En línea]. Disponible en: www.oldemarrodriguez/pdf.
- SAS Institute Inc. (2008). *User's Guide: Statistics Basics, Version 9.2. In Spanish*. Edition Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. SAS/STAT.
- Satorre, H. Emilio (2001). *Generación del rendimiento en el cultivo de maíz. Efectos de la nutrición nitrogenada*. Facultad de Agronomía UBA y Coordinador del Área Técnica Agrícola de AACREA. [En línea]. Disponible en: www.agro.uba.ar.
- Soto, J. L., W. Rojas y M. Pinto (2008). *El potencial de cañahua*. PROINPA Regional Altiplano. La Paz, Bolivia. [En línea]. Disponible en: <mailto:proinpap.org>.
- SPSS Institute Inc. 2007. *User's Guide. SPSS Statistics Basics. Version 19. In Spanish*. Edition Indianapolis. IBM SPSS. Wiley Publishing, Inc.

ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE LA DOSIS ÓPTIMA DE IRRADIACIÓN
CON RAYOS GAMMA (Co-60) DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum*
tuberosum ssp. *andigena* L.)

SANI IMILLA, IMILLA NEGRA Y WAYCHA PACEÑA PARA
EL MEJORAMIENTO GENÉTICO

In vitro establishment of the optimal dose of gamma irradiation (co-60)
of three varieties of potato (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena* L.)
sani imilla, imilla negra y waycha paceña and genetic improvement

Mendoza, V. H.¹

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de
El Alto, Bolivia

¹ Profesor de Fitomejoramiento I y II, Cultivo de tejidos *in vitro*, Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph.D. en Fitomejoramiento
Biotecnología Agraria Forestal y Recursos Fitogenéticos, Universidad Politécnica de Madrid - España

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

In potato (*Solanum* sp. L.) can be used mutation induction techniques and tissue culture *in vitro* for the purpose of improving agronomic characteristics. The importance of combining these methods is the possibility to obtain genotypes in relatively short times with good features at a low investment cost. Considering these aspects we worked on the dosimetry of three varieties of native potatoes with the main objective of obtaining the optimal dose of radiation for induction of mutations. The research was conducted in the Bolivian Institute of Nuclear Science and Technology (IBTEN) using the following methodology: *Multiplication of plantlets*, propagated stem cuttings of three varieties of potato, Sani imilla, Imilla negra and Waycha paceña, prepared in culture media based on MS basic medium of Murashige and Skoog (1962), adding different growth regulators. *Irradiation*, dosimetry were chosen for three doses of irradiation and a witness: 0 (control), 15, 30 and 45 Gy. *Evaluation*, the assessment was made four weeks after irradiation of explants. The response variables were: height, number of nodes, number of shoots and roots. From the data obtained after irradiation, it was determined that the variety Sani imilla, the optimal dose for induction of favorable mutations is 29.5 Gy in 20 Gy Imilla negra variety and the variety Waycha paceña 28 Gy.

Keywords: Mutations, *in vitro* tissue culture, potato, irradiation dose.

En la papa (*Solanum* sp. L.) es posible utilizar técnicas de inducción de mutaciones y cultivo de tejidos *in vitro* con fines de mejorar características de importancia agronómica. La importancia de combinar estos métodos radica en la posibilidad de obtener en tiempos relativamente cortos genotipos con buenas características a un costo de inversión bajo. Considerando estos aspectos se trabajó en la dosimetría de tres variedades de papa nativa con el objetivo principal de obtener la dosis óptima de irradiación para la inducción de mutaciones. La investigación se realizó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) según la siguiente metodología: *Multiplificación de vitroplantas*; se propagaron esquejes de tallo de tres variedades de papa; Sani imilla, Imilla negra y Waycha paceña, en medios de cultivos preparados en base al medio básico MS de Murashige y Skoog (1962), adicionando diferentes reguladores de crecimiento. *Irradiación*; para la dosimetría se eligieron tres dosis de irradiación y un testigo: 0 (testigo), 15, 30 y 45 Gy. *Evaluación*; la evaluación se hizo cuatro semanas después de la irradiación de explantos. Las variables de respuesta fueron; la altura, número de nudos, número de brotes y raíces. De los datos obtenidos luego del proceso de irradiación, se determinó que en la variedad Sani imilla, la dosis óptima para la inducción de mutaciones favorables es 29.5 Gy, en la variedad Imilla negra 20 Gy y en la variedad Waycha paceña 28 Gy.

Palabras clave: Mutaciones, *in vitro* tissue culture, papa, dosis de irradiación.

1. Introducción

Las mutaciones inducidas se aplican ampliamente en la generación acelerada de nuevos genotipos, ya que es posible a través de esta técnica mejorar las características cualitativas y cuantitativas de los cultivos.

En especies como la papa (*Solanum* sp. L.) (Lescano, 1994) es posible utilizar las mutaciones inducidas con la finalidad de mejorar características de importancia agronómica. Durante los últimos años, se perfeccionaron diferentes metodologías en cultivo de tejidos *in vitro*. La importancia de combinar estos métodos radica en la posibilidad de obtener en tiempos relativamente cortos genotipos con buenas características a un costo de inversión bajo. En este sentido las aplicaciones nucleares en el campo de la fitotecnica implica el uso de mutágenos físicos (rayos X, rayos gamma, neutrones rápidos) y mutágenos químicos (EMS =

etilenmetasulfonato, EI = etilenamina, DMS = Dietilenmetanosulfonato, NMU = N-nitrosometiluretano, hidroxiamina) (Broertjes y Harten 1978; FAO/IAEA, 1995).

Antes de la utilización de cualquiera de los métodos de inducción de mutaciones se tiene que realizar trabajos de dosimetría en el caso de los mutágenos físicos se trabaja con dosis de radiación y si se trata de mutágenos químicos con diferentes concentraciones del producto. Considerando estos aspectos se trabajó en la dosimetría de papa de tres variedades de papa nativa difundidas en el altiplano boliviano con el objetivo principal de obtener la dosis óptima de irradiación para la inducción de mutaciones favorables para la agricultura.

2. Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología Vegetal del

Centro de Investigaciones Nucleares (CIN - IBTEN) ubicada a 34 km de la ciudad de La Paz. La metodología consistió en: La multiplicación de explantes, irradiación, evaluación del material vegetal y determinación de la dosis letal media y óptima. *Multiplicación de vitroplantas*; se propagaron esquejes de tallo de tres variedades de papa; Sani imilla, Imilla negra y Waycha paceña, en medios de cultivos preparados en base al medio básico MS de Murashige y Skoog (1962), al cual se añadieron Kinetina 0.1 mg/l, ANA 0.04 mg/l, Acido giberélico 0.3 mg/l, Pantothenato de Ca, 2 mg/l, Agar 0.60 % (p/v), Sacarosa 3% (p/v) y el pH se ajustó a 5,7. Las condiciones de crecimiento en el cuarto de cultivo fue: temperatura 23°C promedio, iluminación 3000 lux y fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad. *Irradiación*; para la dosimetría se eligieron tres dosis de irradiación y un testigo: 0, (Testigo), 15, 30 y 45 Gy el tratamiento de irradiación se realizó con un equipo irradiador de Bomba de Cobalto-60, Marca TERADI de industria Argentina, modelo 8002C con una actividad en el momento de irradiación de 4807.25 curios y una potencia de dosis calculada en aire de 163.79 cGy/min (centigrey/minuto) a 73cm. Los tiempos de irradiación fueron para; 0 Gy - 0.00 Minutos, 15 Gy - 9.15 Minutos, 30 Gy - 18.32 Minutos y 45 Gy - 27.47 Minutos. *Evaluación*; la evaluación se hizo cuatro semanas después de la irradiación de explantos. Las variables de respuesta fueron; la altura, número de nudos, número de brotes y raíces. (Sonnino, 1997; Mendoza, 1998). *Determinación de la dosis letal media DL- 50 y óptima*, con los datos obtenidos del tratamiento de radiosensibilidad, se gráfico una curva donde se relacionó en el eje de las "x" las diferentes dosis de radiación y en el eje de la "y" los parámetros evaluados, se tomó en cuenta la altura final alcanzada por las plántulas del tratamiento testigo a los 28 días. La altura

alcanzada por el testigo (0Gy) se dividió entre dos, el producto se interceptó con la curva y este con el eje de las "x", determinándose de esta forma la dosis óptima de radiación.

3. Resultados y discusión

En la figura 1, se observa la respuesta del promedio del comportamiento de las plántulas de papa a los diferentes tratamientos de dosis de irradiación (0, 15, 30 y 45Gy), al término de cuatro semanas de evaluación.

La variable altura de vitroplanta; como se observa en la figura, tiene un comportamiento descendiente dependiendo de la dosis de radiación aplicada, este parámetro es fundamental para esta especie en la determinación de la DL-50 (dosis letal media). Este dato permitirá establecer la dosis óptima de irradiación para obtener la mayor probabilidad de encontrar nuevos genotipos con características importantes para la agricultura.

La variable número de nudos; esta en directa relación con el crecimiento de las plántulas, sin embargo a la dosis de 15Gy el número de nudos en todas las variedades de papa estudiadas fue muy similar al del testigo 0Gy, posiblemente este resultado sea producto de la baja dosis. Existen estudios en otras especies que las bajas dosis de irradiación influyen sobre la germinación y el crecimiento de plántulas (Bragdo, 1982; Ramírez, et al. 1998).

En cuanto al número de brotes; se evaluó los brotes que emergieron de los nudos esta variable no es significativa al igual que la capacidad de formación de raíces, sin embargo esta en relación con la viabilidad de las plántulas (Hussey, 1981).

De los datos obtenidos luego del proceso de irradiación, se determinó que en la variedad Sani imilla, la dosis óptima es de 29.5 Gy, en la variedad Imilla negra 20Gy y en la variedad Waycha paceña 28Gy. De estos resultados se puede inferir que la variedad Sani imilla y Waycha paceña tienen valores próximos en el punto de dosis óptima de mutación. A diferencia de la variedad Imilla negra que posiblemente a su condición genética sea más sensible al efecto de las radiaciones, pues la dosis óptima determinada es baja en relación a las otras.

Sonnino (1997), determinó que la dosis óptima de radiación para la variedad Desiree (*Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*) es 30 Gy. Aparentemente la especie spp. *tuberosum* tolera más el efecto de las irradiaciones.

De todas maneras en general es conveniente realizar la dosimetría para las variedades de papa con las que se desee trabajar ya que cada una de ellas tienen sus propias características y el efecto de las irradiaciones será diferente (Ancora y Sonnino, 1987) (Ver cuadro 1).

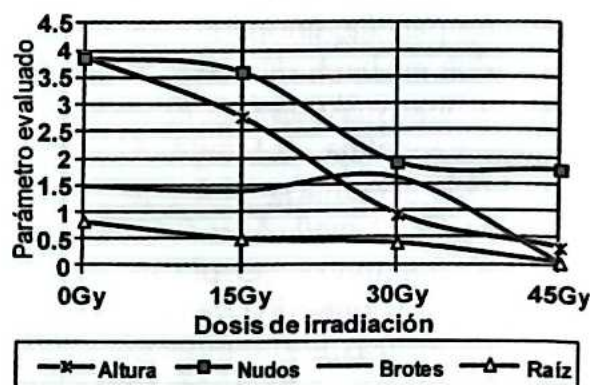


Gráfico 1. Efecto promedio de la radiosensibilidad de las variedades de papa en estudio.

Cuadro 1. Dosis óptimas de irradiación con Co-60, para inducción de mutaciones para variedades de papa de la especie *Solanum tuberosum*, ssp. *andigena*.

Especie	Variedad	Dosis óptima (Gy)
<i>S. tuberosum</i> , ssp. <i>andigena</i>	Sani imilla	29.5
<i>S. tuberosum</i> , ssp. <i>andigena</i>	Imilla negra	20.0
<i>S. tuberosum</i> , ssp. <i>andigena</i>	Waycha paceña	28.0

4. Conclusiones

De las pruebas de radiosensibilidad se concluye que el mejor parámetro para determinar la DL-50 en el caso de la papa para la obtención de la dosis óptima de irradiación para inducción de mutaciones, es la variable altura de planta ya que esta variable es un buen indicador del efecto de la dosis de irradiación.

El estado fisiológico de la plántula antes de la irradiación, es muy importante, ya que este deberá estar en un estadio óptimo para ser sometido al tratamiento.

La dosis óptima de irradiación para la inducción de mutaciones en variedades

de papa de la especie (*Solanum tuberosum*, ssp. *andigenum*) son las siguientes; Sani imilla (29.5Gy), Imilla negra (20Gy) y Waycha paceña (28Gy).

Utilizando las dosis de irradiación obtenidas en el estudio es posible mejorar características de importancia agronómica en las variedades estudiadas, combinando de esta forma las técnicas de cultivo de tejidos in vitro y mutaciones inducidas.

5. Agradecimientos

Al Organismo Internacional de Energía Atómica – OIEA, por el financiamiento del Proyecto Bol/5/018. "Mejoramiento de la papa comercial".

Al Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear. – IBTEN, por las facilidades prestadas para la ejecución de la investigación.

A la Unidad de Radioterapia del Hospital de Clínicas y personal técnico por su colaboración en la irradiación de vitroplantas de papa.

6. Referencias bibliográficas

- Ancora, G., Sonnino, A. (1987). *In Vitro Induction of Mutation in Potato. Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol 3: Potato (de.by Y.P.S. Bajaj). 408-424p.
- Bragdo, M. (1982). *Induction of Mutations in Tissue Culture of Potato*. Hereditas 97:315-316p.
- Broertjes, C. And Van Harten, A. M. (1978). *Application of Mutation Breeding methods in the improvement of vegetatively propagated crops*, Amsterdam Elsevier Sci. Publ., 316p.
- FAO/OIEA (1995). *Manual On Mutation Breeding*. Technical Reports Series Nro 119. Second Edition. Viena Austria. 288p.
- Hussey G. (1981). *In vitro Propagation of potatoe (Solanum tuberosum L.)*. American Potatoe Journal.
- Lescano, J. L. (1994). *Genética y Mejoramiento de Cultivos Altoandinos*.
- Mendoza, V. H. (1998). *Experiencias preliminares con irradiación (Rayos Gamma – Co-60) en Papa. (Solanum tuberosum L.)*. Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear. La Paz - Bolivia. 3p.
- Murashige, T. and Skoog, F. (1962). *A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures*. *Physiol Plant* 15(3): 473-497.
- Ramírez, R., González, L. M. & López, R. (1999). *Afectaciones por salinidad en plántulas de Centrosema pubescens y Stylosanthes guianensis*. *Pastos y Forrajes* 22:115
- Sonnino A. (1997). *Informe de visita de experto al Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear*. Proyecto Bol/5/008.

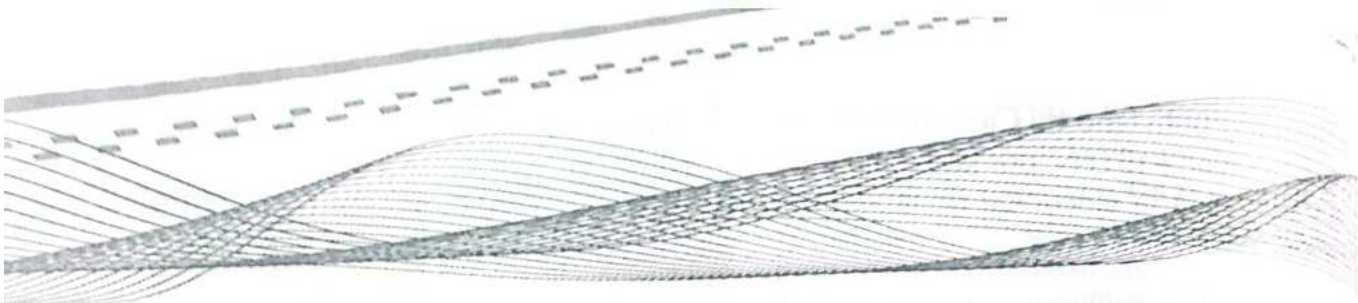
7. Anexos



Foto 1. a) Desarrollo de vitroplantas de papa del testigo 0 Gy b) Efecto de la irradiación a la dosis de 45 Gy en vitroplantas de la variedad Waycha patena. (Victor H. Mendoza)



Foto 2. Irradiador de rayos gamma, Co-60 Tipo Gammacell - 220. (Victor H. Mendoza)



COMPORTAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS DEL TRIGO EN EL ALTIPLANO NORTE DE BOLIVIA

Performance characteristics of wheat in qualitative north highlands of Bolivia

Quispe, F.¹; Marza, F.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

2 Professor de Genética y Diseños Experimentales de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph. D. en Biotecnología molecular, USA)
Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

The classification of wheat (*Triticum aestivum*), based on qualitative characteristics are important parameters for selection of genetic material skills pest and disease resistance as well as adverse factors (drought, hail, frost, etc.). In the present investigation were classified 146 lines 41 IBWSN wheat nursery of the International Maize and Wheat Improvement (CIMMYT) and two varieties (89 and Tiraque Tepoca), establishing the degree of independence based on qualitative characteristics such as 9 : grain size, grain color, grain type, size of the spike, plant size, earliness, disease resistance, pest resistance, response to adverse factors. To determine the degree of association and relationship every two categorical variables were analyzed under the test statistics of independence and Pearson Chi square, confirming the dependence of the following associations: grain size versus plant size, grain size versus type grain, grain type versus earliness, size of the spike versus the plant size, type of grain aphid versus spike, grain size versus spike aphid, greenbug presence of cereal aphid versus spike, grain type *Helminthosporium* versus presence and type of grain versus *Septoria* resistance.

Keywords: *Triticum aestivum*, degree of independence, association between two variables, northern highland Bolivia.

Resumen

La clasificación de cultivares de trigo (*Triticum aestivum*), con base en las características cualitativas, son parámetros importantes para la selección del material genético con aptitudes de resistencia a plagas y enfermedades así como también a factores adversos (sequía, granizada, heladas, etc.). En el presente trabajo de investigación se clasificaron 146 líneas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) y dos variedades (Tepoca 89 y Tiraque), estableciéndose el grado de indepen-

dencia en base a 9 características cualitativas como: tamaño de grano, color de grano, tipo de grano, porte de la espiga, porte de la planta, precocidad, resistencia a enfermedades, resistencia a plagas, respuesta a factores adversos. Para conocer el grado de asociación y relación existente, estas se analizaron cada dos variables categóricas, bajo los estadísticos de prueba de independencia y Chi cuadrado de Pearson, confirmando la dependencia de las siguientes asociaciones: tamaño de grano versus porte de la planta, tamaño de grano versus tipo de grano, tipo de grano versus precocidad, porte de la espiga versus porte de la planta, tipo de grano versus pulgón de espiga, tamaño de grano versus pulgón de espiga, presencia del pulgón verde de los cereales versus pulgón de espiga, tipo de grano versus presencia de *Helmintosporium* y tipo de grano versus resistencia a *Septoria*.

Palabras claves: *Triticum aestivum*, grado de independencia, asociación entre dos variables, altiplano norte de Bolivia.

1. Introducción

El trigo (*Triticum aestivum*) es un grano extensamente cultivado alrededor del mundo por ser de mucha importancia, ya que este forma parte esencial de nuestra dieta alimentaria, constituyéndose también una alternativa de rotación para tubérculos y leguminosas en todos los sistemas del área tradicional de nuestro país (Paz y Wall, 2001). Sin embargo existen factores como las enfermedades que afectan al cultivo de trigo, disminuyendo en forma directa la producción de granos e indirectamente provocando cambios fisiológicos que modifican las características cuantitativas y cualitativas los que alteran la calidad panadera (Formento y Firpo, 2003). En la elección de un cultivar de trigo para la siembra se consideran como variables al comportamiento productivo (rendimiento en kilogramos ha⁻¹), la reacción varietal a las enfermedades, plagas y factores adversos como la sequía (Crespo y Gabriel, 2001). La dinámica poblacional de los microorganismos, las variaciones climáticas, los cambios en las prácticas culturales, el intercambio regional de semillas, la tendencia al monocultivo, la uniformidad de cultivares, el uso de agroquímicos en forma masiva y otros factores, contribuyen a una gran variabilidad del cultivar de trigo los cuales son factores que

influyen en el producto final. La aparición de nuevas patologías en hojas y espigas, la presencia en el mercado de numerosos genotipos nuevos, la concentración de la fecha de siembra, la concurrencia de condiciones climáticas, son características que permiten prever cambios importantes en el comportamiento a las principales enfermedades y plagas frente a las adversidades (Formento, 2010). El objetivo del presente trabajo fue clasificar y determinar la influencia de las características cualitativas en 148 cultivares de trigo.

2. Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en la campaña agrícola 2009 – 2010, en la Estación Experimental de Kallutaka, dependiente de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, ubicada dentro de la segunda sección del municipio de Laja de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, comprendida geodésicamente entre los 16° 31' 28" latitud sur y 68° 18' 30" longitud oeste, a una altitud de 3.902 msnm. El material genético que fue objeto de estudio, consistió de 146 líneas avanzadas de Trigo procedente del vivero 41 IBWSN, pertenecientes al banco de germoplasma del

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), clasificada como vivero de observación, y dos variedades comerciales como Tepoca T89 y Tiraque. No se hizo uso de un diseño experimental adoptándose la metodología de surco por entrada interpuesto las dos variedades comerciales cada 19 entradas. La parcela experimental fue de 270 m², donde la preparación del terreno fue con ayuda de un tractor agrícola. La siembra se realizó de forma manual el 5 de Septiembre de 2009, con una densidad de 120 kg ha⁻¹. Por el método de muestreo aleatorio simple se determinó a 4 genotipos por unidad experimental. Las variables registradas en las unidades experimentales fueron: Tamaño de grano, color de grano, tipo de grano, porte de espiga, porte de la planta, precocidad, resistencia a enfermedades, resistencia a plagas y factores adversos. Los datos fueron sometidos a un análisis de variables categóricas empleándose cuadros de asociación de doble entrada (entre dos variables), de la población de trigo en estudio, clasificándose por medio de cuadros de frecuencias, obteniéndose así la información sobre la relación existente entre ambos criterios. Para contrastar la hipótesis de que los dos criterios de clasificación son independientes, estas se comprobaron por el

estadístico de Chi cuadrado de Pearson (Baron y Tellez, 2010). Si los datos son compatibles con la hipótesis de independencia, la probabilidad asociada al estadístico χ^2 será alta ($p \geq 0,05$). Si esa probabilidad es muy pequeña ($p \leq 0,05$), consideraremos que los datos son incompatibles con la hipótesis de independencia y diremos que las variables estudiadas están relacionadas.

3. Resultados y discusión

Tamaño de grano versus porte de la planta

El grano de trigo se clasificó por las características de tamaño de grano: pequeño, mediano, grande y para porte de la planta: decumbente, semidecumbente, semierecto y erecto. Mediante el cuadro de contingencia y prueba de Chi cuadrado de Pearson (cuadro 1) se determinó que del total de 148 genotipos de trigo; 35 mostraron características de grano mediano de los cuales se diferenciaron: 1 decumbente, 3 semidecumbentes, 2 semierectos y 29 erectos. Asimismo; 113 se identificaron con características de grano grande de los cuales: 7 son semidecumbente, 25 semierectos y 81 son erectos.

Cuadro 1. Cuadro de contingencia de tamaño de grano versus porte de la planta de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo

Porte de la planta	Tamaño de grano			X ²	GL	Sig.
	Grano mediano	Grano grande	Total			
Decumbente	1	0	1			
Semidecumbente	3	7	10			
Semierecto	2	25	27			
Erecto	29	81	110			
Total	35	113	148	7,845	3	0,049

Según el estadístico de Chi cuadrado de Pearson, se obtuvo un valor de 7,845, el cual, en la distribución de χ^2 con 3 grados de libertad, tiene asociada una

probabilidad (nivel crítico o de significancia) de 0,049. De acuerdo al cuadro de significancia, se obtuvo un valor de $0,049 \leq 7,845$ (cuadro 1), por lo que se

aceptó la hipótesis y concluir que las variables tamaño de grano y porte de la planta están relacionadas.

Tamaño de grano versus tipo de grano

El grano de trigo clasificado por las características de tamaño de grano como: pequeño, mediano, grande y tipo de grano en: grano pequeño, mediano y grande. Mediante el cuadro de contin-

gencia y prueba de Chi cuadrado de Pearson (cuadro 1), se determinó que del total de 148 líneas de trigo; 18 son de grano chupado de los cuales 9 son de grano mediano y 9 de grano grande; asimismo, 59 muestran características de grano casi lleno de los cuales 14 son grano mediano y 45 grano grande; finalmente, de 71 líneas con grano lleno, 12 son de grano mediano y 59 grano grande.

Cuadro 2. Cuadro de contingencia de tamaño de grano versus tipo de grano de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo

Tipo de grano	Tamaño de grano		Total	X ²	GL	Sig.
	Grano mediano	Grano grande				
Chupado	9	9	18			
Casi lleno	14	45	59			
Lleno	12	59	71			
Total	35	113	148	8,713	2	0,013

Según el estadístico de Chi cuadrado de Pearson, se obtuvo un valor de 8,713, el cual, en la distribución de χ^2 con 2 grados de libertad, tiene asociada una probabilidad (nivel crítico o de significancia) de 0,013. De acuerdo al cuadro de significancia, se obtuvo un valor de $0,013 \leq 8,713$ (cuadro 2), por lo que se aceptó la hipótesis y concluir que las variables tamaño de grano y tipo de grano están relacionadas.

Tipo de grano versus precocidad

El grano de trigo clasificado por las características de tipo de grano: muy

chupado, chupado, casi lleno, lleno y la precocidad: muy tardío, tardío, precoz y muy precoz. Mediante el cuadro de contingencia y prueba de Chi cuadrado de Pearson (cuadro 3), se determinó que del total de 148 líneas de trigo; 79 son muy tardíos de los cuales 6 son chupados, 24 son casi lleno y 49 son de granos llenos; asimismo 1 línea de trigo muestra ser tardío; además de 7 genotipos con características de precocidad, 1 es de grano chupado, 4 de grano casi lleno y 2 de grano lleno y finalmente de 61 líneas muy precoces 11 son de grano chupado, 30 de grano casi lleno y 20 de grano lleno.

Cuadro 3. Cuadro de contingencia de tipo de grano versus precocidad de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo.

Precocidad	Tipo de grano			Total	x ²	GL	Sig.
	Chupado	Casi lleno	Lleno				
Muy tardío	6	24	49	79			
Tardío	0	1	0	1			
Precoz	1	4	2	7			
Muy precoz	11	30	20	61			
Total	18	59	71	148	14,986	6	0,020

Cuadro 5. Cuadro de contingencia del tipo de grano versus presencia de pulgón de espiga de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo

Tipo de grano	Pulgón de espiga			Total	χ^2	GL	Sig.
	Mod. intenso	Leve	Ausente				
Chupado	0	16	2	18			
Casi lleno	5	31	23	59			
Lleno	3	23	45	71			
Total	8	70	70	148	22,173	4	0,000

Según el estadístico de Chi cuadrado de Pearson, se obtuvo un valor de 22,173, el cual, en la distribución de χ^2 con 4 grados de libertad, tiene asociada una probabilidad (nivel crítico o de significancia) de 0,000. De acuerdo al cuadro de significancia, se obtuvo un valor de $0,000 \leq 22,173$ (cuadro 5), por lo que se aceptó la hipótesis y concluir que las variables porte de planta y porte de espiga están relacionadas.

Tamaño de grano versus pulgón de espiga

El grano de trigo se clasificó por las características de tamaño de grano en: pequeño,

mediano, grande y presencia de pulgón de espiga en: intenso, moderadamente intenso, leve y ausente. Mediante el cuadro de contingencia y prueba de Chi cuadrado de Pearson (cuadro 6) se determinó que del total de 148 líneas de trigo; 35 son de grano mediano de los cuales: 3 presentaron la presencia moderadamente intensa del pulgón de espiga, 22 presentaron la presencia leve del pulgón y 10 muestran ausencia de este pulgón de espiga. Asimismo de 113 líneas de trigo de grano grande: 5 presentaron moderadamente intenso, 70 mostraron la presencia leve y otros 70 mostraron ausencia de pulgón de espiga.

Cuadro 6. Cuadro de contingencia del tamaño de grano versus presencia de pulgón de espiga de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo

Tamaño de grano	Pulgón de espiga			Total	χ^2	GL	Sig.
	Mod. intenso	Leve	Ausente				
Grano mediano	3	22	10	35			
Grano grande	5	48	60	113			
Total	8	70	70	148	6,595	2	0,037

Según el estadístico de Chi cuadrado de Pearson, se obtuvo un valor de 6,595, el cual, en la distribución de χ^2 con 2 grados de libertad, tiene asociada una probabilidad (nivel crítico o de significancia) de 0,037. De acuerdo al Cuadro de significancia, se obtuvo un valor de $0,037 \leq 6,595$ (Cuadro 6), por lo que se aceptó la hipótesis y concluir que las variables tamaño de grano y pulgón de espiga están relacionadas.

Presencia del pulgón verde de los cereales versus pulgón de espiga

La presencia del pulgón verde de los cereales y el pulgón de espiga se clasificó

bajo las siguientes características: intenso, moderadamente intenso, leve y ausente. Mediante el cuadro de contingencia y prueba de Chi cuadrado de Pearson (cuadro 7) se determinó que del total de 148 líneas de trigo; 59 mostraron la presencia leve del pulgón verde de los cereales de los cuales: 8 mostraron la presencia moderadamente intenso del pulgón de espiga, 45 la presencia de pulgón de espiga y 6 mostraron la ausencia del pulgón de espiga. Finalmente 89 líneas de trigo mostraron ausencia del pulgón verde de los cereales de los cuales: 25 con presencia leve del pulgón de espiga y 64 con ausencia del pulgón de espiga.

Cuadro 7. Cuadro de contingencia de presencia de pulgón verde de los cereales versus pulgón de espiga de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo.

Pulgón de espiga	Pulgón verde de los cereales			χ^2	GL	Sig.
	Leve	Ausente	Total			
Mod. intenso	8	0	8	58,077	2	0,000
Leve	45	25	70			
Ausente	6	64	70			
Total	59	89	148			

Según el estadístico de Chi cuadrado de Pearson, se obtuvo un valor de 58,077, el cual, en la distribución de χ^2 con 2 grados de libertad, tiene asociada una probabilidad (nivel crítico o de significancia) de 0,000. De acuerdo al cuadro de significancia, se obtuvo un valor de $0,000 \leq 58,077$ (cuadro 7), por lo que se aceptó la hipótesis y concluir que las variables pulgón verde de los cereales y pulgón de espiga están relacionadas.

Tipo de grano versus presencia de *Helmintosporium*

El tipo de grano codificado en cuatro categorías: muy chupado, chupado, casi lleno, lleno y la presencia de *Helmintosporium* en: muy susceptible, susceptible, modera-

damente susceptible, moderadamente resistente, resistente y muy resistente. Por medio del cuadro de contingencia y prueba de Chi cuadrado de Pearson (cuadro 8) se determinó que del total de 148 líneas de trigo; 18 tienen características de grano chupado de los cuales: 2 son moderadamente susceptible; 12 son moderadamente resistentes y 4 son resistentes a *Helmintosporium* (*Bipolaris Sorokiniana*). Asimismo, 59 tienen características de grano casi lleno, de los cuales: 3 son moderadamente susceptibles, 17 son moderadamente resistente, 37 son resistentes y 2 son muy resistentes a *Helmintosporium* (*Bipolaris Sorokiniana*). Finalmente, 71 tienen características de grano lleno, de los cuales: 8 son moderadamente resistentes, 58 son resistentes y 5 son muy resistentes a *Helmintosporium* (*Bipolaris Sorokiniana*).

Cuadro 8. Cuadro de contingencia de resistencia a *Helmintosporium* versus tipo de grano, de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo

Tipo de grano	Resistencia a <i>Helmintosporium</i>				Total	χ^2	GL	Sig.
	Mod. susceptible	Mod. resistente	Resistente	Muy resistente				
Chupado	2	12	4	0	18	34,018	6	0,000
Casi lleno	3	17	37	2	59			
Lleno	0	8	58	5	71			
Total	5	37	99	7	148			

Según el estadístico de Chi cuadrado de Pearson, se obtuvo un valor de 34,018, el cual, en la distribución de χ^2 con 6 grados de libertad, tiene asociada una probabilidad (nivel crítico o de significancia) de 0,000. De acuerdo al cuadro de significancia, se obtuvo un valor de $0,000 \leq 34,018$ (cuadro 8), por lo que se aceptó la hipótesis y concluir que las variables resistencia a *Helmintosporium* y tipo de grano están relacionadas.

Tipo de grano versus resistencia a *Septoria*

El tipo de grano se clasificó en categorías como: muy chupado, chupado, casi lleno, lleno y la resistencia a *Septoria* en 5 categorías: susceptible, moderadamente susceptible, moderadamente resistente, resistente y muy resistente. Por medio del cuadro de contingencia y prueba de Chi cuadrado de Pearson (cuadro 9) se determinó que del total de 148 líneas de

trigo; 18 tienen características de grano chupado y son resistentes a *Septoria*, 55 son de grano casi lleno, de los cuales: 4 son moderadamente susceptibles y 55

son resistentes a *Septoria*. Finalmente, 71 muestran características de grano lleno y son resistentes a *Septoria*.

Cuadro 9. Cuadro de contingencia de resistencia a *Septoria* versus tipo de grano de 148 líneas avanzadas de trigo del vivero 41 IBWSN del Centro Internacional del Maíz y Trigo.

