ISSN 2077317X

CienciAgro

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

Cienciagro Vol.8 Nr.1 (2018)

Vulnerabilidad y opciones de adaptación del cultivo papa (*Solanum tuberosum* L.) al cambio climático para condiciones de altiplano y valles de Bolivia
Torrico, J. C. (1-14)

Variación fenotípica intra- e inter-poblaciones en siete poblaciones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) del altiplano boliviano
Castillo G. C. R. et al. (15-21)

Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota.
Luna Q., E. I. (22-31)

Efecto de iprodione, folpet y folpet+prochloraz sobre el crecimiento micelial de Alternaria solani y Trichoderma harzianum
Fernández Ch. C. (32-41)

Tecnología Apivector: origen, componentes y desarrollo.
Espinosa, S. et al. (42-55)

Aplicación de almidón modificado de tres variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum*) en jugos naturales y plastificado de frutos
Montaño, P. B. (56-61)

TIC a la vista. Perspectivas de uso y aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en dos comunidades del altiplano boliviano, en el marco de políticas públicas establecidas en el país
Soraide A. E. (62-75)

Comportamiento agronómico de nueve cultivares de café (*Coffea arabica* L.) con tres tipos de sustratos, en fase vivero, Chijchipani, Municipio de Caranavi - La Paz
Quelali M. L. y Condori T. W. (76-83)

www.institutoagrario.org

ISSN 2077317X

CienciAgro

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

PAGINA EDITORIAL DE LA REVISTA
Título: CienciAgro
Editorial: Instituto Agrario Bolivia
Editor en Jefe: Dr. Juan Carlos Torrico Albino
Dirección: Av. Kantutani N. 900 Of. 14L
La Paz – Bolivia
Casilla Postal 1557 LP-Bolivia
E-mail: info@institutoagrario.org
Página-web: www.institutoagrario.org/cienciagro
Impresión: AGRARIO-Editorial
Edición actual: Vol.8 Nr.1 (2018)
ISSN 2077-317X
Depósito Legal Bolivia: 4-4-144-09
Foto portada: Pixabay

PANEL EDITORIAL
Dr. Juan Carlos Torrico Albino - Universidad de Ciencias Aplicadas Colonia - Alemania. Instituto de Tecnología en los Trópicos. Betzdorfer Str. 2. 50679 Cologne/Germany
Dr. René Chipana Rivera - Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Calle Héroes del Acre 1850. La Paz-Bolivia.
Dr. Marc J.J. Jansens - Universidad Friedrich Wilhelm Bonn. Facultad de Agronomía. Auf dem Hügel 6. D-53121 Bonn.
Dra. Mónica Avilés - Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México.
Dr. David Cruz Choque - Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Calle Héroes del Acre 1850. La Paz-Bolivia.
Dr. Juan Carlos Barrientos - Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Av. Carrera 30 N° 45-03 Conmutador Bogotá.
Dra. Magali García - Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Calle Héroes del Acre 1850. La Paz-Bolivia
Dr. Luiz Roberto Calado - FEA-USP-Brasil. Avenida Professor Luciano Gualberto, 908 - Butantã - São Paulo/SP - 05508-010.
Dr. Bruno Condori Ali. UMSA- Catholic University of Louvain. Place de l'Université B-1348 Louvain-la-Neuve-Belgium.
Dr. René Rodolfo Ayala. Université Louis Pasteur de Strasbourg (Universidad de Estrasburgo). 24 rue Humann 67000 Strasbourg - Francia.
Dr. Jürgen Pohlan. Universidad de Bonn. Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES). Auf dem Hügel 6. D-53121 Bonn.

COORDINACIÓN
Isabel Mallea y Verónica Escalante

EDICIÓN y DISENO
Carlos Andres Torrico, Alison Benavides

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 1-14
Recibido: 23/07/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

Vulnerabilidad y opciones de adaptación del cultivo papa (*Solanum tuberosum L.*) al cambio climático para condiciones de altiplano y valles de Bolivia

Vulnerability and adaptation options of potato crop (Solanum tuberosum L.) to the climate change for conditions of Altiplano and Valleys of Bolivia

Juan Carlos Torrico Albino[1]*

[1]Investigador principal del Instituto Agrario Bolivia

** Autor de contacto: Av. Kantutani 900. La Paz - Bolivia. E-mail: torrico@web.de*

RESUMEN

El cambio climático está afectando todo el sistema ecológico y socio-económico del planeta. Los sistemas agrícolas son altamente dependientes de factores climáticos lo que los hace altamente vulnerables a sus cambios. El cultivo de la papa es estratégico para la seguridad alimentaria en Bolivia. Los escenarios climáticos indican que se vivirán con más frecuencia cambios extremos y cambios en el comportamiento normal, mismos que podrían repercutir de forma diferente sobre el cultivo de papa. Los objetivos de este estudio fueron: i) generar escenarios climáticos hasta el año 2030; ii) construir escenarios basados en datos reales de suelo, clima y cultivo, y iii) cuantificar el efecto del cambio climático sobre el cultivo de papa en la región de los Valles y Altiplano. Se usó, calibró y validó el modelo "Sistema de Soporte para Toma de Decisiones en la Transferencia de Agrotecnología" (DSSAT) para condiciones locales y del cultivo papa Sani Imilla. Los resultados mostraron que existirá un aumento de la temperatura y la precipitación en ambas regiones. El cultivo de la papa es vulnerable a cambios en parámetros climáticos. Los rendimientos se elevan hasta 4,6% por cada 10 años, adicionalmente podría incrementarse hasta 6.6% si se dobla la concentración de CO_2 a 660 ppm. La medida de adaptación más eficiente es el riego, aplicaciones de 60 mm a 180 mm incrementarían el rendimiento entre 30% a 60%. El modelo mostró poca sensibilidad a las distintas fechas de siembra. Si bien los rendimientos aumentan, éstos pueden disminuir y llegar al 2030 con una baja en los rendimientos de hasta 48% a consecuencia de la baja compensación de agua por efecto de la mayor evapotranspiración. En conclusión, según el modelo, se elevarán las temperaturas en la región del altiplano y valles, y se pueden lograr mayores rendimientos si se combina este aumento de temperatura con riego. Estos resultados pueden servir para dirigir programas de asistencia técnica y toma de decisiones en la planificación agropecuaria.

Palabras clave: Bolivia, cultivo de papa, adaptación al cambio climático, DSSAT, Modelos climáticos.

ABSTRACT

Climate change is affecting the entire ecological and socio-economic system of the planet. Agricultural systems are highly dependent on climatic factors which makes them highly vulnerable to their changes. The cultivation of potatoes is strategic for the food security in Bolivia. The climatic scenarios indicate that extreme changes and changes in the normal behavior will be experienced more frequently, which could have a different impact on the potato crop. The objectives of this study were: i) to generate climate scenarios up to the year 2030; ii) build scenarios based on real data of soil, climate and crop; and iii) quantify the effect of climate change on potato cultivation in the Valles and Altiplano

region of Bolivia. The model " Decision Support System for Agrotechnology Transfer" (DSSAT) was used, calibrated and validated for local conditions and the potato crop Sani imilla. The results showed that there will be an increase in temperature and precipitation in both regions. Potato cultivation is very sensitive to changes in climatic parameters. The yields rise up to 4.6% for every 10 years, additionally it could increase up to 6.6% if the CO_2 concentration is doubled till 660 ppm. The most efficient adaptation measure is irrigation, applications from 60 mm to 180 mm would increase the yield between 30% to 60%. The model showed little sensitivity to the different sowing dates. Although yields increase, they can decrease and reach 2030 with a drop in yields of up to 48% as a result of the low water compensation due to the higher evapotranspiration. In conclusion, on the basis of the model, temperatures will rise in the Altiplano and Valles, and higher yields can be achieved if this increase in temperature is combined with irrigation. These results can be used to direct technical assistance and decision-making programs in agricultural planning.

Keywords: Bolivia, potato crop, adaptation to climate change, DSSAT, Climate models.

1. INTRODUCCION

1.1 La papa en Bolivia

El cultivo de papa ha sido catalogado como uno de los cuatro cultivos más importantes del mundo (Villa, 2015; FAOSTAT, 2015; Seminario, 2018), en Bolivia es en cultivo más importante desde el punto de vista socio-económico y de la seguridad alimentaria. Este alimento aporta aproximadamente el 50% del consumo de energía (FAO, 2018; Torrico, 2014; Gabriel et al, 2014; Saavedra, 2014), además, es la mayor fuente de ingresos en regiones de altura. (Alwang et al., 2013)

Este cultivo es también importante porque se cultiva a gran escala en 7 de los 9 departamentos del país (Figura 1), abarcando 182.675 ha (INE, 2013). El 28% de los campesinos del país son productores de papa, generando cerca de 134.000 fuentes de empleo directo y 200.000 fuentes indirectas. La papa ha representado en los últimos 25 años cerca al 20% de los 12 cultivos principales del país (INE, 2018; Torrico, 2014). Históricamente tiene una permanencia importante en la economía nacional, representando actualmente el 23% de los productos agrícolas del país. El consumo per cápita en las regiones de valles y altiplano es de 108 kg (El Deber, 2017), el promedio nacional ronda los 92 kg/año. (FAO, 2018)

En Bolivia, la papa es típicamente cultivada en pequeñas superficies en las zonas altas e interandinas (Thiele et al. 2008). La variedad más cultivada es la Sani imilla (Saavedra, 2014), esta variedad es cultivada una sola vez al año (a secano). La agricultura a secano representa en Bolivia más del 91 por ciento del total de la superficie agrícola (Bolivia, 2013; INE, 2013). Las siembras se inician en octubre-noviembre y su ciclo dura aproximadamente 180 días; la rotación típica comprende papa-Phaseolus vulgaris L. o, papa-Zea mays L. (Bottner et al., 2006). Los rendimientos promedio de papa son en promedio de 6 t ha-1 (Zeballos et al. 2009, INE, 2013). Las causas para los bajos rendimientos son principalmente el déficit hídrico y carencia de agua de riego, suelos con baja fertilidad, semilla de baja calidad y genética de bajo potencial de rendimiento, baja mecanización, presencia de plagas, enfermedades, heladas, granizos y sequías frecuentes. (Condori, 2017; Gabriel et al. 2011)

1.2 Escenarios climáticos para Bolivia

Los fenómenos naturales tienen una incidencia negativa en el desarrollo y estabilidad social, económica y sobre los sistemas naturales. Cambios en su comportamiento se convierte en una seria amenaza. Actualmente, la manifestación de fenómenos principalmente hidroclimáticos extremos están agravando la vulnerabilidad de los sistemas naturales y productivos. (Sanjinés, 2011)

En 1992 el IPCC publicó la primera familia de escenarios que consideraba variables sociales y económicas, llamados IS92. Los escenarios mayormente utilizados hoy en día son publicados por el IPCC en 2007, 2014b, 2018 en el paquete SRES (special reduction emissions scenarios). Son escenarios que modelan las emisiones futuras en base a distintos patrones de desarrollo social, económico, político, tecnológico, etc. El escenario A2, es el escena-

rio más pesimista, contempla una población creciente y un desarrollo económico regionalizado, mientras que el escenario B2, más optimista, contempla un menor crecimiento poblacional y un desarrollo económico moderado. Bajo A2 se espera que la concentración de dióxido de carbono para 2100 sea de unos 850 ppm (partes por millón) mientras que bajo B2 se estima que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera será de unos 600ppm.

Los escenarios climáticos analizados para el país, reflejan situaciones de cambio en los patrones normales del clima, sobre todo en regiones como el altiplano, que se verá afectado por elevaciones de la temperatura y variaciones en los patrones de precipitación. (Pinto y Renee, 2013)

La población afectada por eventos climáticos adversos en los últimos cuarenta años corresponde a un 69% por sequías, 28% por inundaciones y 3% por deslizamientos. (Quiroga et al., 2010)

1.3 El cambio climático en Bolivia y sus impactos sobre la agricultura

Observaciones de datos climáticos reales, de más de 50 años, de las estaciones de Toralapa y Choquenaira, muestran una tendencia real de incremento de las temperaturas promedio y las precipitaciones. Algunos otros métodos de estimación, que no son de medición superficial, muestran lo contrario (Andersen, 2014), sin embargo, la mayoría de los estudios y modelos coinciden con los datos reales, tendencias estimadas y proyectadas. (Andrade, 2008; Pinto y Renee, 2013; Zaratti, 2013). El altiplano boliviano, como todos los ecosistemas terrestres, está sometida a cambios globales tales como el aumento de la concentración de CO2 atmosférico, cambio de uso de suelo y cambios en patrones demográficos. (Saugier, 2006)

Los reportes del IPCC (1992, 1997, 2000, 2011, 2014 a y b, 2018), corroborados por PNCC (2007), Bolivia (2013), IAB (2018), Hoegh-Guldberg, et al. (2018) afirman que en Bolivia es una evidencia el cambio climático, esto es ratificado por los agricultores, que afirman que en las últimas décadas son considerables las pérdidas de las cosechas por efecto del cambio climático expresado en redistribución desfavorable de lluvias y mayor incidencia de eventos climáticos extremos.

Los impactos del cambio climático son multidimensionales y afectan a todos los sectores en general. La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático y éste fenómeno afecta al sector agropecuario principalmente por: i) mayor incidencia de heladas; ii) mayor incidencia de granizadas, iii) cambios en la temperatura, iv) por cambios en la distribución e intensidad de la precipitación, v) por cambios en la concentración de CO2 en el aire. (Torrico, 2015; Gabriel, 2016). En Bolivia se prevé que el aumento de las temperaturas disminuya el rendimiento de los cultivos y promueva la proliferación de malezas y plagas. Se prevé la mayor incidencia de heladas que en las regiones altas disminuya la producción de alimentos y bajen considerablemente los ingresos familiares. Es probable que, como consecuencia de la modificación de los regímenes de lluvias, se pierdan cosechas y disminuya la producción a largo plazo de los principales cultivos. (Torrico, 2015)

Los reportes calculan que alrededor de 1.5 a 4.5 °C será el aumento de la temperatura, esto repercutirá de diferente forma sobre los cultivos, existirá una mayor evapotranspiración, menos humedad del suelo, se salinizará la capa freática. El aumento de la temperatura global con la correspondiente elevación de la concentración del CO2 tendrá efectos sobre la fisiología de los cultivos, suprimiendo la fotorespiración y en consecuencia se incrementará la eficiencia hídrica. Así mismo la fotosíntesis se acelerará en un 30 a 100% y las C3 y C4 crecen más y más rápidamente (IPCC, 1997; 2014b). Los niveles de evaporación se incrementarán a razón de 5% por cada grado centígrado de aumento, esto implicara desertificación de suelos (IPCC, 1997 y 2018). Así mismo, este efecto será diferente para las diferentes regiones altitudinales, siendo diferentes los efectos para regiones bajas que para las altas.

Las regiones productoras de papa, sobre los 3000 msnm con precipiataciones entre 300-670 mm son especialmente vulnerables (Muñoz Reyes 1977, Hanagarth 1987), las familias del altiplano y valle alto llegan al 66% de extrema pobreza, los cultivos presentan bajos índices de productividad debido a los altos grados de erosión, pendientes altas, bajo manejo de materia orgánica y nutrientes (Bottner et al., 2006). Estas características se agravan aún más en un contexto de clima cambiante, mala distribución de precipitaciones, mayor incidencia de heladas, granizadas y plagas (Torrico, 2015; Lal et al., 2011, Arcos, 2015; Chumacero, 2006). Los efectos adversos del cambio climático para la producción agrícola han tornado a esta actividad más vulnerable a factores exógenos,

incrementando el riesgo a la estabilidad de la oferta de estos productos, así como del consumo de subsistencia de los productores agrícolas y de la seguridad alimentaria de la población en general (Nogales, 2014). Otras limitantes como el escaso capital de inversión, escasez de mano de obra, baja disponibilidad de tecnologías, los precios bajos en el mercado impiden el desarrollo de una agricultura competitiva y sostenible (Torrico, 2015; Gonzales, 1994; Gabriel, 2016; Pinto y Renee, 2013). En general, los costos por causas climáticas en Bolivia superan los 2100 millones (Sanjinés y Nardó 2011, INE, 2010)

1.4 Adaptación del sector agrícola al cambio climático

Los impactos del cambio climático afectarán fuertemente el proceso de desarrollo del país, poniendo en riesgo los sistemas de vida en las diferentes regiones (IPCC, 2000; Pinto y Renee, 2013). El impacto de eventos climáticos extremos en la agricultura y la ganadería, provocará reducción de ingresos de losproductores, así como efectos sobre su dinámica socio-económica, comportamiento de los alimentos en los mercados y sobre la sostenibilidad. (ICC, 2015; Pinto y Renee, 2013).

Las urgencias dirigidas hacia medidas de adaptación se centran en el recurso agua, alimentos, energía, liderazgo-gobernanza y educación ambiental (Zaratzi, et al. (2013). Además, debe invertirse más en incrementar la resiliencia de los sistemas naturales y productivos, incrementando las capacidades de absorción, adaptación, y transformación. (Torrico, et al. 2017)

En un escenario de cambio climático, la adaptación hacia la resiliencia es fundamental para reducir la vulnerabilidad de la producción agrícola y apuntar al desarrollo de los medios de vida sostenibles. La mejora de las capacidades, el desarrollo de tecnologías y las políticas de fortalecimiento al sector productivo son fundamentales para buscar alternativas para la adaptación de los cultivos al cambio climático. (Gabriel, 2016; Torrico, 2017)

La CCS (1996), FAO (2017), recomiendan medidas de adaptación de cultivos con cambios en las fechas de siembra y cosecha, cambios en el sistema de cultivo, aplicación de riego adicional, manejo de la agro-biodiversidad, medidas políticas, legislación, entre otras. El INIA (1997) e IPCC (2014b) afirman que los resultados de simulación son una herramienta fundamental para el estudio de Cambios Climáticos, y el IBSNAT (1994); DSSAT, (2018) ha producido el modelo más completo para la simulación del crecimiento de cultivos, el Modelo "Sistema de Soporte para la toma de decisiones en la Transferencia de Agrotecnología (DSSAT)" integra submodelos y variables de suelo, clima, genotipo y labores culturales, convirtiéndose en una herramienta bastante útil para el estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura. (Raymundo, 2014; Abdrabbo et al., 2010; Šťastná, 2010).

1.5 Objetivos

El objetivo general fue determinar la vulnerabilidad y las opciones de adaptación del cultivo de papa al posible cambio climático en las estaciones experimentales de Choquenaira para la región altiplánica de La Paz y Toralapa en el Valle alto de Cochabamba.

Para cumplir con el objetivo general se utilizó modelos de simulación para el crecientito de cultivos y para la estimación del clima global; a través de éstos se cumplió con los siguientes objetivos específicos:

- Construir diferentes escenarios para clima en base a datos histórico, suelo, genotipo y cultivo, calibrar y validar el modelo DSSAT para las condiciones de Choquenaira y Toralapa.
- Realizar un análisis de sensibilidad del modelo para la papa, duplicando la concentración de CO2, ± 2,4 °C de temperatura y ± 5, 10 y 15% de la precipitación.
- Analizar y evaluar las opciones de adaptación para el cultivo de papa al posible cambio climático.

2. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación y Características agroecológicas de las regiones estudiadas

El presente estudio se realizó para zonas comprendidas en la región andina (Estación experiemntal Choquenaira, La Paz) y de los valles (Estación experimental Toralapa, Cochabamba) (Figura 1).

Las características agroecológicas y clima varían poco en ambas regiones, los datos promedio de temperatura, precipitación, horas sol y altitud se detallan en la Tabla 1.

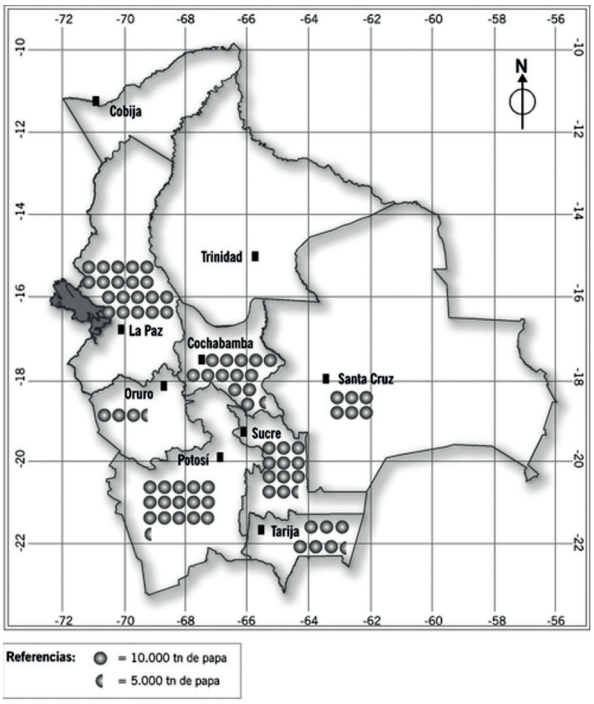


FIGURA 1. *Zonas productoras de papa en Bolivia (Zeballos, 2009)*

TABLA 1: *Promedio de indicadores climáticos y altitud para las estaciones climáticas de El Belén, Viacha y Toralapa.*

Región – Estación climática	T° max (°C)	T° min (°C)	PP (mm)	Horas sol (hr)	Altitud (msnm)
Altiplano – El Belén	15,2	-1	562	7,85	3820
Altiplano – Viacha	16,8	-0,5	582	7.8	3800
Valle - Toralapa	15	8	599	8	3430

2.2. El modelo "Decision Support Sistem for Agrotechnology Tranfer" – DSSAT y submodelos

Griffin (1993), IBSNAT (1994) y DSSAT (2018) describen al modelo "Sistema de Apoyo a la Decisión para la Transferencia Agrotecnológica (DSSAT)" como un programa de aplicación de software que comprende modelos de simulación de cultivos, así como herramientas para facilitar el uso efectivo de los modelos. Las herramientas incluyen programas de gestión de bases de datos para suelo, clima, manejo de cultivos y datos experimentales, utilidades y programas de aplicación. Los modelos de simulación de cultivos simulan el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento en función de la dinámica del suelo, planta y la atmósfera.