Tipo de grano	Resistencia a <i>Septoria</i>		Total	χ^2	GL	Sig.
	Mod. Susceptible	Resistente				
Chupado	0	18	18			
Casi lleno	4	55	59			
Lleno	0	71	71			
Total	4	144	148	6,202	2	0,045

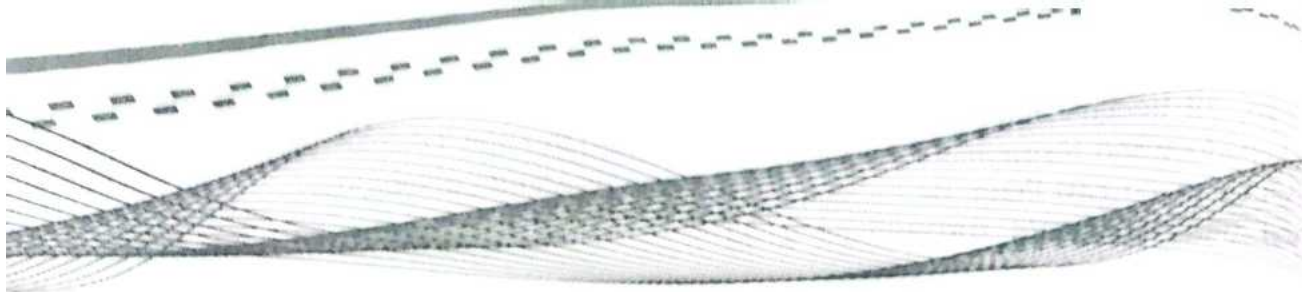
Según el estadístico de Chi cuadrado de Pearson, se obtuvo un valor de 6,202, el cual, en la distribución de χ^2 con 2 grados de libertad, tiene asociada una probabilidad (nivel crítico o de significancia) de 0,045. De acuerdo al cuadro de significancia, se obtuvo un valor de $0,045 \leq 6,202$ (Cuadro 9), por lo que se aceptó la hipótesis y concluir que las variables tipo de grano y resistencia a *Septoria* están relacionadas.

4. Conclusiones

La agrupación de cada dos variables cualitativas permitió establecer la influencia de una variable sobre la otra, determinándose así 9 diferentes asociaciones así como: tamaño de grano con porte de la planta, tamaño de grano con tipo de grano, tipo de grano con precocidad, porte de la espiga con porte de la planta, pulgón de espiga con tipo de grano, pulgón de espiga con tamaño de grano, pulgón verde con pulgón de espiga, resistencia a *Helminthosporium* con tipo de grano, resistencia a *Septoria* con tipo de grano, los cuales nos ayudan a responder sobre la calidad del grano de trigo harinero principalmente.

5. Referencias bibliográficas

- Afonso, D. y Perera, S. (2010). *Plagas y enfermedades en el cultivo de trigo*. Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural. Argentina. 4p.
- Barón, T. F. J. y Téllez, M. F. (2010). *Apuntes de bioestadística*. Capítulo 6 regresión múltiple. pp. 38.
- Crespo, M. y Gabriel, O. E. (2001). *Evaluación de material segregante de trigo bajo condiciones de estrés hídrico*. Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. Cochabamba – Bolivia. pp. 135.
- Formento, N. y Firpo, R. R. (2003). *Comportamiento sanitario de cultivares de trigo. Ciclo agrícola*. Área de Investigación en Producción Vegetal. INTA-EEA Paraná. pp. 29-34.
- Formento, N. A. (2010). *Enfermedades emergentes y reemergentes en el cultivo de trigo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA – EEA. El quintal. Paraná. pp. 6.
- Nagarajan, S. and Kumar J. (1998). *Foliar Blights of Wheat in India: Germplasm Improvement and Future Challenges for Sustainable, High Yielding Wheat Production*. Helminthosporium Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot. Mexico, D.F: CIMMYT. pp. 52-58.
- Paz, Y. R. y Wall, (2001). *El trigo; su importancia y participación en los sistemas de rotación de cultivos en el área tradicional de Bolivia*. Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. Cochabamba, Bolivia. pp. 37.
- Roelfs, AP., Sing R.P. Saari E.E. (1992). *Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades*. México. D. F.: CIMMYT. pp. 28, 37, 45,46.
- Zadoks, J.C.; Chang, T.T.; Konzak, C. (1974). *A decimal code for the growth stages of cereals*. Weed Research. pp 14:415–421.
- Zhimin, X, Lianfa, S, and Wenli X. (1998). *Breeding for Foliar Blight Resistance in Heilongjiang Province, China*. Helminthosporium Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot. Duveiller, E. et al.,(eds). Mexico, D.F: CIMMYT. pp. 114-118.



IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE TRIGO EN EL ALTIPLANO NORTE DE BOLIVIA

Identification of genotypes promise of wheat in the highlands north of Bolivia

Quispe, F.¹; Marza, F.²

*Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de
El Alto, Bolivia*

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Professor de Genética y Diseños Experimentales de la Carrera de Ingeniería Agronómica (Ph. D. en Biotecnología molecular, USA)

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

The identification of genotypes of wheat (*Triticum aestivum*) with promising yields is an important strategy in breeding and technology generation. In this research we evaluated 146 genotypes of the International Maize and Wheat Improvement (CIMMYT), to identify promising grain yield. The genetic material was evaluated at the experimental station Kallutaka of Agricultural Engineering career, not a specific design was used and the methodology being adopted for entry groove with two witnesses and commercial Tepoca T89 Tiraque. The results indicated that genotype-environment interaction was significant ($p \leq 0.05$) with days to emergence, physiological maturity, plant height, number of spikes per meter, spike length, number of grains per spike, grain yield, test weight and thousand grain weight. Variable analysis showed that genotype main components: the first (32.8%) and second (15.7%) accounted for 48.5% of the total variation of the original variables, plant height, thousand grain weight, length spike, grain yield, test weight and grain number per ear explained most variability. The genotypes identified as L1150, L1112, L1110, L1019, L1149 and L1113, had the highest grain yields: 5.858, 3.978, 3.511, 3.288, 3.280 and 3.063 kg ha⁻¹.

Palabras claves: *Triticum aestivum*, analysis genotype by variable, performance components, performance, highlands north of Bolivia.

Resumen

La identificación de genotipos de trigo (*Triticum aestivum*) con rendimientos promisorios, es una estrategia importante en el mejoramiento genético y la generación de tecnología. En este trabajo de investigación se evaluaron 146 genotipos del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), para identificar los promisorios en rendimiento de grano. El material genético fue evaluado en la estación expe-

rimental de Kallutaka, de la carrera de Ingeniería Agronómica, no se utilizó un diseño específico adoptándose así la metodología de surco por entrada con dos testigos comerciales como Tepoca T89 y Tiraque. Los resultados indicaron que la interacción genotipo-ambiente fue significativa ($p \leq 0,05$) con días a emergencia, madurez fisiológica, altura de planta, número de espigas por metro, longitud de espiga, número de granos por espiga, rendimiento en grano, peso hectolítrico y peso de mil granos. El análisis genotipo por variable mostró que los componentes principales; el primero (32,8 %) y el segundo (15,7 %) explicaron el 48,5 % de la variación total de las variables originales; altura de planta, peso de mil granos, longitud de espiga, rendimiento en grano, peso hectolítrico y número de granos por espiga explicaron la mayor variabilidad. Los genotipos identificados como L1150, L1112, L1110, L1019, L1149 y L1113, tuvieron los mayores rendimientos en grano con: 5.858, 3.978, 3.511, 3.288, 3.280 y 3.063 kg ha⁻¹.

Palabras claves: *Triticum aestivum*, análisis genotipo por variable, componentes de rendimiento, rendimiento, altiplano norte de Bolivia.

1. Introducción

El rendimiento de trigo (*Triticum aestivum*) ya a partir de 1990 la investigación a jugado un rol muy importante para reducir las importaciones de este cereal y se estima que este se debió al mejoramiento genético de líneas introducidas de genotipos del CIMMYT. El estudio de componentes del rendimiento y de los factores que en ellos influyen fue muy importante, se puede decir que estos podrían estar correlacionados principalmente por número de granos por espiga, altura de planta y número de espigas por metro. Por otra parte, aumentar el número de granos podría aumentar el rendimiento, pero este componente es muy complejo en su comportamiento debido a que presenta una interacción genotipo-ambiente. Slafer y Calderini, (2003), señalan que la identificación inicial de genotipos promisorios de trigo en base al rendimiento en grano en condiciones del altiplano norte boliviano, es una estrategia muy importante en el mejoramiento genético. El estudio de la interrelación del rendimiento en granos y sus compo-

nentes de rendimiento se puede determinar por la técnica multivariada exploratoria (Sánchez, 1995), que emplea dos componentes principales para determinar por medio de los valores de las variables, en los cuales nos mostrarán aquellas que separaran a los grupos de genotipos definidos y la relación que existe entre ellos.

Los objetivos del presente estudio fueron identificar entradas de trigo con características promisorias de adaptación y seleccionar líneas de trigo sobresalientes para componentes de rendimiento.

2. Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en la campaña agrícola 2009 – 2010, en la estación experimental de Kallutaka, dependiente de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, ubicada dentro del radio urbano de la segunda sección del municipio de Laja de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, compren-

— dida geodésicamente entre los 16°31'28" latitud sur y 68°18'30" longitud oeste, a una altitud de 3.902 m.s.n.m. El material genético que fue objeto de estudio, consistió de 146 líneas avanzadas de Trigo procedente del vivero 41 IBWSN, pertenecientes al banco de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), clasificada como vivero de observación, y dos testigos comerciales como Tepoca T89 y Tiraque, recomendados por el Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo (PROTRIGO, 2001), y la Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), los mismos que fueron proporcionados a través de estas instituciones.

Por la cantidad del material genético no se hizo uso de un diseño experimental adoptándose la metodología de surco por entrada interpuesto con dos testigos comerciales como Tepoca 89 y Tiraque, interpuestos cada 19 entradas. La parcela experimental fue de 270 m², donde la preparación del terreno fue con ayuda de un tractor agrícola.

La siembra se realizó de forma manual el 5 de septiembre de 2009, con una densidad de 120 kg ha⁻¹. Por el método de muestreo aleatorio simple se determino a 4 genotipos por unidad experimental.

Las variables registradas en las unidades experimentales fueron: días a emergencia, madurez fisiológica, altura de planta, número de espigas por metro, longitud de espiga, número de granos por espiga, rendimiento en grano, peso hectolítrico y peso de mil granos. Los datos fueron sometidos a un análisis de

estadística descriptiva, análisis de correlación y regresión además del análisis de componentes principales.

3. Resultados y discusión

El comportamiento de las precipitaciones registradas durante los siete meses de la investigación fueron de 368,8 mm, donde las mayores precipitaciones pluviales mensuales se presentaron desde mediados de diciembre hasta febrero con 91,8; 99; y 86,8 mm respectivamente. La temperatura media fue de 9,8°C, registrándose también 16,2 y 3,4 °C como máxima media y mínima media respectivamente.

En esta etapa, se describió el comportamiento de las líneas de trigo en estudio, con relación a cada carácter cuantitativo, considerando el análisis de tendencia central (media aritmética), dispersión (desviación estándar, varianza, rango, mínimo, máximo) y distribución (sesgo y curtosis).

En el cuadro 1, se muestra el resumen de los coeficientes de regresión ordenados de acuerdo a la significancia de cada una de las variables que aportan al rendimiento en grano (kg ha⁻¹), que fue influenciado principalmente por cuatro variables que son: número de granos por espiga, altura de planta, número de espigas por metro y peso hectolítrico respectivamente.

El rendimiento en grano de los genotipos en estudio, se estimó por regresión múltiple ($p \leq 0,05$), según el resumen del cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen de coeficientes de regresión múltiple de variables cuantitativas en la identificación de genotipos promisorios de trigo en el altiplano norte de Bolivia durante la campaña agrícola 2009-2010.

Variable	Símbolo	Coefficiente de regresión	Error típico	t	Sig.
Rendimiento	RoG	-3,288	0,880	-3,693	0,000
Numero de granos por espiga	NGE	0,032	0,008	4,107	0,000
Altura de planta	AP	0,029	0,009	3,250	0,001
Numero de espigas por metro	NEM	0,004	0,002	2,624	0,010
Peso hectolitrico	PH	0,030	0,012	2,543	0,012

Donde el modelo de estimación del rendimiento en grano de trigo esta dado por:

$$\text{RoG} = -3,288 + 0,032 \text{ NGE} + 0,029 \text{ AP} + 0,004 \text{ NEM} + 0,030 \text{ PH}$$

De acuerdo a este resultado, se puede decir que el modelo demuestra, que el rendimiento tiene una relación positiva y que está influenciado en una mayor proporción por: numero de granos por espiga, así como también confirma la dependencia de la altura de planta, número de espigas por metro y el peso hectolítrico; ya que a mayor número de estas variables mayor será el rendimiento por unidad de superficie y en consecuencia, este análisis de componentes nos permitió conocer mejor el comportamiento y el manejo práctico que necesitan las líneas de trigo en estudio.

Las variables cuantitativas independientes, fueron transformadas a componentes principales, estas fueron interpretadas tomando en cuenta sus valores, sus vectores propios y la varianza total explicada por cada uno de los componentes, así como la proporción de la varianza total acumulada. En efecto, los resultados del estudio se interpreto en función al valor propio (peso o varianza de cada eje) de 9 componentes principales (gráfico 1). Con dos de estos componentes se logra representar el 48,5% de la varianza total acumulada del conjunto de datos. Estos dos componentes principales no relacionados explican cada una de ellas el 32,8% y el 15,7% de la varianza total respectivamente.

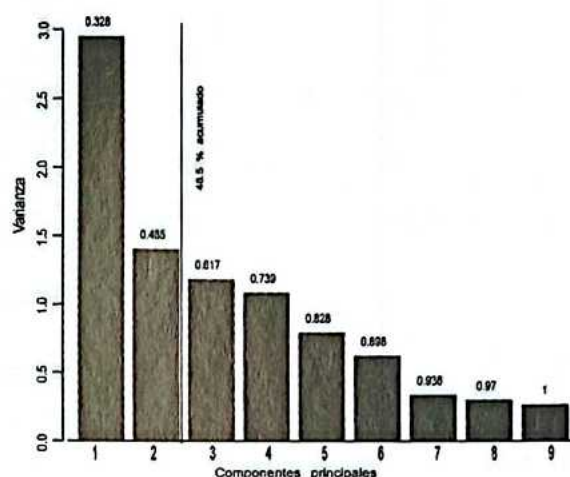


Gráfico 1. Gráfico de sedimentación de los componentes principales de acuerdo a varianza de los genotipos de Trigo, en el altiplano norte de Bolivia durante la campaña agrícola 2009-2010

En síntesis, el gráfico de sedimentación de componentes principales, donde se muestran los valores comunes, confirma que más allá de dos componentes principales (del componente 3 al 9), la tasa de ganancia de información asociada a la inclusión de un componente adicional se reduce significativamente, donde cada variable ha contribuido diferencialmente a la formación de cada uno de los componentes principales. Sin embargo, con la finalidad de mostrar en forma conjunta la distribución de proyecciones de las 9 variables cuantitativas según la base de datos, recurrimos a la representación gráfica (Gráfico 2), el cual, según el análisis de componentes principales (ACP), muestra la posición de cada una de las variables seleccionadas, como resultado del aporte que realizan a los dos primeros componentes principales.

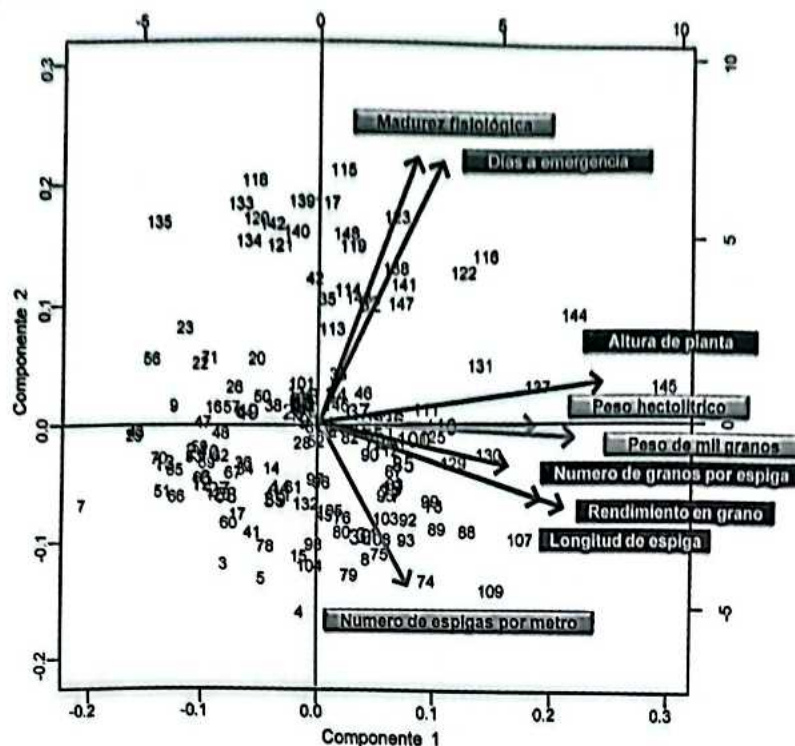


Gráfico 2. Biplot para componentes principales de rendimiento de los genotipos de trigo en estudio, en el altiplano norte de Bolivia durante la campaña agrícola 2009-2010

En el Biplot del gráfico 2, se puede observar que los componentes principales: el primero con el 32,8 % y el segundo con el 15,7 % explicaron ambos el 48,5 % de la suma de los cuadrados totales de las variables originales, reflejando así una clara tendencia de asociación positiva (ángulos agudos menores a 90°).

En el primer componente principal de las variables se encuentran: altura de planta, peso de mil granos, longitud de espiga, rendimiento en grano, peso hectolítrico y número de granos por espiga, con magnitudes relativamente importantes de sus vectores reflejando responsabilidad con respecto a otras variables.

Por otro lado las variables que se ubican en el segundo componente principal como: número de espigas por metro, longitud de espiga, rendimiento en grano y número de granos por espiga, por la magnitud de sus vectores son importantes,

en consecuencia sus contribuciones son significativas respondiendo esencialmente a variables de rendimiento y en forma negativa días a emergencia y madurez fisiológica.

Este análisis también demuestra que las líneas L1150, L1112, L1110, L1019, L1149 y L1113 con rendimiento de grano de: 5.858, 3.978, 3.511, 3.288, 3.280 y 3.063 kg ha⁻¹, los más sobresalientes; estos también presentaron significativamente alto en longitud de espiga, peso hectolítrico y peso de mil granos. Estos resultados que se muestran hacen que se identifique como genotipos superiores y que el incremento en la productividad podría lograrse con base en el rendimiento, y apoyados en las variables anteriormente citadas considerando un índice de selección construido con las cuatro variables. Al respecto Grieve *et al.* (1992), observaron que el mayor rendimiento en grano de trigo se determinó por un mayor número de granos por espiga y el

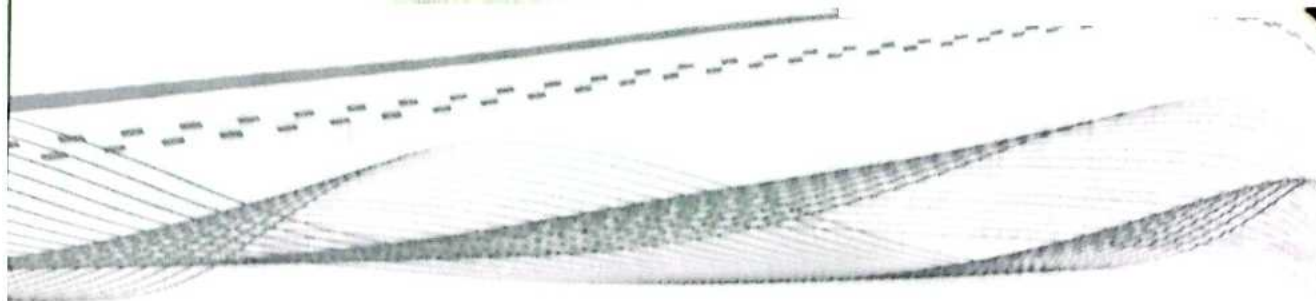
peso hectolítrico, pero que estos componentes del rendimiento fueron afectados por factores ambientales. Sin embargo Slafer y Calderini (2003) y Hewstone (2003), señalan que es mas practico, fácil y confiable de medir el rendimiento de grano, debido a que este es la resultante de todos los factores biótico y abióticos que se presentan desde la siembra hasta la cosecha y además, los componentes del rendimiento frecuentemente muestran correlaciones negativas, por lo que el rendimiento potencial de un cultivar se lograra cuando no existan factores ambientales que limiten la máxima expresión de sus componentes del rendimiento.

4. Conclusiones

En el altiplano norte de Bolivia, en este primer estudio fueron identificados 6 genotipos de trigo con rendimientos mayores a 3,0 kg ha⁻¹ y 51 líneas de trigo con rendimientos de 2-3 kg ha⁻¹. Además se puede aseverar que el rendimiento en grano de trigo para esta campaña estuvo fuertemente influenciado por cuatro variables principales como son: número de granos por espiga, altura de planta, número de espigas por metro y peso hectolítrico. Por lo que, para la identificación de genotipos promisorios de trigo se puede realizar en base a altura de planta, peso de mil granos, longitud de espiga, rendimiento en grano, peso hectolítrico y numero de granos por espiga. Así mismo en la gráfica del Biplot, estas seis variables, explicaron el mayor porcentaje de la variación en las variables originales, los cuales confirman ser componentes de rendimiento. Finalmente, los genotipos identificados en este estudio como promisorios debido a la gran variabilidad, pueden ser empleados para el estudio de un programa de mejoramiento genético.

5. Referencias bibliográficas

- Afonso, D. y Perera, S. (2010). *Plagas y enfermedades en el cultivo de trigo*. Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural. Argentina. 4p.
- Altamirano, A. A. N. y Terán, A. J. J. (2005). *Bosques nativos andinos de Bolivia. Recopilación, descripción y análisis documental*. Programa de bosques nativos y agroecosistemas andinos, PROBONA. La Paz, Bolivia. pp. 22.
- Armesto, A. P., Goñi, J., Lafarga, A. y Segura, A. (2006). *El trigo blando berdu en navarra*.
- Balbuena, M. A., et al. (2008). *Identificación de genotipos sobresalientes de trigo en el valle de Toluca, México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, México. Agricultura técnica en México. pp.3.
- Banegas, L. y Guzman, E. (2001). *Viveros de introducción de líneas y variedades de trigo en Santa Cruz*. Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. Cochabamba – Bolivia. pp. 89.
- Barón, T. F. J. y Téllez, M. F. (2010). *Apuntes de bioestadística*. Capitulo 6 regresión múltiple. pp. 38.
- Calle, C. C. (2001). *Las bajas poblaciones de plantas en el cultivo de trigo del área tradicional, causas y consecuencias*. Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. Cochabamba – Bolivia. pp. 171.
- Grieve, C. M., Lesch, S. M., Francois, L. E. y Maas, E. V. (1992). *Analisis of main spike yield components in salt stressed wheat*. Crop Science. pp. 32: 697-703.
- Hewstone, M. C. (2003). *Rediseño de componentes de rendimiento y su interaccion con el manejo*. Seminario internacional sobre estrategias utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT-INIA. La estanzuela, Uruguay. pp. 24-35.
- Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo (2001). *Memoria final de Protrigo (1999-2001)*. Sucre – Bolivia. pp. 48.
- Sánchez, G. J.J. (1995). *El análisis Biplot en clasificación*. Revista fitotecnia. México. pp. 18: 180-203.
- Slafer, G. A. y Calderini, D. F. (2003). *Herramientas fisiológicas para el mejoramiento del rendimiento de trigo. Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario*. Seminario internacional, La estanzuela, Uruguay. CIMMYT – INIA. pp. 16.



EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE FRUTILLA (*Fragaria x ananassa* Duch.) CON APLICACIÓN DE FERTIRRIEGO RELACIONADO A DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS EN TÉCNICA DE CULTIVOS VERTICALES EN AMBIENTE ATEMPERADO

Evaluation of three varieties of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) to related application fertigation in the phenological phases environment tempering

Escóbar, J. L.¹; Estrada, J. J.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de al carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Investigador de al carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

This research seeks alternatives for strawberry production in PVC vertical crops tempered environment, testing three varieties (Chandler, Oso Grande and Sweet Charlie) with application of different doses of fertigation (potassium nitrate and potassium sulphate) with the following response variables. Temperature, humidity, altitude plant, number of leaves. Number of flowers, fruit weight, yield per plant, final performance. Degrees brix. Substrate moisture. The results were: fertigation was determined that the dose of potassium nitrate and potassium sulphate had no direct influence on the early stages of the varieties studied phenological plant height and number of leaves, but mainly in fruiting varieties treated with potassium nitrate was top quality fruit in the Chandler variety, followed by the big bear range. With the variety Sweet Charlie was not taken their expectations. In the variable degrees brix making the comparison of means between treatments and varieties, which earned a high GPA was the sweet charlie with 11.8 degrees Brix obtained from the application of potassium sulphate. In the variable moisture content of the substrate was not significant between the gaps above with those below. In cost benefit analysis, the variety that is suitable for the production of Chandler strawberries was a B / C of 1.32 using potassium nitrate fertilizer in high doses.

Keywords: Ganancia media (GM), conversión alimenticia (Co.A), porcentaje mortandad y tiempo de precocción.

Resumen

El presente trabajo de investigación busca alternativas de producción de frutillas en cultivos verticales PVC en ambiente atemperado, probando tres variedades (Chandler, Oso Grande y Sweet Charlie) con aplicación de diferentes dosis de fertirriego (nitrato de potasio y sulfato de potasio) con las siguientes variables de respuesta. Temperatura, humedad, altura planta, número de hojas. Número de flores, peso de fruto, rendimiento por planta, rendimiento final. Grados brix. Humedad del sustrato. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: se determinó que el fertirriego con las dosis de nitrato de potasio y el sulfato de potasio no tuvo influencia directa en las primeras etapas fenológicas de las variedades estudiadas altura planta y número de hojas. Pero en la fructificación principalmente en las variedades tratadas con nitrato de potasio se obtuvo frutos de primera calidad en la variedad Chandler, seguido de la variedad Oso Grande. Con la variedad Sweet Charlie no se tuvo las expectativas esperadas. En la variable grados brix realizando la comparación de medias entre tratamientos y variedades, el que obtuvo un alto promedio fue la Sweet Charlie con 11,8 de grados brix obtenido con la aplicación de sulfato de potasio. En el variable porcentaje de humedad del sustrato no fue significativa entre los boquetes de arriba con los de abajo. En el análisis de beneficio costo, la variedad que conviene para la producción de frutillas fue la Chandler con un B/C de 1,32 aplicando el fertilizante nitrato de potasio en dosis alta.

Palabras clave: Ganancia media (GM), conversión alimenticia (Co.A), porcentaje mortandad y tiempo de precocción.

1. Introducción

La fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*), es una especie hortícola que se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y los Estados Unidos de América, constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados por lo cual existe una ligera tendencia al incremento en la producción mundial. (Santos, 2008). La producción de frutilla en nuestro país abarca zonas con condiciones agroclimáticas favorables para su cultivo, tal es el caso del sector oriental con 25.000 kg/ha y en los valles con producciones similares en cuanto a rendimiento (Números de Nuestra Tierra, 1999).

Una alternativa para el cultivo y producción de esta especie es mediante el uso de ambientes atemperados (carpas solares); sin embargo, en estos ambientes

los costos de producción se incrementan; además el espacio utilizado es muy reducido, por lo cual es necesario encontrar alternativas de producción pudiendo utilizarse cultivos más rentables y la optimización de todo el espacio interno disponible en estos ambientes, por medio de columnas verticales con la oportuna fertilización mediante fertirriego, alternativas que permitan incrementar la producción y calidad de las cosechas.

Los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

- Evaluar comportamiento agronómico de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch.*), con aplicación de fertirriego relacionado a diferentes fases fenológicas en técnica de cultivos verticales en ambiente atemperado.

- Determinar el efecto de tres dosis la fertirrigación en el comportamiento agronómico de tres variedades de frutilla.
- Identificar las variedades que presenten los mejores resultados en desarrollo y rendimiento en función a los parámetros morfológicos y agronómicos.
- Determinar los costos parciales del cultivo.

Descripción de la Frutilla: Villagrán (1994) indica que la fresa pertenece a la familia de las rosáceas, es una planta de tipo herbáceo y perenne, el sistema radicular compone de raíces y raicillas. Las raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico, aunque influenciado a veces por factores ambientales, patógenos de suelo, etc. La profundidad del sistema radicular es muy variable, en condiciones óptimas pueden alcanzar los 2 a 3 m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 25 cm.

Variedad Chandler: Origen California, de día corto, planta vigorosa con hojas grandes y de color ligeramente más claro que el Oso Grande. Se adapta bien a una gran diversidad de condiciones de clima y suelo siempre que no contenga sales, tiene un alto potencial de producción.

Variedad Oso Grande: PROEXANT (2004) señala que es una variedad californiana vigorosa con follaje verde oscuro. Su fruto es de color rojo anaranjado, forma de cuña achatada, calibre grueso, de buen sabor, presenta resistencia durante el transporte por lo que es apto para la venta como producto fresco en el mercado.

Variedad Sweet Charlie: PROEXANT (2004) indica que esta variedad es originaria de Florida, de día cortó. Sabor del fruto pronunciado, de muy buena

aceptación en el mercado, de color rojo claro, tamaño medio a grande, el que tiende a mantenerse a lo largo de la temporada.

Fases Fenológicas: según Alvarado (2001) en el cultivo de fresa se observan las siguientes fases fenológicas:

- Fase de reposo vegetativo o dormancia. Cuando la planta no tiene crecimiento foliar y las hojas se tornan rojizas y secas.
- Fase de crecimiento vegetativo. Cuando se elevan las temperaturas y se alargan los días, se reinicia la actividad vegetativa.
- Fase de floración. Cuando se observan de 3 a 5 flores abiertas.
- Fase de fructificación. Cuando los frutos verdes inician su desarrollo.
- Fase de reproducción vegetativa. Cuando existen días largos y temperaturas altas,
- Inicio de la fase de reposo. Con la incidencia de días cortos y temperaturas bajas.

La fertirrigación: Hirzel (2009) indica que la fertirrigación es una técnica compleja y eficiente, insustituible en sistemas con riego localizado de alta frecuencia, que se basa en el entendimiento de que las plantas utilizan agua y nutrientes en forma diaria, de manera continua y creciente a medida que avanza su ciclo de desarrollo, lo cual respetará su metabolismo y potenciará su productividad.

Requerimiento de fertilizantes: Gambardella (1996) indica que aunque las dosis de fertilizante deben ser establecidas en base a los resultados del análisis del suelo, pero las recomendaciones generales se encuentran entre los siguientes rangos:

- Nitrógeno (N), entre 150 a 180 kg/ha
- Fosforo (P_2O_5), entre 75 y 80 kg/ha
- Potasio (K_2O), entre 150 a 250 kg/ha

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la frutilla

Cultivo	N (g/pl)	P ₂ O ₅ (g/pl)	K ₂ O (g/pl)
Frutilla	2,7	1,3	4,7

Nitrato de potasio: Torres (2009) indica que la fuente más popular para formular fertilizantes líquidos es el nitrato de potasio. Presenta ventajas de solubilidad, alta concentración de potasio y además aporta nitratos en cantidades razonables, para suplir una buena parte de los requerimientos de nitrógeno.

Sulfato de potasio: Sánchez (2000) menciona que el sulfato de potasio cristalino es un fertilizante que a diferentes concentraciones, no influye en la temperatura final de la solución. En cuanto al pH, el sulfato de potasio genera una reacción alcalina.

Cuadro 2. Fertilizantes para fertirriego

Nº	Fertilizantes para fertirriego	Formula	Riqueza	Solubilidad1	Impureza %
1	Nitrato de potasio	(KNO ₃)	13-0-46	316	5
2	Sulfato de potasio	(K ₂ SO ₄)	0-0-50	110	10

El agua que se utilizó como testigo fue de grifo, es potable y proveniente de la planta de tratamiento de Pampahasi, alimentado por la presa de hampaturi.

Para el material de campo se utilizó: libreta de campo, marcadores, cámara fotográfica y planillas de registros, pH-metro, conductivímetro, probetas de 200 ml, balanza analítica, vaso precipitado de 500 ml, carretilla, palas, cinta métrica, tijera, botellas pett, tubos de plástico de ½ pulgada, termómetro, higrógrafo, jarras de 1 l y baldes de 10 l.

Cultivos verticales: Folquer (1986) menciona que esta modalidad de cultivo tiene sus inicios en la Universidad de Catania en el año de 1976 y lo han denominado el sistema "Tropea" y fue mejorado en Italia en 1977 con el nombre del método "Fersini Rinaldi".

2. Materiales y métodos

En presente trabajo de investigación se realizó en el centro "Wara Warita", zona Alto Pampahasi, macrodistrito San Antonio de la ciudad de La Paz, carpas solares dependientes del Proyecto Huertos Orgánicos (UNACE) con apoyo de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en convenio con el Gobierno Autónomo de la ciudad de La Paz.

El material vegetal que se utilizó en el presente trabajo está constituido por tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch.*) (1. Chandler, 2. Oso Grande 3. Sweet Charlie)

Componentes del sustrato: tierra negra procedente de la comunidad de Chicani. Turba procedente de Chuquiaguillo arena fina.

Material tubo PVC: 27 tubos PVC de 6 pulgada y 1 m de altura, 27 cañerías de 1 pulgada y 1 m de altura, agrofilm de 250 µ para el drenaje.

Metodología de trabajo diseño experimental: el presente estudio se desarrolló bajo el diseño parcelas divididas en bloques al azar con arreglo bifactorial, con nueve tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de tres bloques y 27 unidades experimentales.

Factores de Estudio

Cuadro 3. Factor A de estudio

VARIETADES
b_1 = Chandler
b_2 = Oso grande
b_3 = Sweet Charlie

Cuadro 4. Factor B de estudio

FERTIRRIGACION CON FERTILIZANTES POTASICOS
a_1 = Nitrato de potasio (KNO_3)
a_2 = Sulfato de potasio (K_2SO_4)
a_3 = Agua (testigo)*

Cuadro 5. Tratamientos resultantes de las combinaciones de factores

Trat.	Combinaciones
T1	a_1b_1 = Nitrato de potasio + chandler
T2	a_2b_1 = Sulfato de potasio + chandler
T3	a_3b_1 = Agua + chandler
T4	a_1b_2 = Nitrato de potasio + Oso grande
T5	a_2b_2 = Sulfato de potasio + Oso grande
T6	a_3b_2 = Agua + Oso grande
T7	a_1b_3 = Nitrato de potasio + Sweet Charlie
T8	a_2b_3 = Sulfato de potasio + Sweet Charlie
T9	a_3b_3 = Agua + Sweet Charlie

Para el acondicionamiento del ambiente atemperado se realizó la reconstrucción de todo el ambiente de la carpa solar, efectuando las respectivas reparaciones y acondicionamientos que requiere, estas fueron: cambio de callapos, agrofilm, viguetas nuevas, cambio de ventanas, pintado de puerta y marcos de ventana.

Para la preparación del sustrato se realizó varias pruebas de densidad aparente

y capacidad de campo, añadiendo y disminuyendo los insumos (tierra negra, turba y arena fina), con el fin de obtener un sustrato que no se compacte, el cual cumpla con los propósitos de ser poroso, buena retención de humedad y suelto para las plantas, llegando por consiguiente a la siguiente relación: **A** 50% de tierra negra, **B** 40% de turba y **C** 10% de arena fina.

Cuadro 6: Trabajos realizados en el sustrato

Nº	Descripción	Resultado
1	Densidad aparente (Dap)	0,5 cm/m ³
2	Densidad real (DR)	37,8 cm/m ³
3	Porosidad (P)	98,6 %
4	Capacidad de campo (CC)	62,5 %
5	Punto de marchitez permanente (PMP)	6 %
6	Humedad disponible (HD)	56,5 %
7	Frecuencia de riego (FR)	4 días
8	Tasa de riego (TR)	1 litro

En el muestreo y análisis físico-químico del sustrato se tomó una muestra del sustrato a usarse (50% suelo agrícola, 40% turba y 10% arena) consistiendo en cuartear la muestra y quedarse con 1 kg para el análisis físico-químico.

Para el análisis de agua de riego se realizó el análisis químico del agua potable en el Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear con el propósito de verificar los elementos químicos que posee.

En la construcción de los tubos PVC se tiene una altura de 1 metro. Cada tubo presentó 10 perforaciones (boquetes) en la parte exterior a una distancia de 0,25 m de boquete a boquete y 0,20 m de nivel a nivel. Cabe mencionar que las perforaciones tiene un diámetro de 7 cm.

La preparación de la solución de fertirriego se realizó de acuerdo a la interpretación de los resultados de análisis del sustrato y el agua, cubriendo de esta manera los requerimientos nutricionales de la planta (SOBIP, 2006) en sus cuatro fases fenológicas (prendimiento, desarrollo floración y fructificación) con las siguientes dosis: (dosis baja 20%, dosis media 30%, y dosis alta 50%).

En la fase de prendimiento se realizó riegos con agua de grifo a todos los tratamientos por mes y medio a una frecuencia de 4 días y una taza de riego de 1 l/tubo

PVC. Luego se efectuó 2 aplicaciones de solución de urea a una relación de 1 g/l en los tratamientos T1, T2, T4, T5, T7 y T8. Se realizó tres aplicaciones hasta completar los dos meses, en los tratamientos testigo T3, T6 y T9 no se aplicó.

En la fase de desarrollo se aplicó las dosis de fertirriego (dosis baja) con nitrato de potasio a una relación de 0,5 g/l en los tratamientos T1, T4 y T7, haciendo un total de 9 l aplicados en los tres bloques y en tubos PVC. La disolución se realizó a una temperatura del agua de 15°C agitando 10 minutos para que se solubilizara todo el producto. Total de solución aplicado fue de 108 l de solución con (nitrato de potasio) en 45 días que duró esta fase. En cuanto a la solución de fertirriego con sulfato de potasio se aplicó 0,3 g/l en los tratamientos T2, T5 y T8, teniendo 9 l y totalizando 108 litros aplicados en 45 días en esta fase fenológica.

Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta en las cuatro fases fenológicas con la aplicación de las dosis de fertirrigación.

F.V.	G.L	Prendto.	D. Baja Desallo.	D. Media Floracion	D. Alta Fruct.
BLO.	2	0,893 NS	0,403 NS	0,584 NS	0,528 NS
VAR.	2	0,000**	0,000**	0,000 **	0,000 **
TRAT.	2	0,162 NS	0,461 NS	0,625 NS	0,691 NS
V * T	4	0,366 NS	0,464 NS	0,618 NS	0,760 NS
ERROR	16				
TOTAL	26				
C.V.		10,65	11,71	13,46	15,5

En la fase de floración 30 días (dosis media) se aplicó la dosis de nitrato de potasio a una relación de 0,7 g/l en los tratamientos T1, T4 y T7. En total se aplicó 81 l de esta solución en 30 días en esta fase. En los tratamientos con la solución de sulfato de potasio T2, T4 y T8 se utilizó la dosis de 0,5 g/l por tubo PVC. En total en esta fase se utilizó 81 l de esta solución.

En la fase de fructificación se aplicó la (dosis alta) que consiste en 1 g/l de nitrato de potasio a los tratamientos T1, T4 y T7

y 0,8 g/l de sulfato de potasio a los tratamientos T2, T4 y T8.

Se realizó riegos con agua de grifo 2 veces al mes con el propósito de evitar la acumulación de sales, controlando la C.E. y pH del líquido drenado de los tubos PVC.

3. Resultados y discusiones

En los meses de enero, febrero, marzo se registraron temperaturas que sobrepasaron los 30°C y en la segunda quincena de junio y principios de julio se regis-

traron temperaturas de 4 a 3 °C influyendo en la floración de las variedades precoces Chandler y Sweet Charlie. En consecuencia se produjeron abortos florales principalmente en estas variedades. En las variedad Oso Grande no se tuvo problemas en cuanto al exceso de temperaturas.

La humedad relativa registrada durante el desarrollo de la frutilla son en promedio de 65% humedad óptima para el desarrollo de las plantas.

Variables fenológicas y agronómicas

Los resultados del análisis de varianza no muestran significancia entre los bloques, pero muestra una alta significancia entre variedades. En las cuatro fases fenológicas en los tratamientos de las dos dosis de fertirriego aplicados en el cultivo de la frutilla no mostraron valores de significancia en el aporte de nutrientes al cultivo en estudio. En cuanto a los niveles y la interacción de (variedades y dosis de fertirriego) presentan valores no significativos. A continuación se presenta el cuadro de análisis de varianza de las variables mencionadas en sus cuatro fases:

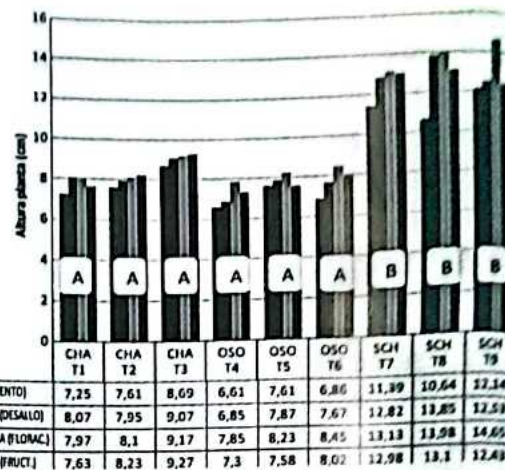


Gráfico 1. Efecto del fertirriego en la altura de planta en las cuatro fases fenológicas. Comparación de medias Duncan (5%)

En la gráfico 1 se observa que existen diferencias significativas en la altura de planta en las variedades Swett Charlie en todas las etapas fenológicas con los tratamientos (nitrato de potasio sulfato de potasio, al igual que el testigo agua) en comparación de las variedades restantes Chandler y Oso Grande.

Es decir que la variedad Swett Charlie tiene mejor altura de planta en las cuatro fases fenológicas estudiadas, esto posiblemente debido a la carga genética y la respuesta fisiológica que posee esta variedad. Según Ticona (2001), la variedad Swett Charlie tuvo un buen comportamiento en la fase de crecimiento, los cual se observó en el invernadero.

Número de hojas

Cuadro 5. Análisis de varianza para número de hojas en las cuatro fases fenológicas con la aplicación de dosis de fertirrigación.

F.V.	G.L	Prendto.	D. Baja Desallo.	D. Media Floracion	D. Alta Fruct.
BLO.	2	0,186 NS	0,191 NS	0,680 NS	0,497 NS
VAR.	2	0,001 *	0,002 *	0,004 *	0,003 *
TRAT.	2	0,574 NS	0,971 NS	0,635 NS	0,979 NS
V * T	4	0,673 NS	0,691 NS	0,870 NS	0,763 NS
ERROR	16				
TOTAL	26				
C.V.		21	21,04	21,64	22,16

En el cuadro 7 se observa que no existen diferencias significativas entre bloques en las cuatro fases fenológicas pero si entre variedades, esto posiblemente influenciado por el valor genético de la variedad Sweet Charlie, ya que se comportó muy bien en la altura de planta, por lo que se realizó una comparación de medias para la variable de estudio.

En cuanto a la interacción variedad por tratamiento no fue significativa, lo cual indica que cada factor tuvo un efecto independiente. Los coeficientes de variación son de 21; 21,04; 21,64 y 22,16 en las cuatro fases fenológicas.

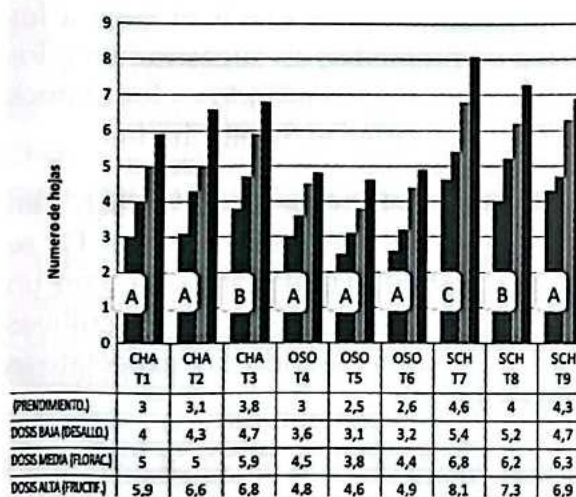


Gráfico 2. Efecto del fertirriego en el número de hojas de la variedad Sweet Charlie en las cuatro fases fenológicas. Comparación de medias Duncan (5%)

En el gráfico 2 se muestra que existen diferencias significativas en el número de hojas de la variedad Sweet Charlie en el tratamiento 7 (nitrato de potasio) tratamiento 8 y tratamiento 9, lo cual se manifestó en la etapa de inicio de fructificación; esto posiblemente debido a la carga genética y la respuesta fisiológica que posee esta variedad.

Respecto a la variedad Chandler los mejores promedios fueron en la etapa fenológica de inicio de fructificación (dosis alta) con 5,9 T1, 6,6 T2 y 6,8 T3 hojas por planta, los cuales se puede interpretar que esta variedad requiere los nutrientes en esta etapa.

En la variedad Oso Grande la respuesta fue casi tardía, tratamientos (4, 5 y 6) con un promedio de 4,8; 4,6 y 4,9 hojas por planta, pueden atribuirse a que las plántulas estaban sometidas a diferentes condiciones de producción y diferentes condiciones de madurez fisiológica.

Número de flores por planta

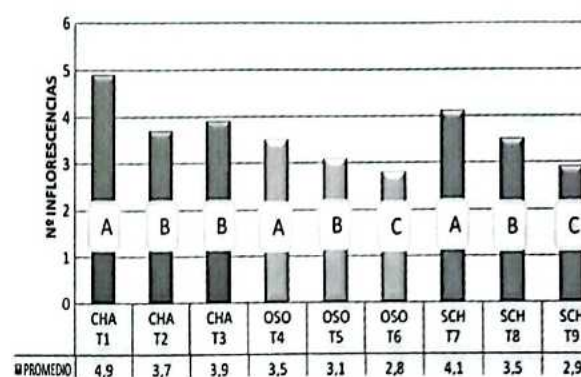


Gráfico 3. Efecto del fertirriego en el número de flores por planta.

Comparación de medias Duncan (5%)

En el gráfico 3, la mejor respuesta en esta prueba es obtenida por la dosis de fertirriego T1 (nitrato de potasio) dosis media (61,8 gr) aplicados en 30 días con un promedio de 4,9 flores/planta seguido por el tratamiento 3 (testigo) con una media de 3,9 flores/planta y finalmente el tratamiento 2 (sulfato de potasio) dosis media (53,3 gr) con un promedio de 3,7 flores por planta respectivamente. La variedad Sweet Charlie tubo la mejor promedio de 4,1 flores por planta en el tratamiento 7 (nitrato de potasio) dosis de fertirriego medio (61,8 gr) seguido por el tratamiento 8 (sulfato de potasio) dosis medio (53,3 gr) con un promedio de 3,5 flores por planta y finalmente el tratamiento 9 (testigo) con un promedio de 2,9 flores por planta, esta variedad presenta floración temprana (PROPLANTAS 2008) Para la variedad Oso Grande el mejor tratamiento fue el 4 (nitrato de potasio) con una dosis media de (61,8 gr) promedio de flores de 3,5 por planta, seguido por el tratamiento

5 (sulfato de potasio) dosis medio (53,3 gr) con un promedio de 3,1 flores por planta y el tratamiento 6 (testigo) con promedios de 2,8 flores por planta. Este comportamiento es típica de esta variedad sustentado por (PROPLANTAS, 2008) que menciona que la variedad es tardía en cuanto a la floración.

Peso de frutos

Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias altamente significativas entre variedades de frutilla, debido al efecto de los tratamientos incorporación de dosis alta de nitrato de potasio, y sulfato de potasio. En cuanto a los tratamientos mostraron significancia en el aporte de nutrientes al cultivo en estudio, en cuanto a bloques y la interacción de (variedad y tratamientos) no mostraron significancia. El coeficiente de variación es de 16,15% en el presente ensayo, indica que los datos fueron tomados adecuadamente.

El rendimiento de la planta desde el transplante hasta la cosecha transcurrió 225 días de su ciclo, desde la primera cosecha hasta la última transcurrió 90 días. La cosecha se llevó a cabo los días lunes miércoles y viernes de la semana. Con rendimientos por tratamiento como se observa en el cuadro 8.

Al respecto Verdier (1987) indica que el volumen de cosecha varía en función de la variedad, en zonas de producción tradicional puede considerarse un rendimiento satisfactorio el de 500 g/planta con densidades de 80.000 - 90.000 plantas/ha, rendimientos inferiores irán paulatinamente considerándose menos positivos hasta llegar a los 250 - 300 g/planta, limite probable de rentabilidad, y valores más altos irán multiplicando el beneficio, hasta llegar a algo más de 60.000 k/ha máximo alcanzado con este cultivo.

Cuadro 8. Rendimiento de fruto por planta (gr) en dos meses de cosecha

Tratamiento	Peso/planta (gr)	Rendimiento estimado en un año gr/planta
T1	128	576
T2	116	522
T3	94	423
T4	100	450
T5	80	360
T6	77	447
T7	38	171
T8	38	171
T9	31	140

En el cuadro 8 observamos que el mejor tratamiento fue el de T1 con nitrato de potasio pues se cosecho 128 g de planta en promedio. Realizando estimaciones en 9 meses de producción se llega a los 576 g en promedio; así sucesivamente los tratamientos bajan llegando en los últimos peldaños la variedad Swett Charlie.

Realizando el respectivo análisis en el caso de la variedad Chandler T1 se tendría hasta 270.000 plantas/ha. con un rendimiento de 155.520 k/ha en cultivos verticales, sobrepasando las expectativas que se tiene.

El porcentaje de mortandad se determinó dividiendo las plántulas muertas con el total de las plantas de cada tratamiento (30 plantas) transplantadas después del periodo de adaptaciones expresadas en porcentaje, dando el siguiente gráfico:

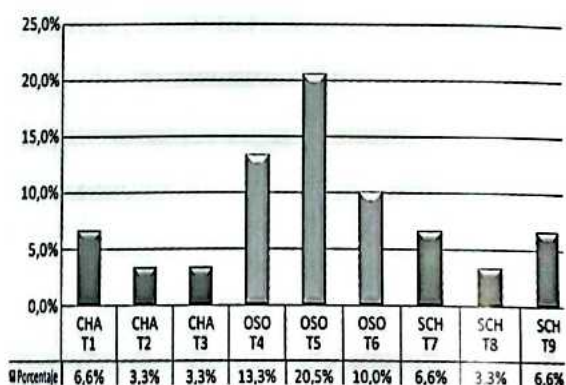


Gráfico 4. Porcentaje de mortandad de las variedades con tratamientos

En el gráfico 4 se muestra que en todos los tratamientos se produjeron mortandad principalmente en la variedad Oso Grande (T4, T5, T6), probablemente a que esta variedad es muy sensible a las altas temperaturas al respecto (PROPLANTAS, 2008), menciona que esta variedad tolera temperaturas máximas a 35°C, siendo uno de los factores que explica esta mortandad.

En la variedad Swett Charle (T7, T8 y T9) sintieron el rigor de las temperaturas elevadas, pero la mortandad no fue tan significativa en comparación con la variedad Osos Grande.

En la variedad Chandler (T1, T2 y T3) existió baja mortandad, esto debido a que esta variedad soporta temperaturas elevadas tal como indica (Bielinski, 2007), que la Chandler soporta temperaturas extremas de hasta 45°C en Florida.

En la variable de grados brix según la comparación de medias presentó diferencias entre tratamientos y variedades. En la variedad Chandler los tratamientos (T1, T2, y T3) presentó diferencias con promedios de 8,8; 7,5 y 5,7. El T1 (nitrato de potasio en dosis alta) se presentó como el mejor tratamiento en el caso del análisis de los grados brix. En el tratamiento T2 (sulfato de potasio) los resultados en la variedad no fueron alentadores, ya que el promedio de los grados brix fueron de 7,5. Finalmente el tratamiento T3 (testigo) con un promedio de 5,7 de grados brix respectivamente.

En la variedad Oso Grande los promedios fueron de 8, 7 y 5, mostrando que el T4 (nitrato de potasio) dosis influyó en esos promedios; seguido por el T5 (sulfato de potasio) con el de mejor comportamiento y por último el T6 (testigo) resultó el menos dulce.

En el caso de la variedad Swett Charlie los promedios alcanzaron 7,5; 11,6 y

9, manifestando que el T6 (sulfato de potasio) con dosis alta tubo efecto en los grados brix de la variedad; seguido por el T9 (testigo) y finalmente, el T7 (nitrato de potasio) Téllez y Salmerón (2007), alcanzaron promedios entre 8,3 y 9,93 para grados brix en comparación con otras variables evaluadas en el ensayo. Se obtuvieron valores más bajos, debido a las diferentes niveles de fertilización aplicada.

Para la producción de frutilla en los tratamientos T1, T4 y T5 (nitrato de potasio) estimando en 1 año de producción se invierte Bs 4.777 en 27 tubos PVC y 240 plantas, para los tratamientos T2, T5, y T8 (sulfato de potasio) los costos de implementación fueron Bs 4.970 en 27 tubos PVC y 240 plantas, y para los tratamientos testigo T3, T6 y T9 los costos fuero de Bs 4.500.

La diferencia entre los costos variables es mínima, los tratamientos en el que más se invirtió fue la T2, T5 y T8 (sulfato de potasio) ya que este fertilizante tiene un costo elevado en comparación con el nitrato de potasio.

De la misma manera, los beneficios brutos para la producción de frutilla en los tratamientos con nitrato de potasio T1 (Chandler), T4 (Oso Grande), y T7 (Swett Charlie) son de Bs 6.220; Bs 4.860 y Bs 4.986. Los tratamientos con sulfato de potasio T2, (Chandler), T5 (Oso Grande) y T8 (Sweet Charlie) son de Bs 5.637; Bs 3.888 y Bs 1.846. Finalmente las tratamientos testigo T3, T6 y T9 (Chandler, Oso Grande y Sweet Charlie) con beneficios brutos de Bs 4.568; Bs 4.827 y Bs 1.512. Esto se realizó tomando en cuenta el rendimiento de cada tratamiento para 9 meses de producción en 27 tubos PVC y 270 plantas.

En cuanto a los beneficios netos se obtuvo en los tratamientos con nitrato de potasio T1 (Chandler), T4 (Oso Grande),

y T7 (Sweet Charlie) Bs 1.443, Bs (OJO REVISAR) 83 y una pérdida de Bs 2.930. Los tratamientos con sulfato de potasio T2, (Chandler), T5 (Oso Grande) y T8 (Sweet Charlie) son de Bs 667; y resultando con pérdidas los T5 y T8 Bs 1.082 y Bs. 3.123. Por último los tratamientos testigo T3, T6 y T9 (Chandler, Oso Grande y Sweet Charlie) resultaron con beneficios brutos de Bs. 68 Bs 327 y resultando como perdida la T9 con Bs 2.988.

La variedad con mayor pérdida resultó la Sweet Charlie en las variables de este estudio.

4. Conclusiones

El tratamiento que tuvo mejor respuesta fue el nitrato de potasio en la variedad Chandler (T1), pese que al inicio mostró poco desarrollo en la etapa de fenológica número de hojas y altura planta.

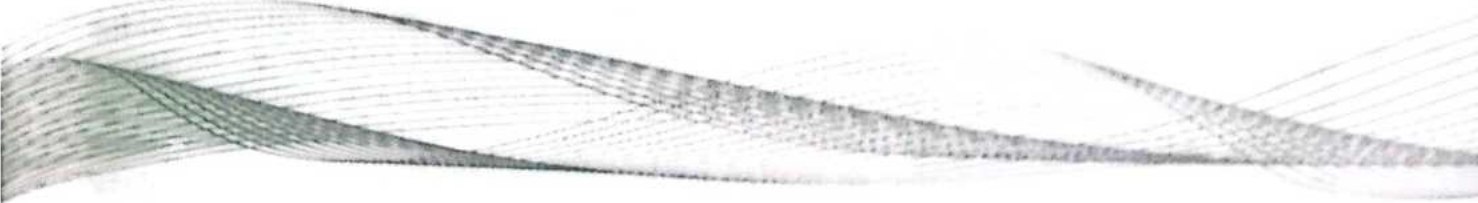
En el aspecto fenológico la variedad Sweet Charlie tuvo un mejor comportamiento en las etapas de altura planta, número de hojas y días a la inflorescencia con los tratamientos (nitrato de potasio, sulfato y el testigo), mostrando poca diferencia en tres estos tratamientos.

En el aspecto del porcentaje de mortandad, la variedad Oso Grande tuvo alta mortalidad en las primeras etapas fenológicas, realizándose el refallo en ellas.

Según el análisis económico de beneficio costo, la variedad Chandler obtuvo 1,32 de benéfico promedio estimando la producción de 9 meses con el tratamiento de nitrato de potasio siendo más rentable que los otros tratamientos, debido a su adaptabilidad, menos mortandad, mayor rendimiento en cultivos verticales PVC.

5. Referencias bibliográficas

- Alvarado, H. Q. (2001). *Manual del cultivo de fresa (Fragaria spp.) en Centro de Recursos. Las Sabanas*. p. 10-13
- Gambardella, Z. (1996). *Evaluación de cuatro variedades de frutilla (Fragaria x ananassa Duch.) en plantación de verano en la comuna de San Pedro*. Santiago de Chile.
- Folquer, F. (1986). *La fresa o frutilla*. Buenos Aires – Argentina. Primera Edición. 12-35 p.
- Hirzel, J. (2009). *Nodo tecnológico de riego en el secano región de O'higgins. Fase II Capítulo 4. Principios básicos de fertirrigación INIA*. Quilamayu – Chile. 92, 95 98 p.
- PROEXANT (2004). *Manual de la frutilla*. En: www.proexant.org.ec/ManualFrutilla.html 228 Quito – Ecuador.
- PROPLANTAS (2008). *Características de las variedades de fresa*. Santiago de Chile 13 – 17 p.
- Santos, M. (2008). *Estudio de la fresa en el Perú y el mundo*. Dirección general de información agraria, Lima, Perú, p.10-12.
- Sánchez, V. (2000). *Fertirrigación. Principios, factores, aplicaciones*. Seminario de Fertirrigación: Apukai-Comex Perú.
- SOBIP (2006). *Sulphate of Potash Information Boart El Sulfato de Potasio en la Producción de Frutillas/Fresas y Bayas*, 4 p.
- Téllez, F. y L. Salmerón (2007). *Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre tres variedades de fresa (Fragaria ssp.) En Las Sabanas, Madriz*. Tesis de Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria (UNA) Managua, Nicaragua, 23 p.
- Torres, M. (2009). *Ciclo del potasio en agroecosistemas y reacción de los fertilizantes potásicos en el suelo*. Buenos Aires-Argentina.
- Ticona, V. (2001). *Comportamiento de tres variedades de frutilla (Fragaria sp.) en diferentes métodos de cobertura aplicados al suelo bajo carpa solar*. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía UMSA; La Paz-Bolivia. 45 p
- Villagrán, V. (2005). *Como cultivar frutillas*. Manual Agrícola Llahuen Santiago de Chile, 8 – 10 p.
- Verdier, M. (1987). *Cultivo del fresón en climas templados*. Ed. Agrarios S.A. Madrid – España. Segunda Edición, 338 p.



BALANCE HÍDRICO EN EL CULTIVO DE PAPA BAJO CONDICIONES DE DRENAJE MIXTO EN SUKA KOLLUS

Balance hydric in the crops potato under conditions mixt drainage in Suka Kollus

Guarachi, E.¹; Serrano, G.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Pofesor de Hidráulica, Riegos y Drenajes de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

The Suka Kollus was hydraulic structures constitute the most important ancient technology; it is presumed that one of its functions was the drain for the formation of raised field (camellones) that interspersed with water canals, whose remains are found around Titicaca Lake. Under present conditions, the farmer traditional areas Suka Kollus, are removing the water canals in order to gain more land area, they were excluding water and weather effects that it would cause. In front this problem, a study was conducted so as to study the water balance in mixed drainage conditions (PVC tubes and open canals) for the potato crop, it was done at the Experimental Station Kallutaca, it located at 16° 31' 10" south latitude and 68° 19' 03' west longitude. It was posed by four treatments: T₁ (control) Suka Kollu with open canals under traditional conditions, T₂ with a tube in Suka Kollus, T₃ and T₄ with two tubes and with three tubes in this Suka Kollus. The system implemented has provided a total of 12.372 m³ (influx volume) during the cropping season, however the losses related to direct evaporation, crop evapotranspiration and volume output accounted in 10.974 m³. However the volume of water in the canals remained about 303 m³ in that on the ground (raised field) it was stored an average volume of 98,2 m³. The highest yield was expressed in the T₃ (11,4 ton · ha⁻¹). The economic analysis Benefic/ Cost show at 1,2, for T₃ with a analysis marginal return rate it had a 204%. At the end T₃ presented as the best alternative for the farmer, under the study conditions.

Keywords: Surface drainage, Suka Kollus,

Resumen

Los Suka Kollus se constituyen en estructuras hidráulicas más importantes de la tecnología ancestral, se presume que una de sus funciones fue el drenaje por la conformación de camellones intercalados con canales de agua, cuyos vestigios se encuentran alrededor del lago Titicaca. En las condiciones actuales, el agricultor de

zonas tradicionales de Suka Kollus, vienen eliminando los canales de agua con el fin de ganar mayor superficie cultivable, sin considerar los efectos hídricos y climáticos que se ocasionaría. Frente a esta problemática, se efectuó un estudio con el objeto de estudiar el balance hídrico en condiciones de drenaje mixto (canales abiertos y tubos PVC) para el cultivo de papa, se realizó en la estación Experimental de Kallutaca situado a $16^{\circ}31'10''$ de latitud sur y $68^{\circ}19'03'$ de longitud oeste. Se plantearon cuatro tratamientos: T_1 (testigo) Suka Kollu con canales abiertos bajo condiciones tradicionales, T_2 Suka Kollus con un tubo, T_3 Suka Kollus con dos tubos y T_4 Suka Kollus con tres tubos. El sistema implementado ha proporcionado un volumen total de 12.372 m^3 (volumen de entrada) durante la campaña agrícola, sin embargo las pérdidas relacionadas con la evaporación directa, evapotranspiración del cultivo y el caudal de salida contabilizaron 10.974 m^3 . A pesar de ello el volumen de agua en los canales se mantuvo alrededor de 303 m^3 en cuanto que en el suelo (terraplenes de los Suka Kollus) se almacenó un volumen promedio de $98,2 \text{ m}^3$. El rendimiento más alto se expresó en el T_3 ($11,4 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$). El análisis económico presenta una relación B/C de 1,2, para T_3 y un Tasa de Retorno Marginal de 204%. El T_3 , es el que se presenta como la mejor alternativa para el agricultor, bajo las condiciones del estudio.

Palabras clave: Drenaje mixto, Suka Kollus,

1. Introducción

El altiplano enfrenta condicionantes climáticas adversas para el desarrollo de la agricultura, por sus variaciones extremas y aleatorias; tal es así que las tasas de producción de alimentos es estacionaria y con tendencia a disminuir, por lo cual el conocimiento y manejo de los recursos hídricos se torna cada vez más importante por el cambio climático y su efecto sobre el comportamiento de los cultivos. Los pobladores de estas zonas hace más de 2.000 años desarrollaron una agricultura que les permitió adaptarse a este medio, a través de técnicas específicas; producción en Suka kollus, refiriéndose a cualquier superficie preparada para el cultivo que involucra el traslado y elevación de tierra. Los cultivos en el sistema de producción en Suka Kollus muestran variaciones importantes relacionadas a la humedad y temperatura, que repercuten favorablemente en la protección contra las inclemencias del tiempo y en la productividad del cultivo.

La papa llega a ser uno de los cultivos importantes a nivel nacional porque su producción es parte primordial de la alimentación de la mayoría de las familias campesinas del altiplano. El país presenta un rendimiento promedio de $5,2 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, con 179.407 ha cultivadas Instituto Nacional de Estadística (INE, 2008). En tanto en el sistema de cultivo en camellones (Suka Kollus) los rendimientos de papa son sustancialmente altos con $16,4 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ Programa Interinstitucional Suka Kollus (PROSUKO, 2001).

Los agricultores de estas zonas están en un proceso de unir y tapar los canales de los Suka kollus para ampliar la superficie cultivable del terraplén, sin considerar aspectos técnicos de la influencia hídrica - climática que presenta en comparación a las condiciones iniciales, por lo tanto, se hace imprescindible efectuar estudios que permitan un manejo del agua (drenaje) y ofrezcan condiciones adecuadas de humedad para una óptima producción.

La presente investigación plantea evaluar un drenaje "mixto" adaptado a la estruc-

tura hidráulica de los Suka Kollus, a objeto de estudiar el balance hídrico en los diferentes tratamientos planteados como alternativa de diseño y manejo de los mismos. Es decir, se pretende combinar esta tecnología con la técnica del drenaje subsuperficial a través de la implementación de tubos de PVC perforados. Se cuenta con Suka Kollus de: 2 m ancho del canal de agua, 4,5 m ancho del camellón (terraplén), 50 m de longitud del camellón y 0,8 m de altura del camellón. Esta variante permitió excluir uno a tres canales, al ser sustituido por el drenaje subsuperficial, dando lugar a terraplenes entre 12 a 26 m de ancho.

2. Materiales y métodos

La zona de estudio se encuentra en los predios del Centro Experimental de Kallutaca, de la UPEA, (16°31'10" de latitud sur y 68°19'03' de longitud oeste) a una elevación de 3.901 msnm forma parte del altiplano norte (anexo foto 1) muestra el área de estudio.

El comportamiento de la temperatura media es de 7,1°C, se cuentan con temperaturas extremas mínimas de -10,8 a -11,0°C en los meses de junio y julio indicando temperaturas bajo cero. En los meses de noviembre y diciembre se observa el comportamiento de las temperaturas máximas de 21,6 a 22,3°C. El porcentaje de humedad relativa (HR) en los meses de diciembre a marzo registra valores entre 64,5 a 71,0% (verano), de junio a agosto se evidencia valores promedios de 40,0% (invierno). Realizando un análisis de estas variaciones extremas en cuanto a temperaturas de 19,6°C de variación, estas son condiciones que rigen la agricultura en esta zona.