Los sub modelos incluidos son MAGICC que trabaja con temperaturas promedio locales y las relaciona con los Gases de Efecto Invernadero. El Modelo HadCM3 relaciona los datos de clima local con los datos de los Modelos de Circulación Global. SCENGEN genera escenarios climáticos.

SUBSTOR-Papa simula la dinámica diaria del agua, el nitrógeno, la biomasa, la fenología y la acumulación del cultivo de la papa (Solanum tuberosum). Los modelos de dinámica del agua y del suelo del suelo utilizados en el SUBSTOR-Papa son del tipo de capacidad. El modelo reconoce cinco etapas de desarrollo (pre-siembra, elongación de brotes, emergencia, iniciación de tubérculos y madurez). Cinco parámetros específicos del genotipo controlan el crecimiento de la planta y los procesos de desarrollo, como la expansión del área foliar, la iniciación del tubérculo, la tasa de crecimiento potencial del tubérculo y el cese del crecimiento del tubérculo. Se aplican diversas funciones de temperatura relativa (con valores que van de 0 a 1 para cada temperatura cardinal - base, óptima y máxima) para modificar el crecimiento de la hoja, la raíz y el tubérculo, la fotosíntesis y la iniciación del tubérculo.

El crecimiento y desarrollo de la papa se simulan en función de la acumulación y la partición de la biomasa en relación con la radiación interceptada, la fotoperiodicidad y la temperatura. El crecimiento de los tubérculos está controlado por la tasa de crecimiento potencial de los tubérculos y el agua del suelo y el balance de N. El balance hídrico del suelo comprende la infiltración por precipitación / riego, drenaje profundo, flujo no saturado, evaporación del suelo y procesos de transpiración de la planta. La transpiración de la planta se define por la evapotranspiración potencial, la distribución de la raíz de la planta y el agua disponible de la planta en el suelo, calculada como la diferencia entre la capacidad del campo y los valores del punto de marchitamiento. El balance de nitrógeno del suelo consiste en varios procesos de N como la mineralización, la inmovilización, la nitrificación, la desnitrificación, la amonificación y la absorción de N de la planta, que a su vez se define por la demanda del cultivo y el suministro de suelo.

2.3.Procedimiento experimental

La metodología que se empleó fue la recomendada por el IBSNAT (1994) y DSSAT (2017) (Diseñadores del modelo "Decision Support Sistem for Agrotechnology Tranfer" - DSSAT), para la utilización de modelos de simulación, la metodología empleada tuvo sus particularidades debido a la poca disponibilidad de datos (Figura 2).

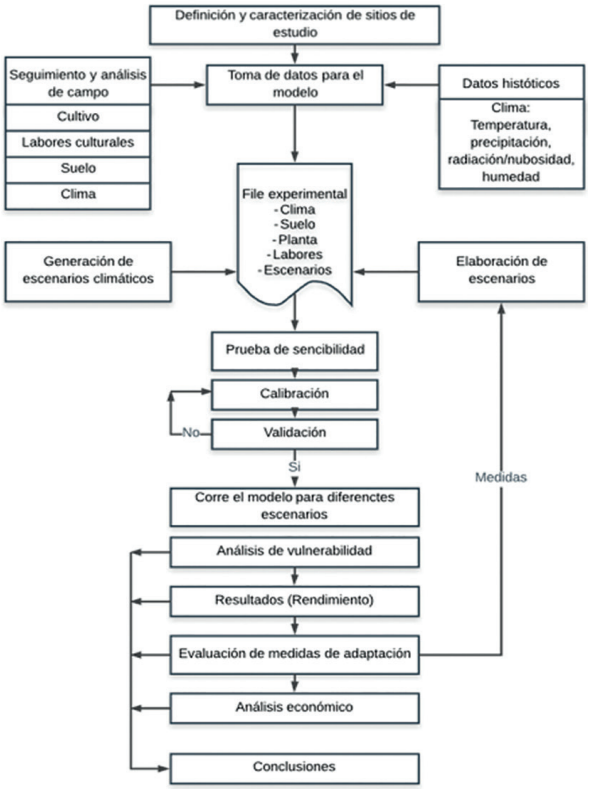


FIGURA 2: *Flujograma de la metodología*

Se identificaron las zonas y lugares de experimentación en función de la disponibilidad y generación de datos, además de su cobertura en las zonas productoras de papa del país. Se recopiló la información de archivos históricos sobre la producción de papa y a la vez se realizó el seguimiento a los cultivos experimentales de ambas estaciones experimentales. Estos datos fueron de clima, suelo, genotipo, labores culturales. Mediante la utilización de modelos de simulación del clima global y en base a datos de clima históricos se generaron diferentes escenarios climáticos.

A través del seguimiento y la simulación con los escenarios reales hasta 2010 se procedió a la calibración de factores del modelo y del cultivo adecuándose a la realidad nacional. Posteriormente se realizó la validación del modelo y el análisis de sensibilidad para los factores climáticos de temperatura, precipitación y radiación. Una vez calibrado y validado el modelo se procedió al análisis de vulnerabilidad midiendo la reacción del cultivo a los diferentes escenarios climáticos, para concentraciones normales y dobladas de CO2 a 660 ppm. La corrida del modelo tuvo lugar para los años 2010, 2020 y 2030, para ambas regiones de estudio.

Finalmente se evaluaron las medidas de adaptación recomendadas, sobre adición de agua por medio de riego, anticipación y postergación de las fechas de siembra y cosecha. Para finalmente en base a todos estos resultados sacar las conclusiones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Calibración

El proceso de calibración del modelo se realizó paralelamente al seguimiento del cultivo de papa en las parcelas de producción de la Estación Experimental de Choquenaira del departamento de La Paz, región correspondiente al altiplano.

Genotipo: Parámetros ajustados para la variedad sani imilla: i) Tasa de expansión de la hoja (cm2 m2 d-1): 1600; ii) Tasa de crecimiento del tubérculo (g m-2 d-1): 27; iii) Temperatura crítica °C: 21; iv) Sencibilidad al fotoeriodo: 0,6.

Distribución estacional del tiempo: El modelo DSSAT acepta el tiempo en un rango de 1 a 365 días de enero a diciembre respectivamente. El cultivo de la papa en nuestro medio se desarrolla en el último trimestre del año y su fase final en el primer trimestre del siguiente año (generalmente de octubre a marzo del siguiente año). Este problema fue superado tomando al mes de julio como el primer mes del año y así quepan dos semestres de dos años consecutivos en un solo año.

Asimilación de nitrógeno: El factor de asimilación del nitrógeno se encuentra a una escala de 0 a 1 correspondiendo el valor de 1 a una completa asimilación de nitrógeno, se calibró a un valor de 0.4 para las condiciones de estudio.

Drenaje: Debido a las propiedades físicas del suelo en el perfil (textura franco arenosa) se calibró la percolación

del agua, tomando como verdadero el que se presenta sobre la capa "C". Se calibró la profundidad de 30 a 145 cm.

3.2. Validación

Luego de calibrados los factores referidos al cultivo y al modelo se procedió a verificar el comportamiento del modelo, para este efecto se tomaron datos de la Estación Experimental de Toralapa-Cochabamba. Sobre los escenarios construidos de suelo, clima y genotipo se procedió al incremento de fertilizantes en las siguientes dosis de nitrógeno 00,00 kg ha-1; 40,00 kg ha-1; 80,00 kg ha-1; 120,00 kg ha-1.

Se compararon 16 parcelas con datos observados en un total de 112 simulaciones, Las mediciones de los cultivos se realizaron al día 127, 134, 158, 163 después de la germinación. Los datos de la regresión lineal se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2: *Parámetro de la Regresión Entre el Rendimiento Observado y Simulado*

Parámetros	Valor/ Ecuación
Ecuación de la regresión	Y = 1.0005X + 0,1908
Coeficiente de determinación (R^2)	0.8392
Coeficiente de correlación (r)	0.916
Desvió estándar de la regresión (S)	2.01
Rendimiento promedio (ton ha-1)	21

NOTA. *Los resultados obtenidos en la regresión nos muestran un rango de confianza del modelo de un 91,6 % con un error de estimación de más/ menos 2 ton ha-1.*

3.3. Escenarios climáticos

Los modelos de Circulación Global dividen a Bolivia en 5 cuadrantes, en los cuales se los puede agrupar según región climática (Anexo 3). Las características generales tomadas en cuenta por los modelos IS92-a, IS92-c, A2 y B2 se encuentran descritas en los Anexos 1 y 2.

Las variables temperatura media, temperatura mínima media, temperatura máxima media y precipitación media a nivel mensual fueron analizadas para el periodo 1970-2000. Los resultados muestran un incremento de temperatura, tanto media como mínima y máxima, en las regiones de Altiplano y valles para todos los escenarios.

Mientras el incremento en temperaturas medias, mínimas y máximas es del orden de 3°C para el escenario B2, ese incremento está entre 3.5ºC y 5ºC para el escenario A2. Los mayores incrementos de la temperatura media corresponden al Altiplano. La precipitación promedio disminuye moderadamente en la zona altiplánica (hasta un 20%) y Valles. El modelo climático asume baja resolución espacial (Anexo 2 y 3).

TABLA 3: *Resultados de las simulaciones de clima para el 2010, 2020, 2030, 2050 y 2100*

Año	Variación de Temperatura °C		Variación de Precipitación %		Variación de Nubosidad %	
	$O^{(1)}$	$P^{(1)}$	$O^{(1)}$	$P^{(1)}$	$O^{(1)}$	$P^{(1)}$
2010	0.6	0.6	3	2.7	-0.3	-0.3
2020	0.9	0.8	4.3	3.7	-0.4	-0.3
2030	1.2	1.1	5.7	4.7	-0.5	-0.4
2050	1.9	1.4	8.6	6.4	-0.8	-0.6
2100	3.4	1.8	15.8	8.5	-1.5	-0.8

NOTA: *Escenario "O" optimista: A2 y IS92-a y pesimista "P": B2 y IS92-c*

3.4. Análisis de sensibilidad

El incremento de temperatura tiene efecto favorable en el rendimiento, los mayores efectos ocurren cuando la temperatura mínima de eleva.

La variación de la precipitación entre -20% a +20% (en relación a la precipitación normal) no produce cambios significativos en los rendimientos. Fuera de este rango -20% y +20% los rendimientos varían drásticamente.

La disminución en la precipitación entre 50% y 60%, sumado al estrés hídrico normal, promedio ambas regiones de aproximadamente 180 mm, provoca una perdida casi total del cultivo. En cambio, el incremento de la precipitación en un 50% a 60% es altamente favorable.

El incremento de la temperatura es más significativo que la variación de la precipitación hasta los tres grados centígrados, a partir de este punto es necesario un aumento en la precipitación para incrementar los rendimientos, al incrementar la temperatura la evapotranspiración aumenta en un 5 a 10% por grado centígrado.

El máximo rendimiento se observó para un incremento de temperatura de 3°C y la PP en un 50% obteniéndose 58% de incremento en el rendimiento.

Se observó puntos críticos en los cuales el rendimiento cae bruscamente, estos ocurren cuando la temperatura

tiene un valor de -3°C y se reduce en 20% la precipitación; la otra caída se presenta a +3°C con -20% en la precipitación, y finalmente a -3°C y +50% en la precipitación.

3.5. Análisis de vulnerabilidad

El incremento promedio en el rendimiento por cada diez años es de 4.6% para la zona de Choquenaira y de 1.7% para la zona de Toralapa. Estos incrementos son debidos exclusivamente al Cambio Climático.

Duplicando la concentración de CO_2 de 330 ppm a 660 ppm (como se espera según los escenarios), los rendimientos suben a razón de 6.6% por cada diez años, 2% más para el altiplano en general. Para los valles este incremento es en promedio de 10.1% por cada diez años y un 4.8% más que sin doblamiento de concentración de CO_2. Lo que significa que en los valles solo a causa del doblamiento del CO_2 los rendimientos suben en 4.8% y en el altiplano 6.8%.

Se ha determinado que el promedio de incremento después del año 2020 es mayor en la zona del altiplano que en los valles (aproximadamente en un 3%).

El cambio climático afecta en mayor proporción a la papa en el altiplano que en los valles; cualquier aumento en la temperatura provoca una aceleración en la intensidad de la fotosíntesis, al no estar está limitada por otros factores. La media de temperatura del altiplano se encuentra a 10°C por debajo del óptimo para el cultivo de la papa, en los valles 5°C por debajo de la óptima, por esta razón un incremento de la temperatura provoca una mayor reacción en el altiplano que en los valles. Borah (1959), Bodlaender (1963), Menzel, (1985) and Streck, et al. (2007) indican que la emergencia se produce dos semanas antes a 22 °C que a 13 °C. El alargamiento de los tallos es óptimo a 18 °C, lento a 9 °C y nulo a 6 °C. Para la producción de hojas entre 12 y 14 °C. Productores bolivianos, de las regiones estudiadas, indican un óptimo para el desarrollo del cultivo entre 14 y 18 °C.

El incremento de la concentración de CO_2 tiene un efecto positivo en el rendimiento cuando esta va acompañada con la elevación de la temperatura, es evidente que a mayor temperatura la actividad enzimática se acelera con el consecuente incremento en la asimilación de CO_2. Esta tasa incremento en el rendimiento es más marcada en los valles que en el altiplano. Lo que nos indica que en los valles los rendimientos empezaran a disminuir después del año 2040 aproximadamente si se siguen con las mismas prácticas de cultivo, hallazgo corroborado por Saugier (2006) y Denning (1995). Además, la fertilización de CO2 tendría un efecto positivo en todas las áreas, pero más para cultivos C3, y menos para cultivos C4. Para 2100 se espera aumentos en rendimientos por fertilización de CO_2 de 20-27% en el escenario A2 y de 12-18% en el escenario B2.

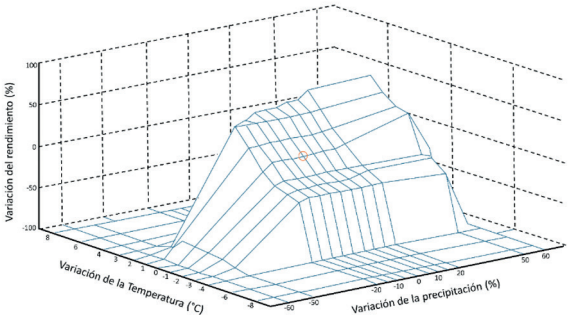


FIGURA 3: *Variación del rendimiento en función de la temperatura y precipitación*

3.6 Adaptación

Las medidas evaluadas fueron cambios en las fechas de siembra, aplicación de riego adicional, utilización de otras variedades y sustitución por otros cultivos.

Cambios en las fechas de siembra

Los incrementos en el rendimiento no son significativos al anticipar o postergar la siembra en 25 días, bajo ninguno de los escenarios climáticos, siendo su máximo valor un aumento del 1.2% para el escenario 2020 (Tabla 4).

Aumento o disminución de 60 días en la fecha de siembra provocan bajas en el rendimiento hasta llegar a cero, debido a la falta de agua y la ocurrencia de heladas. Asimismo, se determinó que con la aplicación de riego adicional se puede adelantar las fechas de siembra.

Aplicación adicional de agua

Se ha determinado a través de la modelización que para un aumento del 50% en la precipitación para la fase de inicio de la tuberización hasta poco antes de la maduración el rendimiento se incrementa entre el 30% y 60% para los dos escenarios y para las dos regiones estudiadas. Dándose el máximo aumento para el escenario 2030, Abdrabbo (2010) en Egipto y Sun (2008) para China encontraron similar respuesta del cultivo de papa bajo los mis-

mos escenarios climáticos. En Inglaterra Daccache (2011) determine que el rendimiento de papa puede subir entre 3 y 6 % bajo el escenario B1. Holden (2003) por el contrario halló en Irlanda que los rendimientos de papa podrían reducirse a consecuencia de la baja compensación hídrica.

La mayor o menor carencia de agua es difícil identificar comparando las dos zonas de estudio, si bien, existe mayor precipitación en los valles, esta agua está menos tiempo disponible para las plantas. Según el modelo de simulación la tasa de evapotranspiración es mayor en los valles debido a la mayor temperatura; esta pérdida de agua no se ve compensada en su totalidad con la mayor precipitación en comparación con el Altiplano. Desde este punto de vista su necesidad de riego es mayor. En cambio, en el Altiplano, la necesidad de agua es debido a las bajas precipitaciones que no satisfacen los requerimientos del cultivo.

TABLA 4: *Análisis de adaptación anticipando y postergando fecha de siembra del cultivo de papa para diferentes escenarios en Toralapa y Choquenaira*

(1) La fecha de siembra de referencia para ambas regiones es entre el 15/10 y 25/10.

Incremento en la fecha de siembra (1)	Escenario climático 1 y 2	Incremento del rendimiento (%) Toralapa	Incremento del rendimiento (%) Choquenaira
25 días antes	2010	0.4	0.3
	2020	1.2	0.4
	2030	1.3	0.4
25 días después	2010	0.15	0.2
	2020	1.2	0.6
	2030	1.1	0.6

4. CONCLUSIONES

- El cultivo de papa Sani imilla, bajo condiciones de Altiplano y Valles de Bolivia, es altamente vulnerable a cambios en el clima, expresando alteraciones en su desarrollo vegetativo y en los rendimientos. Esta vulnerabilidad es algo más acentuada en el Altiplano que en los Valles.
- El análisis de datos históricos de más de 30 años de las estaciones meteorológicas de El Belén, Viacha y Toralapa y sus tendencias coinciden con los Modelos de Circulación Global (A2, B2, IS92a y IS92c). Estos indican que la temperatura media y las precipitaciones tienden a aumentar; la concentración de CO_2 tiende a subir y podría llegar a duplicarse. La nubosidad tiende a reducirse. La incidencia de heladas podría retrasarse, y los granizos podrían ser más frecuentes.
- La modelación del cultivo de papa (nivel de confianza del 93%), bajo las condiciones de cambio climático, para el genotipo Sani imilla, regiones altiplano y valles, periodos 2010, 2020 y 2030, nos indica que: i) El cambio climático podría ser positivo bajo condiciones específicas de manejo. El aumento de temperatura y concentración de CO_2 favorecen la actividad fotosintética del cultivo, asimilación de biomasa, e incremento del rendimiento (hasta 58%), sin embargo, la condicionante es la compensación hídrica a través del riego, pues se esperan incrementos en la tasa de evapotranspiración; ii) Sin una compensación hídrica (50-180 mm) y manejo adecuado de la fertilidad (principalmente N y MO), el rendimiento del cultivo de papa podría disminuir drásticamente.

5. BIBLIOGRAFÍA

Abdrabbo, M. A. A., Khalil, A. A., Hassanien, M. K. K., & Abou-Hadid, A. F. (2010). Sensitivity of potato yield to climate change. *J Appl Sci Res*, *6*(6), 751-755.

Alwang, J., G. W. Norton, V. Barrera, and R. Botello. (2013). Conservation agriculture in the Andean highlands: Promise and precautions. *In*: Mann, S. (ed). The Future of Mountain Agriculture. New York: Springer-Verlag, 21-38.

Andersen, Lykke E., & Verner, Dorte. (2014). Social Impacts of Climate Change in Bolivia: A municipal level analysis of the effects of recent climate change on life expectancy, consumption, poverty and inequality. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, (22), 49-83. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062014000200003&lng=es&tlng=en.

Andrade, Marcos. (2008). Mitos y verdades acerca del cambio climático rn Bolivia. *Revista Boliviana de Física*, *14*(14), 42-49. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-38232008000100003&lng=es&tlng=es.

Arcos, Jesús, & Zúñiga, Doris. (2015). Efecto de rizobacterias en el control de Rhizoctonia solani en el cultivo de papa. *Ecología Aplicada*, *14*(2), 95-101. Recuperado

de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200002&lng=es&tlng=es.

Bodlaender, K. B. A. (1963). *Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield* (No. 227). [sn].

Bolivia. (2013). *Plan del Sector Desarrollo Agropecuario 2014-2018 "Hacia el 2025"*. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT).

Borah, M. N. (1959). *The effect of light intensity, length of day and temperature on growth and tuber formation in the potato* (Doctoral dissertation, University of Nottingham).

Bottner, P., M. Pansu, L. Samiento, D. Herve, R. Callisaya-Bautista, and K. Metselaar. (2006). Factors controlling decomposition of soil organic matter in fallow systems of the high tropical Andes: A field simulation approach using 14C-and 15N-labelled plant material. *Soil Biol. Biogeochem.* 38: 2162-2177.

CCS. (1996). *Para Comprender el Cambio Climático: Guía Elemental de la Convención de las Naciones Unidas*. Recuperado de: http://www.mctic.gov.br/portal

Chumacero Moscoso, Claudia, & Camacho Marquez, Magda Cristina. (2006). Evolución del sistema de aynuqa durante una década en cuatro comunidades del Altiplano boliviano. *Ecología en Bolivia*, *41*(3), 19-39. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282006001200004&lng=es&tlng=es.

Condori-Mamani, Pastor, Loza-Murguia, Manuel Gregorio, Sainz-Mendoza, Humberto Nelson, Guzmán-Calla, Jorge, Mamani-Pati, Francisco, Marza-Mamani, Félix, & Gutiérrez-Gonzáles, Diego Eddy. (2017). Evaluación del efecto del biol sobre catorce accesiones de papa nativa (Solanum ssp.) en la estación experimental kallutaca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *5*(1), 15-28. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000100003&lng=es&tlng=es.

Daccache, A., Weatherhead, E. K., Stalham, M. A., & Knox, J. W. (2011). Impacts of climate change on irrigated potato production in a humid climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, *151*(12), 1641-1653.

Denning, A. S., I. Y. Fung & D. Randall. (1995). Latitudinal gradient of atmospheric CO2 due to seasonal exchange with land biota. *Nature* 376, 240-243.