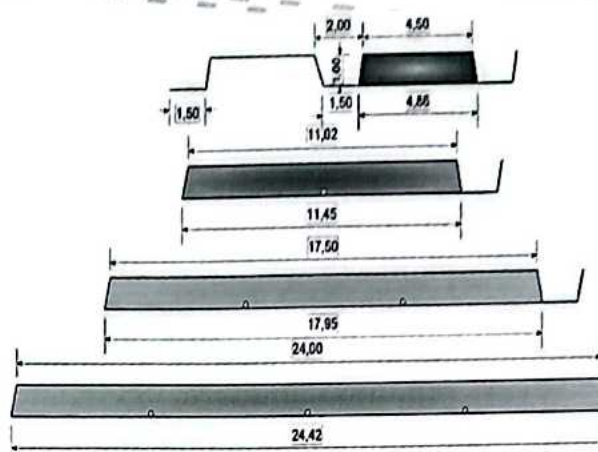


Gráfico 1. Plataforma de los Suka Kollus con un sistema mixto de drenaje (superficial y subsuperficial), de 4,5 a 24 m de ancho, construido en Kallutaca en la campaña agrícola 2009 - 2010.

En la última semana de noviembre se sembró papa variedad imilla negra (*Solanum tuberosum* sp. andígena) que obedece al valor socioeconómico. Dada la importancia del cultivo de papa en la zona, este trabajo se centró en estudiar las interacciones suelo-agua en parcelas de papa bajo sistema de subirrigación. (gráfico 1).

Durante la campaña agrícola 2009-2010, en las parcelas de Suka Kollus se instalaron: un par tensiómetros por cada planta, vertedero de placa triangular para la medición de caudal y control del flujo, reglas linimétricas para la medición de tirante hidráulico. Asimismo, en la zona de Kallutaca se tiene instalado una estación automática meteorológica, ubicada a 1 km de distancia del sistema estudiado.

El ensayo contempló 16 parcelas de cultivo de papa con drenaje subsuperficial (tubos PVC de 4 pulgadas diámetro por el largo del Suka Kollu) y canales abiertos. En el ensayo se trabajó con 16 unidades experimentales conformado por; cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se cuenta con Suka Kollus de 2 m ancho del canal de agua, 4,5 m ancho del camellón (terraplén), 50 m de longitud del camellón y 0,8 m de altura del camellón.

Se procedió a un levantamiento del área de estudio con un muestreo y análisis del Suelo, preparación del terreno y posterior siembra.

Se procedió a un análisis estadístico, mediante la estadística descriptiva, de variables cuantificables de origen hídrico-climático, así como los análisis de correlación y regresión múltiple, posteriormente un análisis de componentes principales. Para las variables agronómicas se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar con sub muestreo, habiéndose distinguido dos bloques y tres sub bloques, además una la comparación de medias con la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para las variables cuantificables en el cultivo de papa.

En el balance hídrico se consideran las siguientes variables: volúmenes de control, escurrimiento superficial, volumen de agua de derivación, (caudal entrada y salida), aportes de aguas subsuperficiales, precipi-

tación y drenaje, evapotranspiración potencial, evapotranspiración del cultivo, contenido de humedad del suelo y flujo del agua

3. Resultados y discusión

Características físicas químicas del suelo

El suelo del área experimental de acuerdo a los análisis físico-químico de suelos en LCA UMSA y laboratorio de suelos UMSS, presentan suelos con texturas franco - arcilloso, la densidad aparente presenta 1,32 y 1,11 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ respectivamente, el color del suelo, indica el estado de oxidación-reducción del suelo en Suka Kollus, en base a cuatro horizontes característicos. En los horizontes CG1 y CG2, se evidencia la existencia de manchas de color café claro a naranja, lo que muestra la dinámica del agua en el perfil del suelo como se observa en el cuadro 1. Mamani (1996), encontró valores de densidad de 1,21 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ en los Suka Kollus (pluvial) de Kallutaca.

Cuadro 1. Descripción morfológica del suelo realizada en una calicata en el sistema de Suka Kollus, al inicio de la campaña agrícola 2009 - 2010.

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
Ap	0 - 14	7,5 YR 2.5/1 Negro en húmedo, 7,5 YR 2.5/2 Café muy oscuro en seco. Textura Franco. Estructura granular
Ah	15 - 29	2,5 YR 2.5/1 Negro rojizo en húmedo, Textura Franco arcilloso. Estructura sub angular.
Ac	30 - 38	Gley 1 4/10Y Gris verdoso en húmedo, Textura Franco arcilloso. Estructura sub angular.
CG1	39 - 56	Gley 1 5/10Y Gris verdoso
CG2	>57	Gley 1 5/10Y Gris verdoso, 10% manchas. 7,5 YR 4/6 café claro.

En cuanto a las propiedades químicas el pH del suelo reporta un valor de 7,4 ligeramente neutro a moderadamente alcalino, se tiene una conductividad eléctrica entre 2.280 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Los suelos en la zona no presentan problemas de sales, asimismo, presentan una acumulación de 4,4% de materia orgánica. Huanca (1996) encontró valores de pH 7,09 y contenido de materia orgánica en 2,75% para la zona de Kallutaca, los valores expuestos nos brindan

condiciones aceptables para el cultivo de papa.

Propiedades físico hídricas derivadas del suelo en los terraplenes

Puesto que el movimiento del agua en el suelo se realiza a través de los poros, el tipo, la manera y la magnitud de este movimiento pueden ser entendidos realizando la medición de algunas propiedades del suelo como ser:

La curva característica de humedad del suelo (CCHS)

Se presenta la variabilidad de la retención de humedad del suelo ó la curva característica de la humedad del suelo (CCHS), para el primer horizonte Ap y el segundo Ah, las cuales fueron sometidas a presión de succión entre -0,33 a -15 bares, la tensión del agua en el suelo está representada gráficamente en el eje de las absisas, dichos valores corresponden a; capacidad de campo CC (-0,33), humedad equivalente (-1), punto de ruptura capilar (-5), punto de marchitez reversible (-10) punto de marchitez permanente PMP (-15 bares) respectivamente, en el eje de las ordenadas se representa la humedad (%).

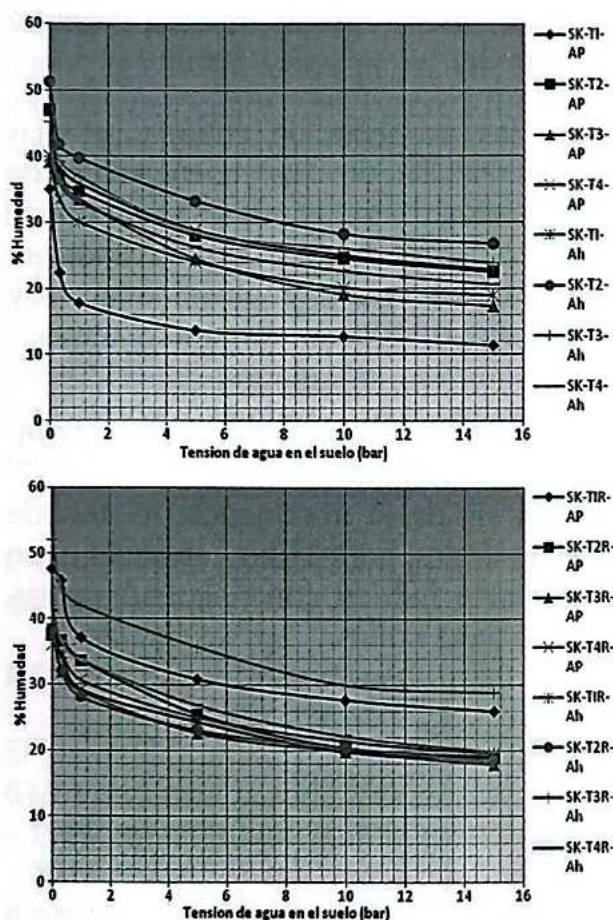


Gráfico 2. Curva característica de retención de la humedad en base a resultados de laboratorio de las muestras de suelos del a) primer bloque b) segundo bloque, para dos horizontes Ap y Ah.

En el primer horizonte se puede observar cierta diferencia en el conte-

nido de humedad para el tratamiento T_1 en menos 15% de humedad a 1 bar de presión, en relación al resto de tratamientos. Los tratamientos T_1 (22,37%), T_2 (36,99%), T_3 (36,63%) y T_4 (38,23%) bajo el contenido de humedad a capacidad de campo, presentan particularidades de un suelo con características a franco de acuerdo al análisis del suelo. gráfico 2.

Para el segundo bloque se demuestra la similitud entre las curvas a excepción del tratamiento 1 en el horizonte Ap que presenta mayor capacidad de retención del 7 % contenido de humedad a 1 bar de presión. A capacidad de campo, entre los tratamientos; T_1 45,79%, T_2 36,69%, T_3 31,95 y T_4 34,19%, se evidencian cierta semejanza entre los tres últimos tratamientos, gráfico 2.

Conductividad hidráulica no saturada (κ)

Para la conductividad hidráulica, la variación de humedad y tensiones fue muy lenta. Los datos reportados por el laboratorio Spectrolab UTO son los siguientes:

A 20 cm de profundidad, la conductividad hidráulica tiene un valor de $0,2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, lo que refleja un movimiento lento de agua en ese horizonte, para el primer tratamiento. Para el tratamiento cuatro, la conductividad hidráulica es menor a la anterior con un valor de $0,01 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, lo que representa un movimiento del agua extremadamente lento. A la misma profundidad, la conductividad hidráulica es mayor, en el segundo tratamiento que tiene una conductividad de $1,94 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, lo que lleva a pensar que el flujo es aproximadamente 100 veces más rápido en el horizonte en comparación a la anterior.

Estas diferencias de conductividad hidráulica pueden ser explicadas, en primer lugar, por las diferencias de textura de los

horizontes correspondientes. Las capas superficiales presentan un mayor contenido de arena y menor contenido de arcilla, en el área donde se estableció el cultivo de papa.

Infiltración del agua en el suelo del terraplén

Se realizó una prueba de infiltración mediante el método de cilindros concéntricos, los datos de la prueba determinan una velocidad de infiltración básica (V.I.B.) de $22,3 \text{ mm} \cdot \text{hr}^{-1}$, cuyo valor se encuentra entre 13 a $76 \text{ mm} \cdot \text{hr}^{-1}$.

El valor de la tasa de infiltración permite aseverar que en este tipo de suelos no tendrá problemas de encharcamiento, para las magnitudes de las precipitaciones en intensidad y frecuencia registradas durante el ensayo.

Propiedades químicas del agua

En cuanto al pH, el análisis de laboratorio reporta un valor de 7,7, es decir un pH cercano a neutro, por otra parte, se tiene la conductividad eléctrica de $242 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. En cuanto al contenido de sodio 108, calcio 19, magnesio $11 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ respectivamente.

Los datos anteriormente expuestos fueron analizados en base al esquema de clasificación calidad de agua de riego, propuesto por Richards (1954). La conductividad eléctrica tiene una clasificación de; agua de baja calidad (C1), esta se recomienda para uso de riego, con muy poca probabilidad de salinidad. Con respecto a la RAS tiene un valor de 27,8, esta se presenta como; agua con muy alto contenido de sodio (S4), bajo estas condiciones, se puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable sobre la condición física del suelo, de acuerdo al diagrama para la clasificación de las aguas para riego.

Navarro (2000), considera al sodio como un elemento esencial por intercambiarse en el complejo coloidal con el potasio, es un elemento muy lixiviable, el poder de retención es muy bajo. Este elemento por un proceso de dispersión al hidratarse separa las arcillas, de esta modo disminuye la porosidad en el suelo, pudiendo provocar capas impermeables.

Análisis estadístico

Análisis descriptivo de variables

El balance hídrico para sistema de Suka Kollus bajo condiciones de riego subsuperficial, fue desarrollado en función a diez variables con un grado de asociación en términos de aportes de agua y salidas del sistema.

Entre las variables de entrada; por las características de los coeficientes de distribución (sesgo y curtosis) se puede inferir que los criterios son satisfechos por lo tanto amerita en el análisis inferencial y el uso de pruebas paramétricas.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

El análisis de la importancia relativa de componentes principales, efectuadas en el balance hídrico con riego subsuperficial en Suka Kollus.

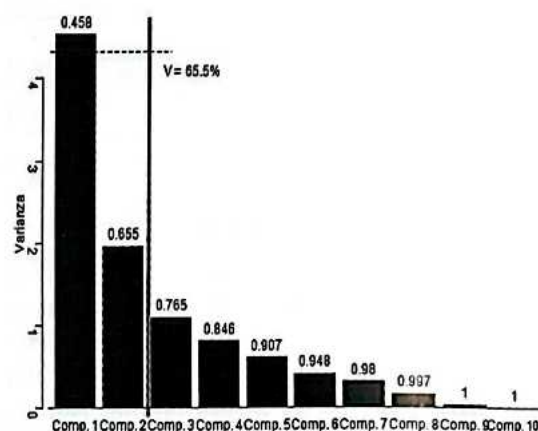


Gráfico 3. Componentes principales para variables hídrico atmosféricas en la campaña agrícola 2009 - 2010 para el balance hídrico en Suka kollus.

El primer componente (gráfico 4) contribuye con el 45,8% de la variabilidad total y manifiesta un alto valor para las variables: precipitación, caudal entrada, caudal salida, tirante hidráulico. Estas variables se muestran muy relacionadas con la diferenciación entre variables de evapotranspiración potencial ETo y ETc

Cabe mencionar que las variables agrupadas en el primer componente representan el flujo del agua del ingreso hacia la salida del sistema de producción. (En los canales de los Suka Kollus).

El segundo componente contribuye el 65,5% de la variabilidad total, manifiesta un alto valor para las variables; potencial matricial a 35, potencial matricial a 15, conductividad hidráulica y tasa de flujo, podemos inferir que estas variables se encuentran relacionadas con el movimiento del agua en el perfil del suelo no saturado.

De acuerdo a los criterios anteriores, según el criterio gráfico se seleccionan dos componentes que explica 65%, de acuerdo con Kaiser toma en cuenta dos componentes principales (varianza >1). Este proceso implica cada componente para su descripción posterior.

Evaluación de las variables para volumen de control

Régimen de precipitaciones

El promedio anual para Kallutaca es de 613,1 mm para la serie histórica del 1967 - 1980, en tanto que para la gestión 2009 - 2010 se ha registrado una precipitación promedio de 434,6 mm que presenta una disminución correspondiente al 20,9% con relación a la normal 1967-1980.

Las deficientes precipitaciones en el mes de octubre con 15,1 mm en comparación con 48 mm de precipitación normal (1967-1980), determinó un déficit en el

contenido de agua en el suelo, quedando a punto de marchitez (suelo seco). A partir de la segunda y tercera década del mes de noviembre se alcanzó una precipitación de 52 mm, logrando saturar las capas superficiales, dándonos condiciones para la remoción y siembra del cultivo de papa. En cambio en los meses de enero a marzo, se tiene una mejor distribución y una frecuencia mayor de precipitaciones, pero que no son suficientes para reducir el déficit de precipitaciones.

Volumen de agua de derivación

Para la fase fenológica de emergencia se tiene $Q_e 0,463 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ que es mayor a $0,335 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ Q_s (enero), esto porque se registro una carencia en cantidad de Pp, que ocasiono un descenso del caudal del riachuelo que alimenta a los Suka Kollus. Para la fase de floración, se registro valores de $Q_e 2,33 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ y una relación de $Q_s 2,52 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$, debido a las abundantes precipitaciones pluviales en la zona, registrándose aportes superficiales. En la fase de maduración de cultivo próxima a la cosecha se presentó $Q_e 0,54 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ y $Q_s 0,34 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ que corresponde al mes de abril.

Tirantes de agua en los canales

La variación del tirante hidráulico en los canales (Ho), registrado en forma semanal, durante el desarrollo del cultivo de la papa, evidencia un crecimiento del Ho de 15 cm de agua, llegando a su máximo valor a 25 cm de agua en los meses de febrero y marzo, debido a la Pp y Q_e . Para la fase de maduración se registro un descenso a 18 cm de agua, en relación a los componentes de entrada de agua al sistema.

Régimen energético del agua en el suelo

La variabilidad del comportamiento de la presión matricial o de retención del

agua en condiciones de suelo no saturado.

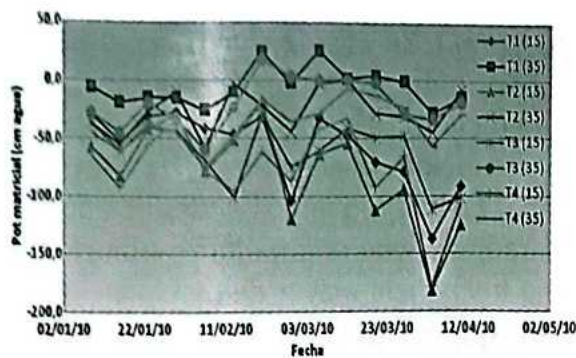


Gráfico 4. Variación del potencial matricial en el suelo, que fue medido a 15 y 35 cm de profundidad correspondiente los tratamientos uno al cuatro, en el cultivo de papa.

La lectura de los tensiómetros ubicados a 15 cm de profundidad el potencial va en aumento en relación al tiempo y el desarrollo del cultivo.

Por otro lado, a una profundidad de 35 cm en los tratamientos, se observan valores próximos a la saturación, probablemente por estar instalados a mayor profundidad y menos próximo a la influencia de la radiación solar y por recibir aguas subsuperficiales gráfico 4.

Tasa del flujo de agua

La variación registrada en el flujo de agua en la tercera semana del mes de enero y la segunda semana del mes de febrero son altas, haciendo referencia a que se tienen valores negativos, los que significa que en estas semanas se evacuo el exceso de agua por las tuberías y canales, debido a la elevada frecuencia y cantidades de precipitación.

En el gráfico 5, se presentan los resultados de flujo de agua, durante las primeras tres semanas del mes de marzo, se observa las mayores tasas de flujo de agua ($L \cdot m^{-2}$), debido principalmente al consumo de agua por parte del cultivo, denotar que el cultivo está en la etapa fenológica de

floración pasando a maduración. La curva de flujo disminuye gradualmente en la última semana, esto se evidencia debido a la maduración del tubérculo y al marchitamiento de las hojas, registrándose valores de 4,4 a $14 L \cdot m^{-2}$, este valor se puede atribuir al gasto por evaporación y poco uso hacia el consumo del cultivo.

Serrano (2000), de acuerdo a un estudio en condiciones de invernadero, indica que el mayor flujo de humedad ascensional ocurre en aquellos sustratos que tienen menor profundidad 35 cm de $25,46 L \cdot semana^{-1}$ (riego por subirrigación), frente a los tratamientos de 55 cm de profundidad con flujos de agua de $16,81 L \cdot semana^{-1}$.

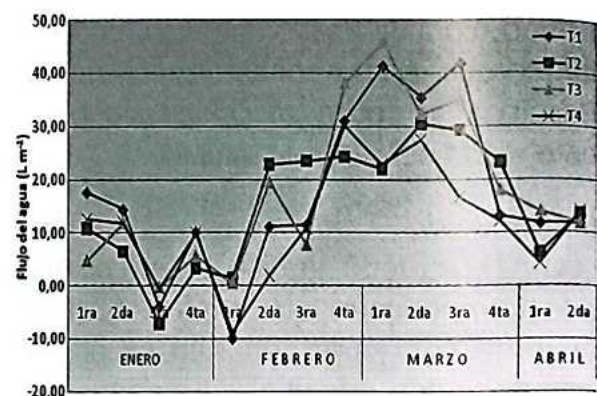


Gráfico 5. Tasa del flujo del agua en condiciones de suelo no saturado, expresado en $L \cdot m^{-2}$ semana para el cultivo de papa en los terraplenes de los Suka Kollus

Evapotranspiración referencia y evapotranspiración cultivo

El comportamiento de la evapotranspiración de referencia (E_{To}), gráfico 6, presenta valores promedios en $3,3 mm \cdot día^{-1}$, para el mes de enero y para el mes de febrero en $1,5 mm \cdot día^{-1}$, posiblemente ocasionado por la frecuencia elevada de precipitación y la persistencia de humedad relativa alta en este periodo. Para el mes de marzo se registra un aumento de $3,3 mm día^{-1}$, que puede estar condicionado a factores agroclimáticos, en tanto que en el mes de abril se incrementa a $3,5 mm día^{-1}$, este aumento

se puede atribuir a la mayor radiación recibida en el suelo y la reducida precipitación registrada en este mes.

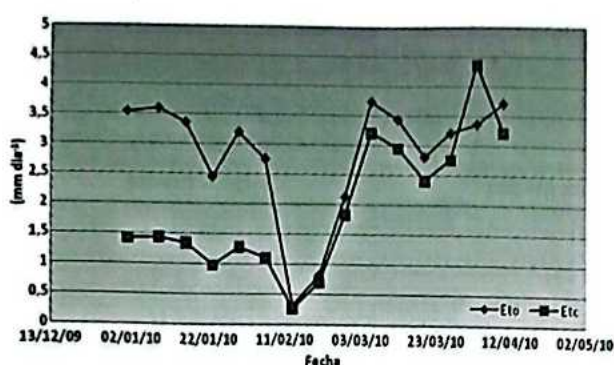


Gráfico 6. Variación de la Evapotranspiración referencial Eto y de cultivo Etc para el cultivo de papa

En el gráfico 7 se observa que la evapotranspiración aumenta a medida que el cultivo crece, alcanzando su máximo en el mes de abril cuando la planta se encuentra en la fase de maduración. Este valor inició en $1,4 \text{ mm} \cdot \text{día}^{-1}$, hasta alcanzar a $3,2 \text{ mm} \cdot \text{día}^{-1}$ en la etapa de desarrollo.

Cuadro 2. Análisis de varianza para variables (AP; altura de planta, Rdto; rendimiento, NT; numero de tubérculos, en papa bajo condiciones de drenaje mixto

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio		
		A.P.	Rdto	N.T.
Bloque	1	0,16n.s.	17,49n.s.	34,81**
Trat.	3	214,38n.s.	100,14n.s.	0,31n.s.
Bloq. Trat.	3	31,72	19,42	
Error	16	12,08	2,21	
Error Total	23			
C.V.		0,79	0,91	0,37
R²		6,69	13,96%	18,87%

** Significativa a una probabilidad estadística al $\alpha=0.05$.

El coeficiente de variación nos determina la confiabilidad de los datos registrados.

En campo se encontró diferencias en el peso de los X por unidad de superficie. Para tal efecto se procedió a una prueba de medias.

Prueba de media Duncan

El análisis de medias comparadas por Duncan ($\alpha = 0,05$), para el crecimiento

Balance hídrico en el sistema

El balance hídrico del sistema estudiado, en el que se presentan valores promediados para cada 7 días (cuadro 1 de Anexos).

Se observa la dinámica de agua en el sistema, en el cuadro 1 de Anexos, se resume el contenido de agua.

Características agronómicas del cultivo

Análisis de varianza

En el cuadro 3, se observa el análisis de combinado para la altura de planta promedio, donde se evidencia la no significancia entre tratamientos y entre bloques ($\alpha = 0,05$), lo que implica que no existen diferencias significativas en cuanto a las variables sometidas a los diferentes tratamientos.

del cultivo en los 4 tratamientos implementados. En el campo se observa una diferencia entre estas, en tanto que la prueba de promedios entre tratamientos (cuadro 8), demuestra una clara diferencia en cuanto a la altura en tres grupos de plantas, entre las plantas altas se encuentran el tratamiento T₃ con 60 cm y los de altura media están los tratamientos T₂ y T₁.

con una altura de 49, 52 cm respectivamente.

En cuanto al rendimiento, se observa diferencias, las mismas se encuentran agrupadas en tres grupos, el rendimiento para

el tratamiento T_3 , tiene un valor relativamente alto con 11,3 ton ha^{-1} , del mismo modo para el tratamiento T_2 con 11,0 ton ha^{-1} , como los tratamientos con mejor rendimiento.

Cuadro 3. Prueba de promedios de Duncan para variables: rendimiento de tubérculo en ton ha^{-1} y Altura de la planta en el cultivo de papa

Tratamiento	Rendimiento. Medio	Altura media
3	11,30 a	60,00 a
2	10,00 b	52,33 b
1	8,32 c	49,33 b
4	7,25 c	46,00 c

Los promedios que poseen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, a nivel del 5%, de probabilidad.

En estudios realizados que presenta Benavides (2008), indica rendimientos de papa dulce de 19,12 ton $\cdot ha^{-1}$ y Morales (2008) afirma en general los rendimientos de papa manteniendo practicas tecnológicas similares son más elevados en Suka Kollus que en pampa. Por lo expuesto estos rendimientos corresponden a zonas cercanas al lago Titicaca, mencionar que por efectos edafoclimaticos características de cada zona los rendimientos difieren, pero se evidencia una ventaja en comparación a los rendimientos en pampa.

Análisis económico

En el estudio se elaboró presupuestos parciales de los costos de producción, realizando el cálculo de tasa marginal para el cultivo de papa que está sujeto a los distintos tratamientos.

Análisis marginal

En el cuadro 4 se muestra el presupuesto parcial del ensayo, en la segunda columna están expresados los rendimientos medios, obtenido para cada tratamiento en condiciones de experimentación.

El rendimiento ajustado se observa en la tercera columna, obtenido de un ajuste de 5 % sobre el rendimiento medio, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y del productor local. Saire (2007)

Cuadro 2. Presupuesto parcial de los 4 tratamientos sometidos a drenaje mixto, en Suka Kollus en la campaña agrícola 2009 – 2010.

Tratamiento	Rdto. Medio	Rdto. Ajustado	Beneficio Neto	B/C
T 1	3.916,6	3.720,5	421,4	1,44
T 2	6.942,0	6.594,9	1.115,6	1,84
T 3	8.197,3	7.787,4	1.411,7	1,96
T 4	5.523,8	5.247,6	393,8	1,25

En la última columna se tiene la relación beneficio/costo variable de cada tratamiento como resultado de la división del

beneficio bruto entre los costos variables, donde se observa que el tratamiento T_3 tiene una relación B/C de 1,96 siendo el

tratamiento mejor en comparación a los tratamientos T_2 , T_1 y T_4 con 1,84, 1,44 y 1,25 respectivamente. Quispe (2002), reporto para la variedad Sani imilla una relación B/C de 1,5 y 3,0 a densidades de 20 y 30 cm respectivamente

Tasa de retorno marginal

Los tratamientos no dominados son sujetos al análisis marginal, al respecto el CIMMYT (1988), indica que el análisis marginal consiste en comparar los incrementos en beneficios netos sobre el incremento de los costos variables su propósito es revelar el porcentaje de los Beneficios Netos de una inversión que aumenta conforme la cantidad invertida se incrementa.

Indicar que para el tratamiento 2 se tiene una tasa de retorno marginal de 204 % y para el tratamiento 3 de 187 %, este valor representaría una alternativa para el productor por las ventajas que muestra.

En la localidad de Phusa-Ichoa (Provincia Inquisivi), Quispe (2002), bajo un sistema de producción tradicional, realizó el análisis económico de variedades de papa (waychá, imilla negra, sani imilla y runa torolapa) en dos densidades de siembra (20 y 30 cm), las tasas de retorno marginal reportadas fueron: 14.786% y 262% para la variedad waychá a densidades de 20 y 30 cm respectivamente y la variedad sani imilla a una densidad de 30 cm, obtuvo 7.966% de retorno marginal.

Habría que mencionar las diferentes condiciones como la geografía, clima, factores socioeconómicos inciden sobre el rendimiento y posterior precio del producto al mercado.

4. Conclusiones

Para el presente estudio, de acuerdo a los objetivos y resultados se derivan las siguientes conclusiones:

La variación de los componentes del volumen de control de agua registra menores cantidades para el inicio del desarrollo del cultivo, en comparación para cuando el cultivo está en la fase de floración por las abundantes cantidades de agua, existe una mayor dinámica del agua.

El agua tiene una mayor dinámica en los caudales de entrada y salida, seguidamente por el contenido de agua en los canales posteriormente por el agua almacenada el suelo

El rendimiento del cultivo de la papa, se registro rendimientos relativamente altos en el Tratamiento 3 (Suka Kollu con dos tubos drenaje) con $11,4 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, seguido por el Tratamiento 2 (Suka Kollu con un tubo de drenaje) con un rendimiento de $10,7 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Entre las variables agronómicas tenemos que: la mejor altura de planta se alcanzó en el T_1 (60 cm). Las pruebas de medias Duncan ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento, previa un ANVA muestran una ventaja comparativa a favor del tratamiento 3 (Suka Kollu con dos tubos drenaje, en un diseño en bloques con submuestras.

En el análisis económico, la relación Beneficio/costo económico el Tratamiento 3 (Suka kollus con drenaje mixto con dos tubos) presenta 1,96 lo que significa que es más conveniente la producción en este tratamiento, en el T_2 (Suka Kollu con un tubo de drenaje) presenta 1,84 que este mismo muestra existencia de una ventaja económica.

De acuerdo a un análisis marginal, la Tasa de Retorno Marginal, en base a los tratamientos evaluados se distingue el Tratamiento 3 (Suka Kollu con dos tubos drenaje), con 204% y Tratamiento 2 (Suka Kollu con un tubo de drenaje) con 187% que se presentan como alternativa para posteriores trabajos.

5. Agradecimientos

Al Ing. Genaro Serrano, Ph D. Humberto Sainz, Ing. M.Sc. Rubén Trigo y las personas que colaboraron en el presente trabajo.

6. Referencias bibliográficas

CIMMYT (1988). *La Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México.

Huanca, R. (1996). *Estudio microclimático de los Suka Kollu y su influencia en la protección contra heladas*. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. 146 p.

INE (2008). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2008*. Elaborado por el Instituto Nacional de Estadística. La Paz, noviembre de 2009.

Navarro, S. y Navarro, G. (2000). *Química agrícola*. Ed. Mundi prensa. Madrid, España 419p.

PROSUKO (2001). *Suka kollus, una tecnología ancestral para el tiempo actual*. La Paz, Bolivia, Programa Interinstitucional de Suka Kollus, IC-PROSUKO, 264 p

Quispe (2002). *Introducción de cuatro variedades de papa bajo dos densidades de siembra en la localidad de Phusa-Ichoca provincia Inquisivi*. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia. 106p.

Saire, G. (2007). *Análisis Económico de Experimentos Agrícolas con Presupuestos Parciales: Enfoque mediante Software de Aplicación*. 25 p.

Serrano, (2000). *Riego subsuperficial en ambientes atemperados para la producción intensiva de nabo y lechuga*. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia. 82p.

6. Anexos

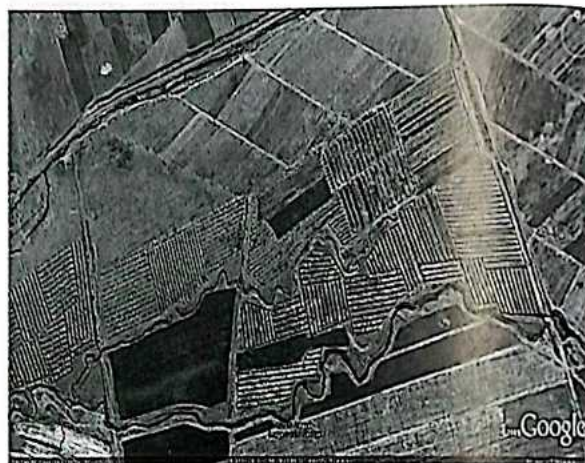


Foto 1. Ubicación del área de estudio La Paz Bolivia, imagen aérea del sistema de Suka Kollus de Kallutaca (Fuente Google Earth, 2009)

Tabla 1. Balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2009 – 2010 en Suka Kollus con drenaje subsuperficial (promediado cada 7 días) en Kallutaca.

Fecha	Qe (m3)	Pp (m3)	U(m3)	RSS (m3)	Qs (m3)	D (m3)	Evap (m3)	ETc (m3)	Vol Canal (m3)	SW (m3)
09/01/10	280,3	63,3	0,0	28,0	202,3	77,93	5,1	5,2	216,1	81,0
16/01/10	280,3	152,7	0,0	30,8	202,3	77,93	4,8	4,8	216,1	173,8
23/01/10	1098,0	202,9	0,0	-5,2	1098,0	0,00	3,5	3,5	391,1	190,7
30/01/10	1098,0	68,3	0,0	20,4	1098,0	0,00	4,5	4,6	391,1	79,6
06/02/10	1407,5	37,2	113,4	-11,9	1520,9	0,00	3,9	4,0	391,1	17,4
13/02/10	1098,0	94,4	201,3	32,2	1299,3	0,00	0,4	0,9	391,1	125,2
20/02/10	1098,0	105,5	0,0	32,8	1098,0	0,00	1,1	2,5	391,1	134,6
27/02/10	832,7	122,5	0,0	87,5	753,8	78,95	3,0	6,6	320,0	200,5
06/03/10	832,7	29,1	0,0	86,7	753,8	78,95	5,3	11,6	320,0	98,9
13/03/10	609,6	11,0	0,0	83,0	544,2	65,41	4,9	10,6	263,1	78,6
20/03/10	609,6	44,2	0,0	73,2	544,2	65,41	4,0	8,7	295,8	104,7
27/03/10	609,6	58,3	0,0	43,7	544,2	65,41	4,6	9,9	295,8	87,4
03/04/10	325,0	2,0	0,0	22,8	202,3	122,61	4,8	15,7	183,4	4,2
10/04/10	325,0	2,0	0,0	36,0	202,3	122,61	5,3	11,6	182,0	21,1
	750,281	71,0	22,5	40,0	718,8	53,9	3,9	7,2	303,4	99,8



Foto 2. Trabajos en Suka Kollus, a) Rehabilitación con maquinaria pesada, b) Preparación del suelo para la siembra de la papa, c) Medición de potencial del suelo con tensiómetros y d) Cosecha de papa de forma manual. (Edwin Guarachi)

EVALUACIÓN DEL TIEMPO EN LA PRECOCCIÓN DE MAÍZ DURO (*Zea mays*) EN RACIONES DE CERDOS EN LA ETAPA DE PREINICIO E INICIO

Evaluation of time in precooking of hard corn (*Zea mays*) in swine rations in pre launch stage and beginning

Gutiérrez, E. D.¹; Uchani, I.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

- 1 Professor de Manejo de Ganado y responsable del Programa de Animales Menores de la Carrera de Ingeniería Agronómica UPEA.
2 Investigador Programa de Animales Menores UPEA.