DSSAT. (2018). *Decision Support System for Agrotechnology Transfer*. Recuperado de https://dssat.net

El Deber. (2017). Bolivia con déficit comercial de $us 52,5 millones en 10 años de producción de papa. *El Deber*. Recuperado de: https://www.eldeber.com.bo/economia/Bolivia-con-deficit-comercial-de-us-525-millones-en-10-anos-de-produccion-de-papa-20170515-0076.html

FAO. (2017). *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO study*. Routledge. Recuperado de: https://www.taylorfrancis.com/books/9781351536356

FAO. (2018). *Agricultores del altiplano paceño fortalecen capacidades para la producción de semillas de papa de alta calidad*. Recuperado de: http://www.fao.org/bolivia/noticias/detail-events/en/c/1109388/

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. Database- DSSAT. (2018). *International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer*. Agricultural Production. Retrieved from: Retrieved from: http://apps.fao.org.

Gabriel J. (2011). *Documento marco: Estrategias y perspectivas del mejoramiento genético de papa (Solanum tuberosum L.) en Bolivia*. Cochabamba, Bolivia: Fundación PROINPA, 60.

Gabriel, Julio, Botello, Rubén, Casazola, José Luis, Vera, Ricardo, Rodríguez, Félix, & Angulo, Ada. (2014). Revalorización de las papas nativas de Bolivia (Solanum tuberosum L.) como fuente de hierro y zinc. *Journal of the Selva Andina Research Society, 5*(1), 3-12. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942014000100002&lng=es&tlng=es.

Gabriel, J. (2016). Reflexiones sobre los efectos del cambio climático en la agricultura de Bolivia. *Journal of the Selva Andina Research Society, 7*(2), 112-113. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942016000200009&lng=es&tlng=es.

Griffin, T.S., Johnson, B.S., Ritchie, J.T., (1993). A simulation model of potato growth anddevelopment: SUBSTOR-Potato Version 2.0. IBSNAT Research Report series 02. Dept. of Agronomy and Soil Science, Univ. of Hawaii.

Gonzales de Olarte, E. (1994). En las fronteras del mer-

cado: Economía política del campesinado en el Perú. Instituto de Estudios Peruanos, Lima. 339 p.

Hanagarth, W. (1989b). Ecology and riskspreading in the small- holding agriculture of the semiarid puna in Bolivia. *Plant Res. and Devpt.* 30, 76-103.

Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., & Guiot, K. (2018). Impacts of 1.5 ºC global warming on natural and human systems.

Holden, N. M., Brereton, A. J., Fealy, R., & Sweeney, J. (2003). Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agricultural and Forest Meteorology, 116*(3-4), 181-196.

IAB. (2018). Instituto Agrario Bolivia. *Revista Análisis, 1*(2018), 82. Recuperado de: https://www.institutoagrario.org/analisis

IBSNAT. (1994). *International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer*. DSSAT Version 3. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-3665-3_25

IPCC. (1992). *Climate change 1992: The supplementary report to the IPCC scientific assessment.*

IPCC. (1997). *Posible Cambio Climático y Análisis de Mitigación de Efecto de Invernadero.* Recuperado de: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-sp.pdf

IPCC (2000). *IPCC special report on land use, land-use change, and forestry.*

IPCC (2007). The physical science basis. *Contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996.*

IPCC. (2011). *IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation.*

IPCC (2014a). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático (IPCC). 5º informe de evaluación (AR5), impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación.* Recuperado de: https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/

IPCC. (2014b). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/

IPCC. (2015). *Climate change 2014: mitigation of climate change* (Vol. 3). Cambridge University Press. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/

IPCC. (2018). Impacts of 1.5 ºC global warming on natural and human systems. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/sr15/

INIA. (1997). Uso de Modelos de Simulación en la Evaluación de Sistemas Productivos Sustentables. Recuperado de: http://www.uneo.ch

INE. (2010). Estadísticas económicas y productivas. Recuperado de: https://www.ine.gob.bo

INE. (2013). Instituto Nacional de Estadística Bolivia. Estadísticas agropecuarias. Consultado el: 08 de marzo 2019. Recuperado de: https://www.ine.gob.bo

Lal, R., J. A. Delgado, P. M. Groffman, N. Millar, C. Dell, and A. Rotz. (2011). Management to mitigate and adapt to climate change. *J. Soil Water Conservation* 66, 276-285.

Menzel, C. M. (1985). Tuberization in potato at high temperatures: interaction between temperature and irradiance. *Annals of Botany, 55*(1), 35-39.

Montes de Oca, I. (1997). *Geografía y recursos naturales de Bolivia.* Edobol, La Paz, Bolivia.

Muñoz Reyes, J. (1977). Geografía de Bolivia. 2da. Ed. Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, Artes Gráficas Don Bosco, Editorial Educacional del Ministerio de Educación y Cultura, La Paz. 515 p.

Nogales Carvajal, Ricardo, & Córdova Olivera, Pamela. (2014). Seguros agrícolas basados en índices climáticos: un estudio de caso en Bolivia. *Investigación & Desarrollo, 1*(14), 5-21. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312014000100002&lng=es&tlng=es.

Pinto R., María Reneé. (2013). Vulnerabilidad de los medios de vida ante el cambio climático en Bolivia. *Tinkazos, 16*(34), 174-177. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-74512013000200013&lng=es&tlng=es

PNCC. (1997). Programa Nacional de Cambios Climáticos. El cambio climático y sus Implicaciones en Bolivia. Recuperado de: https://www.orasconhu.org/sites/default/files/Avances%20GACCS%20El%20Cambio%20Climatico%20Caso%20Boliviano%20-%20MAparicio.pdf

Quiroga, Roger; Torrico, G.; Salamanca, L. A.; Quiroga, R. y Espinoza, J. C. (2010). *Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia.* Oxfam, Fundepco, VI-

DECICODI, Bolivia.

Raymundo, R., Kleinwechter, U., & Asseng, S. (2014). Virtual potato crop modeling: A comparison of genetic coefficients of the DSSAT-SUBSTOR potato model with breeding goals for developing countries.

Saugier, B., & Pontailler, J.Y. (2006). El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano. *Ecología en Bolivia, 41*(3), 71-85. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282006001200006&lng=es&tlng=es.

Saavedra, Ana K., Delgado, Jorge A., Botello, Ruben, Mamani, Pablo, & Alwang, Jeffrey. (2014). A new N index to assess nitrogen dynamics in potato (Solanum tuberosum L.) production systems of Bolivia. *Agrociencia, 48*(7), 667-678. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000700001&lng=es&tlng=en.

Sanjines Tudela, Gimmy Nardó. (2011). Amenazas ambientales y vulnerabilidad en un contexto de variabilidad climática en Bolivia. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, (16), 81-130. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062011000200006&lng=es&tlng=es.

Seminario-Cunya, Juan F., Villanueva-Guevara, Roiser, & Valdez-Yopla, Misael H.. (2018). Rendimiento de cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) amarillos precoces del grupo Phureja. *Agronomía Mesoamericana, 29*(3), 639-653. Recuperado de: https://dx.doi.org/10.15517/ma.v29i3.32623

Streck, N. A., de Paula, F. L. M., Bisognin, D. A., Heldwein, A. B., & Dellai, J. (2007). Simulating the development of field grown potato (Solanum tuberosum L.). *Agricultural and Forest Meteorology, 142*(1), 1-11.

Sun, F., Lin, E. D., Li, J. P., & Xiong, W. (2008). Study on adaptation measures of potato production by using DSSAT crop model. *Chinese Journal of Agrometeorology, 2.*

Šťastná, M., Toman, F., & Dufková, J. (2010). Usage of SUBSTOR model in potato yield prediction. *Agricultural water management, 97*(2), 286-290.

Thiele G, Hareau G, Suarez V, Chujoy E, Bonierbale M, Maldonado L. (2008). Varietal change in potatoes in developing countries and the contribution of the International Potato Center (IPC): 1972-2007.

Torrico, J.C. (2014). *Desarrollo Rural y Agroalimentario en Bolivia: Procesos, Problemática y Perspectivas.* Ed.: epubli GmbH. ISBN-10: 3737522081

Torrico-Albino, J.C. (2015). *Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria en Bolivia: Riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria.* La Paz: IPDRS - Interaprendizaje. Campo virtual por la tierra y el desarrollo rural. 39pp

Torrico-Albino, J.C., Peralta-Rivero, C., y Petellier, Elise. (2017). Evaluation of resilience capacity of agroforestry production systems, agriculture under irrigation and semi-intensive livestock. *CienciAgro 1*(2017), 37-48.

Villa, Pedro Manuel, Sarmiento, Lina, Rada, Fermín José, Machado, Daniel, & Rodrigues, Alice Cristina. (2017). Leaf area index of potato (Solanum tuberosum L.) crop under three nitrogen fertilization treatments. *Agronomía Colombiana, 35*(2), 171-175. Recuperado de: https://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n2.62110

Zaratti, Francesco. (2013). Hoffmann, Dirk y Requena, Cecilia. (2012) Bolivia en un mundo 4 grados más caliente. Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte. *Tinkazos, 16*(33), 192-193. Recuperado en 07 de marzo de 2019, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-74512013000100012&lng=es&tlng=es.

Zeballos H, Balderrama F, Condori B, Blajos J. (2008). Economía de la papa en Bolivia (1998-2007). Cochabamba, Bolivia: Fundación PROINPA, 129.

Zeballos, Hernan & Balderrama, Felipe & Condori, Bruno & Blajos, Jorge. (2009). *La Economía de la Papa en Bolivia.*

ANEXOS

Anexo 1: Características generales tomadas en cuenta por el modelo de IS92-a y el IS92-c

Escenario	Población al año 2100	Descripción Crecimiento económico	Fuente de energía
IS92-c	Proyectada por las Naciones Unidas el año 90" 6.4 billones	1990- 2025: 2.0 %	8.000 EJ Petróleo convencional.
		1990-2100: 1.0 %	7.300 EJ Gagas natural costo de energía nuclear decrece anualmente en 0.4%
IS92-a	Proyectada por el banco mundial el 91"	1990- 2025: 2.9%	12.000 EJ petróleo convencional.
	11.3 billones	1990-2100: 2.3%	13.000 EJ gas natural costo de energía solar disminuye a US 0.075/kWh.

Anexo 2: Escenarios de EmisionesSRES del IPCC

Escenario	Descripción
A2	El escenario A2 describe un mundo muy heterogéneo basado en la preservación de las identidades locales. Los patrones de fertilidad de las regiones convergen lentamente, lo que se traduce en un aumento de población constante. El desarrollo económico está orientado regionalmente, y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están más fragmentados que en A1.
B2	El escenario B2 describe un planeta donde el énfasis se pone en las soluciones locales dirigidas hacia la sostenibilidad social, económica y ambiental. Es un mundo con una población creciente, pero a tasas más lentas que en los otros escenarios, con niveles de desarrollo económico intermedios, y un cambio tecno-lógico lento pero variado. La sociedad está orientada hacia la protección ambiental y la equidad social, y prioriza los ámbitos local y regional.

Anexo 3: Ubicación Geográfica de las Regiones en Bolivia

Región	Región	Longitud (°oeste)	Latitud (°sur)
I	Tropical	70-65	15-10
II	Altiplano Norte Central y Valles	70-65	20-15
III	Altiplano Sur	70-65	25-20
IV	Llanos	65-60	20-15
V	Chaqueña	65-60	25-20

Anexo 4: Relación de los escenarios climáticos con el año al que corresponden

Momentos para los escenarios 1 y 2	Año para el cual ha sido generado
Base de datos	Corresponde a los años 70-80, 90, 91, 95, 97, 99, 2000.
Momento I	Generado para el año 2010
Momento II	Generado para el año 2020
Momento III	Generado para el año 2030

Anexo 5: Matriz de análisis de sensibilidad y vulnerabilidad del cultivo de papa al cambio climático en función de temperatura y precipitación.

		Incremento de la Precipitación												
		-60	**-50**	**-20**	**-15**	**-10**	**-5**	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**	**50**	**60**
Incremento de la temperatura	**-8**	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00
	-6	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00
	-4	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00
	-3	-100.00	-95.30	-31.20	-29.20	-29.20	-29.20	-29.20	-29.20	-29.20	-29.20	-28.00	-56.20	-100.00
	-2	-100.00	-90.05	-28.35	-24.35	-24.31	-24.31	-24.31	-24.31	-24.31	-20.30	-18.54	-20.00	-95.00
	-1	-100.00	-85.55	-22.49	-18.28	-18.28	-18.28	-18.28	-18.28	-18.28	-18.28	-18.28	-18.28	-85.00
	0	-100.00	-80.01	-8.50	-0.66	-0.66	-0.66	0.00	0.00	0.65	0.85	4.50	25.60	-20.00
	1	-100.00	-80.54	13.80	14.40	15.40	15.40	15.96	15.96	14.28	16.00	18.20	29.45	0.00
	2	-100.00	-95.35	31.98	33.19	33.19	33.19	34.14	34.14	34.49	34.49	35.02	41.74	5.64
	3	-100.00	-100.00	-85.20	25.60	32.00	38.60	40.10	40.10	44.59	44.59	55.00	58.32	16.58
	4	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-50.00	-40.00	-30.00	-30.00	-10.00	15.00	40.00	20.00
	6	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-80.00	-50.00	-80.00	-70.00	10.00	0.00	10.00
	8	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	0.00	-10.00	0.00

Para fines de cálculo se tomó como optimo los factores que intervienen en el cultivo dejando solamente las variables de clima para el análisis de sensibilidad correspondiente. Para este caso los rendimientos potenciales de papa en Choquenaira es 28.5 ton ha^{-1} y en Toralapa el rendimiento potencial simulado luego de la validación y calibración es 27.3 ton ha^{-1}.

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 15-21
Recibido: 11/10/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

VARIACIÓN FENOTÍPICA INTRA- E INTER-POBLACIONES EN SIETE POBLACIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DEL ALTIPLANO BOLIVIANO

Intra and inter-population phenotypic variation in seven populations of quinoa (chenopodium quinoa Willd.) Of the Bolivian highlands

Carmen Del Castillo-Gutierrez [1*], Juan José Vicente [1], Thierry Winkel [2]

[1] Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Héroes del Acre N°1850, La Paz, Bolivia, [2] IRD, CEFE-CNRS, F-34293 Montpellier cedex 05, Francia

[*] Autor de contacto: carmendcg@yahoo.fr

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) muestra una gran variación genética, tanto molecular como morfológica, cuya organización sigue poco conocida. Por medio de un análisis multivariado caracterizamos la estructura de la variación de marcadores morfo-fenológicos registrados desde la emergencia hasta la madurez fisiológica en siete poblaciones distintas de quinuas recolectadas del Altiplano boliviano, cultivadas en dos gestiones de cultivo en una parcela común. Los resultados muestran que la varianza morfo-fenológica se concentra en niveles de población y familia, cuando los rasgos relacionados con la producción de biomasa muestran alta variación a nivel inter-individual. Estos resultados tienen implicancias agroecológicas relacionadas con el origen geográfico de las poblaciones. La comparación de clasificaciones fenotípica y molecular sugiere que no hay erosión genética en las poblaciones de quinua muestreadas.

Palabras clave: análisis jerárquico, Bolivia, *Chenopodium quinoa*, población, variación fenotípica.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) shows great genetic variation, both molecular and morphological, which organization remains poorly documented. Through nested ANOVAS and dendrogramme we characterized the structure of the variation in morpho-phenological traits registered from seedling emergence until plant maturity in seven quinoa populations grown in common garden for two years. Results show that the variance in morpho-phenological traits was concentrated at the population and family levels, while traits related to biomass production showed high inter-individual variation. These results have agroecological implications related to the geographic origin of the populations. A comparison of phenotypic and molecular classifications suggests that there is no genetic erosion in the sampled quinoa populations.

Keywords: hierarchical analysis, Bolivia, *Chenopodium quinoa*, population, phenotypic variation.

1. INTRODUCCIÓN

La variación genética de las plantas cultivadas contribuye a la estabilidad de la producción agrícola, permitiendo: i) elegir variedades adaptadas a condiciones ambientales, ii) guiar el mejoramiento genético hacia variedades tolerantes a la sequía, la salinidad, o el frío. Pero a nivel de parcela, la variación entre plantas se considera generalmente como desfavorable para la producción. Esta variación intra-población parece, sin embargo, adaptada a las variaciones imprevisibles del clima (e.g. (Winkel, Lhomme, Nina Laura, Mamani Alcon, Del Castillo, & Rocheteau, 2009). Existe entonces una discrepancia respecto al interés agronómico de la variabilidad genética intra-varietal. Aunque preferentemente autógama, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), pseudocereal originaria de los Andes, muestra una notable variación genética inter- e intra-población, fácilmente observable en parcelas campesinas, y cuantificable por marcadores moleculares (e.g. (Del Castillo, Winkel, & Bizoux, Genetic structure of quino (Chenopodium quino Willd.) from the Bolivian altiplano as revealed by RAPD markers, 2007). Cuanto a marcadores morfológicos, los estudios sobre la diversidad genética de la quinua incluyen: Risi y Galway (1989) sobre los patrones de la diversidad genética en los Andes, Bonifacio (1992) sobre la herencia del color de granos y de hojas, Canahua Murillo *et al.* (2004) sobre las clasificaciones campesinas de cultivares, y Bhargava *et al.* (2007) sobre los rasgos morfológicos y de calidad de varios *Chenopodium* recientemente introducidos en la India. Pero ninguno de estos estudios buscó explicar la distribución de la variación genética entre los varios niveles de organización de la especie: poblaciones de varias ecoregiones, familias de una población y, finalmente, individuos dentro de las familias. Los análisis multivariados son herramientas poderosas para desvelar los factores de organización en cada nivel. Sirven también para clasificar variaciones cuantitativas y cualitativas en especies cultivadas y examinar las relaciones entre genotipos (e.g. Rojas *et al.*, 2000; Bhargava *et al.*, 2007).

Los objetivos de este estudio han sido:

- Analizar la estructura de la variación de marcadores morfológicos y fenológicos en siete poblaciones de quinua del altiplano boliviano cultivadas en jardín común.
- Comparar la variación fenotípica con la variación de marcadores moleculares.
- Relacionar la variación fenotípica con el origen geográfico de las poblaciones.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las gestiones agrícolas 2004-2005 (Año 1) y 2005-2006 (Año 2), en la Escuela Agropecuaria Superior de Viacha de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (16º 39' sur, 68º 18' oeste, altitud 3.830 m), ahora Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria.

Siete poblaciones, representativas de las zonas agro-ecológicas del cultivo de quinua en Bolivia, han sido muestreadas en parcelas de agricultores el 2002 y 2003 (Tabla 1). En cada población, 10 plantas-madres han sido recolectadas para representar la diversidad de tamaño y color de las plantas en la parcela. En los ensayos en jardín común descritos más abajo, para cada población, los granos de 10 plantas-madres diferentes han sido sembrados en macetas separadas con 10 repeticiones por planta-madre. Estas 10 repeticiones por planta-madre resultaron así en 10 "plantas-hijas" de una misma familia, y cada población con 10 familias, o sea 100 individuos por población.

La siembra se realizó en macetas el 7 de noviembre 2004 en el primer ensayo y el 30 de octubre 2005 en el segundo. Cada maceta de 11.4 L contenía una sola planta cultivada en una mezcla de turba y tierra franca. Las macetas estaban dispuestas con una densidad de 10 plantas/m², al aire libre, debajo de una tela anti-granizo. Los datos meteorológicos se registraron en la estación experimental de Choquenaira (Universidad Mayor de San Andrés) distante de 2 km: las temperaturas media, mínima y máxima absolutas fueron de 10.8 °C, 3.0 °C y 19.2 °C el Año 1, y 13.7 °C, 2.5 °C y 24.8 °C el Año 2, con precipitaciones cumuladas en el periodo de ensayo de 311 y 471 mm respectivamente.

Las siete poblaciones de quinua han sido caracterizadas por una serie de rasgos morfo-fenológicos definidos en el Cuadro 2, y medidas en cada individuo separadamente. La biomasa final ha sido medida después de secar en 65 °C durante 72 horas.

Después de un análisis descriptivo convencional, la estructura de la variación fenotípica ha sido examinada por: 1) un análisis de varianza jerárquico (*"nested ANOVA"*) con efectos puramente aleatorios separando la va-

rianza en tres niveles: inter-poblaciones, inter-familias dentro de las poblaciones, e intra-familias; 2) una clasificación jerárquica por el método del promedio no ponderado (dendrograma UPGMA). El test de Levene sirvió para verificar la homogeneidad de las varianzas intra-familia dentro de cada población. Un análisis de contingencia permitió comparar esta clasificación UPGMA en base a rasgos morfo-fenológicos con la clasificación UPGMA en base a marcadores RAPD establecida por Del Castillo *et al.* (2006) para seis de las siete poblaciones estudiadas. Estos análisis han sido realizados con los programas SAS System versión 8, Statistica versión 6.0, y Excel Stat.

TABLA 1: *Localización de las siete poblaciones de quinua estudiadas*

Población	Sector ecológico	Localidad	Altitud (m)	Longitud O - Latitud S
Njo	Altiplano Norte (lago)	Pacharia	3909	68°52'60" – 15°53'03"
Cig	Altiplano Central (cerro)	Park'o	4172	68°31'01" – 16°57'22"
Cep	Altiplano Central (pampa)	Sivicani	3746	68°08'52" – 16°59'30"
Cte	Altiplano Central (pampa)	Challapata	3770	66°45'15" – 18°50'15"
Vse	Valle interandino	Sepultura	3627	65°35'29" – 19°51'23"
Sin	Altiplano Sur (salar)	Karuta	3684	67°54'10" – 19°37'51"
Sjl	Altiplano Sur (salar)	Pachincha	3713	67°39'36" – 20°46'27"

TABLA 2: *Estadísticas de los rasgos morfo-fenológicos observados en 2004-2005 (A1) y 2005-2006 (A2) (SD = desviación-estándar, CV = coeficiente de variación, n = 700).*

	Intervalo de Variación									
	Mínimo		Máximo		Promedio		SD		CV (%)	
Características	**A1**	**A2**	**A1**	**A2**	**A1**	**A2**	**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Emergencia (JAS)	5	5	10	15	7.2	8.5	1.4	3.8	19.3	44.1
Inicio de floración (DEF)	62	58	108	119	76.8	76.9	8.2	13	10.6	16.9
Duración de floración (días) (DUF)	3	5	24	19	8.4	11.8	4.4	3.4	53	28.5
Madurez fisiológica (MF)	137	132	180	174	151	150	11.3	13.2	7.5	8.8
Numero de ramificaciones (NR)	8	10	41	36	22.6	22.5	5.5	4.2	24.2	18.5
Diámetro de panoja (cm) (DP)	2.0	1.3	7.4	6.3	4.3	2.9	1.1	0.6	26	21.9
Altura de planta (cm) (HP)	32	33	141	123	74.6	62.3	21.2	15.7	28.5	25.2
Peso de panoja (g/planta) (PP)	2.8	1.4	48.4	41.3	12.1	6.2	7.1	4.1	59.2	67.1
Peso de granos (g/planta) (PG)	2.3	0.9	36.9	31.6	8.8	4.4	5.2	3.0	59.3	68.4
Peso total de planta (g) (PT)	4.3	2.4	80.6	62.8	19.0	9.7	12.2	6.3	63.9	65.1
Índice de cosecha (IR)	0.1	0.1	0.7	0.6	0.5	0.5	0.1	0.1	15	18.5
Índice de fertilidad (IF)	0.2	0.3	0.9	0.9	0.7	0.7	0.1	0.1	9.8	12.1
Numero de granos por planta (NG)		106		3985		1322		797		60.3
Peso de 100 granos (g) (P100)		0.1		1.1		0.4		0.1		31

DEFINICIONES: JAS*: emergencia, número de días desde la siembra hasta la aparición de cotiledones;* ***DEF****: inicio de floración = fecha de brote del 50% de las flores de la panoja (número de días después de la siembra);* ***DUF****: duración de floración = duración desde DEF hasta brote del 80% de las flores de la panoja;* ***MF****: madurez fisiológica = fecha en la cual los granos tienen consistencia harinosa (número de días después de la siembra);* ***NR****: número de ramificaciones primarias del tallo principal;* ***DP****: diámetro de la panoja, medido en la parte media el día de la cosecha;* ***HP****: altura de la planta, desde la base del tallo hasta la extremidad de la inflorescencia el día de la cosecha;* ***PP****: peso de la panoja;* ***PG****: peso de granos;* **PT***: peso total de la parte aérea;* ***IR****: índice de cosecha = PG/PT;* ***IF****: índice de fertilidad = PG/PP;* ***NG****: número total de granos por planta, sólo para el Año 2;* ***P100****: peso de 100 granos = PG/NG* 100, sólo para el Año dos.*

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estadísticas descriptivas de los rasgos morfo-fenológicos

De manera general, los rasgos relacionados con la producción de biomasa o el número de granos estaban mucho más variables (CV > 60%) que los relacionados con el desarrollo fenológico de las plantas (CV < 20%) (Tabla 2). Los rasgos morfológicos de las plantas (HP, DP, NR, P100, IR, IF) presentaron niveles de variación intermediarios, entre 20 y 30%.

Las medias y máxima observadas muestran que el Año dos fue menos favorable para la producción de biomasa que el Año uno, probablemente a causa del exceso de lluvia al inicio del ciclo. Pero la reducción de biomasa (prácticamente -50%) no conllevó diferencias notables en el desarrollo de las plantas, ni en su morfología (DEF, MF, HP, NR, IR e IF similares entre los dos años).

3.2. Estructura general de la variación fenotípica

Según la importancia relativa de la varianza inter-poblaciones, inter-familias e intra-familias, el ANOVA jerárquico para el conjunto de poblaciones permite diferenciar dos clases de rasgos (Figura 1).

- Los relacionados con la morfología y la fenología de las plantas (HP, NR, DP, P100, DEF, MF): dominados por la variación inter-poblaciones, estos rasgos son ante todo característicos de las poblaciones mismas, lo que justifica su uso para la clasificación de ecotipos y variedades;
- Los relacionados con la producción y el reparto de la biomasa (PP, PG, PT, NG, IR, IF): dominados por la variación intra-familias, estos rasgos dependen más que todo del nivel individual y de las capacidades fisiológicas realizadas en las condiciones particulares del ciclo de cultivo. De hecho, este patrón se fortaleció el Año 2 cuando las condiciones de cultivo se volvieron menos favorables.

Para JAS, la variación inter-individual dominaba, ya que esta variable no es un rasgo fenológico sencillo, sino más bien un proceso (la emergencia) complejo y rápido, fuertemente influenciado por el micro ambiente de las semillas.

3.3. Variación inter-poblaciones, inter- e intra-familias

Una síntesis de los resultados obtenidos con las comparaciones de medias entre poblaciones, así como las ANOVAs sucesivas ((Del Castillo, diversite genetique et reponse aux contraintes du climat: une etude de cas a partir de la biologie des population de quino (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivie, 2008) muestra que:

- Las quinuas del sur del altiplano (*sin, sjl, cte*) fueron precoces, mientras que la del valle inter-andino (*vse*) fue la más tardía, siendo aquellas del centro y del norte (*njo, cig, cep*) intermedias.
- Las poblaciones menos productivas en biomasa (*cte, cig, sjl, sin)* tenían rasgos más estables entre los dos años: su pérdida media de biomasa total en el Año dos fue del -39% (-41% para producción de granos) mientras que fue del -54% (-56% en granos) en las poblaciones más productivas (*njo, cep, vse*). Las poblaciones menos productivas provenían de sitios alejados por la distancia, pero todos ecológicamente limitantes para la agricultura: áridos y fríos para *sin, sjl y cte*, muy elevados y fríos para *cig* (Tabla 1).
- Las poblaciones más productivas (*njo, vse*) tenían los índices de cosecha y de fertilidad (IR, IF) más bajos, lo que sugiere una limitación de la producción de granos por la estructura de las panojas más que por la capacidad fotosintética. La estabilidad inter-anual de los índices IR e IF traduce la constancia de la relación entre biomasa total y producción de granos, a pesar de posibles variaciones en la producción total. Estos rasgos podrían entonces ser característicos de las poblaciones, pero solamente se podría concluir con ensayos bajo estreses controlados.
- En general, la variabilidad inter-familias superaba la variabilidad intra-familias para el conjunto de las poblaciones, lo que sugiere una herencia elevada para los rasgos considerados. Sin embargo, en el Año 2, la variabilidad intra-familias fue dominante en las poblaciones *cep, cte, sin y sjl* (Figura 2): la herencia de los rasgos morfo-fenológicos sería entonces menos elevada en estas cuatro poblaciones.
- La homogeneidad de las varianzas intra-familias de una misma población dependía de los rasgos y de los años. En la población *cep*, por ejemplo, para los dos años y para la mayoría de los rasgos, la varianza

intra-familias se diferenciaba significativamente entre las 10 familias. Al contrario, las poblaciones *cig* y *sin* mostraron varianzas homogéneas entre sus 10 familias respectivas.

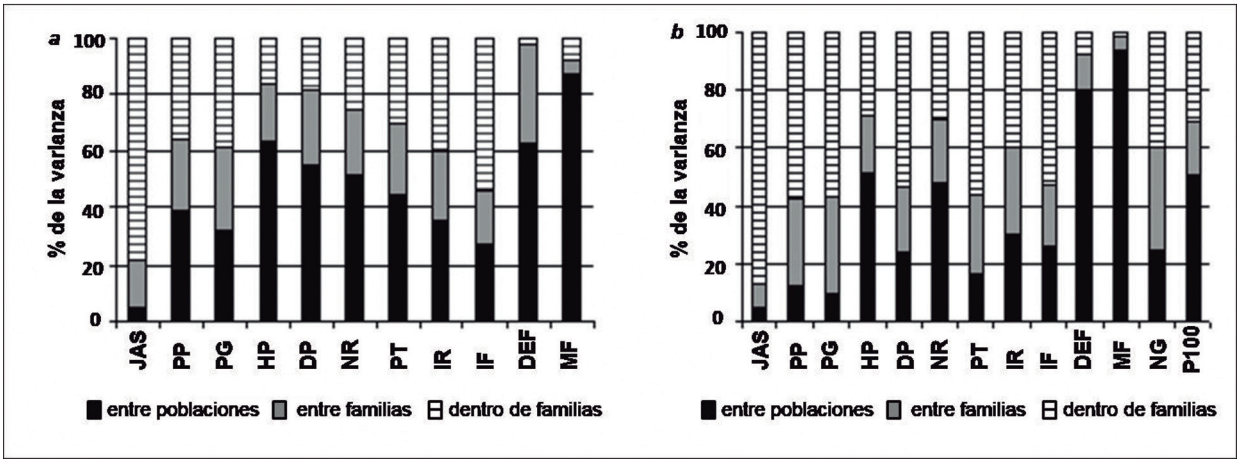


FIGURA 1. *Repartición de la varianza fenotípica en siete poblaciones de quinua para 11 rasgos morfo-fenológicos observados el Año 1 (a) y 13 rasgos morfo-fenológicos observados el Año 2 (b).*

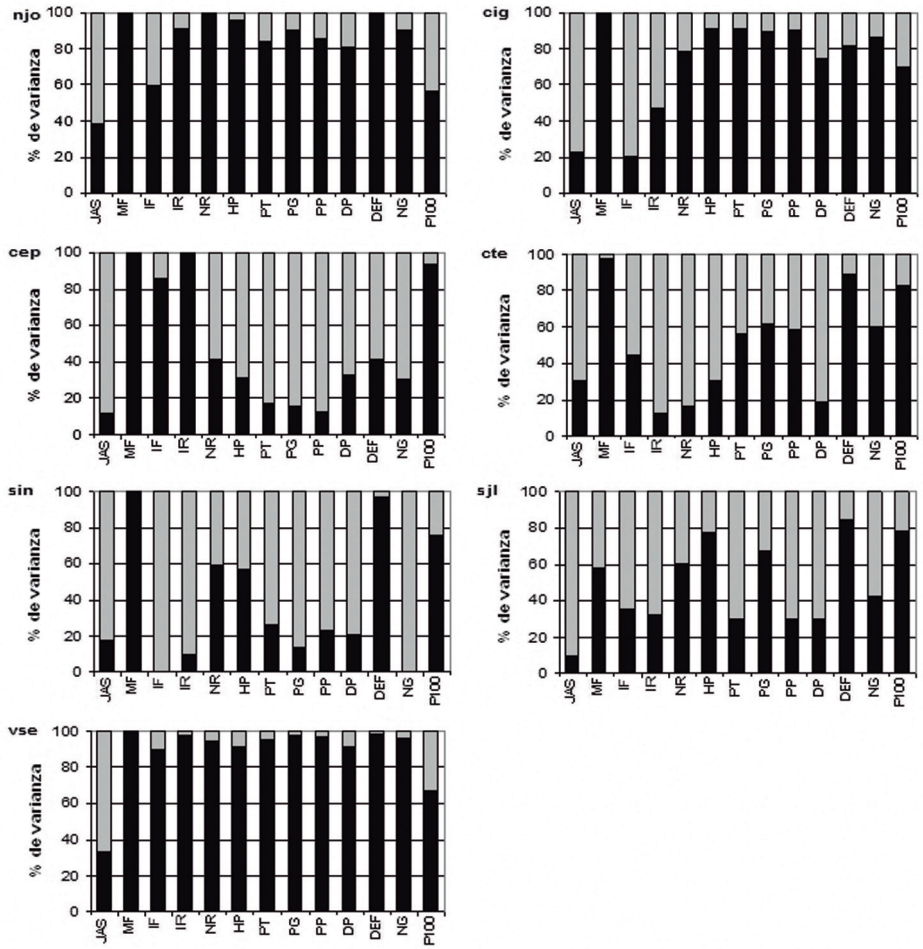


FIGURA 2. *Ejemplo de repartición de la varianza fenotípica inter-familias (negro) e intra-familias (gris) para 13 rasgos morfo-fenológicos observados el Año 2 (2005-2006) en siete poblaciones de quinua.*

3.4. Clasificación jerárquica

El dendrograma, basado en las medias de los rasgos calculadas sobre los dos años en cada familia, diferencia tres grupos principales (Figura 3). Los grupos A y B corresponden a poblaciones del altiplano norte a menos de 4000 m de altura (*njo* y *cep*) y del valle inter-andino (*vse*). Las poblaciones del grupo C se sitúan en el altiplano sur (*cte, sin, sjl*), o en el norte a más de 4.000 m de altura (*cig*).

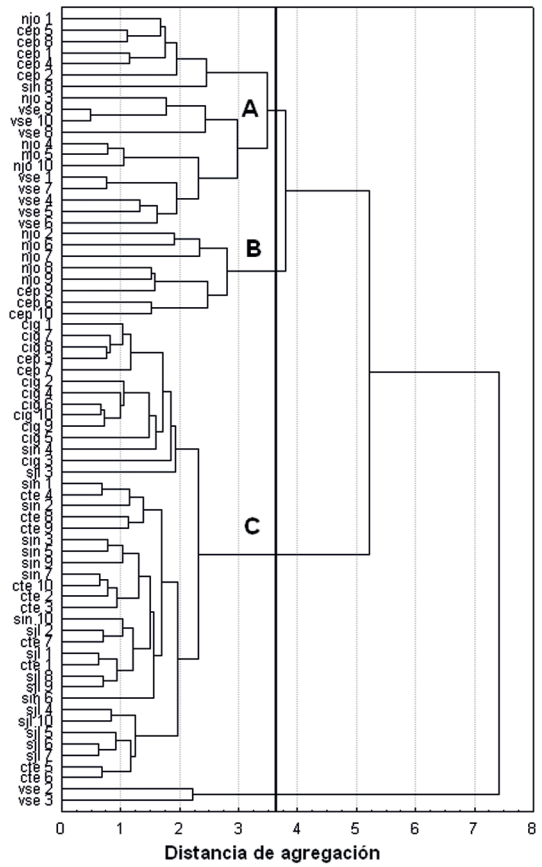


FIGURA 3: *Dendrograma UPGMA de 70 familias de siete poblaciones de quinua en base a rasgos morfo-fenológicos observados en los dos años de estudio.*

3.5. Análisis de contingencia morfología / genética

Para este análisis la variable dependiente fue el vector de tres grupos generados por el análisis molecular (Del Castillo *et al.*, 2007), y la variable independiente fue el vector de tres grupos producidos por la clasificación jerárquica de los rasgos morfo-fenológicos (Figura 3). Este análisis se aplicó sólo en las seis poblaciones comunes a los estudios con marcadores RAPD y marcadores fenotípicos, o sea: *njo, cig, cep, vse, sin* y *sjl*. La tabla 3 muestra que los grupos moleculares dos y tres corresponden cada uno a fenotipos distintos (A y C, respectivamente).

TABLA 3: *Clasificación cruzada de las 60 familias estudias entre los tres grupos de quinua definidos en base a marcadores moleculares y fenotípicos.*

	Fenotipo A	**Fenotipo B**	**Fenotipo C**	**Total**
Molecular 1	10	8	12	30
Molecular 2	10	0	0	10
Molecular 3	1	0	19	20
Total	21	8	31	60

Pero estos mismos fenotipos A y C son genéticamente heterogéneos y agrupan cada uno una decena de familias del grupo molecular uno. El fenotipo B, al contrario, está compuesto sólo por familias del grupo molecular uno. Según Roldán-Ruiz *et al.* (2001), tal divergencia entre clasificaciones molecular y fenotípica no debe ser considerada como un defecto de los métodos: fenotipos similares no son necesariamente homogéneos en el plan genético, y una correspondencia estrecha entre parentescos molecular y morfológico sería más bien el indicio de erosión genética. Al contrario, la divergencia entre clasificaciones encontrada en el presente estudio sugiere, entonces, que no hay erosión genética notable en las siete poblaciones estudiadas.

4. CONCLUSIONES

Los rasgos morfo-fenológicos, cuantitativos, y sensibles al medio ambiente permiten evidenciar las relaciones entre limitaciones ambientales, rasgos de vida, y capacidades de adaptación de las poblaciones (Carvajal-Rodriguez, Alvarez, & Caballero, 2005). Nuestros resultados muestran una estructura poblacional en estos rasgos, lo que justifica su uso como descriptores de poblaciones. A pesar de discrepancias, las clasificaciones molecular y fenotípica revelan una estructuración geográfica de las poblaciones que, en el caso de los marcadores morfo-fenológicos, separa las quinuas de los sectores más limitantes para la agricultura (altiplano sur y zonas frías del altiplano norte) de aquellas cultivadas en zonas más templadas del lago Titicaca o de los valles inter-andinos.

La variación intra-población de estos rasgos también muestra estructura, con una variación inter-familias predominante, lo que sugiere una elevada herencia. Al contrario, rasgos relacionados con la producción de biomasa (panojas y granos en particular), presentan una fuerte variabilidad inter-individual y son sensibles a cambios ambientales. Una elevada variación intra-población en los rasgos cuantitativos indica una presión selectiva poco intensa, posible resultado de una importante varianza ambiental. Este argumento parece válido en el caso del altiplano boliviano, donde el clima tiene un papel mayor en la variabilidad ambiental. De hecho, hemos observado una gran variación fenotípica en las poblaciones *cep*, *njo* y *vse* provenientes de regiones templadas pero sujetas a sequías y heladas eventuales, mientras que las poblaciones *cig*, *sjl*, *sin* y *cte* de sectores constantemente áridos y fríos mostraron menor variación intra-población. La diferenciación de poblaciones de quinua en el altiplano boliviano estaría así ampliamente determinada por la selección bajo factores ambientales, en particular climáticos, y por la variabilidad local de los mismos.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Carrera en Ingeniería y Comercialización Agropecuaria, antes Escuela Agropecuaria Superior de Viacha en la gestión del entonces Director Ing. Moises Quiroga. Este trabajo ha sido financiado por el IRD (Institut de Recherche pour le Développement, Francia).

6. REFERENCIAS

Bhargava A., S. Shukla, S. Rajan, and D. Ohri (2007). Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution 54: 167-173.

Bonifacio A. (1992). Herencia mendeliana en la quinua. In: Actas del VII congreso internacional sobre cultivos andinos. Orstom, La Paz, Bolivia.

Canahua Murillo A., A.S. Mujica, V. Apaza, y M. Quispe (2004). *Revaloración de quinuas de color (Chenopodium quinoa* Willd*.) en el altiplano de Puno, Perú: experiencias y perspectivas.* CD-Rom: XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia, Cochabamba, Bolivia.

Carvajal-Rodríguez A., E. Rolán-Alvarez, and A. Caballero (2005). Quantitative variation as a tool for detecting human-induced impacts on genetic diversity. Biological Conservation 124: 1-13.

Del Castillo C. (2008). *Diversité génétique et réponse aux contraintes du climat: une étude de cas à partir de la biologie des populations de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) de Bolivie.* Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Agronómicas, Gembloux, Bélgica.

Del Castillo C., T. Winkel, G. Mahy, and J.P. Bizoux (2007). Genetic structure of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the Bolivian altiplano as revealed by RAPD markers. Genetic Resources and Crop Evolution *54*: 897-905.

Risi J., and N.W. Galwey (1989). The pattern of genetic diversity in the Andean grain crop quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). I. Associations between characteristics. Euphytica 37: 147-162.

Rojas W., P. Barriga, and H. Figueroa (2000). Multivariate analysis of the genetic diversity of Bolivian quinua germplasm. Plant Genetic Resources Newsletter 122: 16-23.

Roldán-Ruiz I., F.A. van Eeuwijk, T.J. Gilliland, P. Dubreuil, C. Dillmann, J. Lallemand, M. De Loose, and C.P. Baril (2001). A comparative study of molecular and morphological methods of describing relationships between perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. Theoretical and Applied Genetics 103: 1138-1150.

Winkel T., J.P. Lhomme, J.P. Nina Laura, C. Mamani Alcón, C. Del Castillo, and A. Rocheteau (2009). Assessing the protective effect of vertically heterogeneous canopies against radiative frost: the case of quinoa on the Andean Altiplano. Agricultural and Forest Meteorology 149: 1759-1768.

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 22-31
Recibido: 05/06/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota.

Evaluation of two varieties of broccoli (Brassica oleracea) under three planting densities in a temperate environment at the experimental cota-cota station.

Edgar Ismael Luna Quispe[1*]
[1]*Universidad Mayor de San Andrés.*
Calle Héroes del Acre Esquina Landaeta.
[*]*E-mail: edgar_luna1@hotmail.com*

RESUMEN

Bajos rendimientos en ambientes controlados lleva a realizar la presente investigación, evaluar el comportamiento y rendimiento de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*). Se evaluó el cultivo de brócoli bajo el Diseño Experimental de Bloques al azar con arreglo en Parcelas Divididas, teniendo como Factor "A" variedad a_1: LEGACY y a_2: UG 2111 y como factor "B" densidades de plantación b_1: 17 plantas/m_2, b_2: 11 plantas/m^2 y b_3: 8 plantas/m^2. Tratamientos: T1 (Legacy+17 plantas/m^2), T2 (Legacy+11 plantas/m^2), T3 (Legacy+8 plantas/m^2), T4 (UG 2111+17 plantas/m^2), T5 (UG 2111+11 plantas/m^2) y T6 (UG 2111+8 plantas/m^2). La prueba de germinación Legacy obtuvo 96,85% frente a 89,64% de UG 2111. En porcentaje de prendimiento Legacy con 84,82% y UG 2111 71,68%. La altura de planta a la cosecha, Legacy obtuvo mayor promedio de altura con 0,52 m frente a UG 2111 con 0,45 m. La variedad UG 2111 registró 96 días desde la siembra a la madurez comercial, Legacy con 109 días. El diámetro de inflorescencia fue mayor en el T2 con 14,7 cm, seguida del T3 con 13,6 cm. Legacy alcanzó un peso promedio 370 gr con relación a UG 2111 330 gr. El rendimiento del brócoli refleja que la D1 (17 plantas/m^2) presentó un promedio igual a 26,85 tn/ha, con respecto a la D2 (11 plantas/m^2) que presentó un promedio de 19,88 tn/ha y 15,28 tn/ha la D3 (8 plantas/m^2). El T1 se presentó como el más rentable con un valor igual a 3,63 Bs/m^2 y un beneficio de Bs. 2,63.

Palabras Clave: Prueba de germinación, prendimiento, pella, ambiente controlado.