Recibido: 10 de nov. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

The national swine production in recent years has had a marked development, population increase considerably with applications of technology and business proposals, which have developed an important activity socio-economic. At the same time scientific advances in food and feeding of piglets for the purpose of modify the composition of traditional diets for other high efficiency ones, improving substantially the development of piglets. The research work offers a nutritional alternative with the purpose of reduce the biggest problem that the porcicultor has, animals with digestive damages at weaning. For this sense we selected 32 piglets (16 females and 16 barrows) weaned at 28 days. The work was performed at the Agricultural farmer of Vella Vista in the township of Quillacollo in Cochabamba city. The animals were feed with pre cooking corn in pre launch stages (14 days), beginning (28 days). It made 4 contemporary groups of 8 piglets were we established 4 aplicated treatments: oil corn, precooking corn for 15 minutes, precooking corn for 30 minutes, precooking corn for 45 minutes, to determine the influence of precooking corn for decrease diarrheas and mortality in pre launch and beginning stages in growth of piglets. Likewise, was assessed the weight (W), weight gain, (W.G), Half Weight gain (H.W.G), food consumption (F.C), Feed conversion (F.Conv.), Percentage of mortality (PM), Percentage of diarrhea. Also performed the economic analysis which one included the production cost, net profit, relation profit /cost, per kilo of weight. The analysis of variance for (W.G) and (F.Conv.) with a degree of reliability 95% shows a degree of significance 5%, For the quantitative nature of some results of the analyzes were performed contrasts of first, second and third order to determine the trend of pre-cooking time effect on the response variables studied. Positive results in the length 15 minutes with low mortality indices. These results show the effect of pre-cooking of corn and its impact on the benefit to decrease the mortality rate in piglets.

Keywords: Half Weight (HW), feed conversion (F.Conv), Percentage o mortality y time in preccoking.

Resumen

La producción porcina a nivel nacional en los últimos años ha tenido un marcado desarrollo, incrementando la población considerablemente con aplicación de tecnología y propuestas empresariales que han desarrollado una importante actividad socio-económica. Al mismo tiempo los avances científicos en alimentos y alimentación de lechones han permitido conocer la digestibilidad de aditivos específicos, con el propósito de modificar la composición de dietas tradicionales por otras de alta eficiencia, mejorando sustancialmente el desarrollo de los lechones. El trabajo de investigación ofrece una alternativa nutricional a fin de reducir el mayor problema que tiene el porcinocultor, animales con daños digestivos al momento del destete. En este sentido, se seleccionaron 32 lechones (16 hembras y 16 machos castrados) destetados a los 28 días, el trabajo se realizó en la granja agropecuaria Vella Vista del Municipio de Quillacollo del departamento de Cochabamba. Los animales fueron alimentados con maíz precosido en las etapas de preinicio (14 días), inicio (28 días). Con ellos se conformaron 4 grupos contemporáneos de 8 lechones donde se establecieron 4 tratamientos aplicando: maíz crudo, maíz a 15 min. de precocción, maíz a 30 min. de precocción y maíz a 45 min. de precocción, a fin de determinar la influencia del uso del maíz precosido en la disminución de diarreas y mortandad en las fases de preinicio e inicio del crecimiento de los lechones. Asimismo, se evaluó el peso vivo (PV), la ganancia de peso (GP), ganancia media diaria (GMD) consumo de alimento (CoA), conversión alimenticia (CA), porcentaje de mortandad (PM) y porcentaje de diarrea (PD). Además se realizó el análisis económico que incluyó el costo de producción, beneficio neto, relación beneficio/costo, por kg de peso vivo. El análisis de varianza para la GP y CA con un nivel de confianza del 95% muestra un grado de significancia al 5%, por la naturaleza cuantitativa de algunos resultados se realizaron los análisis de contraste de primer, segundo y tercer orden para determinar la tendencia del efecto del tiempo de precocción sobre las variables de respuesta estudiadas. Obteniendo resultados positivos en relación al tiempo 15 minutos con índices bajos de mortandad. Estos resultados muestran el efecto de la precocción del maíz y su incidencia en el beneficio para disminuir el porcentaje de mortandad de los lechones.

Palabras clave: Ganancia media (GM), conversión alimenticia (Co.A), porcentaje mortandad y tiempo de precocción.

1. Introducción

La producción porcina a nivel nacional en los últimos años ha tenido un marcado desarrollo, incrementando la población considerablemente con aplicación de tecnología y propuestas empresariales que han desarrollado una importante actividad socio-económica. Al mismo tiempo, los avances científicos en alimentos y alimentación de lechones han permitido conocer la digestibilidad de aditivos específicos, con el propósito de modificar la

composición de dietas tradicionales por otras de alta eficiencia, mejorando sustancialmente el desarrollo de los lechones.

Por tal razón se considera al maíz amarillo como el mayor aportante de energía en una ración. Según Pérez y Gasa (2002), indican que el almidón del maíz está formado por monosacáridos que son resistente a una digestión enzimática, debido a esto, un gorrino después de sufrir el destete presenta un sistema digestivo poco desarrollado y le es dificultoso digerir este

alimento sin que este pase por un tratamiento térmico que mejore su estructura física del grano; considerándose como uno de los grandes problemas a las raciones pre-iniciales por su textura seca que no son adecuadas como dieta natural para los lechones, provocando en el aparato digestivo un crecimiento de bacterias patógenas como la *Escherichia coli*, que producen diarreas permanentes.

El presente trabajo de investigación pretende hacer conocer una alternativa nutricional en la alimentación de gorrinos y lechones destetados precozmente (28 días) con maíz que paso por un proceso de tratamiento térmico mejorando la asimilación de los nutrientes y disminuyendo los patógenos existentes para disminuir la incidencia de enfermedades gastrointestinales y la tasa de mortandad que se presenta en esta etapa de crecimiento.

2. Materiales y métodos

Localización

El trabajo de investigación se realizó en la granja agropecuaria Bella Vista (AGRO - BEVI), ubicada en la zona de Bella Vista, Provincia Quillacollo del departamento de Cochabamba. Ubicada a 22 km de Cochabamba, a una altura de 2.600 msnm. Con una temperatura promedio de 18,5°C, la humedad relativa en promedio de 85% y precipitaciones anuales de 470 mm, (SENAMHI, 2010).

Animales e infraestructura

Se contó con un plantel de 32 lechones, 16 hembras y 16 machos (con 28 días de edad, peso promedio de $\pm 8,00$ kg al destete de la línea Camborough (22).

Los insumos alimenticios utilizados fueron: maíz precocido, harina de soya

solvente, harina de soya integral, vitaminas, minerales y aditivos. Como material de apoyo se utilizó balanzas de 3 y 50 kg de capacidad, mochila fumigadora, campanas con focos, comederos, bebederos para la preparación del alimento tolva, molino, cernidor, cocina, perol grande, termómetro, mezcladora horizontal con capacidad para 50 kg; insumos veterinarios vacunas y desinfectantes.

Metodología

Para dar inicio a la investigación se seleccionaron a marranas gestantes, los partos fueron asistidos para todos los nacimientos cuyas condiciones fueron iguales, al momento del nacimiento se pesaron los gorrinos individualmente, para identificarlos se procedió al muesqueo de la oreja derecha con la finalidad de llevar registro por gorrino.

Seguidamente se realizaron las operaciones zootécnicas: limpieza de membranas fetales, corte y desinfección de ombligo, descolmillado, descole, para luego aplicar hierro después de 2 días del nacimiento, la castración se realizó a los 15 días de nacidos. La lactancia se realizó dentro los parámetros normales.

El destete se realizó a 28 días tomando en cuenta el registro de peso individual, para luego formar 4 grupos contemporáneos al azar, cada grupo compuesto por 4 hembras y 4 machos castrados, para luego designar los tratamientos aleatoriamente.

Se registró individualmente el peso de los gorrinos por semana para cada tratamiento en las etapas de preinicio (29 - 43 días) e inicio (43 - 71 días). En la fase de preinicio se alimentó con la ración de preinicio, durante los primeros 14 días (2 semanas). En esta etapa se observó detalladamente

cual era el comportamiento sanitario en cuanto a la presencia o ausencia de diarrea y se estableció la tasa de mortandad.

En la fase de inicio los lechones fueron trasladados a los corrales de acuerdo a los tratamientos establecidos y sometidos a la ración de inicio, durante 27 días (4 semanas). En esta etapa los lechones no presentaron ningún problema de diarrea.

El maíz pasó por un proceso de molienda obteniéndose maíz triturado y posteriormente se tamizó para obtener la harina de maíz. El cual pasó al proceso de precocción a través de una cocina y perol, donde se tostó la harina de maíz de acuerdo a los tiempos establecidos en los tratamientos. La temperatura de cocción fue aproximadamente de 90 °C para los tres tratamientos.

La distribución del alimento se realizó manualmente con ayuda de una balanza tipo reloj. El suministro de alimento fue *ad libitum*, ofreciéndoles el alimento tres veces al día, a las 8:30 am, 12:30 pm y a las 17:00 pm para evitar el desperdicio del alimento.

Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas fueron:

- **Peso vivo**

Semanalmente se fue registrando el peso vivo (kg) por etapa.

- **Ganancia de peso**

Según Alcázar (2002), la ganancia de peso es el incremento de peso, se calcula por la diferencia de peso final al peso inicial en un determinado tiempo.

$$GP = PF - PI$$

Donde:

GP = Ganancia de peso (Kg)

PI = Peso inicial (kg)

PF = Peso final (kg)

- **Ganancia media diaria (GMD)**

Alcázar (2002), indica que la ganancia media diaria es el cambio de peso con relación al número de días según la siguiente fórmula:

$$GMD = \frac{(PF - PI)}{D}$$

Donde:

GMD = Ganancia media diaria (kg)

PF = Peso final (kg)

PI = Peso inicial (kg)

D = Número de días

- **Consumo de alimento**

Es la relación del alimento ofrecido en las tres meriendas menos el alimento sobrante, que sería lo rechazado para tener la cantidad de alimento consumido por los lechones (Gutiérrez 2008).

$$CoA = AO - AR$$

Donde:

CoA = Consumo de alimento (kg)

AO = Alimento ofrecido (kg)

AR = Alimento rechazado (kg)

- **Conversión alimenticia**

Teixeira (2008) mencionado por Alcázar (2010), menciona que la conversión alimenticia está dada por el número de kilogramos consumidos para incrementar el peso vivo de un cerdo en un kilogramo.

$$CA = \frac{CoA}{GP}$$

Donde:

CA = Conversión alimenticia

CoA = Consumo de alimento (kg)

GP = Ganancia de peso (kg)

- **Porcentaje de Mortandad**

Se determinó con la cantidad de lechones muertos sobre el total por cada tratamiento, según indica Saire (2008).

$$PM = \frac{CM}{TC} \times 100$$

Donde:

PM = Porcentaje de mortalidad
CM = Cerdos muertos
TC = Total cerdos

- Porcentaje de diarrea

Porcentaje de incidencia de diarrea según Saire 2008 la ecuación es la siguiente:

$$PD = \frac{CD}{TC} \times 100$$

Donde:

PD = Porcentaje de diarrea
CD = Cerdos con diarrea
TC = Total cerdos

- Análisis económico

a) Cálculo de costos de producción

Para determinar el costo de producción de la investigación se utilizó (Bernard 2007):

$$CP = CV + CF$$

Donde:

CP = Costos de Producción
CV = Costos variables
CF = Costos fijos

b) Cálculo de beneficio neto

Finalmente se realizó el cálculo del beneficio neto, para cada uno de los tratamientos, de acuerdo (Brevis 2007).

$$BN = IB - CP$$

Donde:

BN = Beneficio neto (Bs.)
IB = Ingreso bruto (Bs.)
CP = Costo de producción (Bs.)

c) Cálculo de la relación beneficio/costo Brevis (2008), indica que la relación beneficio/costo se calcula:

$$B/C = \frac{IB}{CP}$$

Donde:

B/C = Relación beneficio-costo
IB = Ingreso bruto
CP = Costo de producción

3. Resultados y discusión

En base a los resultados obtenidos del trabajo de campo se puede indicar los siguientes puntos:

• Peso vivo

Fase de preinicio

Los valores obtenidos en relación al peso vivo de los gorrinos fueron registrados semanalmente, los cuales marcaron el desarrollo e incremento de peso determinados por la edad y consumo de alimento/día.

Cuadro 1. Incremento de pesos semanales en la fase de preinicio (14 días)

Tratamiento	Pesos semanales (kg)		
	1	2	3
0 min	7,5	8,2	9,7
15 min	7,8	8,3	10,0
30 min	7,8	8,4	9,2
45 min	7,9	9,0	9,2

El cuadro 1, muestra los valores que se obtuvieron durante las dos semanas de vida que vienen después de la práctica del destete, por esta razón se considera a esta fase como la más crítica debido a que las ganancias de peso no son considerables, ya que algunos gorrinos mantienen o disminuyeron su peso.

Según el cuadro 9, el que obtuvo mayor peso vivo al finalizar la fase de preinicio fue el T2 con 10 kg, no obstante los trata-

mientos T1, T3 y T4 no se encontraron lejanos registrando pesos de 9,2; 9,2 y 9,7 kg respectivamente.

Fase de inicio

En el cuadro 2 se detalla el incremento de peso semanal en relación a cada tratamiento los cuales varían de forma ascendente, se asume que esta variación se debe al efecto de tiempo de precocción del maíz.

Cuadro 2. Incremento de pesos semanales en la fase de inicio (45 días)

Tratamiento	Pesos semanales (kg)				
	4	5	6	7	8
0 min	9,7	11,7	14,3	19,6	24,7
15 min	10,0	12,	15,7	19,8	23,5
30 min	9,2	11,1	14,3	19,8	22,7
45 min	9,2	11,3	15,9	19,0	23,0

De acuerdo al análisis del cuadro 2, a medida que los lechones tienen más tiempo de vida, van incrementando de peso, fortificándose, aumentando su resistencia a diferentes enfermedades gastrointestinales, ya que se adaptan mejor a un tipo de alimento seco a base de granos crudos para asimilarlo y transformarlo en carne magra.

Realizando la evaluación del Cuadro 10, se afirma que al finalizar esta fase el T1 con 24,7 kg obtuvo un mayor incremento de peso vivo en relación a T2, T3 y T4 que alcanzaron pesos de ± 23 kg, esto podría ser atribuible a la precocción del maíz y señalar que a medida que crece el lechón es más resistente y asimila

mejor el maíz crudo sin tener problemas digestivos.

• Ganancia de peso

El análisis de esta variable detalla una marcada diferencia en las fases comprendidas en preinicio e inicio en cuanto a la ganancia de peso, debido a que cada una tiene una particularidad propia que se describe de la siguiente forma.

Ganancia de peso fase de preinicio

El análisis de varianza muestra valores de ganancia de peso en la fase de preinicio donde se considera los siguientes resultados.

Cuadro 3. Ganancia de peso fase de preinicio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tiemp.	3	0,1665049	0,0555016	1,84	0.16ns
Error	28	0,8448172	0,0301720		
Total	31	1,0113222			

CV = 5,19 %

Los grados de significancia determinaron un coeficiente de variación de 5,19% el que se

encuentra dentro de los parámetros recomendados de la investigación (<30%). En re-

lación al análisis de varianza no se encontraron grados de significancia para el efecto tiempo de precocción y se podría atribuir a que no existió un incremento de peso que supere el ± 2 kg por tratamiento, por ser esta la fase posterior al destete donde hubo decrementos e incrementos de pesos.

Pese a no encontrarse efecto de significancia en el análisis de ANOVA en el cuadro 3, se analizaron los promedios de cada tratamiento en relación al tiempo de precocción, donde este adquiere una tendencia cuadrática que se muestra en el siguiente gráfico 1.

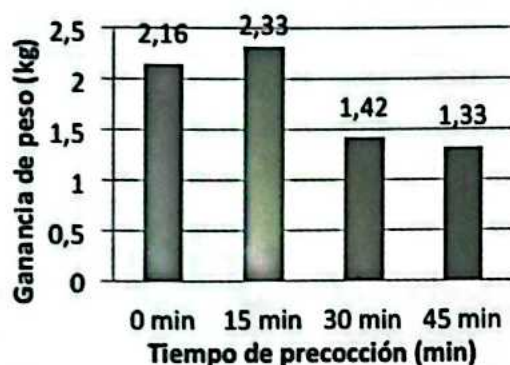


Gráfico 1. Análisis de tendencia cuadrática del tiempo de precocción y ganancia de peso fase preinicio

De acuerdo al gráfico 3, los pesos promedios de los cuatro tratamientos se diferencian a intervalos de 1,33 a 2,33 kg; donde el T2 llega a alcanzar 2,33 kg siendo el mayor incremento de peso en comparación al T1 con un promedio de ganancia de 2,16 kg que estaría en término medio,

en cambio los T3 con 1,42 kg y T4 con 1,33 kg son considerados valores bajos en el presente trabajo.

Observando el gráfico 1 se puede indicar que los resultados toman tendencias cuadráticas de orden creciente llegando a un punto máximo para luego decrecer debido al tiempo de precocción que influye directamente en la ganancia de peso.

Para explicar el gráfico 1 Roppa (2010), menciona que el comportamiento a la primera semana después del destete se caracteriza por un escaso desempeño de los gorrinos, los cuales están influenciados por varios factores como: edad al destete, peso, stress, estado sanitario, consumo de alimento, composición de la dieta, inmadurez digestiva y medio ambiente. En el presente trabajo se muestra una disminución del peso que corresponde a la fase de preinicio.

La alimentación de gorrinos con maíz crudo después del destete tiene muchas desventajas, es así que Roppa (2010) menciona que el destete afecta a las estructuras de las vellosidades, disminuyendo hasta un 63% en los primeros días por el cual no hay una digestión y absorción de los alimentos.

Ganancia de peso fase de inicio

Resultados del análisis de varianza del incremento de peso.

Cuadro 4. Incremento de peso en la fase de inicio

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tiempo	3	0,22584	0,07528	2,89	0,0536*
Error	27	0,70254	0,02602		
Total	30	0,92838			

CV = 6,20%

El coeficiente de variación arroja un valor porcentual de 6,20%, considerándose significativo dentro de los parámetros recomendados en una investigación (<30%).

Este valor establece que el tiempo de precocción tiene efecto significativo

sobre la ganancia de peso de los lechones. Al respecto Daza (2010) menciona que el nivel de inclusión de cereales tratados térmicamente respecto al total de cereal incluido en la ración debe ir disminuyendo a medida que aumenta la edad de los lechones, aumentando así el porcen-

taje de cereales crudos para estimular la producción enzimático endógena.

Por otra parte se muestra los valores obtenidos por análisis de contrastes de tendencia cuadrática que se presenta a continuación en el gráfico 2.

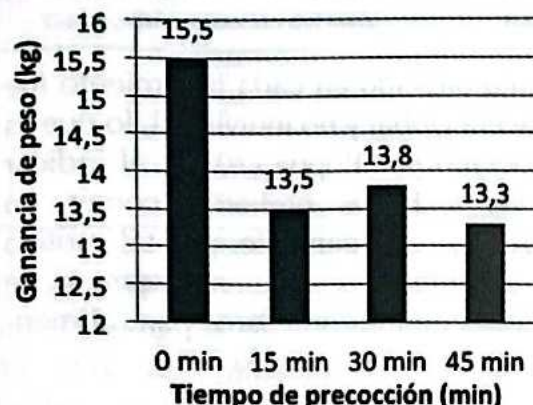


Gráfico 2. Análisis de tendencia cuadrática de tiempo de precocción y ganancia de peso fase inicio

El gráfico 2 detalla la dinámica de las ganancias de pesos en relación al tiempo de precocción, donde se presentó una disminución de peso en aquellos tiempos que prolongaron la precocción del maíz.

También en el gráfico 2 se muestra que el T1 (0 min de precocción) es el que mostró mayor ganancia de peso con 15,5 kg mientras que los T2, T3 y T4 obtuvieron ganancias de pesos de $\pm 13,5$ kg, quedando en menor posición el tratamiento testigo.

Pérez y Gasa (2010) coinciden en indicar que el aparato digestivo del lechón en esta fase, se encuentra más desarrollados y equipados de las enzimas que degradan los alimentos haciendo resaltar al T1 como uno de los mejores en el trabajo de investigación, sin dejar menospreciados a los otros tratamientos.

• Ganancia media diaria

Debido a la similitud de resultados con la ganancia de peso no se realizó el análisis de varianza correspondiente; analizándose cuantitativamente de acuerdo a los promedios registrados en los tratamientos por el tiempo que duró el trabajo de investigación.

Ganancia media diaria fase de preinicio

Del análisis de datos se obtuvo los siguientes valores.

Cuadro 5. Promedios estimados de ganancia media diaria en la fase de preinicio

Tratamiento	GMD (kg/día)	
	1 - 7 (días)	8 - 14 (días)
0 min	0,10	0,21
15 min	0,07	0,24
30 min	0,08	0,11
45 min	0,16	0,03

De acuerdo a los datos obtenidos la ganancia media diaria muestra que existen diferencias de peso en los cuatro tratamientos, donde a medida que avanzan las semanas los gorrinos tienden a incrementar los pesos.

En el cuadro 13 se observa que al finalizar la fase de preinicio, el tratamiento que obtuvo mayor ganancia media diaria

fue el T2 con 0,24 kg mientras el T4 registro 0,03 kg/día, siendo un valor muy bajo a comparación de los demás tratamientos.

Ganancia media diaria fase de inicio

Los resultados que arroja la evaluación de ganancia media diaria fase inicio se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Promedios estimados de ganancia media diaria fase de inicio

Tratamiento	GMD (kg/día)			
	15 -21 (días)	22 - 28 (días)	29 - 35 (días)	36 - 42 (días)
0 min	0,28	0,37	0,76	0,73
15 min	0,30	0,51	0,58	0,53
30 min	0,27	0,46	0,78	0,41
45 min	0,30	0,51	0,58	0,57

Al realizar el análisis de los datos obtenidos, existe una heterogeneidad en los pesos que se dividen claramente en los cuatro tratamientos, llegando el T1 a finalizar la fase con 0,730 kg/día y el T3 con 0,410 kg/día, siendo este uno de los valores más bajos del trabajo.

Al observar el cuadro 6 se detalla la fluctuación de los pesos en las diferentes semanas ya que algunos datos van en ascenso y algunos por diferentes factores disminuyen.

• Consumo de alimento

Para esta variable de estudio no se realizó el análisis de varianza por no tener el consumo exacto de cada lechón ya que el

alimento ofrecido en cada tratamiento fue de manera global y no individual, lo que es corroborado por Roppa (2010), al indicar que los lechones prefieren comer en grupos y no aisladamente, por tal motivo es importante tener suficiente número de posiciones en los comederos para alimentarlos a todos y en una sola vez.

Por la disponibilidad de infraestructura (corrales) se agruparon a los gorrinos en cuatro tratamientos para determinar el promedio de consumo de alimento diario/gorrino que tienen las mismas características para las dos fases.

Consumo de alimento fase preinicio

Realizando el análisis respectivo se determinó el consumo medio como se presenta.

Cuadro 7. Consumo de alimento fase preinicio

Tiempo de precocción de maíz	Total (kg/lechón) 14 días	Consumo diario (kg/lechón)
0 min	4,13	0,29
15 min	4,33	0,31
30 min	3,96	0,28
45 min	4,04	0,29

En el cuadro 7 se observa que no existió un alto consumo de alimento de los gorrinos, debido a que estos se encontraron en la fase de acostumbamiento al alimento ofrecido, siendo este diferente al alimento líquido proporcionado por la marrana.

Sin embargo, el tratamiento con mayor aceptación diaria por los gorrinos fue el T2 con 310 g/día en comparación a los demás tratamientos que estuvieron entre ± 290 g/día.

Según Brent *et al.* (2009), después de la práctica del destete se debe utilizar un sistema de racionamiento que consiste en proporcionar 115 g/día por lechón, posteriormente esta cantidad debe ir en ascenso hasta lograr el consumo *ad libitum*.

Los valores del cuadro 7, muestran que el consumo de alimento en la investigación se probó diferentes tiempos de precocción lo que produjo una mejor palatabilidad del alimento y un mayor consumo.

Esto demuestra el efecto de edad del lechón en la habilidad de adaptarse a las dietas después del destete, reflejando posiblemente adaptaciones enzimáticas ligadas al tipo de alimentación.

Consumo de alimento fase de inicio

Para esta fase de crecimiento se detalla los valores de consumo de alimento en la fase de inicio.

Cuadro N° 8. Consumo de alimento fase de inicio

Tiempo de precocción del maíz	Total (kg/lechón) 28 días	Consumo diario (kg/lechón)
0 min	23,86	0,85
15 min	21,54	0,77
30 min	19,52	0,70
45 min	22,04	0,79

De acuerdo al cuadro 8 el mayor consumo se presentó en el T1 con 850 g/día, en 45 días de evaluación de la vida del lechón. Sin embargo, haciendo comparación con los tratamientos que se realizaron en la precocción, existe un menor consumo y un mayor incremento de peso y se puede atribuir a la mayor asimilación de los lechones de la línea Camborough por ser híbridos comerciales y al calentamiento que desarrolla olores y sabores beneficiosos aumentando el consumo y mejorando la digestibilidad del pienso en gorrinos y lechones.

También Brauna (2009), menciona a los cereales como fuente de energía, proteína y aminoácidos en la alimentación de los lechones, tomando en cuenta que estos deben pasar primero por un tratamiento térmico para ser incorporados en la dieta. A su vez Pérez y Gasa (2002) indican que el fraccionamiento de las semillas

mediante el proceso de molienda y posterior tratamiento térmico posibilitan el enriquecimiento y modificación de las fracciones de maíz en diferentes ingredientes y claramente diferenciadas en su composición de carbohidratos.

• Conversión alimenticia

El análisis de conversión alimenticia en las fases de preinicio e inicio presentan marcadas diferencias de acuerdo a las características de cada una.

Conversión alimenticia fase de preinicio

Los resultados del análisis de varianza de conversión alimenticia en la investigación no muestran significancia, debido a que esta fase se caracteriza por tener descensos en la ganancia de peso a causa del acostumbramiento al cambio de la dieta líquida por otra sólida.

Cuadro 9. Conversión alimenticia fase preinicio

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tiempo	3	1,199704	0,399901	1,67	0,198 ns
Error	28	6,700989	0,239321		
Total	31	7,900694			

CV = 20,8 %

El análisis de varianza muestra que los datos experimentales son confiables ya que el coeficiente de variabilidad es de

20,8% hallándose dentro de los parámetros normales establecidos (< 30 %).

Concellon (2009) menciona que la alimentación de gorrinos se puede mejorar mediante el almidón cuya digestibilidad es mayor, haciendo que este primero pase por un procesamiento de cocción donde los gránulos de maíz sufren rupturas permitiendo así un eficiente ataque de enzimas en el aparato digestivo del gorrino.

Se utilizó los promedios por tratamientos y estos tienen una tendencia cuadrática que se muestra en el gráfico 3.

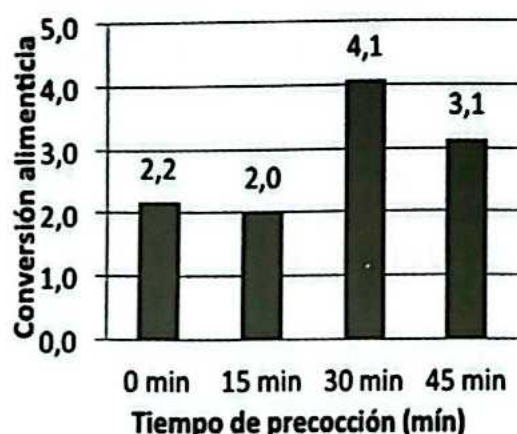


Gráfico 3. Análisis de tendencia cuadrática tiempo de precocción y conversión alimenticia fase preinicio

En el gráfico 3, el T3 con 4,1 obtuvo la mayor conversión alimenticia, este valor no representa la mejor eficiencia sino

que la ración si cumplió con los requerimientos nutricionales. Los tratamientos que mejor conversión alimenticia presentaron fueron el T2 y T1 con 2,0 kg y 2,2 kg, porque asimilaron mejor el alimento ofrecido y por ende incrementaron más su peso vivo.

Es corroborado por Concellon (2009), al mencionar que estos confirman que los cereales que pasan por un tratamiento térmico son fuentes de energía importante para la dieta de los gorrinos.

De acuerdo al resultado obtenido con el T2 (15 min de precocción de maíz) con 2,0 kg de eficiencia alimenticia, Brent et al. (2009), señala que el destete tiene la finalidad de producir cerdos sanos, llenos de vida y vigor. Esto puede conseguirse con una alimentación que pueda explotar al máximo su potencial genético de crecimiento mediante la utilización de dietas de mayor digestibilidad.

Conversión alimenticia fase inicio

En esta fase, los animales son más desarrollados y adquieren mayor rusticidad dejando de ser delicados y llegando a aprovechar de mejor manera el alimento ofrecido, mostrando significancia el análisis de varianza que se detalla.

Cuadro 10. Conversión alimenticia fase inicio

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Tiempo	3	1,4475	0,4825	3,21	0,038 *
Error	28	4,2125	0,15044		
Total	31	5,66			

CV = 24,4%

Esta variable muestra un coeficiente de variabilidad de 24,4% siendo estos confiables de acuerdo a los parámetros de investigación. Indicando que existe significancia entre tratamientos en los diferentes tiempos de precocción que fue sometido el maíz semi-molido.

Para Campabadal (2010), la reducción en el tamaño de partícula es muy impor-

tante pues produce una mejora en la digestibilidad de la energía, proteína y materia seca, por tanto una conversión de alimento con mayor eficiencia.

Se realizó el análisis de contrastes cuadráticos que muestra la fluctuación que sufre la conversión alimenticia de los diferentes tiempos de precocción del maíz.



Gráfico 4. Análisis de tendencia cuadrática tiempo de precocion y conversión alimenticia fase inicio

El gráfico 4 muestra que el T3 con 1,4 kg obtuvo la mejor conversión alimenticia mientras el T4 con 1,7 kg alcanzó la mayor conversión alimenticia siendo la menos eficiente. Entonces se puede deducir que la fase de inicio se tiene un mayor aprovechamiento del alimento ofrecido a los lechones.

De acuerdo con los promedios que muestra el gráfico 4 se afirma que el sistema digestivo de los lechones se encuentra más capacitado para poder

absorber todos los nutrientes del alimento que se les ofrece.

Por su parte Daza (2009), confirma esta acotación que los diversos métodos de procesado térmico de los cereales (extrusión, micronización, expansión, cocido-laminado, etc.) tienen un efecto positivo sobre la digestibilidad de los nutrientes.

Análisis de laboratorio microbiológico

El análisis microbiológico es un factor para determinar la influencia del tratamiento térmico de precocion y así obtener los valores de manera cuantitativa y cualitativa con parámetros de importancia como proteína, grasa y valor energético que actúa sobre la ganancia de peso y presencia de enfermedades gastrointestinales en lechones sometidos a destete a los 28 días.

En el cuadro 11 se aprecia tres parámetros importantes que se tomaron en cuenta para el análisis microbiológico del maíz crudo, así como de los maíces que pasaron por el tratamiento térmico de precocion.

Cuadro 11. Análisis microbiológico de maíz.

Tratamientos	Proteína %	Grasa %	Valor energético Kcal/100g
T1 (maíz crudo)	5,57	5,65	404,40
T2 (15 min precocion)	5,29	5,92	419,16
T3 (30 min precocion)	5,20	6,48	426,12
T4 (45 min precocion)	5,12	6,65	437,56
Método o técnica utilizada	KJELDALH	Hidrolítico-Gravimétrico	Calculo Analítico

Fuente: Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud (SELADIS)

Los análisis hechos en laboratorio muestran que la proteína tiene un comportamiento inverso al porcentaje, ya que a mayor tiempo de precocion el valor de proteína disminuye, como se muestra en el cuadro 11.

En relación a la disminución del porcentaje de proteína en el cuadro 11 se podría determinar que es beneficiosa de acuerdo a lo que mencionan Pérez y Gasá (2010)

que la administración de raciones con elevados contenidos de proteína (21%) pueden determinar una situación que predispone a diarrea.

Los parámetros de grasa y energía muestran un comportamiento positivo, ya que a mayor tiempo de precocion aumenta el porcentaje de grasa y el valor energético calórico (kcal/100g). Es por eso que en la etapa de inicio es muy importante

ofrecer carbohidratos de fácil hidrólisis y absorción debido que los almidones son imposibles de digerir por el tracto digestivo de los gorrinos y estos contienen pocas enzimas para degradar los carbohidratos.

Sobre valor energético, Concellon (2009), indica que los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía en las raciones de los cerdos, los azúcares y el

almidón, es de fácil digestión y contienen un elevado valor nutritivo.

Porcentaje de mortandad

El análisis de esta variable fue de manera cuantitativa dado la cantidad de animales por cada tratamiento, estos datos muestran diferencias en las dos fases de crecimiento, que se detalla a continuación.