ABSTRACT

Low yields in controlled environments leads to the present investigation, to evaluate the behavior and yield of two varieties of broccoli (*Brassica oleracea*). Broccoli cultivation was evaluated under the Experimental Design of Randomized Blocks according to Divided Plots, having as Factor "A" variety a_1: LEGACY and a_2: UG 2111 and as factor "B" planting densities b_1: 17 plants/m^2 , b_2: 11 floors/m^2 and b_3: 8 floors/m^2. Treatments: T1 (Legacy + 17 floors/m^2), T2 (Legacy + 11 floors/m^2), T3 (Legacy + 8 floors/m^2), T4 (UG 2111 + 17 floors/m^2), T5 (UG 2111 + 11 floors/m^2) and T6 (UG 2111 + 8 floors/m^2). The Legacy germination test obtained 96,85% compared to 89,64% of UG 2111. In percentage of Legacy yield with 84,82% and UG 2111 71,68%. The height of the plant at harvest, Legacy obtained a higher average height with 0,52 m compared to UG 2111 with 0,45 m. The variety UG 2111 recorded 96 days from sowing to commercial maturity, Legacy with 109 days. The diameter of inflorescence was greater in T2 with 14,7 cm, followed by T3 with 13,6 cm. Legacy

reached an average weight 370 gr in relation to UG 2111 330 gr. The yield of broccoli reflects that D1 (17 plants/m^2) presented an average equal to 26,85 tons/ha, with respect to D2 (11 plants/m^2) that presented an average of 19,88 tons/ha and 15,28 tn/ha on D3 (8 floors/m^2). The T1 was presented as the most profitable with a value equal to 3,63 Bs / m^2 and a benefit of Bs. 2,63.

Keywords: Germination test, lightning, pella, controlled environment.

1. INTRODUCCIÓN

El déficit de producción de hortalizas es crónico en nuestro país, pues solo el 15 por ciento de la demanda nacional es cubierto por el estado, el saldo, un 85% o a veces un poco más proviene de otros países vía importación.

En los últimos años en nuestro país ha sido muy leve el trabajo de los organismos del estado en tratar de combatir la desnutrición, que es un mal que aqueja a los estratos bajos como los campesinos, mujeres, niños y niñas que normalmente habitan en zonas rurales y en periferias urbanas.

El brócoli (*Brassica oleracea*) es un cultivo estacional por lo que se puede obtener de dos hasta tres cosechas al año, La Paz es una zona adecuada para la producción de este cultivo ya que el clima va de templado a frío con montañas que están sobre los 2000 metros de altura, alta exposición a la luz solar y pertenece a la región interandina.

El brócoli era una hortaliza desconocida hasta hace poco, pero los últimos estudios han demostrado el papel que esta crucífera juega en la prevención de un gran número de tumores. Si a esto añadimos que no engorda y que muy poca cantidad basta para obtener su efecto protector, no hay excusas para no comerlo (Buena Salud, 2011).

La producción de hortalizas está distribuida en todas las regiones del país, a pesar de que algunas presentan restricciones agroclimáticas. Se tienen zonas en las que se da por lo menos un ciclo de producción mientras que otras zonas favorecidas con hasta tres ciclos productivos por año. La producción de hortalizas está más concentrada cerca de grandes centros poblados, teniendo por ejemplo producción de hortalizas en río Abajo en La Paz, Valle Bajo de Cochabamba, Valle Concepción en Tarija y Los Negros en Santa Cruz. Las escalas de producción son también diversas predominando pequeños productores con poco nivel tecnológico en la producción y post cosecha de hortalizas (Buena Salud, 2011).

El objetivo de la investigación fue el evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota de la ciudad de La Paz.

2. OBJETIVOS

- Evaluar el comportamiento de las variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en tres densidades de plantación en ambiente atemperado.
- Evaluar el rendimiento de dos variedades de brócoli en ambiente atemperado.
- Determinar la relación beneficio/costo mediante la comparación de costos de producción para los diferentes tratamientos.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de La Paz, Provincia Murillo primera sección, en la carpa solar del Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía ubicado la zona de Cota Cota, perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés ubicada a 15 km, del centro de la ciudad de La Paz presenta una altitud de 3445 m.s.n.m. (SENAMHI, 2012).

Se estudió dos variedades hibridas de brócoli que son LEGACY y UG2111 como material vegetal, los materiales de campo utilizados fueron pala, picota, rastrillo, carretilla, cordones, marbetes, cámara fotográfica, libreta de campo, vernier digital, balanza electrónica y planilla de registros. Materiales de gabinete fueron laptop, impresora y programa Infosat (Versión: 02/08/2016).

El área total del ambiente atemperado es de 812,5 m^2 de las cuales se usaron 30,9 m^2 para el presente trabajo de estudio en su etapa de campo. Además, se puede apreciar la distribución de los tratamientos resultantes de la combinación de los dos niveles del factor A (variedades

de brócoli) con los tres niveles del factor B (densidades de plantación). En las parcelas mayores se encuentran distribuidas las variedades de brócoli (V_1: variedad LEGACY y V_2: variedad UG 2111), y dentro de las parcelas mayores se encuentran las parcelas menores que consisten en las densidades de plantación (d_1 = 17 plantas/m^2, d_2 = 11 plantas/m^2, d_3 = 8 plantas/m^2).

La metodología utilizada para el trabajo de investigación se realizó en el periodo agrícola de otoño invierno de 2014, constó de diversas técnicas las cuales fueron:

3.1. Almacigo y trasplante

Se realizó en una almaciguera de madera utilizando sustrato en una relación 2:1:1:1 de limo, arena, turba y humus respectivamente, la profundidad de siembra fue de 0,2 a 0,5 cm a chorro continuo, se hizo el riego abundante posteriormente se cubrió con paja brava para que ayude a mantener la humedad por debajo. Jaramillo y Díaz (2005), mencionan que para realizar el trasplante respectivo las plántulas tuvieron de 4 a 5 hojas verdaderas y una altura promedio de 15 a 20 cm a 30 días luego de la emergencia. La actividad se realizó de manera manual el trasplante se realizó en fecha 07 de abril de 2014, a tres densidades de plantación: densidad 1=30x20, densidad 2=30x30 y densidad 3=30x40 cm entre surcos y entre plantas respectivamente.

FIGURA 1. *Sustrato y desarrollo de plantines en almaciguera.*

3.2. Instalación del sistema de riego por goteo

Se hizo la instalación del sistema de riego por goteo usándose 4 cintas de goteo separados a 30 cm una de la otra a recomendación de Porco y Terrazas, (2009) las cuales humedecieron el suelo en forma de manchas circulares que se unieron entre ellas logrando un riego uniforme, a capacidad de campo.

FIGURA 2. *Instalación de sistema de riego por goteo.*

3.3. Aporque y riego

Se realizó un aporque con la finalidad de airear y dar más porosidad al suelo dando también cobertura a las raíces para que no queden al descubierto. El riego se aplicó desde el momento del trasplante mediante un sistema de riego por goteo con 4 cintas homogéneamente en todas las unidades experimentales.

3.4. Cosecha

Se realizó cuando las pellas presentaban una coloración verde azulada, de manera homogénea con unas cuantas hojas para la protección de la inflorescencia. La cosecha se hizo durante la mañana para tener un alto grado de humedad y evitar su deshidratación, se usó una navaja y de manera manual se hizo el corte en el tallo a 20 cm de la pella.

FIGURA 3. *Cosecha de brócoli.*

3.5. Diseño Experimental

Diseño de Bloques al azar con arreglo en Parcelas Divididas con tres repeticiones (Ochoa, 2007).

Dónde:

Xijk = Una observación cualquiera.
μ = media poblacional.
β_k = efecto del k - esimo bloque.
α_i = Efecto del i - ésimo nivel de la variedad.
ε_{ik} = Error experimental de la parcela mayor (Ea).
λj = Efecto del j - esimo de la densidad de siembra
$\alpha\lambda_{ij}$ = interacción de la i - ésima variedad con la j – ésima densidad de siembra.
ε_{ijk} = Error experimental de la parcela menor (Eb).

TABLA 1. *Tratamientos en estudio*

Tratamiento	Combinación Factor A*B	Descripción del tratamiento
T1	v_1d_1	Legacy + 17 plantas/m^2
T2	v_1d_2	Legacy + 11 plantas/m^2
T3	v_1d_3	Legacy + 8 plantas/m^2
T4	v_2d_1	UG 2111 + 17 plantas/m^2
T5	v_2d_2	UG 2111 + 11 plantas/m^2
T6	v_2d_3	UG 2111 + 8 plantas/m^2

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento de la temperatura durante la evaluación

Se observa en la Figura 1. La uniformidad de temperaturas entre promedios, la temperatura máxima en el mes de junio alcanzó a 34,5°C, la temperatura mínima en el mes de julio con un valor de 1,2°C. Haciendo una media general de 18,6°C.

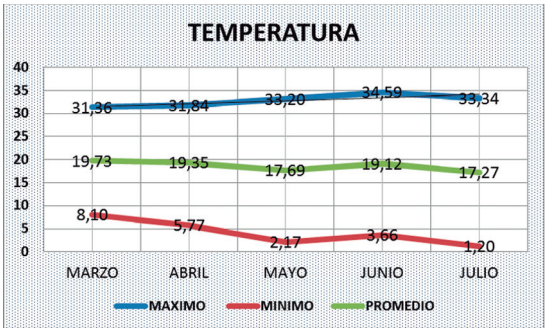


FIGURA 4. *Temperaturas del ambiente atemperado durante la evaluación*

Según Sonora (2016), el brócoli se adapta mejor a temperaturas promedio de 16°C (60°F). El rango óptimo está entre 15 y 25°C (59 y 77°F). También, soporta temperaturas bajas hasta de -2°C siempre y cuando no se haya formado aún la inflorescencia.

Según teoría el brócoli durante su fase de desarrollo necesita una temperatura promedio de 16°C, según datos obtenidos el ambiente donde se realizó la evaluación se encontraba con una temperatura promedio de 18,6°C lo cual nos aseguró que el ambiente fue el adecuado para la evaluación del cultivo de brócoli.

4.2. Prueba de germinación

La prueba se realizó en los laboratorios del INIAF-La Paz y se obtuvo un porcentaje de germinación el promedio general fue de 96,85% (Var. LEGACY) y 89.64% (Var. UG2111). El análisis de variancia, no reportó diferencias estadísticas significativas entre ambos híbridos.

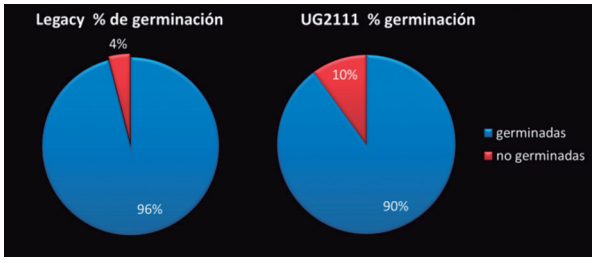


FIGURA 5. *Comparación del % de germinación de las dos variedades*

4.3. Porcentaje de prendimiento

Los resultados obtenidos permiten informar que, para prendimiento, se observa que en la variedad (LEGACY) el promedio es 84,82 %, es la variedad que alcanzó mayor número de plantas prendidas; en tanto que, la variedad (UG2111) se ubica en el último lugar, con un promedio de 71.68 % de prendimiento. Es posible que, en estas primeras etapas del inicio de la investigación, en donde las plántulas fueron recién trasplantadas, no se refleje la influencia de las densidades en el crecimiento y desarrollo inicial.

Esto nos indica claramente que el porcentaje de prendimiento dependerá de la variedad y no tanto así de la densidad de plantación en esta fase; por otro lado, es posible que, el porcentaje de prendimiento dependa más de las condiciones favorables que se deben dar a las plántulas en el momento del trasplante, como humedad del suelo, edad de las plántulas, soltura del suelo, etc., que asegure el prendimiento y crecimiento posterior.

4.4. Altura de la planta a la cosecha

Con relación a la densidad de plantación el análisis de varianza demuestra claramente que la densidad no tiene ningún efecto sobre el crecimiento de las plantas por lo cual se podría tomar la densidad 1 (17plantas/m^2) y así poder optimizar más el espacio y obtener mejores rendimientos.

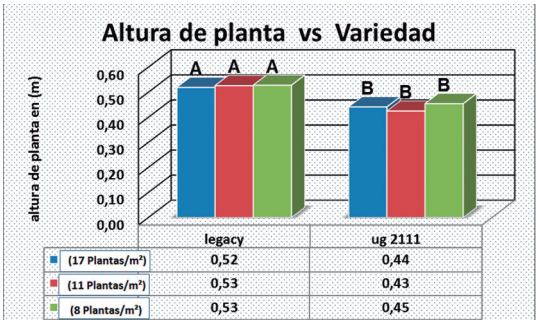


FIGURA 6. *Comparación de Altura de planta, entre las dos variedades (factor A)*

La Figura 6, muestra el crecimiento en altura de planta por variedad, en las lecturas efectuadas, con respecto a los híbridos de brócoli, en donde se puede apreciar que, el tamaño en altura del híbrido LEGACY (V1), fue significativamente mayor a la altura del híbrido UG 2111 (V2) en los distintos tratamientos.

Mamani (2014), en su investigación registró en promedio una altura de 60,99 cm en la variedad Pirata la que atribuye a características genéticas, en comparación a la variedad Di Cicco con 88,98 cm de altura respectivamente.

4.5. Diámetro de tallo a la cosecha

Se identifica claramente (figura 7) la variedad de mayor diámetro de tallo que desarrollo fue la variedad LEGACY con un promedio de 3,20 cm. Por otro lado, el diámetro menor pertenece a la variedad UG2111 con un promedio de 2,92 cm esta diferencia mínima solo por milímetros se debe a las características genéticas favorables que tiene las dos variedades LEGACY y UG2111 para ambientes atemperados, la cual se manifiesta a través del desarrollo de diámetro de tallo.

Gutiérrez (2005), registró en la variedad Pirata un diámetro de tallo igual a 3,4 cm relacionándolo dicho dato con las características genéticas de mencionada variedad, porque la densidad de siembra no tuvo efecto directo en el desarrollo de diámetro del tallo tal como lo indicaba su análisis de varianza, al igual que en el presente ensayo.

Mamani (2014), en su trabajo de investigación registró en la variedad Pirata un diámetro promedio de 2,31 cm y en la variedad Di Cicco un promedio igual a 1,80 cm, la misma autora realizó su trabajo de investigación en el mismo ambiente atemperado. Comparado con el presente trabajo de investigación las medias de diámetro de tallo en ambos factores de estudio superan fácilmente a la variedad Pirata y Di Cicco asumiendo de esta forma que las características genéticas de UG 2111 y más aun Legacy son mejores que la variedad Pirata.

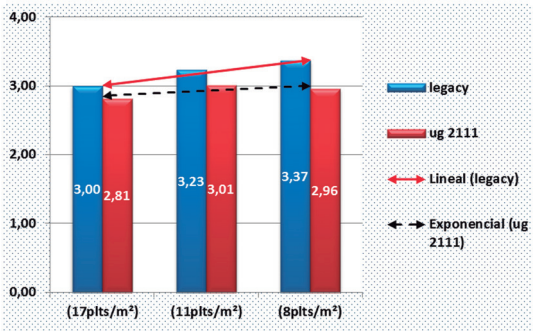


FIGURA 7. *Comparación de diámetro de tallo, entre las dos variedades (Factor A) y de las tres densidades (Factor B)*

4.6. Días a la madurez comercial

En la figura 8 muestra en días a la madurez comercial, el promedio general fue de 109,22 días de la variedad LEGACY y de 96,67 días de la variedad UG2111).

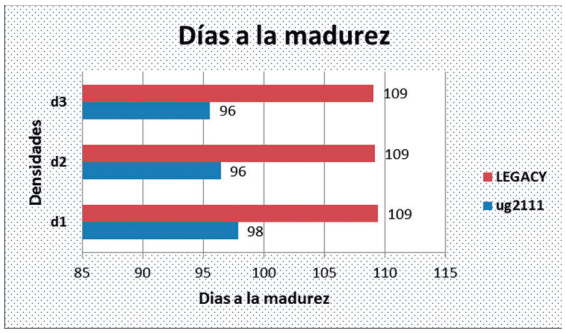


FIGURA 8. *Días transcurridos desde la siembra hasta la madurez comercial*

Mamani (2014), en su trabajo de investigación realizado en el mismo ambiente menciona que desde la siembra hasta la cosecha la variedad Di Cicco alcanzo 96 días, y la variedad Pirata con un tiempo de 108 días, relacionándolo con el presente trabajo se asemejan la variedad LEGACY con 109 días con la variedad Pirata de 108 días, la variedad UG 2111 y la variedad Di Cicco ambos con 96 días a la cosecha. Siendo que en el presente trabajo se reportaron temperaturas bajas, pellas compactas y mayor diámetro a diferencia de Pirata y Di Cicco, la variedad LEGACY se adapta muy bien en ambientes atemperados.

4.7. Diámetro de la inflorescencia a la cosecha

Las pruebas realizadas indican que no existe diferencias significativas entre los dos niveles del factor A (variedades), donde LEGACY, presentó un promedio igual a 13,4 centímetros de diámetro en relación a la variedad UG2111, que obtuvo en promedio 10,2 centímetros. Esto nos indica que las dos variedades presentaron un diámetro similar y con una diferencia de aproximada de 3 centímetros.

Mamani (2014), indica que la variedad Pirata a una densidad de 30x40 (8 plantas/m^2) obtuvo el mayor diámetro de inflorescencia llegando a alcanzar una media de 12,93 cm, que se relaciona con la densidad de plantación ya que este factor tuvo efecto directo en el desarrollo del diámetro de la inflorescencia, además de las características genéticas de la variedad, para el presente trabajo se asevera que la densidad de plantación tuvo efecto en el desarrollo de la inflorescencia.

4.8. Peso de la inflorescencia

Los resultados obtenidos, muestra los valores registrados del peso de inflorescencia por planta (figura 9), demostrando así la superioridad de la variedad LEGACY, con un promedio igual a 0,37 kg (370 gr), frente a la variedad UG2111, cuyo promedio fue de 0,33 kg, con esta prueba se corrobora lo visto en campo ya que efectivamente las dos variedades tenían diferencia mínima en los pesos esto debido a las condiciones del ambiente atemperado que influye de gran manera en las variedades de la misma empresa (SEMINIS).

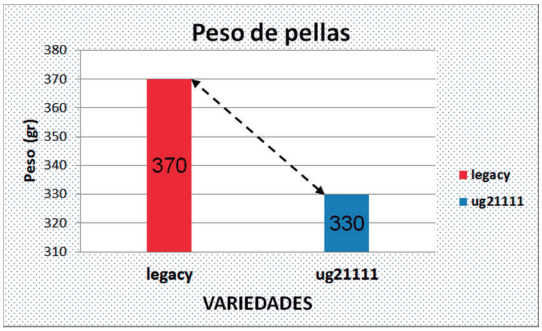


FIGURA 9. *Peso promedio de inflorescencia de las dos variedades en estudio*

Los tratamientos con mejores pesos corresponden a T3, T2 y T6 con 0,38, 0,38 y 0,35 kilogramos respectivamente, en cambio los pesos más bajos registrados corresponden a T5, T1 y T4 con 0,34, 0,34 y 0,33 kilogramos o su equivalencia en gramos.

4.9. Rendimiento

Mamani (2014), en su trabajo de investigación reporta rendimientos en la variedad Pirata para la densidad 1 (17 plantas/m^2) de 18213 kg/ha, densidad 2 (11 plantas/m^2) 17780 kg/ha y para la densidad 3 (8 plantas/m^2) de 16190 kg/ha en las mismas condiciones del presente trabajo, en comparación con el presente trabajo para la media de las variedades LEGACY y UG2111 se obtuvo para la densidad 1 (17 plantas/m^2) 26,85 tn/ha (26850 kg/ha), densidad 2 (11 plantas/m^2) 19,88 tn/ha (19880 kg/ha) y para la densidad 3 (8 plantas/m^2) 15,28 tn/ha (15280 kg/ha), viendo una vez más la superioridad y calidad genética de las variedades del presente estudio en las densidad 1 y la densidad 2, superioridad atribuida al carácter genético y la influencia de la densidad.

Las producciones varían según se trate de brócolis ahijados o de pella, además del tipo de variedad. Pero

pueden estimarse unos rendimientos normales entre 15000 y 25000 kg/ha, en el presente estudio los rendimientos de ambas variedades se encuentran dentro de este rango e incluso con la densidad 1 (17 plantas/m^2) está por encima de lo mencionado.

4.10. Análisis económico

Para el análisis económico se tomó en cuenta los siguientes cálculos: rendimiento ajustado, beneficio bruto, costos variables, costos de producción, beneficios netos y beneficio/costo.

a) Rendimiento ajustado

Es el rendimiento promedio de cada tratamiento, menos el 10% que refleja la diferencia entre el promedio del experimento y el posible rendimiento que se puede obtener en condiciones de un productor promedio.

Este ajuste toma en cuenta la diferencia entre el tamaño de una parcela experimental y una parcela de producción también se toma en cuenta el manejo del cultivo.

TABLA 2. *Rendimiento ajustado del producto comercial (kg/m^2)*

Variedad	Densidad	Tratamiento	Rendimiento	Ajuste	Rendimiento ajustado
			(kg/m^2)	10%	(kg/m^2)
Legacy	17 plantas/ m^2	T1	5,86	0,59	**5,27**
Legacy	11 plantas/ m^2	T2	4,27	0,43	3,84
Legacy	8 plantas/ m^2	T3	3,01	0,30	2,71
UG2111	17 plantas/ m^2	T4	5,10	0,51	**4,59**
UG2111	11 plantas/ m^2	T5	3,61	0,36	3,25
UG2111	8 plantas/ m^2	T6	2,86	0,29	2,57

Los resultados obtenidos en una parcela pequeña generalmente son sobre estimados, las parcelas pequeñas son más uniformes, que las grandes tanto en fertilidad como en preparación.