Cuadro 12. Mortandad en las fases de preinicio e inicio del ensayo experimental

Trat.	Total animales	FASE PREINICIO			FASE INICIO			Total animales
		AV	AM	% Mortandad	AV	AM	% Mortandad	
0 min	8	7	1	12,5	7	0	0	7
15 min	8	8	0	0	8	0	0	8
30 min	8	8	0	0	8	0	0	8
45 min	8	8	0	0	8	0	0	8

En el cuadro 12 se observa detalladamente la cantidad de animales con el que se inicio y culminó el trabajo de investigación. En el se aprecia una baja en la fase de preinicio T1 al que se ofreció la ración de maíz crudo sin tratamiento de precocción que alcanza el 12,5 % de mortandad, este dato es alto de acuerdo a la cantidad de animales que se tuvo por cada tratamiento.

Según los registros de la granja AGRO-BEVI la mortandad se presenta en un 5% en la fase de preinicio y 3 % en la fase de inicio. Comparando con los datos registrados del cuadro 12 el T1 se tiene un gorrino muerto de un total de 8 animales/tratamiento, que en porcentaje alcanza a ser 12,5 % para la fase de pre-inicio y fase inicio con 0 % de mortandad, encontrándose aislados los tratamientos en los cuales se ofrecieron ración con maíz precóccido donde no hubo animales muertos.

De acuerdo al trabajo de investigación de Cárdenas (2009), indica que la meta

final de las intervenciones de tratamiento térmico es de prevenir la mala digestión y la mala absorción de los nutrientes que contiene la ración que disparan la proliferación de *Escherichia coli* patógeno y la subsiguiente aparición de signos clínicos y muertes en los lechones recién destetados.

Porcentaje de diarrea

El análisis realizado proporcionó los porcentajes de flujo de diarrea que presentaban en cada fase de crecimiento, el mismo se detalla en el cuadro 13.

Se debe tener en cuenta que la presencia de diarreas del tipo que fuese o por los factores que la ocasionan, la producción, siempre ira en desmedro llegando a tenerse pérdidas considerables si no se toma en cuenta la gravedad que puede causar desde el punto de vista nutricional.

Cuadro 13. Porcentaje de diarrea en la fase de pre-inicio e inicio

Trat.	Total cerdos	PREINICIO			Total cerdos	INICIO		
		CS	CD	% diarrea		CS	CD	% diarrea
0 min	8	2	6	75	7	6	1	14,3
15 min	8	7	1	12,5	8	8	0	0,0
30 min	8	6	1	12,5	8	8	0	0,0
45 min	8	4	3	37,5	8	8	0	0,0

El cuadro 13 muestra las fluctuaciones de diarreas de acuerdo al tratamiento de precocción, donde se podría asumir que a mayor tiempo de precocción menor es la incidencia de diarreas, es decir hay una mejor y adecuada absorción de los nutrientes de la ración ofrecida y no afecta al sistema digestivo del gorrino destetado.

Al respecto Cardinal (2009) detalla que en las explotaciones porcinas las diarreas post-destete son producidas por la *Escherichia coli*, constituyéndose en un problema grave. Además se presentan en forma hiperaguda produciendo muertes súbitas en los gorrinos a menudo sin que estos presenten signos de diarrea denominándose a este evento como "shock colibacilar".

Analizando el cuadro 13 se presentaron diarreas al segundo día después del destete, con una duración de 3 días, que es la etapa más crítica y donde los gorrinos bajaron considerablemente de peso; teniendo porcentajes de diarreas en el T1 del 75 % que fue el más alto, seguido por T4 con 37,5 % y con un menor porcentaje los T2 y T3 con 12,5 %. Estos datos son altos por la cantidad de animales utilizados en el trabajo de investigación.

Para explicar la duración de la diarrea Pérez y Gasa (2010) indican que tras 2 días del destete el número de lactobacilos benéficos descienden, mientras que el número de *Escherichia coli* y anaerobios facultativos se incrementan notablemente, ocasionando así un desequilibrio en la flora intestinal.

4. Conclusiones

Del trabajo de investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- La ganancia de peso en la fase de preinicio reporto que el T2 (15 min precocción) con 2,33 kg fue el que mostró superioridad frente a los demás tratamientos haciendo resaltar que las raciones pre-iniciales deban pasar por tratamientos térmicos que no lleguen a la cocción de los alimentos sino solamente a la precocción. Para la fase de inicio los mejores incrementos de pesos se obtuvieron en el T1 con 15,5 kg donde no se realizó tratamiento de precocción alguna, mientras que en los restantes tratamientos los pesos fueron casi uniformes que estuvieron entre $\pm 13,5$ kg.
- El consumo de alimento en la fase de preinicio mostró valores bajos, debido a que los gorrinos deben pasar por un cambio de dieta líquida a sólida, por tanto el consumo de alimento promedio registrado por gorrino es de ± 300 g/día, en la fase de inicio este consumo se duplica teniendo valores de ± 800 g/día, obteniéndose mayores ganancias de pesos.
- La mejor conversión alimenticia en la fase de preinicio alcanzó el T2 (15 min de precocción) con 2,0 kg de alimento para convertir 1 kg de carne, siendo este el mejor y no así el T3 (30 min de precocción) con 4,1 kg de alimento para convertir 1 kg de carne, si bien

este no fue eficiente solo cubrió las necesidades nutricionales del gorrino. En cuanto a la fase de inicio se obtuvo resultados con mejor conversión alimenticia, es así que el T3 fue el que mostro mejor conversión alimenticia con 1,4 kg de alimento para convertir 1 kg de carne. No obstante, los otros tratamientos no estuvieron lejos de los resultados para alcanzar la conversión más eficiente de 1:1.

- El porcentaje de mortandad que se registra en la fase de preinicio que duró 14 días de evaluación, dió como resultado que el T1 (0 min de precocción de maíz) presentó una baja, que equivale a 12,5 % de un total de 8 gorrinos/tratamiento. Mientras que para la fase de inicio no se tuvo mortalidad en los lechones debido a que estos estaban mejor adaptados a la alimentación.
- En relación a la incidencia de diarreas que son consecuencia de la mala e inadecuada absorción de nutrientes, que causan la muerte del animal, en la fase preinicio se registraron en los cuatro tratamientos con diarreas que duró 3 días, en el T1 fue donde permanecieron las diarreas hasta llegar a la fase de inicio con un animal afectado.
- Respecto al análisis económico se puede afirmar, que la utilización de maíz precocido tiene un B/C de 1,8 en el T2 (15 min de precocción) donde el precio del alimento por kg es de Bs. 2,24 en relación al alimento crudo que también obtuvo un B/C de 1,8. Sin embargo, en este tratamiento el precio del alimento por kg fue de 2,14 siendo menor el precio en relación a los demás tratamientos. El análisis de este índice de B/C refleja de cierta manera el beneficio de utilizar raciones con alimento

que contenga maíz precocido para gorrinos en etapas post-destete, mejorando así la asimilación del alimento que se ofrece a los animales.

- La utilización en la ración de alimento precocido muestra las ventajas en relación a la utilización de maíz crudo y la mortandad e incidencia de enfermedades gastrointestinales.

5. Referencias bibliográficas

- Alcázar, J. (2002). *Ecuaciones simultáneas y programación lineal como instrumentos para la formulación de raciones*. Edit. La Palabra. La Paz – Bolivia. 203, 206 – 207 pp.
- Bernard, C. (2009). *Planeamiento y Control Agropecuario*. Edit. El Ateneo. 2° Edición. Buenos Aires – Argentina. pp. 200.
- Brevis, O. (2010). *Manual de Administración de las Empresas Agrícolas*. Instituto de Capacitación e Investigación en Reforma Agraria. Santiago – Chile. pp. 80.
- Concellon, A. (2009). *La cerda y su camada*. Edit. AEDOS. Barcelona – España. pp. 307.
- Gutiérrez, E. D. (2008). *Manejo y producción de porcinos*. Serie Manual Técnico N°1 64p.
- Perez, J. F. y Gasa, J. (2002). *Importancia de los carbohidratos de la dieta y de la utilización de aditivos sobre la salud intestinal en el ganado porcino*. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra. Curso de Especialización FEDNA. Pagina en Internet <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2002CAP IV.pdf>.
- Roppa, L. (2010). *Nutrición de los lechones en la fase del destete*. Agrupación de Consultores en Tecnologías del Cerdo. 1999 Pergamino. Buenos Aires – Argentina. Pagina en internet <http://www.e-campo.com>.
- Saire, G. (2009). *Adición de carbón vegetal e incremento de porcentaje de Sorgo (Sorghum bicolor L.), en la ración de pollos parrilleros para la etapa de acabado (Provincia Quillacollo – Cochabamba)*. Universidad Mayor de San Andrés. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. pp. 92.
- SENAMHI (2010). *Boletín Agro climatológico*. M.T.C.A.N. La Paz – Bolivia.

CARACTERIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE PRODUCCIÓN OVINO CRIOLLO EN ÉPOCA SECA EN EL ALTIPLANO CENTRAL (PROVINCIA CERCADO - ORURO)

Characterization of native sheep production subsystem in the dry season in the central highlands (Cercado - Oruro province)

Gutiérrez, E. D.¹, Mamani, A.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Profesor de Manejo de Ganado y responsable del Programa de Animales Menores de la Carrera de Ingeniería Agronómica Universidad Pública del El Alto

2 Investigador Programa de Animales Menores, Universidad Pública del El Alto

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

The characterization of native sheep subsystem livestock in dry season in the canton of San Felipe de Chaytavi (Cercado-Oruro province), has had like specific objectives characterize the producers, describe aspects of management and zootechnical parameters of crossbred sheep CANAPAS well as characterize and identify the main constraints in the subsystem, which describes surveys of static and dynamic shape the development of livestock production. With a sample of 43 families left the definition of variables and identified the producers themselves were subjected to principal component analysis and cluster gerarquicos, finding 3 layers: the A with an average of 67 ha of land, 52 ha of CANAPAS, 146 sheep's, 55 Creoles and 2.8 units of work/day and the layers B and C with lower averages. Through visits to field measurements and observations it was determined that 72% of sheep flocks Creoles in the sector, are made up of lambs, rams, borreguillas, rams and ewes with a male-female ratio of 1:31. The birth and mortality percentages were 70.3 and 1.6 respectively, where adult sheep live weights were averages of 27.28 kg, and its milk production of 209 ml /sheep / day, the dressing was 44, 7% and 3.01 pounds of wool / sheep. Similarly, a 94.12% offamilies desparasitan externally to sheep and 76.47% internally. The most recurrent infrastructure by 82% of families are also that vigiñas and channels 64.7% have no Assaf pens. The work showed the introduction of sheep's breed Hampshire and Assaf. Another parameter evaluated was the CANAPAS by the transaction method for the step and vegetation study sites as describing fisiosociologico t'olar - grassland, grassland - Gramadal, and grasslands - Kauchial product showing a value of 3.7 unit of overgrazing Criollo sheep/ha and a deficit of 179,8 T.MS/in dry season. The main limiting factors were poor access to water under a shift system of canals, the migration of young people means loss of manpower in the sector, trade deficits and saline soils in process of deterioration.

Keywords: CANAPAS Campos nativos de pastoreo. T'olar, pajonal, gramadal, kauchial plantas nativas.

La caracterización del subsistema pecuario del ovino criollo en época seca en el cantón de San Felipe de Chaytavi (Provincia Cercado – Oruro), tuvo como objetivos específicos tipificar a los productores, describir aspectos de manejo y parámetros zootécnicos de ovinos criollos, así como caracterizar los Campos Nativos de Pastoreo (CANAPAS) e identificar las principales limitantes en el subsistema, mediante encuestas donde se describe de forma estática y dinámica el desarrollo de la producción ganadera. Con una muestra de 43 familias la tipificación partió de variables que los mismos productores identificaron y fueron sometidos a un análisis de componentes principales y conglomerados jerárquicos, hallando 3 estratos: el A con promedios de 67 ha de terreno, 52 ha de CANAPAS, 146 ovinos, 55 criollos y 2,8 unidades de trabajo/día y los estratos B y C con promedios menores. Mediante visitas a campo, mediciones y observaciones se determinó que un 72% de ovinos criollos en rebaños del sector, están conformados por corderos, carnerillos, borreguillas, carneros y borregas con una relación de macho y hembra de 1:31. Los porcentajes de natalidad y mortandad fueron de 70,3 y 1,6 respectivamente, donde los ovinos adultos obtuvieron pesos vivos promedios de 27,28 kg, siendo su producción lechera de 209 ml/ovino/día, el rendimiento canal fue de 44,7% y 3,01 libras de lana/ovino. Así mismo, un 94,12% de las familias desparasitan externamente a los ovinos y 76,47 internamente. La infraestructura más recurrente en un 82% de las familias son las vigiñas y canales, además de que 64,7% tienen corrales sin cubiertas. El trabajo evidencio la introducción de ovinos de razas Hampshire y Assaf. Otro parámetro evaluado fue las CANAPAS por el método de transección al paso y estudio fitosociológico, describiendo sitios vegetacionales como t'olar – pajonal, pajonal – gramadal, kauchial y gramadales mostrando un valor producto del sobrepastoreo de 3,7 U.O.Criollo/ha. y un déficit de 179,8 T.MS/en época seca. Las principales limitantes que se evaluaron fueron un deficiente acceso al agua bajo un sistema de turnos por canales, la migración de jóvenes que significa pérdida de mano de obra en el sector, deficiencias comerciales y suelos salinos en proceso de deterioro.

Palabras clave: CANAPAS Campos nativos de pastoreo. T'olar, pajonal, gramadal, kauchial plantas nativas.

1. Introducción

Las investigaciones pecuarias durante mucho tiempo se localizaron en las estaciones experimentales donde surgieron importantes avances y logros. Pero uno de los inconvenientes de la gran parte de estos trabajos fue la falta de tomar en cuenta la pluriculturalidad de los pobladores del altiplano boliviano y los procesos de toma de decisiones que cada unidad familiar establece frente al funcionamiento de su sistema de producción influenciado por aspectos físicos, biológicos, socioeconómicos, y culturales.

El sector ganadero juega un papel crucial en la actividad económica del altiplano boliviano, por la necesidad de proteína de origen animal en la dieta de la población. La ganadería ovina en el altiplano está representada básicamente por las ovejas criollas cuyas funciones productivas se adaptaron a las condiciones climáticas de esta zona agroecológica. Siendo una actividad tradicional del pequeño productor destinando a un mercado informal, sin tener el apoyo necesario para incrementar su productividad y función socioeconómica.

El presente trabajo se realizó en el altiplano central, Municipio de El Choro,

departamento de Oruro, las llamas de la zona tienen como actividad la producción ovina y autoconsumo, bajo un sistema cional, semi – extensivo. Se cuenta con información sobre el funcionamiento de su sistema de cría del ovino criollo.

Ante estas circunstancias, la adaptación de los sistemas de cría de campesinos, debe constituir un punto de partida para la ejecución de proyectos encaminados a aprovechar las potencialidades y los procesos productivos campesinos, una necesidad marcada de los productores en su desarrollo económico.

Así mismo, se identificaron aspectos de manejo y los conocimientos zootécnicos del ganado ovino en el cantón de Chaytavi, relación y balance forrajero en los campos nativos de la zona de estudio.

2. Materiales y métodos

El cantón de San Felipe se encuentra ubicado en el municipio de El Choro en la Segunda provincia Cercado del departamento de Oruro a 45 km sud – oeste de Oruro, situado geográficamente en las coordenadas 18° 14' y 18° 15' sud, y 67° 13' y 67° 11' de longitud oeste, con una elevación de 3.700 msnm. El cantón de cuenta con 83 comunidades en las cinco zonas (Municipalidad de Callpa Llahta 2010).

Muestreo

Se determinó el tamaño de muestra con muestreo aleatorio simple, estableciendo el nivel de confianza real de la desviación estándar σ , considerado de la línea

sección al paso", por el tipo de p
alto andinas. (Flórez, 2005). Se
una inventario de especies con
septos al paso que totalizaron 13
de largo, identificando 27 especi
tales de los CANAPAS, este núme
cido de especies se atribuye en
la época de seca en la que se re
trabajo de campo.

Los levantamientos realizados fue
con superficies entre 4 y 100 m², u
en los sitios vegetacionales represe
y con una cobertura homogénea
superficies estaban relacionadas
riqueza y volumen de especies. (2010). En estas áreas se calculó la
minancia de especies, el porcen
cobertura vegetal, frecuencia, d
biomasa vegetal, rendimiento de
seca, carga animal y finalmente id
la condición de la pradera en el s
trabajo para la época seca.

Una vez determinada la condi
pastizal de cada sitio vegetaci
procedió a verificar la carga anima
recomendada por Flórez, (2005) in
que para condición de pastizale
lentes hay una carga animal de 4
y para pastizales muy pobres solo
capacidad de soportar 0,25 U.O/ha

El mapa de campos nativos de p
se lo realizó adquiriendo imágen
litales procedentes de Google
(2010), las cuales fueron editadas
programa Arc View GIS 3.2 delir
la condición de los pastizales.

Mano de obra

Se estimó calculando los días pro
que trabajan el hombre, mujer e
otros trabajadores en la unidad de
ción familiar en la época seca, c
rando como la jornada de un adult
unidad; la jornada de la mujer y r

y originarias del cantón, pastoreo, asociación de mujeres, iglesia evangélica, católica, Servicio Nacional de Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (ASAG), Intermediarios (mañazos), y Regantes (gráfico 1)



sección ovino criollo
PIL = dominantes.

Identifico a tres grupos importantes en función de las trece variables para análisis de componentes principales.

Al calcular las medias de los tres grupos y al observar las siguientes características, denominé al grupo 2 como el grupo de los estratos B y C por tener los promedios más altos en la comparación de los otros estratos. Este grupo está formado por 14 familias las cuales son: 5, 17, 11, 33, 42, 4, 21, 19, 27, el grupo 1 como estrato B por 7 familias y el grupo 3 el formado por 22 familias.

Conclusiones

Se obtuvo un promedio de tenencia de 44,43 hectáreas por familia, el estrato A cuenta con 66,67 ha,

el estrato B 59,25 ha y el estrato C 26,27 ha. Aunque los promedios de tenencia de tierras son altos, estos suelos tienen problemas de salinidad, deteriorados para la agricultura.

Un 83% de la superficie total está poblada por especies forrajeras nativas para el pastoreo del ganado, 9% por cultivos y un 8% no tiene uso agropecuario.

Cuadro 1. Uso y extensión de tierras

Uso / Extensión	Superficie (km2)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Campos nativos de pastoreo	86,32	8.632	83

un mayor tiempo de las familias es la limpieza de canales para acceder al agua, donde se ven obligados a asistir a estos trabajos, caso contrario el agua no llega a sus predios. El 98% del estrato A y B está participando en calidad de socios de canalizadores, sin embargo los del estrato C solo el 52% se encuentran asociados y por esta situación llegan incluso a migrar de este cantón, por no poder acceder al agua primordial para la vida.

Infraestructura

Un componente de la producción ganadera es la infraestructura disponible para el ovino reflejando su productividad. Las infraestructuras disponibles se detallan en el siguiente cuadro:

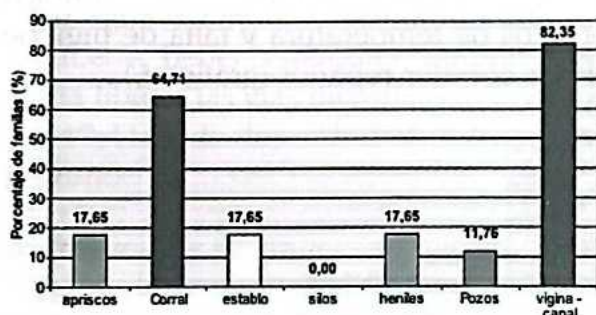


Gráfico 2. Tenencia de infraestructuras en el cantón de Chaytavi

Subsistema agrícola

Este subsistema tiene importancia para el autoconsumo de alimentos de las familias de la zona, caracterizado por el 9% de la superficie total del cantón. El 76% de las familias se dedican a la producción de quinua, un 82% utilizan los terrenos para forrajes introducidos para consumo del ganado ovino-bovino; en menor medida a cultivos de papa, kañawa y hortalizas, esta última con muy buenas perspectivas en la zona debido a su gran interés por las asociaciones de mujeres.

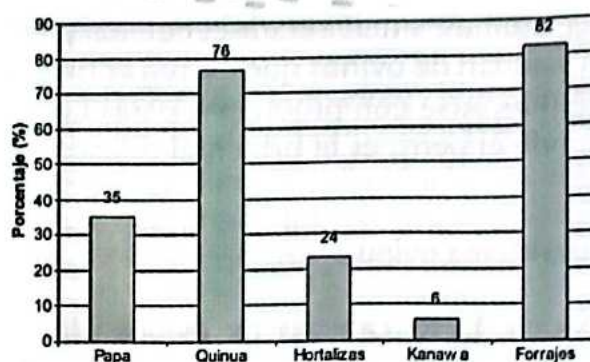


Gráfico 3. Producción agrícola en el Cantón de Chaytavi

Subsistema pecuario

La ganadería es la principal actividad en el cantón y del Municipio de El Choro conociéndose como capital ganadera del país. Su principal ventaja es la de poseer inmensos campos nativos de pastoreo predominando especies palatables para el animal y caracterizándose por la presencia del Kauchi (*Suaeda foliosa*) un alimento altamente proteínico, además de poseer ovinos criollos como un recurso zoogenético propio de la región.

Tenencia de animales

Se observa que 100% de las familias tienen ovinos, un 69% posee bovinos, ratificando que la principal actividad en el cantón San Felipe de Chaytavi es la ganadera (gráfico 4)

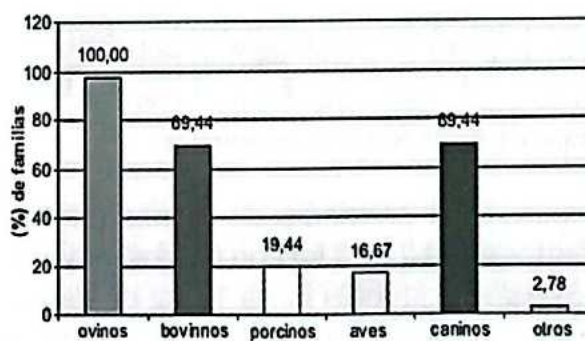


Gráfico 4. Porcentajes de familias según tenencia de animales

Un aspecto importante es la presencia de caninos que en promedio tienen 2 por familia, que se presenta en 69% de

las familias, situación trascendental para la sanidad de ovinos que corren el riesgo de infectarse con problemas parasitarios donde el perro es el principal difusor.

Subsistema ovino

Existen 3.713 cabezas de ovinos, distribuidas por estratos. Existe una oscilación de esta población en época seca debido a que los productores de los tres estratos migran a otros terrenos por mejor forraje para su ganado, saliendo de los límites políticos del cantón de San Felipe de Chaytavi.

Los ovinos criollos son los que predominan en el cantón, concentrándose en la mayoría en un 84,2% en el estrato B, el estrato A tiene un 43,6% y el estrato C un 78,5% está compuesta por criollos, cabe mencionar que recientemente se está introduciendo una raza lechera Assaf que se pronuncia en el estrato A con 1%.

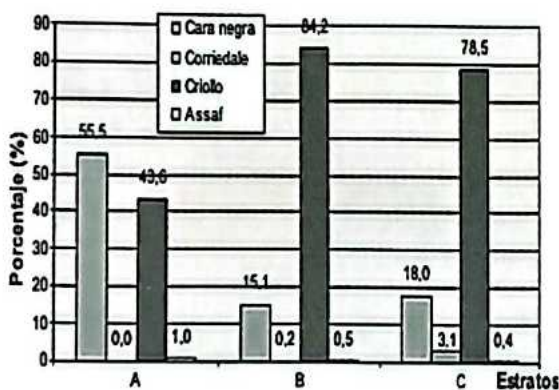


Gráfico 5. Razas de ovinos por estratos

El peso vivo promedio de ovinos criollos adultos es de 27,28 kg con rangos mayores a 56 kg en carneros hasta 17 kg en carnerillos y corderos 2.81 a 2.76 Kg. El peso vivo refleja, necesariamente la característica del ecosistema y por tanto, es muy variable en las zonas (Cardozo, citado por Genin 2010).

Destino de la producción

El principal destino de la producción ovina en la zona de estudio es transformándose en quesos, con tancial entrada económica y p están introduciendo recientemente Assaf que incrementara los volúmenes de leche en el rebaño criollo, luego la producción de carne utilizando como la Hampshire y Suffolk.

Sanidad animal

El cantón de Chaytavi se caracteriza ser zona ganadera entonces existe una alta prevalencia de enfermedades por contaminación directa y parasitismo, así se evalúa la diarrea afecta a un 70,59 % de los rebaños principalmente por cambios bruscos de temperatura y falta de higiene en los corrales rebaños (gráfico 6)

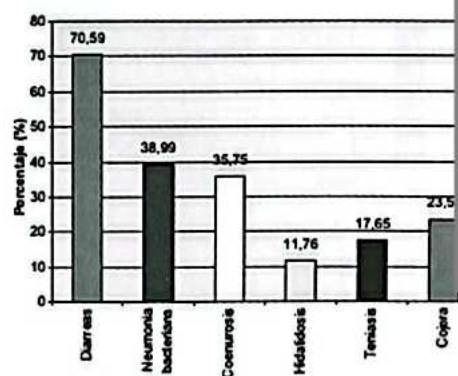


Gráfico N° 6. Rebaños ovinos afectados por una enfermedad

Otras enfermedades importantes que presentan son la neumonía bacteriana con 38,99 % y la Coenurosis (muy rara) causada por la tenia del perro (*multiceps multiceps*) en 35,29 % de los rebaños. Estos se infectan por pastoreo en CANAPAS contaminadas con heces de la tenia producidas por el excremento del perro.

La hidatidosis causada por otra tenia del perro (*Echinococcus granulosus*) no presenta sintomatología, pero

identificarla solo en la necropsia por la presencia de bolsas de agua en el hígado.

La teniasis provocada por tenias conocida también en la zona como k'uyqas, parecidos a los tallarines, ingresan a los ovinos por medio de CANAPAS infestadas de estos parásitos.

Los parásitos externos afectan en un 29,41% de los rebaños identificando a los piojos y garrapatas.

Trastornos digestivos y nutricionales

El timpanismo es una afección característica de los rumiantes, donde los productores controlan el consumo de alfalfa directo, acudiendo también a métodos tradicionales de tratamiento como el echar agua fría en el abdomen del animal o hacerle beber cualquier líquido que pueda liberar las vías digestivas del ovino. Un 49,41% de los rebaños sufren este trastorno.

La deficiencia de minerales hace que un 5,88 % de los rebaños consuman lana de otras ovinos causando un desprendimiento de lana extremo.

Un trastorno característico de la zona es la intoxicación del ovino al consumir el kellu kellu o botón de oro (*Cotula sp*) causando en el animal convulsiones, tos y posterior muerte por envenenamiento. Casi todos los productores aquejan este problema en sus rebaños.

Trastornos del sistema cardio vascular

De manera preocupante los productores observan sintomatologías que inflaman el corazón de los ovinos, que se manifiesta en un 29,41% de los rebaños, en esta inflamación se presenta líquido acuoso y seroso, identificada solo al momento de degollar al animal.

Reproducción del ganado ovino

Los rebaños se empadran libremente, donde los machos permanecen junto a las hembras durante todo el año, de esta manera el productor no tiene control sobre la reproducción de los ovinos.

Mejoramiento genético de ovinos

El mejoramiento que se está realizando en la zona es bajo el método de cruzamiento absorbente gradual o de encaste que consiste en introducir a la zona carneros de razas como la Hampshire, Suffolk y la Assaf para cruzarlas con ovinos criollos, de manera que en cada generación se va ganando una proporción de la sangre deseada. Este cruzamiento es bastante utilizado en el mejoramiento del ganado criollo. (Gutiérrez 2008).

Alimentación y nutrición

En época seca los productores realizan un pastoreo promedio de 7 horas a partir de las 11:00 a.m. a 18:00 pm. donde el manejo de los rebaños en pastoreo es de tipo familiar, mayormente ejecutados por mujeres y niños para el caso de las ovejas. Este lapso de pastoreo no varía en demasía ya que en época seca se compensa el déficit de alimentos con un mayor tiempo de pastoreo y en época húmeda como las condiciones son más favorables los pastorean en casi el mismo periodo.

De la superficie utilizada para forrajes existe un 86 % de producción de alfalfa (*Medicago sativa*), debido a las bondades que tiene para la alimentación del ganado ovino. Otro forraje característico que van introduciendo en esta zona es el alkar (*Agropirum sp*) con 7 % presentando un porte erguido de 2 m de altura. Se cuenta con 86,32 km² de campos nativos de pastoreo como fuente de alimento para

los ovinos criollos representando el 83 % del territorio del cantón.

Evaluación de praderas nativas

En los censos de vegetación por el método de transeptos al paso y levantamientos fitosociológicos realizados en el Cantón se encontró 27 especies entre Chenopodiaceas, Compositaceas, Gramíneas y otras familias. Donde se advierte la predominancia de la especie *Distichlis humilis* (orko chiji) con un 12,91%, además de la *Stipa ichu* (Chhama kisu) y la *Paresthephylla lepidophylla* (T'ola)

Se tienen cuatro principales familias vegetacionales inventariadas donde se tiene un 37% de especies de la familia Gramineae donde la especie más representativa es el *Distichlis humilis* (orko chiji), seguida por las Compositae (19%), Chenopodiaceae (11%) y las Apiaceas (7%)

De los productores evaluados se obtuvo un porcentaje de tipos de praderas que tienen para el pastoreo de sus animales, así tenemos un 47% de superficie constituido por gramadales, el cual esta representado los *Distichlis humilis* (orko chiji), luego se tiene al sitio pajonal – gramadal que se diferencia del primero por que presenta especies como la *Stipa ichu* y *Festuca orthophylla*. Un 31 % de Pajonal – gramadal, 12 % de kauchiales y finalmente los t'olares en un 10 %.

Para la determinación de condición de pastizales un parámetro muy importante es el porcentaje de suelo desnudo que se presenta en los cuatro sitios vegetacionales, indicando que en los sitios de kauchiales existe 71,60 % de suelo sin cobertura vegetal, ocasionada principalmente por la salinidad del suelo que solo permite la proliferación de especies halófitas como el kauchi. En contraste los

gramadales solo tienen un 38,71 % de suelo descubierto.

Se puede pastorear 1.734,87 Unidades Ovino Criollos en los sitios evaluados de CANAPAS, deduciendo que existe una capacidad sustentadora optima de de 1,61 U.O.Criollo/ha que no ocasionara daños a los pastizales.

Se determino una carga animal actual de 5,3 U.O. criollo por hectárea y comparando con la soportabilidad óptima de la zona de estudio de 1,6 U.O. criollo se puede deducir que existe un sobrepastoreo equivalente a 3,7 U.O.Criollo/ha, sobrepastoreo que seria la causante del desequilibrio en el ecosistema de CANAPAS en el Cantón de Chaytavi.

La oferta y demanda forrajera en la zona presenta un déficit de 179,888 toneladas de materia seca en el periodo de evaluación, esta deficiencia hace que los productores realicen traslaciones de un terreno a otro buscando mejores condiciones de pastos para sus ganados.

Alzerreca y Jerez, citado por Vargas (2010), mencionan que en la comunidad de Japo provincia Tapacari se tiene un balance negativo de 348 TMS, desde mayo hasta diciembre, coincidiendo con la época seca.

Mapeo de los recursos forrajeros

Realizando una sobre posición de mapas temáticos con el programa Arc view GIS 3.2 se logro confeccionar un mapa vegetacional. Donde se puede observar que los alfares están cerca de los canales de riego, también tenemos praderas de condición pobre y regular. Los espacios en blanco son zonas de transición donde cada agro ecosistema de pradera nativa se sobre pone con otra.

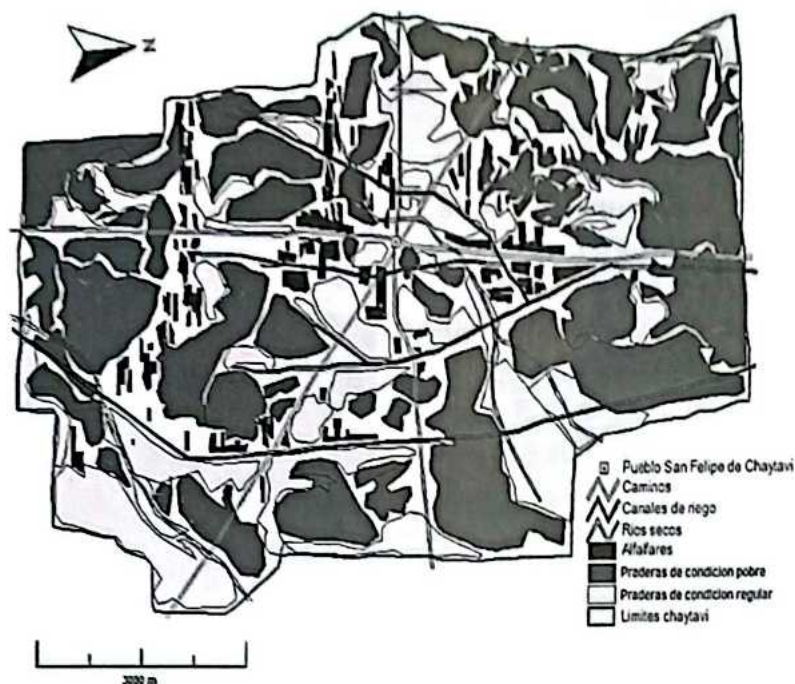


Gráfico 7. Mapa vegetacional según condición de praderas

4. Conclusiones

se tiene una población ovina de 3178 ovinos de los cuales 78 % son ovinos criollos y un 22 % de ovinos mestizados bajo el método de cruzamiento absorbente con razas que van introduciendo individualmente o con la ayuda de instituciones, la raza más sobresaliente es la Hampshire la cual está incrementando el peso de ovinos y la producción de carne, además en la actualidad se esta introduciendo la raza Assaf para el incremento de la producción de leche de oveja.