Según se observa en la tabla 2, la variedad LEGACY fue la que obtuvo el mayor rendimiento ajustado en tres densidades de siembra con rendimientos 5,27 kg/m^2 a una densidad de 17 plantas/m^2 seguido por la variedad UG2111cuyo promedio del rendimiento no supera los 4.59 kilos por metro cuadrado.

b)Beneficio bruto

El beneficio bruto es el beneficio total que se obtiene de multiplicar el rendimiento ajustado por el precio del producto.

TABLA 3. *Beneficio bruto*

Variedad	Densidad	Tratamiento	R. Ajustado	Precio	Beneficio Bruto
			(kg/m^2)	Bs/kg	(Bs/m^2)
Legacy	17 plantas/ m^2	T1	5,27	2,20	**11,59**
Legacy	11 plantas/ m^2	T2	3,84	2,20	8,45
Legacy	8 plantas/ m^2	T3	2,71	2,20	5,96
UG2111	17 plantas/ m^2	T4	4,59	2,20	**10,10**
UG2111	11 plantas/ m^2	T5	3,25	2,20	7,14
UG2111	8 plantas/ m^2	T6	2,57	2,20	5,66

En el caso de las variedades LEGACY y UG2111 con las distancias (17 plantas/m^2), son las que obtuvieron mayor beneficio bruto con 11,59 y 10,10 Bs/m Respectivamente, debido a que los tratamientos 1 y 4 produjeron mayor cantidad de producto comercial.

c) Costos variables

En este análisis se tomaron en cuenta los costos que varían entre tratamientos, el análisis se realizó tomando en cuenta solamente los relacionados con insumos, mano de obra y herramientas utilizadas. Todos los gastos adicionales que se realizaron se consideraron como gastos fijos y son constantes para todos los tratamientos.

TABLA 4. *Costos variables*

	LEGACY			UG2111		
Insumos	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Semilla	1,19	0,77	0,56	1,19	0,77	0,56
Riego	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Mano de obra	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Comercialización	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Total CV (Bs/m^2)	2,69	2,27	2,06	2,69	2,27	2,06

d) Total costos de producción

El total de los costos de producción se define como la suma de los costos fijos (infraestructura y herramientas) y los costos variables que corresponden a gastos de un proceso productivo.

TABLA 5. *Total costos de producción*

	LEGACY			UG2111		
Insumos	**D1**	**D2**	**D3**	**D1**	**D2**	**D3**
Tratamiento	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
TOTAL CF	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
TOTAL CV	2,69	2,27	2,06	2,69	2,27	2,06
TOTAL Bs/m^2	3,19	2,77	2,56	3,19	2,77	2,56

La variedad LEGACY en sus tres densidades de siembra tiene un costo de producción relativamente igual en comparación de la variedad UG2111, esto se debe a que las semillas fueron adquiridas de la misma semillera ubicada en la ciudad de Cochabamba (AGROTECNIA) y al mismo costo.

e) Beneficio neto

Es el valor de todos los beneficios de la producción que se percibirá de los tratamientos menos el total de los costos de producción.

TABLA 6. *Beneficio neto*

	LEGACY			UG2111		
Insumos	**D1**	**D2**	**D3**	**D1**	**D2**	**D3**
Tratamiento	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Beneficio Bruto	11,59	8,45	5,96	10,10	7,14	5,66
Costos Producción	3,19	2,77	2,56	3,19	2,77	2,56
B. Neto Bs/m2	8,40	5,68	3,40	6,91	4,37	3,10

La densidad de siembra 1 (17 plantas/m^2) en la variedad LEGACY correspondiente al tratamiento T1, obtuvo un mayor beneficio neto de 8,40 Bs/m^2, en cambio la variedad UG2111 con la densidad de siembra 3 (8 plantas/m^2) correspondiente al tratamiento T6, con un beneficio neto más bajo de 3,10 Bs/m^2

f) Beneficio costo

En la tabla 7, se observa los valores del índice beneficio/costo de los seis tratamientos en estudio.

TABLA 7. *Beneficio/Costo de cada tratamiento*

	LEGACY			UG2111		
Insumos	**D1**	**D2**	**D3**	**D1**	**D2**	**D3**
Tratamiento	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Beneficio Bruto	11,59	8,45	5,96	10,10	7,14	5,66
Costos Producción	3,19	2,77	2,56	3,19	2,77	2,56
B/C (Bs)	3,63	3,05	2,33	3,17	2,58	2,21

Los resultados que se presentan en la Tabla 7, muestran que todos los tratamientos obtuvieron réditos económicos, puesto que la relación beneficio/costo de los tratamientos son mayores a Bs. 1,00 lo que se entiende que por cada boliviano invertido habrá ganancias, se recuperará lo invertido, el tratamiento uno (T1) se presentó como el más rentable con un valor igual a 3,63 Bs/m^2.

En general, la ganancia fue de Bs. 2,05 en el tratamiento dos (T2), Bs. 1,33 para el tratamiento tres (T3), Bs. 1,21 para el tratamiento cuatro (T6), Bs. 1,58 del tratamiento cinco (T5).

Mamani (2014), registró en el análisis económico, el tratamiento 5 correspondiente a la variedad Pirata a densidad de siembra de 30x30 cm, tuvo una relación beneficio costo de 1,79 Bs/m^2 concluyendo que por cada unidad monetaria invertida se recuperó la inversión más un beneficio de 0,79 Bs. en el presente trabajo con la variedad LEGACY y con el T1 se obtuvo los mejores resultados llegando a una relación beneficio costo de 3.63 Bs/m^2 obteniendo así una ganancia de 2,63 Bs. observando una diferencia de 1,88 Bs. en comparación con el mencionado autor y se evidencia una vez más la rentabilidad de la variedad LEGACY junto al tratamiento 1.

5. CONCLUSIONES

El comportamiento de la temperatura durante el proceso de investigación se verificó que se encontraba en el rango optimo que Sonora (2016) menciona (15 y 25°C), registrándose una temperatura promedio de 18,6°C lo cual nos asegura que el ambiente fue adecuado para el desarrollo en todas sus fases del cultivo de brócoli.

En la prueba de germinación la variedad LEGACY obtuvo alto valor de germinación 96%; mientras variedad UG2111 presentó 90% de germinación, obteniendo igual comportamiento en el proceso de la prueba de germina-

ción, lo cual nos indica que ambas variedades pueden ser usadas para ser almacigadas o en siembra directa.

La variedad LEGACY en la variable Porcentaje de prendimiento fue la de más alto valor con 84.82% de prendimiento; la variedad UG2111 presento 71.68% de prendimiento, se concluye que, las dos variedades tuvieron un buen comportamiento agronómico al trasplante a una temperatura promedio de 19.7°C.

Para el factor variedades en la variable altura de la planta a la cosecha (cm), la variedad LEGACY (V1) presentó una altura de 52,15 cm, la variedad UG2111 (V2) registró una altura de 45,02 cm.

El ANVA indicó que el diámetro de tallo de las dos variedades fue estadísticamente similar, también se evidenció en campo, siendo que la variedad LEGACY presentó el mayor diámetro, con un promedio de 3,20 cm, siendo este mayor a la variedad UG2111, con un promedio igual a 2,92 centímetros.

Se determinó que la variable días a la madurez comercial UG2111 con 97 días a la formación de la pella, es una variedad precoz mientras que, LEGACY forma pella en un promedio de 109 días comportándose como variedad media.

A través del ANVA se evidencia que no hay diferencias significativas para la variable diámetro de inflorescencia, la variedad LEGACY, alcanzó un promedio de 13,00 cm. La variedad UG2111 presentó menor diámetro, con un promedio de 10,00 cm.

El ANVA indicó que para la variable peso de la inflorescencia las dos variedades son estadísticamente similares, se evidencio en campo, siendo que la variedad LEGACY presentó el mayor peso, con un promedio de 0,37 kilogramos, siendo este superior por gramos al promedio del peso de la inflorescencia de la variedad UG2111, con un promedio igual a 0.33 kilogramos.

La variable rendimiento muestra que estadísticamente existe diferencias significativas entre las densidades D1, D2 y D3, correspondiente al factor B, donde la densidad 1 (17plantas/m^2) presentó un rendimiento de 26,85 (tn/ha), con respecto a las otras dos densidades, D2(11plantas/m^2) con un rendimiento de 19,88 (tn/ha) y D3 (8 plantas/m^2) con un rendimiento de 15,28 (tn/ha).

En la investigación se determinó que a través de la producción de brócoli se obtuvo una buena rentabilidad estableciendo que la mejor relación beneficio/costo está dado por el T1 (Variedad LEGACY a una densidad de 17plantas/m^2) ya que por cada Boliviano invertido se obtiene una ganancia de 2,63 bolivianos, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

6. RECOMENDACIONES

Para obtener plantas de brócoli robustas y vigorosas, con pellas mejor desarrolladas en diámetro no muy grandes y peso promedio, por los resultados obtenidos en la investigación de la variedad LEGACY y UG211 por su buen comportamiento agronómico y adaptación son una alternativa de producción, en carpa solar o a campo abierto, puesto que se tuvo buenos resultados en el rendimiento de producto comercial.

Utilizar los distanciamientos de siembra de 0,30 x 0,20 m solo con estas dos variedades, ya que genera mayor cantidad de plantas y número de pellas comerciales/ha. Lo cual generara buenos rendimientos y ganancias.

Continuar con la investigación, utilizando una de estas variedades, con el distanciamiento de siembra recomendado y probando varios programas nutricionales de fertilizantes, cultivo hidropónico y bajo cultivo orgánico.

Realizar estudios concernientes a la calidad de la cabeza comercial y las preferencias que tiene el consumidor por alguna variedad de brócoli, de esta manera cultivar variedades que son apetecidas.

7. REFERENCIAS

BUENA SALUD, 2011. Enciclopedia coleccionable. Bolivia. No 34. 8-9 p.

JARAMILLO N. J. E.; DIAZ, D. C.A. 2006. El cultivo de las crucíferas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 20. 10 – 23 p.

MAMANI, V. 2014. Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el Centro Experimental Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 42 – 76 p.

PORCO, F. Y TERRAZAS, J. 2009. Horticultura Aplicaciones Prácticas. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia. 172 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, BO), 2012. Datos Climáticos. La Paz, Bolivia. s.p.

SONORA, U. D. 2016. El cultivo de brócoli. Producción de hortalizas DAG/hort-010, 1-2 p.

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 32-41
Recibido: 02/09/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

EFECTO DE iprodione, folpet y folpet+prochloraz SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE *Alternaria solani y Trichoderma harzianum*

Effect of iprodione, folpet and folpet + prochloraz on the mycelial growth of Alternaria solani and Trichoderma harzianum

Celia Maria Fernández Chávez[1*]

[1]*Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.*

Héroes del Acre N°1850, La Paz, Bolivia.

**Autor de contacto: cmfch3311@hotmail.com*

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, por tal motivo es muy importante prevenir las enfermedades fúngicas del mismo. El tizón temprano, ocasionado por *Alternaria solani* causa una disminución considerable de la producción. El control de este patógeno es con agroquímicos, los cuales dan resultados favorables; sin embargo, su uso trae como consecuencia efectos nocivos sobre el ambiente debido a su residualidad. Muchos hongos compiten como antagonistas o parásitos para el control de fitopatógenos. *Trichoderma harzianum* es producido como fungicida biológico, siendo el ingrediente activo del producto Trichodex 25% WP, su modo de acción consiste en consumir los nutrientes disponibles y secretados por los tejidos de la planta. Ejerce una acción de competencia por nutrientes y espacio.

Los fungicidas utilizados en esta investigación "in vitro" para determinar la dosis mediana efectiva (ED_{50}) de *A. solani y T. harzianum* cepa T-39, fueron iprodione, folpet y folpet+prochloraz, los que pertenecen a diferentes grupos químicos. El método utilizado fue el de dilución que consiste en la incorporación de los ingredientes activos al medio nutritivo (APD). Los tratamientos se realizaron con cuatro muestras por cada dosis de fungicida y dos repeticiones. Además, se dejaron placas con APD sin fungicida para ser utilizados como testigos.

Considerando los valores ED_{50} obtenidos por los fungicidas con *T. harzianum* se podría estimar como compatibles de uso a folpet e iprodione en aplicaciones alternadas con el biocontrolador *T. harzianum.*

Palabras claves: *Trichoderma harzianum, Alternaria solani, iprodione*, folpet, folpet+prochloraz, dosis mediana efectiva (ED_{50}).

ABSTRACT

Tomato is one of the most consumed vegetables worldwide, so it is very important to prevent fungal diseases. Early blight, caused by *Alternaria solani* causes a considerable decrease in production. The control of this pathogen is with agrochemicals, which give favorable results; however, its use results in harmful effects on the environment due to its residuality. Many fungi compete as antagonists or parasites for the control of phytopathogens. *Trichoderma harzianum* is produced as a biological fungicide, being the active ingredient of the Trichodex 25% WP product, its mode of action is to consume the nutrients available and secreted by the tissues of the plant. It exerts a competition action for nutrients and space.

The fungicides used in this research "in vitro" to determine the median effective dose (ED_{50}) of *A. solani* and *T. harzianum* strain T-39, were iprodione, folpet and folpet + prochloraz, which belong to different chemical groups. The method used was that of dilution consisting of the incorporation of the active ingredients into the nutrient medium (APD). The treatments were performed with four samples for each dose of fungicide and two repetitions. In addition, plates with APD were left without fungicide to be used as controls.

Considering the ED_{50} values obtained by fungicides with *T. harzianum*, it could be estimated as compatible for use with folpet and iprodione in applications alternated with the biocontroller *T. harzianum.*

Keywords: *Trichoderma harzianum, Alternaria solani*, iprodione, folpet and folpet + prochloraz, median effective dose (ED_{50})

1. INTRODUCCION

El tomate es una hortaliza de gran valor económico para algunos países, por ello es de suma importancia prevenir las enfermedades del cultivo de tomate y de forma particular las enfermedades fúngicas del mismo.

Una gran parte de las enfermedades reportadas que afectan los cultivos con importancia económica son causadas por hongos. El número de especies de hongos conocidos es superior a 100,000, de los cuales alrededor de 8,000 son capaces de causar algún tipo de enfermedad en las plantas. Todas las plantas son atacadas en alguna etapa de su desarrollo por uno o más patógenos fúngicos, siendo que la mayoría puede parasitar una o más especies vegetales. (Velasquez y Torres, 2017).

El tizón temprano, ocasionado por *Alternaria solani*, el cual afectan ramas, pecíolos, hojas tallos y frutos, causando una disminución considerable de la producción. Tradicionalmente el control de estos patógenos ha sido por agroquímicos, los cuales se aplican a la semilla, follaje y al suelo, con resultados favorables; sin embargo, su uso trae como consecuencia efectos nocivos sobre el ambiente debido a su residualidad, lo que provoca que se acumulen en cuerpos de agua, suelo, plantas y animales; además, generan resistencia por parte de los fitopatógenos, sin olvidar el detrimento que causa en la salud humana. Lo anterior justifica plenamente la búsqueda de agentes de control biológico (CB) como una alternativa viable al uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura, (Fraire, 1993).

Los hongos más utilizados y conocidos en CB pertenecen a los *Hyphomycetes*; entre ellos, los géneros *Trichoderma, Penicilium y Gliocladium.* El género *Trichoderma* está catalogado entre los agentes de control biológico más eficientes debido al amplio espectro antagonista que presentan; las enzimas extracelulares que producen con actividad antibiótica, el micoparasitismo y por la habilidad de incrementar el desarrollo y crecimiento de las plantas, entre otros mecanismos de acción (Harman, Howell, Viterbo, Chet y Lorito, 2004).

Trichoderma spp., se utiliza como agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Botrytis cinérea* y *Fusarium* spp., entre otros. (Omann, 2007), y ha demostrado efectividad al reducir in vivo hasta un 65% la tristeza causada por *Phytophthora capsici* en pimiento, (Ezziyyani, Perez, Sid, Requena y Candela, 2004). Considerando lo anterior, el uso de *Trichoderma* spp., es una alternativa con potencial para el control de muchas enfermedades; sin embargo, es importante obtener y evaluar aislados nativos con suficiente capacidad antagónica para controlar a los fitopatógenos en la misma localidad referida.

Muchos hongos compiten exitosamente como antagonistas o parásitos y el hombre ha empleado este conocimiento para el control de algunos fitopatógenos. Desde la década de 1950, los fitopatólogos han comprendido la potencialidad de los hongos para el biocontrol de enfermedades de las plantas, tanto solos como en combinación con fungicidas. Muchas investigaciones han pasado desde una etapa experimental a una aplicación comercial en la última década (FAO, 1986).

Este tipo de control que utiliza microorganismos antagonistas constituye un método más de control de enfermedades en plantas. Dentro de los microorganismos que se utilizan actualmente para el control biológico, destacan las especies de hongos del género *Trichoderma.*

T. harzianum es producido como un fungicida biológico,

siendo el ingrediente activo del producto Trichodex 25% WP. Su modo de acción consiste en consumir los nutrientes disponibles y secretados por los tejidos de la planta. Ejerce una acción de competencia por nutrientes y espacio. Actúa en forma preventiva y es altamente selectivo. *T. harzianum* presenta antagonismos hacia varios hongos fitopatógenos, tales como: *Botrytis, Pythium, Phytophthora, Fusarium* y *Alternaria*, entre otros. Las poblaciones de *T. harzianum* reaccionan de modo diferente de acuerdo a las condiciones atmosféricas, temperatura, nutrición y edad de las plantas. (Universidad de Chile, 2005)

Además de los hongos fitopatógenos señalados anteriormente, también se ha estudiado el grado de control alcanzado utilizando especies de *Trichoderma* sobre *Botrytis cinerea* (Jalil, 1997).

El Control Químico es una de las prácticas más comunes de manejo de plagas en las áreas de producción agrícola, el uso de nuevos de compuestos químicos (sintéticos), durante la década de los 60, hasta la fecha, por su alta efectividad, dieron la impresión que no sería necesario continuar con las prácticas anteriores de control de plaga. Manual de Manejo de Plagas Proyecto Desarrollo Territorial Comunitario Integrado para Comunidades Alejadas en la Amazonía, (FUNDESNAP, 2012).

El uso de fungicidas se realiza cuando se observa, que la enfermedad puede causar pérdidas en la producción, por lo que se hace necesario monitorear los niveles de desarrollo de la enfermedad durante el crecimiento del cultivo, (Carlile, 1988). Estos compuestos químicos inhiben la germinación, el desarrollo y la reproducción de los patógenos, o bien son completamente letales a ellos (Agrios, 2005).

Los fungicidas modernos ejercen una fuerte presión de selección con mayor potencia y persistencia y mayor distribución en la especie tratada. El uso alternativo de fungicidas o mezclas de fungicidas han tenido éxito en el retraso de la aparición de la resistencia, (Knight, 1997).

Los fungicidas utilizados en los ensayos de esta investigación "in vitro" para determinar la dosis mediana efectiva (ED_{50}) de *A. solani* y *T. harzianum* cepa T-39, fueron iprodione, folpet y folpet+prochloraz, los que pertenecen a diferentes grupos químicos.

Las dicarboximidas son fungicidas sistémicos con actividad preventiva y curativa y modo de acción muy selectivo, inhibiendo la división celular. (Blangero y Basignani, 2010). Las dicarboximidas son productos fungicidas, descubiertos y desarrollados comercialmente desde 1977, e incluye compuestos como iprodione (Figura 1), procimidone y vinclozolin y otros.

Los fungicidas de este grupo presentan actividad contra algunos hongos fitopatógenos de las clases ascomicetes y de hongos imperfectos. Iprodione es además activo contra especies del género *Alternaria, Phoma* y especies del género *Aspergillus* y *Sclerotium,* (Latorre, 1989).

Según (Thomson, 1988), Iprodione recibe también los siguientes nombres: Glycophene, Rovral 4Flo, Chipco-26019 y Kidan y químicamente es: 3-(3, 5-dichlorophenyl)-N-(1-methylethyl)-2, 4-dioxo-1-imidazolidina carboxamida.

Iprodione es un compuesto que interfiere con la actividad y/o síntesis de ADN. Inhiben la germinación de esporas y provocan lisis de hifas. Se han reportado casos de acostumbramiento de hongos en varios países, aunque la resistencia es relativa y la población puede volver a ser sensible luego de unos meses sin contacto con este grupo de fungicidas. Tiene escasa capacidad de moverse en el vegetal, se comportan más como productos de contacto con buen grado de absorción.

Dentro del grupo de las ftalimidas se encuentra folpet (Figura 2), con actividad fungicida por vía foliar y acción preventiva presentada en forma de gránulos dispersables en agua, lo que facilita la dosificación y preparación del caldo fungicida, para aplicar al cuello de la planta o en pulverización foliar. (Terralia, 2019). En relación a su modo de acción inhibe la actividad de las enzimas sulfhídricas con lo que se libera tiofosgeno, producto tóxico para el hongo, también interfiere la respiración y el transporte de electrones. (Terralia, 2019).

Folpet provoca acumulación del ácido pirúvico e interfiere en el ciclo de Kreps en la respiración celular de los hongos, produciéndose acumulación de hidratos de carbono, lo que inhibe la respiración celular y la germinación de esporas del hongo (CYANAMID, 1996).

Se realizó el estudio sobre la interacción de folpet con proteínas de tiol, gliceraldehido-3-fosfato desidrogenasa, donde se indica que la fungitoxicidad es perdida por el reemplazo de P=S por P=O, como también -S-CH_2- por -O- entre los átomos de nitrógeno y fósforos. (Cremlyn, 1991).

Folpan 80 WDG, tiene como ingrediente activo a folpet con una concentración del 80%, actúa por contac-

to, previniendo que se produzca la infección al matar las esporas e inhibe su germinación. Folpet no penetra los tejidos celulares y no se transloca dentro de las plantas. Es un fungicida de multiacción o acción múltiple, es decir, actúa en diferentes sitios de los hongos, lo cual es de gran importancia para prevenir la aparición de razas resistentes (CYANAMID, 1996).

Folpan recibe también los siguientes nombres: Folpet, Folnit, Phaltan, Thiophal y Vinicoll; siendo su nombre químico N-(Trichloromethylthio) phthalimide.