De acuerdo al análisis de conglomerados jerárquicos, se pudo identificar tres estratos o grupos homogéneos. Donde el estrato A representado por 14 familias se caracteriza por tener un promedio de 66,67 ha de terreno, 146 ovinos, 55 ovinos criollos, 148 ovinos mejorados, 20,93 ha de alfalfa, 51,70 ha de CANAPAS y 2,86 unidades de trabajo/día. El estrato B representado por 7 familias tienen promedios de 26,27 ha de terreno, 80 ovinos, 65 ovinos criollos, 37 ovinos mejorados, 8,5 ha de alfalfa, 14,82 ha de CANAPAS y 3,45 unidades de trabajo/día

y finalmente el estrato C con 59,25 ha de terreno, 45 ovinos, 35 ovinos criollos, 11 ovinos mejorados, 4,59 ha de alfalfa, 9,43 ha de CANAPAS y 2,41 unidades de trabajo/día.

En sanidad se puede advertir que un 94,12 % de las familias práctica la desparasitación externa y un 82,3 % realizan desparasitaciones internas a sus ovinos. La sintomatología más frecuente es la diarrea afectando a un 70,59 % de los rebaños.

Se cuenta con 6.656 ha de Campos Nativos de Pastoreo que es la principal fuente de alimentación del ganado ovino, caracterizándose por la presencia de *Suaeda foliosa* (kauchi), *Parasthephylla lepidophylla* (Supo t'ola), *Distichlis humilis* (Orqo chiji), *Stipa ichu* (chhama kisu), *Festuca orthophylla* (paja brava) *Atriplex cristata* (liwi liwi), *Muhlenbergia fastigiata* (qachu chiji), que son las más importantes dentro de la dieta del ovino. También se advierte forrajes introducido como la alfalfa (*Medicago sativa*), alkar (*Agropyrum sp*) y la cebada (*Hordeum vulgare*). No se tiene como actividad en época seca la conservación de forrajes debido prin-

principalmente a que las familias acuden a otros campos para la alimentación de sus animales.

Se tiene una carga animal actual de 5,3 unidades ovino criollo en una hectárea, siendo la capacidad sustentadora o la soportabilidad de los CANAPAS de 1,6 U.O. Criollo/ha, dando a conocer que existe un sobrepastoreo de 3,7 U.O. Criollo/ha con un déficit de 179,8 toneladas de materia seca en 180 días caracterizadas por la época seca.

La mano de obra sale de la zona de estudio por la migración, especialmente de jóvenes que buscan trabajo como de costureros y estudios en el exterior dejando a sus familiares de bastante edad dedicados a la producción ovina.

5. Referencias bibliográficas

- ABOPA (2009). XV Reunión Nacional de ABOPA "Medio Ambiente". Oruro "La Violeta" FCA y P - UMSS.
- Alzérreca, H. (1986). *Evaluación preliminar de praderas nativas y forrajes introducidos - zonas Turco, Cosapa, Toma Toma y El Choro*. Oruro, CEE. CORDEOR. P.M.P.R.
- Cardozo, A. (2008). *Proyecciones de la Ganadería de ovinos y camélidos en el departamento de Oruro*. La Paz, Urquiza.
- Ensminger, M. (2008). *Alimentos y nutrición de los animales*. Buenos Aires, El Ateneo.
- Flórez, A., Malpartida, E. y San Martín, F. (1992). *Manual de Forrajes para Zonas Áridas y Semi-Áridas Andinas*. Lima.
- Flórez, A. 2008. *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Lima.
- Genin, D. et al. (1995). *Waira Pampa: Un sistema pastoril camélidos - ovinos del altiplano árido boliviano*. La Paz.
- Gutiérrez, E. (2001). Descripción de Algunas características productivas de ovinos criollos en la parición de la época de san Juan en la comunidad de Pujrivi. La Paz, UMSA.
- Gutiérrez, E. (2010). *Manejo de Ganado*. La Paz, UMSA.
- León - Velarde, C. y Quiroz, R. (1994). *Análisis de Sistemas agropecuarios*. Puno.

Zeballos, M; et al. (2010). *Contribución al conocimiento de la flora del departamento de Oruro*. La Paz, Artes Graficas Latinas.

6. Anexos

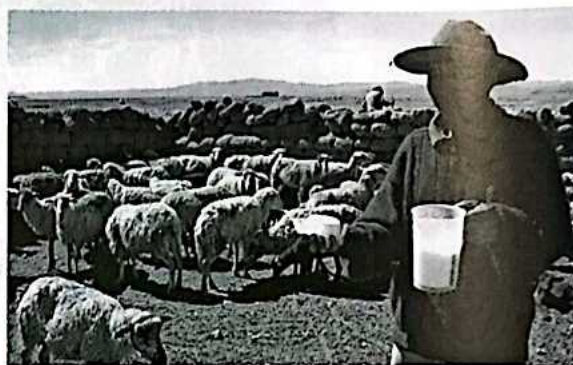


Foto 2. Ordeño de ovinos criollos (Eddy Gutiérrez)



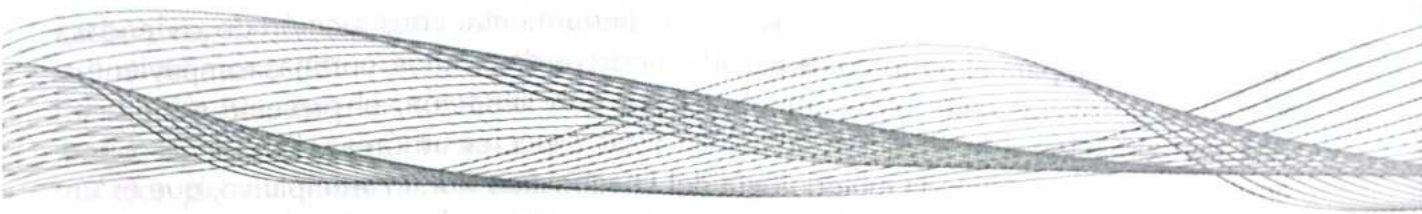
Foto 3. Ovinos con parásitos externos (Eddy Gutiérrez)



Foto 4. Especie nativa tóxica (Eddy Gutiérrez)



Foto 1. Sistema de pastoreo ovino (Eddy Gutiérrez)



SITUACIÓN DE LOS ÁRBOLES Y ARBUSTOS DISPERSOS EN EL ALTIPLANO DE LA PAZ

Scattered bushes and tress in the Altiplano, in La Paz city

Coronel, L.¹; Pujro, J.²

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Professor de Dasonomía y Silvicultura; Sistemas Agroforestales de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

2 Professor de Cálculo I y II de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

In the past the Altiplano was covered with bushes and trees which conserved the ground fertility, water as well as biodiversity. With the arriving of the Spanish, railroad and mining activity there was an irrational exploitation of natural resources. At present there are isolated trees located in small plots of lands owned by local people. Examples of such situation are the Keñua national park woods in Sajama (Oruro). The role of the scattered trees has been important for the area. People use them as firewood, vegetal coal, wood as instrument for house construction, shelter for cattle, wood curtains, wood windshields and others. The paper objective is to show the current situation of such bushes and trees. The diagnostic rural participation methodology was used. This consists of techniques and tools that local people apply in order to diagnose the situation themselves. Based on the results, they themselves plan and develop improvements. There is scarcity of trees and there aren't and reforest programs which should call not only institutions attention, but also people's all in all.

Keywords: bushes, biodiversity, Altiplano, criticism

Resumen

En el pasado, el Altiplano estuvo cubierto de vegetación arbustiva, con ello, aseguraba la conservación de los recursos de suelo, agua y biodiversidad. Con la llegada de los españoles, a partir de la república, los ferrocarriles y la actividad minera, obligaron a explotar irracionalmente los recursos forestales, quedando solamente en la actualidad árboles aislados, llamándose estos últimos como árboles relictos que están localizados en las parcelas de pequeños productores; un ejemplo claro de esta evidencia son los bosques keñua del Parque Nacional de Sajama (Oruro). El rol de los árboles dispersos ha sido y seguirá siendo de vital importancia. Sus usos más frecuentes son: fuente de

leña, carbón vegetal, madera para mangos de herramienta, construcción de viviendas, sombra y abrigo para el pastoreo de ganado, linderos de predios, cortinas rompevientos y control de riveras entre otros. Impulsada por esta situación, el presente estudio es una aproximación a la situación actual de estas especies arbóreas. Para llegar a esa aproximación, se empleó la metodología del Diagnóstico Rural Participativo, que es un conjunto de técnicas y herramientas que permite que la población local haga su propio diagnóstico, y de ahí, comiencen a auto-gestionar su planificación y desarrollo. La vegetación arbórea es escasa y su situación es crítica en cuanto a su conservación por la constante presión que vienen sufriendo por la población local y no existen programas para su recuperación. La que obliga a tomar acciones concretas para plantear e implementar prácticas de reforestación a las instituciones y la población en general.

Palabras claves: árbol, arbusto, biodiversidad, altiplano

1. Introducción

La vegetación del altiplano de La Paz esta compuesta por individuos dispersos de arbustos nativos como la kiswara (*Buddleja coriaceae*) y keñua (*Polylepis sp*), gramíneas en cercos vivos, o como componentes de los empircados que dividen los terrenos agrícolas o son parte de las terrazas agrícolas de formación lenta: entre estas especies se encuentran: la ñuñumaya (*Solanum nitidum*), la koa (*Satureja boliviana*), la huir huir (*Achyrocline alata*), mutu mutu (*Cassia hockeriana*), thola (*Parastrephia lepidophylla*) y árboles exógenos como el pino (*Pinus radiata*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*), eucalipto (*Eucalyptus glubulus*), álamo (*Populus balsamifera*), olmo (*Olmus pumila*) y otras especies en proceso de adaptación como las ciruelas y manzanas. Estos últimos localizadas en los predios de las viviendas, como árboles de ornamentación, en diferentes estados de desarrollo y adaptación.

La presión sobre los recursos naturales en la región occidental se inició desde la colonia, debido a la mayor presencia de la población y cada vez más crecientes necesidades de la actividad minera, que poco a poco fue bajando a los valles de la región central y sur de Bolivia para el abastecimiento de alimentos como:

cereales, frutas y verduras que mejor se desarrollan por las condiciones climáticas de la región, es decir en cierto momento de la historia del país los valles fueron el granero de donde se abastecían los centros mineros del occidente de Bolivia (Muñoz, 2001). Antes del periodo colonial, el altiplano y las partes altas de la cordillera oriental presentaban un panorama con mucha vegetación arbórea (bosques de keñua y kiswara) y arbustiva (thola) así como grandes bofedales, turberas y praderas (Posnansky 1971 citado en ZONISIG 2001 y citado por Aramayo et al. 2004).

A medida que la población iba incrementándose, la presión sobre los recursos naturales también iba aumentando, llegando en algunos sectores del altiplano y valles interandinos a niveles de sobre-explotación de los recursos como: el suelo, vegetación arbórea, agua y minerales con negativas consecuencias para el medio ambiente.

El rol de los árboles dispersos ha sido y seguirá siendo de vital importancia por su escasez natural en cuanto a especies y número de individuos que hoy se manifiestan como relictos de bosques y como árboles solitarios que soportan distinta presión y uso. Sus usos más frecuentes son: como fuente de leña y

vegetal, antes para uso industrial para uso doméstico; madera para de herramientas (construcción de de palo y yugos) y hasta la construcción de viviendas de los pobladores rural. Los pinos y eucaliptos son como sombra y abrigo para el de ganado, linderos de predios, rompevientos y control de riveras (, 2001).

teriales y métodos

lano de La Paz esta ubicado al te del departamento y limita al este con los valles interandinos departamento de La Paz, al sur con el miento de Oruro y al oeste con las cas de Perú y Chile. Comprende vncias fisiográficas del altiplano; era Occidental o Volcánica y Cordi-oriental. Se encuentra entre los para- $15^{\circ} 38' 50''$ y $18^{\circ} 03' 19''$ de latitud s meridianos $69^{\circ} 38' 42''$ y $67^{\circ} 28'$ longitud oeste (ZONISIG, 1998).

ología

trabajo de investigación se empleó odología del Diagnostico Rural ativo (DRP), que es un conjunto de s y herramientas que permiten que unidades hagan su propio diagnós-de ahí comiencen a auto-gestionar nificación y desarrollo (Expósito, De esta manera, los participantes compartir experiencias y analizar nocimientos, a fin de mejorar sus ades de planificación y acción.

tivo principal del DRP es apoyar odeterminación de la comunidad s de la participación responsable familias y así fomentar un desa-ostenible con las acciones imple-las. Los pasos seguidos fueron los tes:

Toma de contacto con las familias identificadas

Inicialmente se tomó contacto con los dirigentes de las comunidades seleccionadas; luego con algunas familias del área de trabajo para obtener información general de la vegetación arbórea existente y luego informar en forma global sobre el propósito del trabajo que se viene realizando.

Los municipios seleccionados para el estudio fueron: Tiwanaku, Taraco, Laja, Pucarani y Jesús de Machaca. En cada municipio se identificó y visitó dos comunidades y en cada comunidad se seleccionó cuatro predios, dando prioridad a la presencia de árboles y arbustos que son objeto de estudio del presente trabajo.

Basándose en un plan de visitas familiares acordado en la reunión comunal, se inició con el diagnóstico de la situación actual; se empleó las entrevistas semi-estructuradas y las observaciones directas en el campo sobre la situación y el potencial de desarrollo de la vegetación en las comunidades y familias identificadas.

Las variables tomadas fueron: las especies presentes en las fincas, el estado de desarrollo de los árboles (principios dasométricos), la función e importancia de los mismos para el agricultor y planes de manejo para su conservación en el tiempo y espacio.

3. Resultados y discusiones

Condiciones climáticas

Orsag (1989) indica que las precipitaciones en el altiplano, a parte de ser reducidas, tienen una distribución monomodal, pues más del 75% de éstas ocurren en primavera y verano, (tres a cinco meses), mientras que el 25% restante ocurren en otoño e invierno (siete a nueve

meses). En el altiplano norte las precipitaciones son más elevadas, debido principalmente a la influencia del lago Titicaca y a medida que aumenta la latitud, altiplano central y sur éstas disminuyen. Como los únicos meses con humedad son diciembre, enero y febrero, los demás son secos (abril a octubre). Existe en casi todo el altiplano, un déficit hídrico durante la mayor parte del año.

Con respecto a la temperatura, las medias del altiplano están comprendidas entre los 7 y 12°C. Uno de los problemas más serios que presenta esta región es la gran amplitud diaria de temperatura, debido a la intensa radiación solar a través de una cubierta atmosférica muy clara, que origina altas temperaturas en las tardes, que se pierden en las noches a las bajas presiones atmosféricas y bajas presiones de vapor de agua, ligada a las frecuentes ausencias de nubes. Por lo tanto las temperaturas nocturnas descienden, durante casi todo el año, a valores cercanos o inferiores a cero grados centígrados (Orsag, 1989).

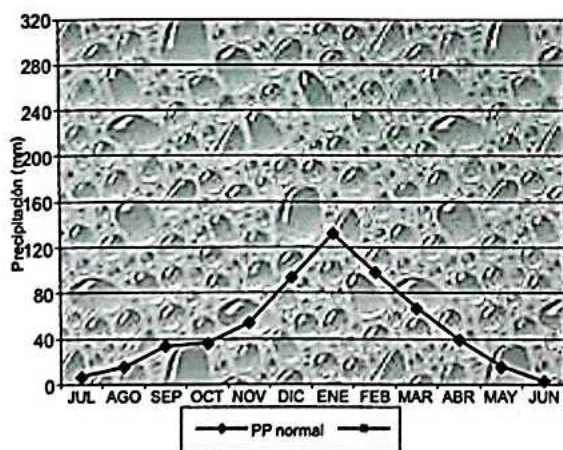


Gráfico 1. Comportamiento de la precipitación normal.

Fuente: elaboración propia con datos de SENAMHI, 2010-2011.



Gráfico 2. Comportamiento de la temperatura normal.

Fuente: elaboración propia con datos de SENAMHI, 2010-2011

Los factores (temperatura y precipitación pluvial) influyen de manera decisiva en el desarrollo de las plantas, más aún en el crecimiento y abundancia de los árboles. La ecoregión altoandina se caracteriza especialmente por su aridez, que en sus pisos inferiores posiblemente inhiba el desarrollo de una vegetación boscosa extensa (solamente existen bosquecillos o chaparrales en áreas reducidas que presentan condiciones ecológicas especiales (Ibisch et al. 2002). Una vez establecidas las plantaciones forestales, éstas están expuestas a condiciones de mayor amplitud térmica y escasez de agua, limitando el crecimiento y desarrollo. Los programas de forestación desarrolladas en esta región no han tomado en cuenta esta situación, a ello, se suma los pocos cuidados que se realizan por parte de la población. Según experiencias propias realizadas, la protección post-plantación para atenuar las variaciones de temperatura tienen un efecto positivo en el crecimiento de los árboles. La protección con paredes de adobe, piedra y agrofilm es una buena técnica, a los que se debe adicionar riego oportuno una vez a la semana en los primeros 3 años de vida de la planta.

El Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID, 1989) señala que durante 10 años se establecieron numerosos ensayos en el altiplano, que incluyeron diversas especies, tanto coníferas como latifoliadas del género *Eucalyptus*. Sin embargo, debido a las condiciones de sitio extremadamente rigurosas que presenta el altiplano a la vida vegetal, sólo se obtuvieron resultados positivos en sectores del denominado altiplano norte, con mayores niveles de pluviometría y condiciones ambientales favorecidas por el efecto termoregulador del lago Titicaca.

Aunque con crecimientos modestos, algunas especies como: *Eucalyptus globulus*, *E. viminalis*, *E. pauciflora*, *E. gunnii*, *E. urnigera*, *E. nitens* y *Cupressus sempervirens*, pueden constituirse en medios para la creación de recursos forestales energéticos, además de cortinas cortavientos y abrigo para hombres y animales en estas zonas más favorecidas por la humedad. En los sectores del altiplano central y sur (alejados del lago Titicaca), sólo es posible realizar plantaciones a largo plazo para la creación de recursos en base a especies nativas de los géneros *Buddleia* y *Polylepis*. En el manejo de los recursos naturales y sistemas de producción, existen 3 características que han influenciado en la de toma de decisiones y adopción de tecnología: a) variabilidad climática y variabilidad en la calidad y fisiografía de los suelos; b) diferenciación campesina que representan "espacios con potencialidad de acceso a tecnología" y c) demanda tecnológica diferencial, por la existencia de grupos de productores derivados de diferentes procesos agrarios, con estrategias y objetivos diferentes para cada piso ecológico (Reinoso, 1997).

Situación de las tierras de cultivo

La máxima expresión del minifundio se tiene lugar en esta región como un factor

influyente en el actual deterioro de su entorno natural. Los agricultores carecen de medios para implementar prácticas de conservación de suelos para atenuar la marginalidad de estas tierras con respecto al tipo de actividad practicada. La ocupación del espacio, asociada a una variabilidad climática, presión por las tierras y un sobre pastoreo, provocan una degradación de las tierras y de las pasturas nativas, disminuyendo la productividad y acentuando el empobrecimiento de los predios y de las familias.

No obstante, existen oportunidades que deben aprovecharse en beneficio de la región y sus habitantes. Una de ellas es la revalorización de los recursos forestales y su función generadora de bienes y servicios ambientales. En este marco se planteó estrategias para el desarrollo forestal del altiplano, aun con las fuertes limitaciones de condiciones climáticas para el desarrollo de la arboricultura que contribuya a conservar y mejorar el entorno ambiental, en el marco de acciones productivas y de conservación compatible con el ecosistema frágil y las relaciones socioculturales locales amigables de la región.

Situación de los árboles y arbustos dispersos

Durante la evaluación y análisis exploratorio realizado en el área de estudio, la situación de los árboles y arbustos es preocupante debido a su situación de sobrevivencia y conservación, producto de la presión constante que vienen sufriendo por la población. Pese a que se implementaron proyectos de forestación por las instituciones como Plan Internacional, la Unidad Académica Campesina de Tiwanaku-UCB, la Prefectura y los Gobiernos Municipales, han sido pocos los resultados y vanos los esfuerzos obtenidos.

A parte de las condiciones climáticas poco favorables, el problema radica en la fase de seguimiento después de la plantación. Muchos de los proyectos no tomaron en cuenta el monitoreo post-plantación, por falta de una planificación adecuada y la escasez de recursos económicos. Otro de los problemas en la fase de plantación es la falta de participación de los comunarios, estos se olvidan de hacer los cuidados necesarios que requiere una plantación forestal desde sus primeros años de crecimiento. Muchos de los entrevistados reconocen la importancia de los árboles en sus predios, pero argumentan que les falta tiempo para cuidarlos; por ejemplo, regar los árboles requiere más tiempo y por tanto tienen que priorizar sus actividades agrícolas y ganaderas.

Entre las instituciones que más plantines ha producido en vivero es la Unidad Académica Campesina de Tiwanaku, sus viveros tienen capacidad de producción de cerca 100.000 plantines por año. En sus inicios la producción de plantines estuvo destinado a la reforestación de las comunidades de Tiwanaku y Laja. Se estima que desde su instalación, el vivero produjo más de 2.000.000 plantines: de estos se puede constatar la sobrevivencia de un 3% de plantaciones en la actualidad, la mayoría de ellos son: kiwara (*Buddleja coriacea*), álamo (*Populus balsamifera*), olmo chino (*Ulmus pumila*) y pino (*Pinus radiata*).

Otra de las instituciones que en su momento ha producido mayor cantidad de plantines, con fines de forestación es el Plan Internacional. No se tiene registros estimativos de cuántos plantines ha producido, pero durante el trabajo se pudo evidenciar que la producción estaba centrada en las especies nativas y exóticas, entre las exóticas resalta *Pinus radiata*, que están plantadas en las laderas de las comunidades aledañas al centro

de operación del Plan Internacional (Tambillo y Laja).

Los entrevistados manifestaron que los árboles juegan un rol muy importante en la conservación de la biodiversidad, conservación y fertilización de los suelos agrícolas, elevan el valor de los predios, la ornamentación y protección contra los vientos. Durante el trabajo exploratorio se encontró árboles y arbustos en las siguientes condiciones:

Árboles junto a la vivienda

Son plantados por el hombre y en algunos casos regenerados naturalmente. Las especies identificadas fueron: *Buddleja coriacea*, *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata*, *Cupressus macrocarpa*, *Polylepis* sp., *Populus balsamifera* y *Olmus pumila*. Estas especies son frecuentes, en muchas poblaciones rurales de los municipios del altiplano de La Paz, y su utilidad principal que se les da, es la ornamentación de los predios rurales, madera para uso doméstico y embellecimiento del paisaje. En el caso de las especies exóticas como el eucalipto, ciprés y pino, son árboles longevos que fueron plantados en su mayoría (60%) antes de la revolución de 1952. En la actualidad estas especies persisten pero son objeto de intensa presión por parte de las comunidades para extraer leña y en otras ocasiones para habilitar tierras de cultivo y caminos; como sucede en Taraco, donde se planteó habilitar un camino y su ancho de vía afectando la plantaciones de árboles. La presencia de estas especies es común en las comunidades de los municipios circunlacustre: plantaciones como ornamentación, delimitación de predios y para la producción de madera.

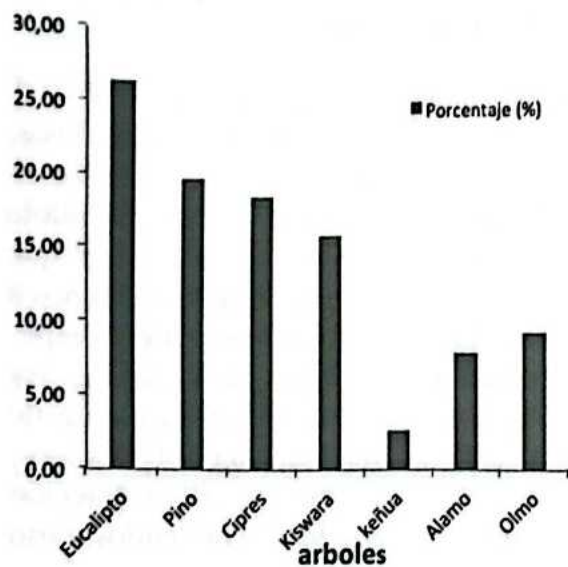


Gráfico 3. Abundancia de las especies arbóreas en las zonas de estudio, Tiwanaku

En el gráfico 3 y la foto 1 del anexo se muestra la abundancia y distribución de especies exóticas. El eucalipto es la especie preferida por los comunarios del altiplano, en orden de importancia están el pino y el ciprés. En el caso de los eucaliptos debido a su rápido crecimiento, buena forma del fuste, buena calidad de la madera y poca incidencia de enfermedades y plagas. Las hojas del eucalipto son utilizados para infusiones y vaporizaciones que sirven como terapias artesanales para la salud. (Mesen, F., Vásquez, W., Víquez, E., 2007) los eucaliptos producen una gama amplia de productos que incluyen leña, pulpa para papel, postes para cerca, postes de electrificación, madera para aserrío y sus flores son fuente importante de néctar para las abejas. Están entre las especies forestales de más rápido crecimiento en el mundo.

Las especies nativas como la kiswara y la keñua tienen menor presencia en los predios rurales y son menos preferidas por la población, debido a su lento crecimiento y difícil propagación, además no crecen en igual proporción que las exóticas, pero desde el punto de vista

ecológico son más recomendables por sus cualidades de interacción con otras especies, creando un sistema armónico en el sitio.

Actualmente el componente árbol está integrado en los diferentes sistemas de producción agrícola y pecuaria, aunque en escasa proporción. Es posible que se encuentren más prácticas tradicionales del uso de árboles para diferentes fines, especialmente en comunidades que no fueron consideradas en el estudio preliminar.

Árboles en líneas

Estos árboles fueron plantados para la delimitación de las parcelas y predios. Sus productos maderables son usados para leña para cocción de alimentos, madera para herramientas, construcción de viviendas y habitación de aves. Los árboles son plantados a una distancia de 2 a 3 m en línea de tal forma que se pueden encontrar hasta 600 árboles por ha. Algunas de las especies más comunes encontradas en esta forma de práctica son: *Pinus radiata*, *Eucalyptus glubulus* y *Budleja coreaceae* (foto 2, anexo).

Árboles como cortinas rompevientos

Se encontraron en este sistema, hileras de árboles que utilizan de 2 a 3 líneas de árboles con distancias de plantación que van de 2 a 3 m entre líneas y de 1 m a 1,5 m entre árboles. Las especies más utilizadas son: kiswara, el ciprés, pino, olmo y álamo. Las ventajas que proporciona este sistema, aparte de servir como cortinas rompevientos, es la provisión de forraje para ganado ovino y vacuno en época de estiaje, materia orgánica para el suelo y hábitat para la biodiversidad. Las especies caducifolias como el olmo, álamo y la kiswara aportan abundante materia

orgánica, que incorporados en el suelo agrícola podrían mejorar la capacidad productiva de los suelos. Hasta la fecha no se tienen estudios sobre este potencial que ofrecen los árboles asociados en este sistema.

Manchas de árboles y arbustos en campos de cultivo y pastoreo

Es una práctica tradicionalmente empleada por agricultores y ganaderos del trópico. Pero en el caso del altiplano, son utilizados en campos de pastoreo extensivo en tholares con el fin de proporcionar forraje al ganado ovino. Esta práctica se ha observado con frecuencia en los municipios localizados al sur del departamento de La Paz; cumplen la función de protección de áreas con pendiente, drenajes naturales, afloramientos rocosos, cursos de agua, lagunas y como hábitat de muchas formas de vida de plantas y animales del lugar. También se encontró árboles en campos de cultivo, sobre todo en las comunidades cercanas al lago Titicaca, como se puede observar en la foto 2 del anexo.

Cercas vivas

En altiplano y valles se utilizan árboles y arbustos, forrajeros o no forrajeros como barreras vivas y delimitación de parcelas y predios. Las especies en muchos casos son seleccionados por sus características y utilidad para este uso; mientras que en otros, son remanentes de vegetación originalmente presentes en los predios. Las especies más importantes, que se usan para este fin están: *Agave sp.*, *Acacia sp.*, *Buddleia sp.*, *Populus balsamífera*, *Kantua bicolor* y otras especies. Esta situación se pudo evidenciar en comunidades ubicadas en las laderas de Tiwanaku y Laja, como se observa en el anexo (foto 3).

Importancia de los árboles y arbustos en los predios rurales

En las zonas con escasa cobertura vegetal, como el altiplano y valles interandinos, el rol de los árboles en términos socio-culturales tiene connotaciones de índole tradicional; es casi un culto al árbol que se practica cuando hay árboles cercanos a los poblados rurales, especialmente especies como el *Schinus molle*, se los usa para sombra de los animales, fuente de energía (leña), madera para distintos usos, fuente para medicina natural y extracción de taninos para el teñido de tejidos y uso de exudaciones y resinas.

También los eucaliptos producen una gama amplia de productos que incluyen leña, pulpa para papel, postes para cerca, postes de electrificación, madera para aserrío y sus flores son fuente importante de néctar para las abejas. Están entre las especies forestales de más rápido crecimiento en el mundo (Mesen, F., Vásquez, W., Viquez, E., 2007).

Rol ambiental de los árboles y arbustos

El uso de árboles y arbustos en los predios se decide en virtud a las características y cualidades de cada especie y que se ajusten a los requerimientos de cada propietario de la tierra. De acuerdo con este criterio, los objetivos para los que son utilizados los árboles y arbustos son muy importantes si se quiere encarar programas masivos de repoblamiento forestal. Los servicios ambientales que generan los arboles y expresados por los pobladores en sus propios términos y que fueron traducidos en términos técnicos son:

- Sombra para ganado
- Aporte de materia orgánica para la fertilidad de los suelos agrícolas

- Protección del suelo, especialmente contra la erosión hídrica y eólica
- Fuente de forraje suplementario para el ganado en época de estiaje
- Provisión de taninos para la elaboración de tintes para el teñido artesanal
- Fuente de madera y leña para consumo doméstico y elaboración de carbón vegetal
- Madera para construcciones de viviendas
- Madera para mangos de herramientas y artesanías diversas.

Hasta la fecha, no se tienen experiencias de medición sobre la fijación de carbono en árboles y arbustos en el altiplano. Una iniciativa de desarrollo de una línea de investigación en ese sentido, podría aportar a la motivación para la implementación y mantenimiento de las prácticas con árboles y arbustos, cuya real dimensión no se percibe en el medio rural y urbano de la sociedad.

4. Conclusiones

La población del altiplano conoce algunos atributos de importancia ecológica y económica de los árboles y arbustos; la forma de conservar y manejar árboles en sus predios requiere de mayor cuidado en los primeros años de plantación. Es común observar árboles cerca de las viviendas, quebradas y ríos; como cercas vivas, demarcación de linderos y barreras rompevientos. Desafortunadamente no se encontraron referencias bibliográficas que mencionen el conocimiento local sobre el manejo de árboles y arbustos a nivel de detalle, pero el mismo existe y es palpable cuando se transita por las comunidades.

Sin embargo, la vegetación arbórea disminuye en número y en abundancia debido al consumo de leña, sobre todo hacia el sur del altiplano, donde los tholares

son explotados para la cocción de yeso (estuco) y hornos de panadería. Actualmente la vegetación está sometida a prácticas destructivas como la remoción directa de la cubierta vegetal, el sobrepastoreo, el chaqueo y la quema (Aramayo et al. 2004). También existe la introducción de forraje para ganado camélido y habilitación de tierras para cultivo de quinua en zonas no tradicionales. Al respecto, Reynolds, J.F., et al. (2008) señalan que es muy claro este aumento en la producción de la quinua que provocó una extensa conversión de terrenos de pastoreo, que ha sido reforzada por la migración de productores de las laderas, donde la mecanización no es posible. El Altiplano es una región muy susceptible a la erosión y degradación de suelos y cambios en el uso de la tierra (Coppus et al. 2003; Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Bolivia 1996 citado por Reynolds, J.F., et al. 2008). La extracción de plantas normalmente usadas para leña como la supu-tola (*Parastrephia lepidophylla*) y la koa (*Satureja boliviana*) no parece tener posibilidades de ser compensada por la propagación natural, menos por programas de recuperación, lo que significa que están en peligro de extinción, por el cambio de uso de la tierra, como sucede con la expansión del cultivo de la quinua.

El monitoreo de la dinámica de uso del suelo y los indicadores de estado de la vegetación arbórea, es clave para la planificación y ejecución de políticas orientadas al uso sostenible de los recursos naturales y su recuperación. Sin embargo, en el país en su conjunto no existe una red nacional de monitoreo que permita conocer la dinámica y evolución de diferentes indicadores del estado de los recursos naturales.

En el altiplano los árboles y arbustos no han sido cuantificados en su real dimensión y a nivel detalle. Los estudios reali-

zados son más a nivel de diagnóstico, particularmente con las especies nativas como la thola, kiswara y keñua. Estas deberían ser objetos de estudios por investigadores y universidades para su manejo y recuperación en la región.