Los fungicidas IBE (inhibidores de la biosíntesis de esteroles) interfieren la biosíntesis del ergosterol, que es un constituyente estructural de las membranas celulares de hongos pertenecientes a los ascomicetes, basidiomicetes y algunos deuteromicetes (Carlile, 1988), siendo sintetizado por ellos mismos, lo que provoca la pérdida de la funcionalidad de estas estructuras. La mayoría de los hongos biosintetizan ergosterol para el desarrollo de su micelio.

Entre los fungicidas inhibidores de la biosíntesis de los esteroles, los azoles, específicamente los imidazoles y los 1, 2, 4 triazoles, tienen especial importancia, presentan un inmenso potencial fungicida y abren posibilidades para el desarrollo de nuevos productos (Latorre, 1989). Son compuestos que han demostrado efectividad contra un amplio rango de hongos fitopatógenos, patógenos humanos e incluso algunos tienen acción bactericida sobre bacterias. La actividad biológica de estos compuestos está determinada por la presencia del grupo imidazol.

Los fungicidas más importantes de los imidazoles son prochloraz (Figura 3), imazalil, y triflumizol. Prochloraz es un fungicida de amplio espectro, especialmente contra ascomicetes y hongos imperfectos, y con una menor actividad contra los basidiomicetes (Pommer y Lorenz, 1987). Es un fungicida de categoría toxicológica III (tres), perteneciente al grupo químico multisitios+imidazoles Su modo de acción es Preventivo, curativo; sistémico, contacto. (Amador, 2010).

Fungicida de contacto de amplio espectro y de acción translaminar, capaz de controlar una amplia gama de enfermedades fungosas de importancia económica en cultivos extensivos y cereales. Alta resistencia al lavado por lluvias. Autorizado para aplicación en paltas en postcosecha, (ADAMA, 2019).

Folpet+prochloraz (Mirage-F), es un compuesto que resulta de la combinación de dos fungicidas folpet y prochloraz, los que pertenecen a diferentes grupos químicos, por lo que tienen diferente modo de acción y por lo tanto ésta co-formulación reduce el riesgo del desarrollo de resistencia. El ingrediente activo de Mirage-F está conformado por un 70% de folpet y un 15% de prochloraz, (ADAMA, Mirage 45 EC - ADAMA, 2019).

Estudios realizados "in vitro" del efecto de los fungicidas sobre *T. harzianum*, indican que folpet fue más compatible con el crecimiento micelial de *T. harzianum* en comparación con iprodione el que afectó en menor medida la germinación del mismo.

Con el propósito de comparar la acción de los diferentes fungicidas, (Galdames, 1986) propuso que un aislamiento es tolerante si su ED_{50} es mayor o igual a 50 ppm; es medianamente tolerante si su ED_{50} se encuentra entre las 10 y 50 ppm; es sensible si la ED_{50} está entre 1 y 10 ppm; y extremadamente sensible si la ED_{50} es menor a 1 ppm.

Por lo expuesto anteriormente se estimó necesario realizar el presente ensayo que tuvo por objetivo, determinar la Dosis Mediana Efectiva (ED_{50}) de iprodione, folpet y folpet+prochloraz sobre *Alternaria solani* y *Trichoderma harzianum.*

2. MATERIALES Y METODOS

La identificación del agente causal del tizón temprano y la determinación de la Dosis Mediana Efectiva (ED_{50}) de los fungicidas fueron realizadas en el laboratorio de Patología de Cultivos de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En un tejido enfermo a menudo se encuentra más de un microorganismo, el que puede ser saprófito, lo que hace necesario establecer cultivos puros para así estudiar la patogenicidad de los mismos. Los aislamientos de *A. solani* se realizaron a partir de plantas de tomate obtenidas de invernaderos de la parcela "Las Delicias" de la Inmobiliaria "Santo Estefano" en Curacaví, las cuales presentaron los síntomas de la enfermedad. Se tomaron folíolos y/o frutos de la planta, que mostraban manchas necróticas en las láminas y pudrición de frutos.

Posteriormente en el laboratorio, se realizó cultivo de tejidos enfermos en medio nutritivo APD (Agar Papa Dextrosa) y, luego de 6 a 7 días de incubación a $\pm$ 26°C, se obtuvieron colonias fungosas que fueron observadas al microscopio de luz para su identificación.

El hongo antagonista utilizado en el presente ensayo fue *T. harzianum* cepa T-39, formulado comercialmente como Trichodex 25 WP por Makhteshim Chemical Works, conteniendo 10^9 UFC/g (Unidades Formadoras de Colonia). A partir de esta formulación, se preparó una solución en agua destilada de $1x10^6$ propágulos, utilizándose para el efecto un hemacitómetro de 0.1 mm y Tween 20 (0.1%). Se colocó 1 µl de ésta solución en el centro de placas de Petri conteniendo medio de APD hasta lograr crecimiento micelial significativo, para tener una fuente de inoculo base para las placas en evaluación.

El medio de cultivo utilizado en esta investigación fue APD. Esta determinación se realizó en consideración a estudios realizados sobre el crecimiento micelial de *T. harzianum* por (Jalil, 1997), y de *A. solani* por (Andreu y Cupull, 1993), quienes encontraron que estos hongos presentan un buen comportamiento en dicho medio. (Biocontrol, 2005).

Para determinar la dosis mediana efectiva (ED_{50}) de iprodione, folpet y folpet+prochloraz sobre *A. solani* y *T. harzianum* se utilizaron diferentes concentraciones de los ingredientes activos de los mismos.

Las concentraciones de ingredientes activos de los productos para determinar la ED_{50} sobre *A. solani* fueron 0.1; 0.5; 1.0; 3.0; 5.0 y 10.0 mg i.a./L (iprodione y folpet+prochloraz); y de 10.0; 20.0; 30.0; 40.0; 50.0 y 60.0 mg i.a./L (folpet).

Las concentraciones de ingredientes activos de los fungicidas para determinar la ED_{50} sobre *T. harzianum* fueron 0.5; 3.0; 5.0; 20.0 y 50.0 mg i.a./L (iprodione y folpet); y 0.1; 0.3; 0.5; 1.0; 5.0 y 10.0 mg i.a./L (folpet+prochloraz).

El método utilizado en el ensayo fue el de dilución, que consiste en la incorporación de los ingredientes activos al medio nutritivo (APD) (Moreno, Fresnada, Muller y Logo, 1990); (Henriquez y Montealegre, 1992). Posteriormente, se procedió a adicionar el medio en las placas Petri. Las placas fueron sembradas con un trozo de micelio (6 mm de diámetro) de *A. solani* y *T. harzianum*; el cual fue puesto en el centro de la placa, siendo selladas con parafilm e incubadas las primeras 24 horas en oscuridad para *T. harzianum* y posteriormente con luz halógena (OSRAM DULUX EL 15w/41-827.230v.50-60 Hz) en forma continua a una temperatura de ±28°C durante nueve días para *A. solani* y tres días para *T. harzianum.*

Los tratamientos se realizaron con cuatro muestras por cada dosis de fungicida y dos repeticiones. Además, se dejaron placas con APD sin fungicida para ser utilizados como testigos.

Para evaluar la acción del fungicida se siguieron las recomendaciones de (French y Hebert, 1982); comenzando a medir el crecimiento radial del micelio en la superficie del agar, a los tres días, para *A. solani* y a los dos días para *T. harzianum*, después de sembrado el inóculo, se procedió a determinar el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, en relación a las placas testigos (tratamiento sin fungicida). Este porcentaje se transformó en unidades de probabilidad (probits), expresándose la concentración de fungicida en logaritmo. Mediante estos valores se realizó un análisis de Regresión Lineal Simple entre los valores Probit (promedio de las repeticiones) y la concentración del fungicida expresado en logaritmo, para determinar los valores ED_{50} (concentración estimada para inhibir en un 50% el crecimiento micelial, obtenido para cada fungicida).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la identificación de *Alternaria solani*, se realizó un análisis de elementos morfológicos (micelio, conidioforos y conidias Zachmann; (Agrios, 2005) entre otros) del hongo previamente aislado de material vegetal proveniente de tomate de Curacaví.

La identificación del inóculo fue realizada por el Dr. Gastón Apablaza, profesor de la Cátedra de Patología de cultivos de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

3.1. Efecto de los fungicidas sobre el crecimiento micelial de Alternaria solani, "in vitro".

En la tabla 1, se puede observar que iprodione ejerció una notoria inhibición del crecimiento micelial del hongo en todas las concentraciones estudiadas. En las dosis bajas (0.1 y 0.5 mg/L) el hongo tuvo su mayor crecimiento a partir de las 72 hr hasta las 216 hr de incubación, pero se observó que en la dosis alta (10.0 mg/L) el hongo fue inhibido completamente en su crecimiento. Folpet+prochloraz, permitió un crecimiento micelial mayor en las dosis bajas (0.1 y 0.5 mg/L) y menor en la dosis alta (10.0 mg/L) durante los nueve días de incubación. En las dosis de 3.0 y 5.0 mg/L el crecimiento micelial fue en menor

proporción durante las 144 hr, luego de éste tiempo se observó un mayor crecimiento micelial.

La comparación de iprodione con folpet+prochloraz en las dosis probadas, indica, que folpet+prochloraz permitió crecimiento micelial del hongo en todas las dosis estudiadas, en cambio iprodione presentó inhibición del micelio en la dosis alta durante las 216 hr de incubación mostrando, por lo tanto, un efecto residual más largo.

Folpet, probado en las dosis anteriores no presentó diferencias en el crecimiento micelial con respecto al testigo, por lo que se tuvo que incrementar dichas dosis, al rango comprendido entre 10 y 60 mg i.a./L. Se obtuvo un menor crecimiento micelial a partir de los 10.0 mg i.a./L, presentándose el menor crecimiento micelial en la dosis alta (60.0 mg/L) durante los nueve días de incubación. Las dosis de 10.0; 20.0 y 30.0 mg/L presentaron mayor crecimiento micelial especialmente después de las 144 hr.

TABLA 1: *Diámetro de crecimiento del micelio de A. solani (cm)*

Tratamiento	Concent. (mg i.a./L)	Diámetro del micelio (cm)		
		72 hr	144 hr	216 hr
Testigo	0.0	4.20	6.36	9.00 *
Rovral 4Flo (iprodione)	0.1	3.80	5.81	7.81
	0.5	1.26	3.20	5.01
	1.0	0.90	2.55	3.84
	3.0	0.60	1.32	2.19
	5.0	0.60	1.26	1.92
	10.0	0.60	0.60	0.60 **
Mirage-F (folpet+ prochloraz)	0.1	3.78	4.92	6.79
	0.5	2.16	2.94	4.77
	1.0	1.98	2.99	3.99
	3.0	1.50	1.91	3.07
	5.0	1.05	1.34	2.90
	10.0	0.87	1.14	1.75
Folpan 80 (folpet)	10.0	2.70	4.84	7.77
	20.0	1.82	3.70	6.37
	30.0	1.55	2.89	4.55
	40.0	1.47	2.35	3.40
	50.0	1.46	2.31	3.00
	60.0	1.41	2.11	2.49

**Diámetro máximo de la placa Petri*

***Diámetro del inóculo*

En la figura 1 se observa que en dosis similares de iprodione y folpet+prochloraz, *A. solani* tuvo un crecimiento mayor en iprodione excepto en las dosis de 1.0 y 10.0 mg/L. El crecimiento micelial en folpet fue mucho mayor en comparación con los otros dos fungicidas ensayados, lo que significaría que este fungicida no ejercería un control eficiente del patógeno.

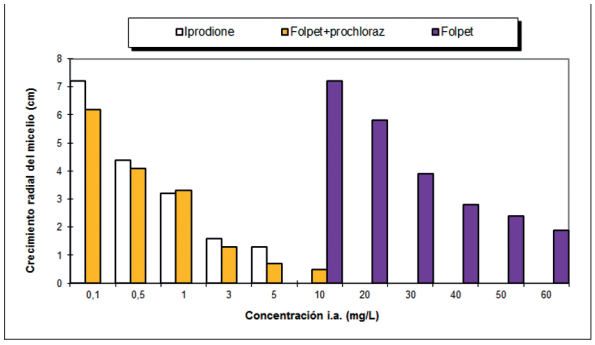


FIGURA 1: *Crecimiento micelial de A. solani en tres fungicidas (iprodione, Folpet y folpet+prochloraz) con diferentes concentraciones de i.a. en mg/L*

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas "in vitro" con los tres fungicidas (iprodione, folpet y folpet + prochloraz), se observó que todos los productos presentaron un grado de control entre moderado y alto sobre *A. solani*, lo que coincide con la información existente en la literatura, (Datnoff, Liang y Elliott, 1997) en el sentido de que estos compuestos actúan contra este hongo.

3.2. Determinación de la dosis mediana efectiva (ED_{50}) para A. SOLANI.

La figura 2, muestra las tres curvas de regresión lineal de los fungicidas (iprodione, folpet y folpet+prochloraz), con el ajuste de regresión respectivo. También se observa que iprodione y folpet+prochloraz presentaron menor variabilidad en su pendiente en comparación a folpet.

De los resultados obtenidos en las ecuaciones lineales, se puede indicar que el fungicida iprodione, resultó ser el fungicida con mayor efecto inhibitorio del crecimiento micelial de *A. solani* con un ED_{50} de 0.85 mg/L. Folpet+prochloraz presentaron un ED_{50} de 1.24 mg/L y folpet un ED_{50} de 33.64 mg/L.

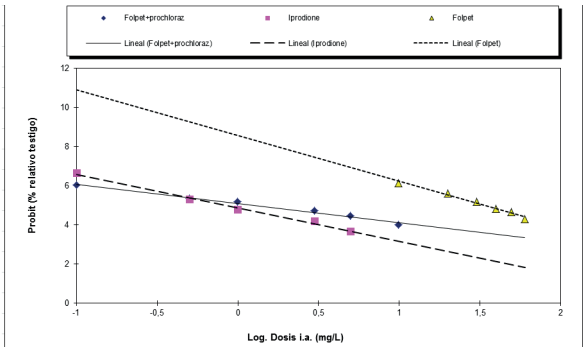


FIGURA 2: *Curvas obtenidas de la regresión lineal, entre el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de A. solani en escala probit y el logaritmo de la concentración de los fungicidas en i.a.(mg/L) (iprodione, folpet y folpet+prochloraz).*

3.3. Evaluación de fungicidas en la inhibición del crecimiento de *TRICHODERMA HARZIANUM*, "in vitro".

En la tabla 2 se puede observar que iprodione ejerció una inhibición del crecimiento micelial del hongo (*T. harzianum*). En las primeras 48 hr en las dosis altas (20 y 50 mg/L) no se tuvo crecimiento micelial significativo, pero después de las 48 hr el crecimiento se incrementó levemente hasta las 96 hr. Las dosis bajas (0.5; 3.0 y 5.0 mg/L) permitieron el crecimiento micelial del hongo en forma moderada durante los cuatro días de incubación. Folpet, permitió crecimiento micelial tanto en dosis bajas (0.1; 3.0 y 5.0 mg/L) como en dosis altas (20 y 50 mg/L). Durante las primeras 48 hr el crecimiento micelial en las dosis altas fue menor notándose un incremento notable después de las 72 hr, al igual que en las dosis bajas, lo que sugiere que el comportamiento de este fungicida es compatible con *T. harzianum.*

Castellanos, realizo un ensayo con los siguientes productos: folpet (Folpam 80 PH), mancozeb (Mancozeb 75 PH) y zineb (Zineb 80 PH), así como de tres insecticidas: cipermetrina (Cipermetrina 10 EC), lambda cialotrina (Karate 5 EC) y abamectina (Abamectina 1,8 EC) a las concentraciones de 10, 100, 200, 500, 1000 y 2000 mg L-1.Fue evaluada la inhibición del crecimiento micelial de la colonia del hongo y la acción sobre la producción y la germinación de los conidios. Los plaguicidas fueron clasificados por su toxicidad sobre el antagonista de acuerdo con la escala de la OILB y por su compatibilidad según el valor T.

Los tres fungicidas folpet, mancozeb y zineb tienen efecto inhibitorio sobre el crecimiento del micelio del hongo *T. harzianum* al igual que abamectina y son clasificados como ligeramente tóxicos. Sin embargo se clasifica a zineb, como muy tóxico, y a mancozeb y folpet como moderadamente tóxicos, (Castellanos, 2019)

Folpet+prochloraz fue probado en las concentraciones de los anteriores fungicidas, pero no se observó crecimiento micelial comparativo entre las dosis, por lo que se redujeron las dosis ensayadas (0.03; 0.05; 0.1; 0.5; 1.0 y 5.0 mg i.a./L). Se observó que las dosis altas (1.0 y 5.0 mg i.a./L) inhibieron el crecimiento del hongo durante las 72 hr después de la inoculación, pero a las 96 hr se observó un crecimiento mínimo del inóculo. En las dosis bajas (0.03 y 0.05 mg i.a./L) el crecimiento micelial fue en mayor proporción desde las 48 hr hasta las 96 hr, y en la dosis de 0.1 y 0.5 mg i.a./L se obtuvo un crecimiento intermedio.

TABLA 2: *Diámetro de crecimiento del micelio de Trichoderma harzianum (cm)*

Tratamiento	Concent. (mg i.a./L)	Diámetro del micelio (cm)		
		48 hr	72 hr	96 hr
Testigo	0.0	4.0	6.1	9.00 *
Rovral 4Flo (iprodione)	0.5	3.15	4.90	6.70
	3.0	2.00	2.80	4.35
	5.0	1.57	2.40	3.65
	20.0	0.90	1.10	2.02
	50.0	0.80	1.10	1.47
Folpan 80 (folpet)	0.5	3.50	5.40	7.87
	3.0	3.30	5.20	7.40
	5.0	3.20	5.05	7.37
	20.0	2.50	4.20	6.15
	50.0	2.30	4.07	5.92
Mirage-F (folpet+ prochloraz)	0.03	3.20	5.10	7.00
	0.05	2.50	4.50	6.50
	0.10	2.00	3.80	5.50
	0.50	1.00	1.50	2.00
	1.00	0.90	1.10	1.20
	5.00	0.60**	0.80	1.00

**Diámetro máximo de la placa Petri*

***Diámetro del inóculo*

La figura 3 muestra el crecimiento micelial de *T. harzianum* sobre las diferentes concentraciones ensayadas y se observa que el crecimiento micelial fue menor con folpet+prochloraz en todas las concentraciones probadas en comparación con las concentraciones de iprodione y folpet. Iprodione presentó un mayor crecimiento del micelio en las dosis bajas que en las dosis altas; en cuanto a folpet se puede indicar que este fungicida permitió que el micelio del hongo se desarrollara ampliamente lo que indicaría que este fungicida es compatible con *T. harzianum*. Similares resultados fueron obtenidos por (Esterio, Auger, Alvarez, Caro, Maturana y Arroyo, 1997).

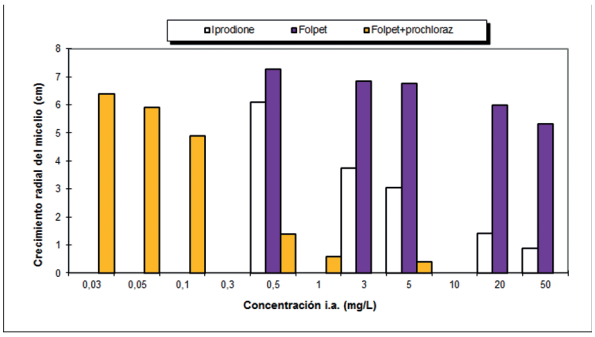


FIGURA 3: *Crecimiento micelial de T. harzianum en tres fungicidas (iprodione, folpet y folpet+prochloraz) con diferentes concentraciones de i.a. (mg/L)*

También se observó que las dosis utilizadas de iprodione y folpet fueron más altas en comparación a folpet+prochloraz. Esto se debe, probablemente a que iprodione y folpet son moderadamente compatibles con *T. harzianum* aunque estos fungicidas fueron reportados como moderadamente incompatibles con *T. harzianum* por (Elad, 1993) y (Auger y Esterio, 1998). Con respecto a folpet+prochloraz no se tiene ningún reporte, pero como se puede observar en la tabla 3.2 las dosis utilizadas en el presente ensayo fueron dosis bajas en comparación con los otros fungicidas lo que indica que posiblemente folpet+prochloraz es un fungicida incompatible con *T. harzianum*.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas "in vitro" con los tres fungicidas (iprodione, folpet y folpet + prochloraz), se demostró que todos presentaron un cierto grado de inhibición en el crecimiento micelial de *T. harzianum*.

3.4 Determinación de la dosis mediana efectiva (ED_{50}) para *T. HARZIANUM.*

Las regresiones lineales (figura 4), correspondientes a folpet+prochloraz, iprodione y folpet, muestran que la pendiente de folpet es poco variable en comparación con los otros dos fungicidas (folpet+prochloraz e iprodone).

Una vez encontradas las ecuaciones de las regresiones lineales de cada fungicida se calculó la ED_{50}, por lo que se puede inferir que folpet+prochloraz, resultó ser el fungicida con mayor efecto inhibitorio del crecimiento micelial con un ED_{50} de 0.115 mg i.a./L. Iprodione presentó una ED_{50} de 2.116 mg i.a./L y folpet una ED_{50} de 303.574 mg i.a./L.

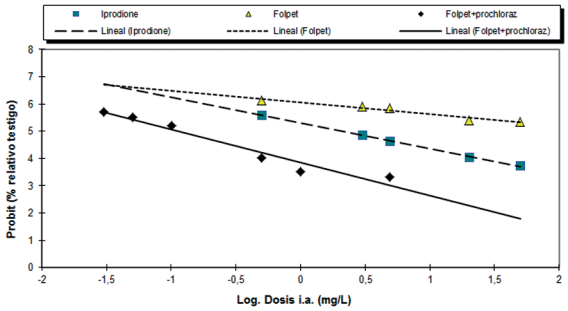


FIGURA 4: *Curvas obtenidas de la regresión lineal, entre el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de T. harzianum en escala probit y el logaritmo de la concentración de los fungicidas en i.a.(mg/L) (iprodione, folpet y folpet+prochloraz).*

En la tabla 3 se muestran las ecuaciones de ajuste con sus respectivas R^2 y los ED_{50} para cada uno de los ingredientes activos utilizados en los respectivos tratamientos. En este cuadro se puede observar que las ED_{50} para inhibir el crecimiento micelial de *A. solani* variaron entre 0.85 y 33.67 mg i.a./L, para iprodione, folpet+prochloraz y folpet respectivamente, en comparación con *T. harzianum* cuyos ED_{50} variaron entre 0.115 y 303.574 mg i.a./L, correspondientes a folpet+prochloraz, iprodione y folpet, por lo que se puede indicar que folpet es un fungicida no muy eficiente en el control de *A. solani* pero que a su vez es un fungicida que permitió un crecimiento micelial significativo de *T. harzianum*. Iprodione presentó el mayor nivel de control para *A. solani* pero con respecto a *T. harzianum* éste permitió un crecimiento micelial intermedio con respecto a los otros dos fungicidas.