Cuando una persona, mira un árbol, ve en él, como un componente más del paisaje. Si lo tiene que considerar, lo ve como fuente de materia prima o como un elemento de interferencia según sea su objetivo; no analiza el entorno del mismo (su ecología, dinámica e interacción con su medio, etc.) sus relaciones en el esquema productivo en el que participa. Por esta razón, es de suma importancia generar una conciencia armónica en la población en su conjunto para incidir en la conservación de pocos arbustos y árboles presentes en la zona de estudio.

En la mayor parte de los casos en donde los árboles y arbustos son escasos, se entiende la importancia del aporte del árbol a la satisfacción de las diferentes necesidades, pero se desconoce las formas de manejo, técnica de reproducción y conservación de los mismos.

Ante este vacío de conocimiento las instituciones responsables, deberán hacer esfuerzos, para informar y concientizar sobre las técnicas de manejo desde la colección de semilla hasta el cuidado en el terreno definido de la plantación.

5. Bibliografía

- Aramayo, C., et al. (2004). *La región altoandina de Bolivia*. En revista: Medio ambiente y desarrollo sostenible. Ed. Publicaciones Integrales, La Paz, Bolivia. p 22.
- Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (DIIC) (1989). *Red de forestación para América Latina y el Caribe*. Boletín No 2. Canadá. p. 15.
- Coronel, L. (2001). *Eficiencia Agroclimática del Altiplano de La Paz en base a datos de Evapotranspiración de Referencia Determinados por Lisimetria*. Tesis de grado (licenciatura). Facultad de Agronomía-Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia, 74 pp.
- Exposito, M. (2003). *Diagnóstico rural participativo*. Centro cultural POVEDA. Santo Domingo-República Dominicana. p 7.
- Ibisch, P., et al. (2002). *Mapa de los bosques nativos andinos de Bolivia*. Memoria explicativa. Programa de bosques nativos y agroecosistemas andinos. FAN-Bolivia, Santa Cruz, Bolivia. p 20.
- Orsag, V. (1989). *Factores limitantes del altiplano para la agricultura y degradación de las propiedades físicas del suelo*. Seminario de agroecología. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia p 10.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (1995). *Historial del Aprovechamiento Forestal y la Conservación en Bolivia*. La Paz-Bolivia. 32 pp.
- Mesen, F., Vasquéz, W., Víquez, E., (2007). *Ensayos de familias f-2 de Eucalyptus deglupta y e. grandis con fines de conversión en huertos semilleros*. En revista Agronomía Costarricense. Consultado www.latindex.ucr.ac. de fecha 8 de febrero 2012.
- Morales, C. (1990). *Medio Ambiente y Ecología Aplicada*. Instituto de Ecología Universidad Mayor de San Andrés. 318 pp.
- Muñoz, T. (2001). *Árboles fuera del bosque en Bolivia. Información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina*. Santiago de Chile. p 5.
- Reinoso, J. (1997). *Estrategias para conservación y desarrollo sostenible del altiplano*. Conferencia electrónica "Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas en la Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas" p. 2.
- Reynolds, J.F., et al. (2008). *La sustentabilidad de la producción de la quinua en el altiplano sur de Bolivia: Aplicación del paradigma de desarrollo de zonas secas*. En revista HABITAT, 75. p. 10.
- Zonificación Agroecológica y Socioeconómica de la Cuenca del Altiplano de La Paz (ZONISIG) 1998. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Prefectura del Departamento de La Paz. DHV Consultores-ITC Publicaciones SIERPE, La Paz, Bolivia p 17-57.

6. Anexos



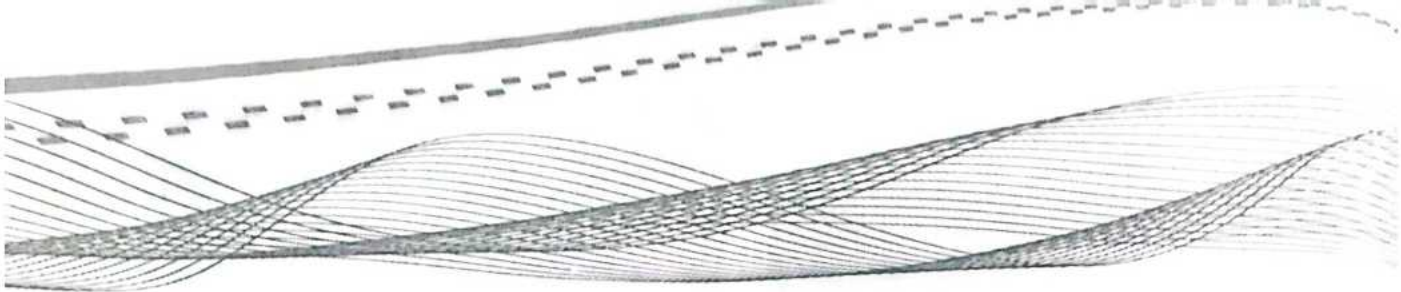
Foto 1. Árboles plantados cerca de una vivienda, 2010-Tiwanaku (Laoreano Coronel)



Foto 3. Árboles en cercos vivos y cortinas rompe-vientos en la comunidad Chusicañi-Tiwanaku (Laoreano Coronel)



Foto 2. Árboles en los campos de cultivo como semi sombra, 2010 - Tiwanaku (Laoreano Coronel)



PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS TIERRAS EN EL ALTIPLANO DE LA PAZ

Views on agroforest systems development in order to optimize the
ground productivity in the Altiplano, in La Paz city

Coronel, L.¹; Pujro, J.²

*Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de
El Alto, Bolivia*

1 Professor de Dasonomía y Silvicultura; Sistemas Agroforestales de la Carrera de Ingeniería Agronómica, UPEA.

2 Professor de Cálculo I y II de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública del El Alto

Recibido: 31 de oct. 2011, aprobado 17 Abr. 2012

Abstract

The Altiplano is one of the most human being depleted landscapes in Bolivia because of the both agricultural and rainforest exploitation. The bush vegetation such as *Polylepis* sp., *Parastrephia lepidophylla*, *Buddleja coriaceae* and others are scanty due to the fact that local people over demand such bushes. The same happens to the agricultural ground which is being diminished. This puts the local people's permanence in the place at stake. Climate adversity such as strong winds, hard periods of rain and scorching days are some causes to dry up the grounds. Unfortunately people have very few possibilities to rotate the ground to keep it fertile. Besides, there is a loss of ancestral conserving procedure practices. These are some reasons for some villagers to practice the mixing of crops and tree species systems. This is what it is called "Agro forest systems". These types of experiences are not enough yet. However, the research that is presented through this paper shows the potential development they can offer if they are used in mountainside grounds. Such grounds are not likely to be used due to the low fertility they offer.

Keywords: Deplete, productivity, grounds, agro forest systems

Resumen

El Altiplano es uno de los paisajes más degradados y antropizados de Bolivia, por su larga historia de explotación agropecuaria y silvícola. Producto de esta explotación, la vegetación original de arbustos como *Polylepis* sp., *Parastrephia lepidophylla*, *Buddleja coriaceae* y otros, son escasos, dispersos y objeto de intensa presión por la población local. Lo mismo ocurre con las tierras agrícolas, que cada vez disminuyen su capa-

ciudad productiva y con ello, se pone en peligro la permanencia de la población local. A ello, se suma las condiciones climáticas adversas, como las intensas precipitaciones pluviales en tiempos reducidos, vientos fuertes en épocas de estiaje y la intensa insolación que van desecando las tierras desprotegidas. Lamentablemente, la población tiene pocas posibilidades de realizar las rotaciones para mantener la fertilidad del suelo, por el tema de minifundio y la pérdida de prácticas de conservación ancestrales. Ante esta situación y obligados por la coyuntura climática que se vive, algunos pobladores han ido desarrollando prácticas asociadas entre cultivos y especies arbóreas, a ello, se denomina técnicamente Sistemas Agroforestales, todavía son escasas estas experiencias, pero los estudios preliminares que se presenta en este documento, muestran el potencial de desarrollo que pueden tener, cuando son establecidos adecuadamente y son manejados apropiadamente, sobre todo en tierras de ladera, que en la actualidad están sin ser utilizadas por el tema de baja fertilidad.

Palabras claves: Degradación, productividad, tierras, sistemas agroforestales

1. Introducción

El concepto de Sistemas Agroforestales es un término relativamente nuevo para calificar las prácticas ancestrales de uso de la tierra y han sido definidos de múltiples formas, sin lograrse un consenso entre investigadores y académicos. Una de las definiciones que se aplica en el presente trabajo es de Somarriba (1998) que luego de analizar un conjunto de conceptos, define a los Sistemas Agroforestales como: una forma de cultivo múltiple en la que se cumplen al menos tres condiciones fundamentales: 1). Existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente; 2). Al menos uno de los componentes es una leñosa perenne (árboles y arbustos) y 3). Al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas, incluyendo pastos. El concepto central de Sistemas agroforestales gira en integrar las especies vegetales leñosas en sistemas agrícolas, incluyendo la ganadería (Jiménez y Muschler 2001). A partir de la década de los 70, la comunidad académica internacional la incluye como objeto de trabajo de la investigación y desarrollo.

A este sistema de uso de la tierra, se visualiza como una opción de uso sosteni-

nible y aprovechamiento de los recursos naturales, en los que la explotación agropecuaria y silvícola ha sido cuestionada ecológicamente y económicamente. En Bolivia, en el departamento de La Paz, se empieza a trabajar con esta forma de uso y aprovechamiento de la tierra a partir de la década de los 90. Los proyectos: OSCAR, ECOTOP, CEIBO y USAID han venido desarrollando experiencias demostrativas en el norte de La Paz, con buenos resultados, con el objetivo de hacer un desarrollo sostenible que permita conservar los medios de producción como una estrategia para mitigar la expansión incontrolada de la frontera agrícola poco amigable con la naturaleza.

Sin embargo, en el altiplano el concepto de Sistemas Agroforestales es casi desconocido para la población. Los intentos de explicación que se presenta se basan en muchas observaciones de campo, en testimonios recogidos directa o indirectamente de las familias y de una minuciosa revisión de la escasa literatura existente. La bibliografía encontrada analiza a nivel del diagnóstico del estado situacional de los recursos naturales. Entendiendo el enfoque de sistemas como una herramienta que permite el estudio de situaciones reales de una manera práctica, son

acumulaciones no aleatorias de materia y energía organizadas en espacio y tiempo, que tienen límites, subsistemas y componentes interactivos. Los límites son naturales o artificiales y definen claramente lo que es interno o externo al sistema. La disposición de los componentes y subsistemas, proporcionan al sistema sus propiedades estructurales; mientras que los cambios de materia, energía e información representan sus propiedades funcionales.

La finalidad de este trabajo preliminar fue identificar las prácticas agroforestales existentes en el altiplano de La Paz, información que servirá posteriormente para implementar prácticas de conservación de recursos naturales y programas de agroforestería como estrategia para mitigar el proceso de degradación acelerada de los suelos y recursos naturales y mitigar los efectos del cambio climático.

2. Materiales y métodos

El altiplano de La Paz está ubicado al occidente del departamento y limita al norte y este con los valles interandinos del departamento, al sur con el departamento de Oruro y al oeste con las repúblicas de Perú y Chile. Comprende las provincias fisiográficas de altiplano; Cordillera Occidental o Volcánica y Cordillera Oriental. Se encuentra entre los paralelos 14° 38' 50" y 18° 03' 19" de latitud sur y los meridianos 69° 38' 42" y 67° 28' 53" de longitud oeste (ZONISIG, 1998).

Metodología

El estudio se llevó a cabo en los municipios de Tiwanaku, Jesús de Machaca, Laja y Pucarani. En cada uno de los municipios se identificó las prácticas agroforestales existentes para luego ser estudiada, cuatro prácticas en cada municipio. Entendiendo que estos municipios son representativos del altiplano norte de La Paz.

• Delimitación del universo de estudio

La primera fase del trabajo se realizó en el año 2010. Se identificaron los predios en donde se tenía presencia de alguna práctica agroforestal o asociación similar, para ello, se tomó contacto con las autoridades de las comunidades seleccionadas y luego con las familias del área de estudio para obtener; información general de las características de la vegetación arbórea y los componentes del sistema asociado.

• Recolección de la información

Basándose en un plan de visitas familiares acordado en la reunión con las autoridades: en la primera fase se inició con la identificación y diagnóstico de las prácticas agroforestales existentes, para ello, se empleó las entrevistas semi-estructuradas y las observaciones directas en el campo. Se determinó, los componentes de los sistemas asociados, el potencial y las perspectivas de desarrollo de las prácticas. El procedimiento utilizado en la aplicación de las entrevistas semi-estructuradas estuvo en función del Diagnóstico Rural Participativo (Expósito, M. 2003) que es un conjunto de técnicas y herramientas que permite que las comunidades hagan su propio diagnóstico y de ahí comiencen a auto-gestionar su planificación para el desarrollo.

• Definición de variables de estudio

Cabe recalcar que este trabajo es el primero que se realiza a nivel de diagnóstico, debido a que no existe documentación sobre recursos naturales y su estado situacional en el altiplano y no se tiene información al respecto. Para el presente estudio se plantearon las siguientes variables de trabajo:

Tenencia de tierras: se entiende por tenencia de tierras, el derecho propietario de los mismos, la forma de manejo en el tiempo y el espacio, diversificación de los cultivos y rendimientos.

Ingreso familiar: se consideró el ingreso familiar como aquel ingreso bruto predial, conformado por el ingreso proveniente de las actividades productivas desarrolladas en los sistemas de producción.

Componentes arbóreos: se identificó primero los componentes arbóreos (árboles y arbustos) presentes en cada una de los predios objeto de estudio. También se estimó la edad o el tiempo de vida que tienen cada uno de los componentes arbóreos; cómo se han constituido las mismas, con qué finalidad y cuáles son los resultados que se tiene al respecto.

Identificación y caracterización de las prácticas agroforestales: la caracterización se realizó en función a la funcionalidad de cada práctica y los componentes que la integran en cada caso de estudio.

3. Resultados y discusiones

En cada municipio se identificó cuatro prácticas agroforestales y experiencias desarrolladas en el manejo integral de los recursos naturales.

Tenencia de tierras y su estado de conservación

Las tierras han sido dotadas por la reforma agraria de 1952. Desde entonces, las familias son propietarios de las tierras que poseen. Lamentablemente, cada vez son más pequeñas las propiedades que tienen estas familias, debido a la división/partición que se realizan de las tierras de padres a hijos. Esta situación obliga a las familias a tener menos tiempo en la rotación de las parcelas. Entendiendo que la

rotación es una estrategia de recuperación de la capacidad productiva de los suelos. En estas regiones el crecimiento de la población está generando nuevos y severos problemas ambientales, dada la escasez de recursos naturales (Urioste, 2004). En su mayoría las propiedades oscilan entre 5 a 8 has en promedio. De esta superficie, el 40% son tierras cultivables y el resto son tierras con problemas productivos: pendientes pronunciadas, afloramientos rocosos, pérdida de capacidad productiva y erosión en cárcavas.

El uso de la tierra en el altiplano es el resultado de una planificación poco responsable, lo que ha conducido al minifundio, que es la repartición de la tierra en porciones de tamaño progresivamente menores. Las tierras aptas para agricultura y ganadería se convierten poco a poco en lo que la población local conoce como surcofundio. Esta práctica, lleva a las familias a sostenerse dentro de una economía de subsistencia que extrae el mayor provecho de la tierra en el menor tiempo posible, sin incorporar prácticas de conservación. Esta realidad se convierte en un beneficio de corto plazo y en una espiral descendente de producción agropecuaria y calidad de vida. Ante esta situación, los Sistemas Agroforestales podrían ser una respuesta favorable para mitigar los efectos de degradación de los recursos naturales y de esta manera mejorar la capacidad productividad de los suelos.

Como causas del primer componente del problema principal se identificó la intensa actividad agropecuaria en tierras de ladera bajo regímenes de minifundio, cuya presión ante la escasa masa forestal remanente de tipo comunal es incremental ante la falta de opciones de empleo no agrícola. Así mismo se identificó como causa, la alta y creciente dependencia de la población rural de fuentes energéticas forestales.

Como segunda causa del problema principal se presenta la débil cultura forestal, la falta de información, difusión e incentivos otorgados al agricultor para la sostenibilidad de los ínfimos programas de reforestación desarrollados hasta la fecha.

Enfoque agroecológico de los sistemas agroforestales

Cuando se trabaja con recursos naturales y en predios, partimos de la premisa que este es un sistema, compuesto por partes que interactúan entre sí para producir productos prediales (carne, leche, alimentos y materias primas). Dichas partes pueden ser componentes agrícolas, pecuarios y forestales o la combinación de estos, interactuando mediante la utilización de los recursos naturales (suelo, agua, aire, recursos genéticos, animales y vegetales). Los componentes son organizados y deben ser manejados por los productores y varían en función de las condiciones biofísicas y de las trayectorias en el tiempo, derivadas del entorno social, económico, cultural y ambiental. El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo (Altiere, M., 2009).

A diferencia de los enfoques convencionales, que a menudo se concentran en los sistemas de producción del monocultivo, el enfoque agroecológico enfatiza el papel rector de la familia sobre la dotación de capitales, por lo cual, el hogar constituye la unidad de análisis del funcionamiento del predio. La participación de la familia es pieza clave para el éxito del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Durante mucho tiempo, la práctica agrícola ha sido de monocultivos y cada vez los tiempos de rotación se fue reduciendo, esto ha generado la pérdida de la capacidad productiva de grandes extensiones de tierras, sobre todo en las laderas. En las planicies se han introducido forrajes de tipo leguminosa como los alfalfares, lo que ha influido y motivado en el incremento de la actividad ganadera lechera. Sin embargo, para que sea sostenible, es necesario proponer e implementar prácticas que permitan la sostenibilidad de los sistemas de producción y la agroforestería es una de las opciones de asociación, sí es que es bien planteado y manejado.

Presencia de prácticas agroforestales

Durante el trabajo se identificaron la presencia y desarrollo de prácticas agroforestales en los predios, los mismos en diferente estado de desarrollo y manejo. Muchas prácticas se repiten con los mismos componentes arbóreos, los cuales se describen a continuación:

• Árboles en linderos

Son especies leñosas que están establecidos en los límites internos y externos entre lotes y predios vecinos, su función principal es demarcar los predios. Los árboles que componen son; kiswara (*Buddleja coriacea*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus macrocarpa*). Su establecimiento en la mayoría de los casos data de hace 15 años en forma secuencial y en otros casos son simultáneos (foto 1, anexo). La mayoría de las especies fueron plantadas por el mismo agricultor con la finalidad de ornamentar y delimitar su finca. Estas prácticas generan productos y servicios como: madera para herramientas de trabajo, leña para cocción de alimentos, forraje para ganado, sombra

para animales, embellecimiento del predio y estatus social.

• Tiras de vegetación en contorno

Algunas familias implementaron fajas de especies leñosas, con ciprés y kiswara, plantadas en contorno a sus parcelas con la finalidad de delimitar las áreas de cultivo. Estas experiencias se encontraron en las comunidades aledañas a cantón Tambillo y Tiwanaku.

La función principal de las tiras es proteger el suelo de la erosión hídrica en zonas de pendientes mayores a 15% y generar un microclima favorable para el desarrollo de los cultivos. Adicionalmente se producen leña, forraje, materia orgánica, embellecen el paisaje, brindan alimento y refugio a la fauna silvestre (foto 2, anexo).

Otra especie encontrada en esta forma de práctica es el pino (*Pinus radiata*) que ofrece las mismas ventajas que otras especies citadas anteriormente, pero además, produce madera de alta calidad, porque estas están adaptadas muy bien a las condiciones ambientales del altiplano y su desarrollo es más rápido que el ciprés y especies nativas. En el cantón Tambillo se encontraron plantaciones de pino con buen desarrollo del fuste y copa, además, estas especies se desarrollan en las laderas de alta pendiente, lo que demuestra la poca exigencia en cuanto se refiere a calidad de suelo y no obstruyen campos de cultivos tradicionales.

Cortinas rompevientos

Se encontraron sistemas para la protección de cultivos agrícolas, viviendas, tierras agrícolas y biodiversidad. Su establecimiento consiste en una o más hileras de árboles, en forma perpendicular a la dirección y velocidad del viento, como

una barrera para detener el viento o para reducir su intensidad (velocidad). Estos son utilizados como deslindes de predios, cercos y para obtener productos maderables para herramientas y madera para leña.

Para su implementación, se seleccionaron árboles que tienen un crecimiento en altura (árboles más altos) combinados con arbustos, de esta manera, cumplen mejor su funcionalidad. Entre las especies encontradas en este sistema están El pino, ciprés y kiswara, este último como arbusto de menor porte. La estructura constituida de esta forma puede proteger hasta dos veces su altura del árbol los efectos erosivos del viento.

Bancos de energía y proteína

El follaje de kiswara y keñua son utilizados como forraje de suplemento para el ganado vacuno y ovino en época de estiaje, pero es importante hacer un control de su consumo, porque de lo contrario se podría degradar y hacer daño a la vegetación, lo que limitaría el posterior desarrollo del arbusto. Esta situación se observó en los predios de la Unidad Académica Campesina de Tiwanaku; donde las plantaciones de kiswara realizadas para la ornamentación del ingreso principal, son consumidas por el ganado vacuno y su posterior recuperación es lenta ya que fueron defoliadas en su totalidad y en otros casos se va degradando hasta desaparecer totalmente. En cuanto a su contenido de proteínas y energía de las especies en estudio no se cuentan con datos cuantitativos, por lo que es una tarea pendiente.

Servicios de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales presentan grandes expectativas cuando su asociación se realiza adecuadamente; ordena-

ción sobre el espacio y su manejo. Los beneficios que estos sistemas generan hasta la fecha no están cuantificados y estos se analizan a continuación:

En el rol ecológico: se destaca la función de mantenimiento de la biodiversidad en paisajes agrícolas deforestados; la reducción de la erosión, recuperación de suelos y praderas degradadas, como factores para la conservación y recuperación de la capacidad productiva de las tierras (foto 4, anexo) y la absorción de carbono y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Lamentablemente, muchos tholares naturales por el cambio de uso de la tierra desaparecen, sin haberse determinado su potencial de almacenamiento del carbono atmosférico. Según Coppus et al. 2003; Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Bolivia 1996 citado por Reynolds et al. (2008) el altiplano es una región muy susceptible a la erosión y degradación de suelos y cambios en el uso de la tierra. El manejo de recursos naturales en los andes y por ende en el altiplano, no es adecuado en términos de eficiencia de producción, sostenibilidad del desarrollo y procesos de producción, así como equidad en los ingresos (Reinoso, J. 1997).

Biodiversidad

El mantenimiento y manejo de la biodiversidad en sistemas de producción agroforestal se logra por el efecto combinado de varias acciones: diversidad florística al incluir especies de plantas de diferentes formas de vida (arbustos y árboles) con diferentes arquitecturas. Las especies arbóreas y arbustivas, presentan un sistema radicular mucho más penetrante que las gramíneas, lo cual permite captar agua y nutrientes en perfiles del suelo más profundos, mejorando de esta manera la tolerancia de estas plantas al estrés de sequía.

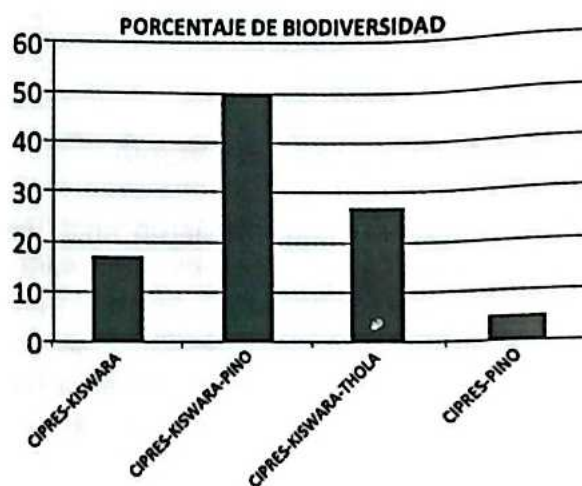


Gráfico 1. Abundancia de la biodiversidad en los diferentes tipos de asociación

En muchas prácticas identificadas y observadas durante la investigación se determinó el incremento y abundancia de la diversidad biológica, como se evidencia en el gráfico 1. Las asociaciones que mejor permiten el desarrollo y abundancia de la diversidad de plantas inferiores es la asociación de la kiswara, keñua y la thola y no así, las coníferas, pero, la asociación de latifoliadas con coníferas, presentan mejores condiciones y resultados debido a que se generan mejores condiciones del sitio (temperatura y humedad) para abundancia de las plantas inferiores. Entre las especies se encontraron: k'oa (*Satureja boliviana*), chilliwa (*Festuca dolichophylla*), thola (*Parastrephia lepidophylla*) y iru ichu (*Festuca orthophylla*).

Productividad de los predios

El establecimiento adecuado de los árboles reduce la erosión y mantiene la fertilidad de las tierras, porque las raíces profundas de los árboles aumentan la disponibilidad de los nutrientes a través del reciclaje de nutrientes desde capas profundas hacia la superficie del suelo, de esta manera, el aporte de materia orgánica mejora la productividad y se incrementa la circulación del agua en el suelo (mayor infiltración y mejor absorción).



Gráfico 2. Rendimiento de la papa, periodo agrícola 2009-2010

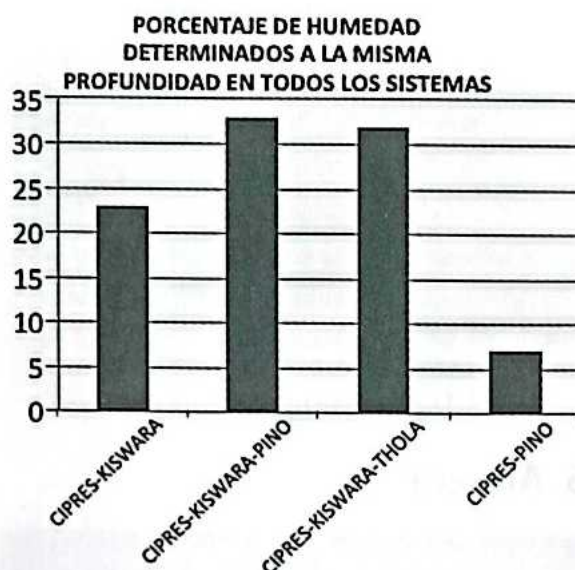


Gráfico 3. Contenido de la humedad medida 2009-2010

En la comunidad Achuta Grande, municipio de Tiwanaku, durante el periodo de investigación 2010-2011 se realizaron algunas pruebas en cuanto a la productividad y contenido de humedad. Los resultados se muestran en los gráficos 2 y 3. El cultivo de referencia fue la papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Imilla negra y Waycha peceña. La productividad para fines de explicación de los resultados se expresa en rendimiento y calidad de los tubérculos (incidencia del gorgojo de los andes o gusano blanco). Se obtuvo mejores rendimientos del

cultivo en las asociaciones de: ciprés, kiswara y pino; ciprés, kiswara y thola. Esta situación es producto de las mejores condiciones del sitio que se generaron producto de la presencia de la vegetación arbórea en contorno al campo de cultivo (mayor humedad y mejores condiciones térmicas). La humedad fue medida a la misma profundidad en todos los sistemas identificados antes de la siembra en el mes de noviembre y durante el periodo de crecimiento de los cultivos a través del método gravimétrico. El comportamiento de la humedad podría deberse al sistema de asociación en donde el sistema radicular y su profundidad favorecen la ascensión capilar y la dinámica del comportamiento del agua.

Perspectivas de desarrollo agroforestal

Cuando se realiza una asociación adecuada, los conceptos desarrollados en la parte introductoria se confirmarían, la mayoría de los ensayos se ejecutaron en las laderas de los municipios y comunidades identificados, aclarando que las condiciones de sitio son diferentes con respecto a las planicies, por lo que se debe hacer estudios en estas condiciones de sitio.

Con este antecedente, la adopción de prácticas de manejo que permitan su aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales a través de los Sistemas Agroforestales "Árboles en terrenos de cultivo" es una alternativa para lograr el propósito que se persigue y un desarrollo sostenible, al ser una forma de uso de la tierra en el que árboles forman una combinación espacial y temporal con cultivos agrícolas incluido la ganadería, generando condiciones favorables de sitio para el desarrollo cultivos y otras formas de vida, que incrementan la productividad de las tierras y reducir los riesgos climáticos.

Se debe trabajar en la concientización de la población y la difusión de los beneficios y resultados logrados, porque sí es posible el desarrollo de los Sistemas Agroforestales como muestran los ensayos desarrollados en el presente estudio.

4. Conclusiones

Las tecnologías agroforestales por sí solas no son protectoras del ecosistema, deben ser acompañadas de manejos adecuados y oportunos como: arreglo espacial y temporal; composición y asociaciones favorables de especies arbóreas.

La composición y desarrollo de las especies depende de las condiciones ecológicas del sitio, las preferencias de los productores y la disponibilidad de las semillas forestales o plantines a bajo costo y los incentivos correspondientes permitirían un mejor y mayor desarrollo de las prácticas agroforestales.

Los agricultores preocupados por el agotamiento de la fertilidad de sus tierras, desaparición o disminución de la fauna y escasez de leña, se han visto obligados a buscar alternativas para disminuir las consecuencias de la deforestación. Esto ha determinado el establecimiento de formas primarias de sistemas agroforestales como los analizados en el presente estudio.

En cuanto a las experiencias encontradas, es importante mencionar que la mayoría de las prácticas reportadas se limitan a áreas pequeñas y dispersas, en laderas en donde la actividad agrícola extensiva se ha reducido, debido al agotamiento de la capacidad productiva de las tierras, pero los Sistemas Agroforestales son una opción para el desarrollo de la agricultura en esas áreas. Los Sistemas Agroforestales muestran un potencial de desarrollo en el mediano y largo plazo en la región.

5. Referencias bibliográficas

- Altiere, M. (2009). *El estado del arte de la Agroecología*. Revisando avances y desafíos. En vertientes del pensamiento agroecológico. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Medellín, Colombia. p 69. En sitio: www.agroeco.org/socla.
- Exposito, M. (2003). *Diagnostico rural participativo*. Centro cultural POVEDA. Santo Domingo-Republica Dominicana. p 7.
- García, E. (2004). Memorias del ciclo de conferencias. Sistemas agroforestales, otra perspectiva de manejo de los recursos naturales. Universidad Católica Boliviana. La Paz – Bolivia 74 p.
- Servicio Alemán de Cooperación Social y Técnica (DED)-Bolivia. (2007). *Sistemas Agroforestales: Una propuesta de sistemas productivos sostenibles*. Experiencias del DED en tres regiones de Bolivia. Las Paz-Bolivia. p 15
- Somarriba, E. (1998). *¿Qué es Agroforestería?*. Apuntes de clase del curso corto. Sistemas Agroforestales. CATIE-GTZ. Serie Técnica N° 32. Turrialba, Costa Rica. p. 2
- Reinoso, L. (1997). *Conferencia Electrónica "Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas en la Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas"* p 1.
- Urioste, M. (2004). *Bolivia. La reforma agraria abandona. Los Valles y el Altiplano*. Debate agrario. p 165. En sitio. www.cepes.org.pe.

6. Anexos



Foto 1. Práctica agroforestal con árboles en lindero en los predios del municipio de Tiwanaku (L. Coronel, 2010)



Foto 2. Arbustos de kiswara en contorno-comunidad Achuta Grande-Tiwanaku (L. Coronel, 2010)



Foto 3. Arbustos de kiswara en lindero-Achuta Grande-Tiwanaku (L. Coronel, 2010)



Foto 4. Generación y acumulación de materia orgánica en un sistema asociado (L. Coronel, 2010).





UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

CREADA POR LEY 2115 DEL 5 DE SEPTIEMBRE DEL 2000
AUTÓNOMA POR LEY 2556 DEL 12 DE SEPTIEMBRE DEL 2003

¡LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO AL SERVICIO DE SU PUEBLO!

- | | | | |
|----|--------------------------------------|----|----------------------------------|
| 1 | Administración de Empresas | 18 | Medicina |
| 2 | Arquitectura | 19 | Medicina Veterinaria y Zootecnia |
| 3 | Ciencias de la Educación | 20 | Odontología |
| 4 | Ciencias del Desarrollo | 21 | Sociología |
| 5 | Comunicación Social | 22 | Trabajo Social |
| 6 | Contaduría Pública | 23 | Ingeniería Textil |
| 7 | Derecho | 24 | Ingeniería Ambiental |
| 8 | Economía | 25 | Ingeniería Eléctrica |
| 9 | Enfermería | 26 | Ingeniería Autotrónica |
| 10 | Historia | 27 | Física y Energías Alternativas |
| 11 | Ingeniería en Producción Empresarial | 28 | Artes Plásticas |
| 12 | Ingeniería Agronómica | 29 | Ciencias Políticas |
| 13 | Ingeniería Civil | 30 | Educación Parvularia |
| 14 | Ingeniería de Gas y Petroquímica | 31 | Gestión Turística y Hotelera |
| 15 | Ingeniería de Sistemas | 32 | Comercio Internacional |
| 16 | Ingeniería Electrónica | 33 | Nutrición y dietética |
| 17 | Lingüística | 34 | Zootecnia e Industria Pecuaria |
| | | 35 | Psicología |



www.upea.edu.bo

Dirección: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza
Teléfonos: (+591) 2-2844177 / (+591) 2-2845787
Fax: (+591) 2-2845800
La Paz - El Alto

DICyT

**Dirección de Investigación
Ciencia y Tecnología**

Dirección:

Avenida Sucre (Villa Esperanza) s/

Teléfono: (591-2) 2844177

Fax: (591-2) 2845800

Sitio web: www.upea.edu.bo