Por último, folpet+prochloraz mostró una inhibición en el crecimiento micelial de *A. solani* intermedia con respecto a los otros fungicidas pero con respecto a *T. harzianum* la inhibición del crecimiento micelial fue máxima.

TABLA 3: *Resultados de las pruebas de inhibición del crecimiento micelial de A. solani y T. harzianum con tres fungicidas*

Patógeno	Fungicida	Ecuación de ajuste	ED50 mg/L	R2
Alternaria solani	Iprodione	y = 4.8767-1.7109x	0.85	0.99
	Folpet	y = 8.5725-2.3391x	33.67	0.98
	Folpet+prochloraz	y = 5.093-0.98380x	1.24	0.98
Trichoderma harzianum	Iprodione	y = 5.3070-0.9427x	2.11	0.99
	Folpet	y = 6.0567-0.4257x	303.57	0.94
	Folpet+prochloraz	y = 3.8641-1.2111x	0.11	0.95

La figura 5 muestra las diferentes dosis medianas efectivas (ED_{50}) correspondientes a los tres fungicidas (iprodione, folpet y folpet+prochloraz) ensayados sobre *A. solani* y *T. harzianum*. Folpet presentó los mayores ED_{50} (33.67 y 303.57) en comparación con iprodione y folpet+prochloraz, los cuales muestran ED_{50} menores a 2.11 mg i.a./L.

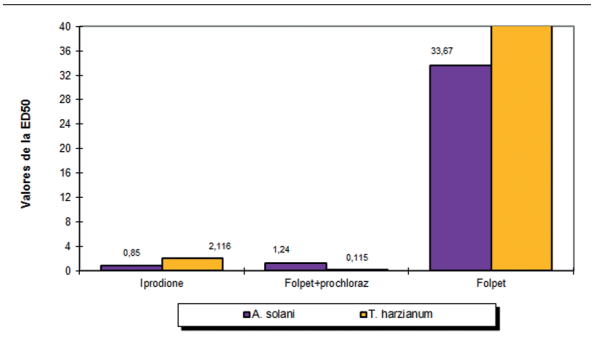


FIGURA 5: *Dosis medianas efectivas de iprodione, folpet y folpet+prochloraz sobre T. harzianum y A. solani.*

Utilizando la escala sugerida por (Galdames, 1986), *A. solani* resulta ser extremadamente sensible a iprodione por presentar una ED_{50} de 0.85 mg i.a./L, sensible a folpet+prochloraz (ED_{50} = 1.24 mg i.a./L) y medianamente tolerante a folpet (ED_{50} = 33.64 mg i.a./L). *T. harzianum* por su parte resultó extremadamente sensible a folpet+prochloraz por presentar una ED_{50} de 0.115 mg i.a./L, sensible a iprodione (ED_{50} de 2.116 mg i.a./L) y finalmente tolerante a folpet debido a que presentó una ED_{50} de 303.574 mg i.a./L.

4. CONCLUSIONES

Iprodione ejerció el nivel más alto de control de *A. solani* "in vitro". Folpet+prochloraz presentó un nivel eficaz de control y folpet mostró una menor efectividad en el control de este patógeno.

Considerando los valores ED_{50} obtenidos por los fungicidas con *T. harzianum* se podría estimar como compatibles de uso a folpet e iprodione en aplicaciones alternadas con el biocontrolador *T. harzianum.*

Iprodione ejerció "in vitro" una acción fungitóxica sobre *A. solani.*

Folpet+prochloraz "in vitro", ejerció una acción fungistática de *T. harzianum* durante los primeros cuatro días, sugiriendo que puede ser utilizado en alternancia de fungicidas con una periodicidad superior a seis días.

5. REFERENCIAS

ADAMA. (2019). *Mirage 40 EC-ADAMA.* Recuperado de: https://www.adama.com/chile/es/productos/fungicidas/mirage.html.

ADAMA. (2019). *Mirage 45 EC - ADAMA.* Recuperado de: https://www.adama.com/central-america/es/portafolio-de-soluciones/fungicidas/mirage-45-ec

Agrios, G. (2005). *Fitopatologia.* Mexico: Limusa.

Amador, W. (2010). *Fungicidas usados en viñedos.* Facultad de agronomia.

Andreu y Cupull, R. (1993). *Metodo para la rapida esporulacionAlternaria solani.* La Habana: Universidad Cental de Las Villas.

Auger y Esterio, J. (1998). *Botrytis nuevas alternativas de control cultural, biologico y quimico.* Santiago: Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de Chile.

Biocontrol. (2005). *trichoderma: Fungicida biologico, estimulador de crecimeinto en plantas.* Palmira: Colombia.

Blangero y Basignani, D. (21 de Septiembre de 2010). Proteccion fitosanitaria en viticultura.

Carlile. (1988). Control of diseases. En *Fungicidas* (págs. 57-79). Departament of life Sciences.

Castellanos, N. M. (2019). Efecto in vitro de plaguicidas comerciales sobre Trichoderma harzianum. *Facultad de Ciencias Agrarias.*

Cremlyn, R. (1991). Fungicidas. En R. J. Cremlyn, *Agrochemicals* (págs. 157-216). England: John Wiley & Sons.

CYANAMID. (1996). *Manual de productos.* Santiago.

Datnoff, Liang y Elliott, L. (1997). In vitro effects of bi-

carbonates, potassium silicate and iprodione on radial growth of Alternaria solani. *Phytopathology, 87, 22.*

Elad, Y. (1993). Sensitivity of trichoderma. En Y. Elad, *Trichodex Sprayable Powder* (pág. 42).

Esterio, Auger, Alvarez, Caro, Maturana y Arroyo, M. (1997). Efecto de los fungicidas mas utilizados en Chile en uva de mesa sobre Trichodex 25%. *Sociedad Uruguaya de Fitopatologia*, 275.

Ezziyyani, Perez, Sid, Requena y Candela. (2004). Trichoderma harzianum como biofungicida para el control de Phytopthora capsici en palntas de pimiento . *Biologia, 26*, 35-45.

FAO. (1986). *Manual para patologos vegetales.* Pficina regional de la FAO.

Fraire. (1993). *Extractos vegetales en el control del tizon temprano en laboratorio y campo abierto.* Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/837/83712272002.pdf

French y Hebert, E. (1982). *Metodos de investigacion Fitopatologica.* San Jose: Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas.

FUNDESNAP. (2012). *Manual de Manejo Integrado de Plagas.*

Galdames, R. (1986). *Estudio de Tachigaren y otros fungicidas.* Chillan: Universidad de Concepcion.

Galdames, R. (1986). *Estudio de Tachigaren y otros fungicidas en pruebas de invernadero e in vitro para el control de la caida de la remolacha.* Chillan: Universidad de Concepcion.

Galdames, R. (1986). *Estudio de Tachigaren y otros fungicidas en pruebas de invernadero e in vitro para el control de la caida de remolacha.* Chillan: Universidad de Concepcion.

Gepp y Mondino, V. (17 de Octubre de 2015). Fungicidas penetrantes y sistemicos.

Harman, Howell, Viterbo, Chet y Lorito. (2004). Trichoderma species-Oporttunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. rev. Microbiology*, 43-56.

Henriquez y Montealegre, J. (1992). *Control quimico de Sclerotium rolfsi.* Santiago: Agricultura Tecnica.

Jalil, C. (1997). Evaluacion de Trichoderma y Pirimetanil en el control de Botrytis cinerea en tomate. *Tesis de magister* (pág. 52). Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile.

Knight, B. G. (1997). Rastionale and Perspectives on the development of fungicides. *Phytopathology, 35*, 349-369.

Latorre, B. (1989). Dicarboximidas:Caracteristicas, usos y limitaciones. En L. Bernardo, *Fungicidas y Nematicidas* (págs. 103-109). Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile.

Moreno, Fresnada, Muller y Logo, R. (1990). *Comparacion de distintas tecnicas de difusion en agar para la prueba de productos fungicidas.* La Habana: Instituto de Investigaciones .

Omann, Z. y. (2007). Trichoderma biocntrol. *gene regulation and Systems Biology*, 227-234.

Pommer y Lorenz. (1987). Dicaboximide fungicides y Sterol biosynthesis inhibiting piperazina, pyridine and azole fungicides. En P. y. Lorenz, *Modern selective fungicides* (págs. 91-95; 182-183). German Democratic Republic.

Terralia. (2019). Obtenido de https://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/view_composition?book_id=1&composition_id=522.

Thomson, W. T. (1988). *Agricultural chemicals.* United States: Thomson publications.

Universidad de Chile, F. (2005). *Control biologico e integrado de enfermedades y nematodos en frutales y hortalizas.* Santiago.

Velasquez y Torres. (2017). Identificacion de enfermedadesd causadas por hongos en cultivoas de Aguas Calientes. Zacatecas: Cirnoc-Inifap.

Zeilimg y Omann. (2007). Trichoderma biocontrol. *Signal transduction Pathaways*, 227-234.

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 42-55
Recibido: 15/10/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

TECNOLOGÍA APIVECTOR: ORIGEN, COMPONENTES Y DESARROLLO

APIVECTORING TECHNOLOGY: ORIGIN, COMPONENTS AND DEVELOPMENT

Saira Espinosa S.[1*], Andrés Sánchez A.[2], Peter G. Kevan [3], Judith Figueroa R.[2]

[1] Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación AYNI, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

[2] Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Grupo de investigación AYNI, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia/Compañía Campo Colombia SAS,

[3] Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad de Guelph, Ontario, Canadá.

[*]Autor de contacto: smespinosas@unal.edu.co

RESUMEN

La Tecnología Apivector, representa una alternativa sostenible para el manejo preventivo de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas, basada en el conocimiento de las relaciones multitrópicas desarrolladas por miles de años entre polinizadores, plantas y patógenos; utiliza un innovador método de control: la inoculación de abejas con biocontroladores para ser dispersados por los insectos en el proceso de pecoreo. Este mecanismo permite manejar poblaciones de patógenos y plagas, principalmente en flores y frutos. La tecnología se ha implementado en cultivos como fresa, frambuesa, peral, manzano, girasol, canola y tomate, entre otros. En el presente documento, se muestran las bases de la Tecnología Apivector y se define cada componente, así mismo, se presenta el desarrollo histórico de la tecnología al hacer un recorrido por diferentes estudios realizados alrededor del mundo.

Palabras Clave: Polinización, Control biológico, Entomovector, Apivector, agroecología, abejas.

ABSTRACT

Apivector technology represents a sustainable alternative for the preventive management of pests and diseases in crops, knowledge and multitropic relationships developed for miles of years between pollinators, plants and pathogens; It uses an innovative method of control: the inoculation of bees with biocontrollers to be dispersed by insects in the pecking process. This mechanism allows managing populations of pathogens and pests, mainly flowers and fruits. The technology has been implemented in crops such as strawberry, raspberry, pear, apple, sunflower, canola and tomato, among others. In this document, the bases of the technology are shown. Apivector and each component is defined, likewise, the historical development of the technology is presented.

Keywords: Pollination, Biological control, Entomovectoring, Apivectoring agroecology, bees.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de tecnologías alternativas de control de plagas y enfermedades con enfoque ecológico, ha tomado relevancia en los últimos años, debido a las exigencias cada vez más estrictas de los mercados, que demandan alimentos inocuos y de alta calidad (Gnanamanickam, 2002) y la necesidad de disminuir el impacto negativo de los productos de origen químico, tanto en el medio ambiente como en la salud de productores y consumidores (Fernandez *et al.*, 2015). Por lo anterior, el uso de abejas como vectores de agentes de control biológico, para el manejo de plagas y enfermedades, representa una valiosa alternativa en el marco de los programas de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE).

La Tecnología Apivector se desarrolló a inicios de los 90 ś, por Investigadores de la Universidad de Guelph (Kevan *et al.*, 2003), desde entonces, múltiples investigaciones se han llevado a cabo, con el fin de evaluar su impacto en el manejo de plagas y enfermedades, en diferentes cultivos, usando diversos modelos de dispensador de inóculo, polinizadores y agentes de control biológico (MCA-Microbiological Control Agents). El presente documento muestra las bases de la Tecnología Apivector, define cada componente y explica las condiciones necesarias para la implementación exitosa de la misma, así mismo, discute los resultados de diversos estudios realizados sobre el tema alrededor del mundo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de publicaciones científicas realizadas desde inicios de los 90's, momento en el cual se realizaron las primeras pruebas de la Tecnología Apivector en Canadá. Dichas publicaciones incluyen artículos originales resultado de investigaciones adelantadas en todo el mundo y capítulos de libros que dan cuenta de los fundamentos de la tecnología. Se revisaron 3 aspectos fundamentales, i. Componentes ii. Desarrollo de dispensadores y iii. Reportes de implementación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al observar las relaciones multitrópicas que se dan naturalmente en los ecosistemas, se destaca el proceso coevolutivo de plantas y polinizadores (Johnson & Anderson, 2010; Shimizu *et al.*, 2014), en este proceso también se desarrollaron interacciones de microorganismos, especialmente agentes fitopatógenos que pueden ser transmitidos por el polinizador de manera pasiva (Agrios, 2005), lo que ocurre cuando estructuras del microorganismo se adhieren a las vellosidades del cuerpo del polinizador, logrando ser transportado de manera subsecuente a otras plantas, dando como resultado la diseminación del microorganismo (Leach 1935, citado en Reeh, 2012), por ejemplo, *Monilinia vaccinii-corymbosi*, causante de la enfermedad de la momificación de los arándanos, ha desarrollado una estrategia muy específica para ser diseminada por los polinizadores, este microorganismo produce conidias sobre los brotes de la planta, estos se vuelven reflectantes de la luz ultra violeta, secretan azúcares y fragancias que imitan síndromes florales y atraen a insectos polinizadores que posteriormente trasportan las esporas del patógeno hacia flores sanas, aumentando el número de bayas infectadas; esta fue la base para desarrollar la Tecnología Apivector (Apivectoring/ Apivectoring Technology), ya que en lugar de dispersar patógenos, los vectores son usados para dispersar agentes de control biológico (Kevan *et al.*, 2003; Kevan *et al.*, 2008 ; Mommaerts & Smagghe, 2011), que promueven el control de plagas y enfermedades en flores y frutos, principalmente.

El primer paso en el desarrollo de la tecnología, fue diseñar un dispositivo que permitiera inocular las abejas con biocontroladores, se creó un dispensador de inóculo diseñado para encajar en las colmenas, este ensayo se condujo inoculando abejas melíferas (*A. mellifera*) con *Clonostachys rosea (Gliocladium roseum)*, y evaluando la capacidad de carga de las abejas, la capacidad de dispersión de *C. roseum* en las flores y la supresión de *Botrytis cinerea*, en flores y frutos de fresa (*Fragaria x ananassa*), tanto en invernadero como en campo abierto. Se concluyó que las abejas transfirieron con eficacia el inóculo de *C. roseum* de los dispensadores a las flores de fresa, y que el inóculo transferido disminuyó de manera importante la incidencia de *B. cinerea* en flores y frutos (Peng *et al.*,1992). Estudios posteriores evidenciarían que al implementar la Tecnología Apivector, no solo se obtiene el manejo exitoso de poblaciones de microorganismos fitopatógenos y/o organismos plaga, sino que también se reduce la aplicación de pesticidas sintéticos, limitando el riesgo de su impacto en la salud humana, el medio ambiente, y el desarrollo de resistencia por parte de patógenos y/o plagas (Smagghe, *et al.*, 2012).

3.1. Tecnología Apivector: Componentes

La tecnología Apivector se desarrolló siguiendo un enfoque holístico, en el cual, se tiene en cuenta la interacción de diferentes componentes. El éxito de este método de control depende de:

- La selección correcta del vector.
- Potencial de antagonismo del Agente de Control Biológico (MCA).
- La significancia del diluyente y la formulación.
- La selección de un dispensador.
- La seguridad tanto del vector como del productor y el consumidor (Kevan *et al.*, 2003, Kevan *et al.*, 2008; Mommaerts & Smagghe, 2011; Smagghe, *et al.*, 2012).

A continuación se describen cada uno de los factores descritos anteriormente.

3.1.1. Vector

Un vector en este contexto, se define como un insecto (en este caso abejas), que puede adquirir y dispersar un microorganismo o sustancia para el control de plagas y/o enfermedades (*Kovach et al.*, 2000; *Kevan et al.*, 2003; Reeh, 2012). Las principales abejas utilizadas como vectores en la tecnología Apivector son las abejas melíferas (*Apis mellifera*) y abejorros (*Bombus impatiens* Cresson Hymenoptera: Apidae, *Bombus terrestris* L. Hymenoptera: Apidae) (Kovach *et al.*, 2000; Kevan *et al.*, 2003) , se conocen también algunas investigaciones con abejas nativas de hábitos solitarios, específicamente abeja albañil (*Osmia cornuta* Latreille Hymenoptera: Megachilidae) (Maccagnani *et al.*, 2006), y abeja cortadora de las hojas de la alfalfa (*Megachile rotundata),* pero estas son solo cinco de las 20.000 especies de abejas existentes en el mundo (FAO, 2016), por lo cual aún hay un gran potencial de desarrollo inexplorado.

El número limitado de especies utilizadas como vectores puede explicarse por su disponibilidad a nivel comercial, solo abejas melíferas (*A. mellifera*) y abejorros (*Bombus* spp.) están disponibles todo el año (Mommaerts & Smagghe, 2011) y en cantidades suficientes, aún en países con estaciones, cuya producción en invierno se concentra principalmente en invernaderos y se pueden sincronizar con el periodo de floración de los cultivos (Mommaerts & Smagghe, 2011).

La adquisición del agente biocontrolador por parte del vector, no solamente depende de la formulación, sino también de las características del cuerpo del insecto, el comportamiento del mismo y el tipo de dispensador de inóculo (Smagghe, et al., 2012).

Para un transporte eficiente del biocontrolador a la planta, es necesario que el vector se vea atraído por las flores de la misma, la tasa de visitas del vector depende de: 1. Población de insectos, haciendo referencia a la relación entre el número de abejas frente a otros hexápodos, que compiten por las recompensas producidas por la flor, sin que necesariamente los competidores lleven a cabo un proceso eficiente de polinización y de dispersión del agente biocontrolador. Por otro lado poblaciones de abejas silvestres, asociadas al cultivo incrementan de manera general los niveles de polinización (Klatt, 2013)pollination contributes to one third of global crop production and is an ecosystem service of high commercial and social importance. Bees are the most important crop pollinators, but they are endangered by several anthropogenic impacts, in particular agricultural intensification. Facing rising global demands for food and energy in the background of a growing world population, the prevention of an impending pollinator crisis attracts increasing interest from the public, policymakers and scientists. However, despite new reports on crop pollination are frequently arising, pollination research seems still at the beginning and our knowledge on crop pollination by bees at various scales is scarce. This work aims to explore so far unknown benefits of bee pollination to highlight its overall importance. It is also focused on the main drivers of crop pollination by bees at different spatial scales, using strawberries as a study organism. The first part (chapter 2, y pueden indirectamente dispersar el biocontrolador (Maccagnani *et al.*, 2009). 2. Síndromes florales: preferencias innatas o aprendidas, que incluyen tamaño de la flor, color, olor, temperatura y recompensas; se ha demostrado que la composición química, la cantidad de polen y néctar de las flores del cultivo afectan significativamente el comportamiento de visitas de las abejas (Leonhardt & Blüthgen, 2012; Karise, 2016a). Por ejemplo, los abejorros parecen seleccionar el "mejor" polen y centrarse en la calidad en lugar de la cantidad, en contraposición con *A. mellifera* que prefiriere explorar una gran área de recursos haciendo menos énfasis en la calidad nutricional del polen (Leonhardt & Blüthgen, 2012). Además es importante tener en cuenta que dichos síndromes

pueden cambiar incluso entre variedades de la misma especie vegetal, por ejemplo, las diferencias en la emisión de compuestos volátiles de flores entre variedades de fresa (*Fragaria x ananassa*) determinan su atractivo, pues aunque los compuestos volátiles de cada variedad son los mismos, existen diferencias en la cantidad de cada sustancia volátil y del total de ellas, por lo cual las variedades que producen mayores cantidades de estos compuestos reciben consecuentemente un mayor número de visitas (Klatt, 2013pollination contributes to one third of global crop production and is an ecosystem service of high commercial and social importance. Bees are the most important crop pollinators, but they are endangered by several anthropogenic impacts, in particular agricultural intensification. Facing rising global demands for food and energy in the background of a growing world population, the prevention of an impending pollinator crisis attracts increasing interest from the public, policymakers and scientists. However, despite new reports on crop pollination are frequently arising, pollination research seems still at the beginning and our knowledge on crop pollination by bees at various scales is scarce. This work aims to explore so far unknown benefits of bee pollination to highlight its overall importance. It is also focused on the main drivers of crop pollination by bees at different spatial scales, using strawberries as a study organism. The first part (chapter 2; Klatt, Burmeister, Westphal, Tscharntke, & von Fragstein, 2013)through both the improvement of the yield and the quality of crops. Volatile compounds emitted by crop flowers mediate plant-pollinator interactions, but differences between crop varieties are still little explored. We investigated whether the visitation of crop flowers is determined by variety-specific flower volatiles using strawberry varieties (Fragaria x ananassa Duchesne 3. Poblaciones vegetales asociadas o aledañas al cultivo principal: comunidades de plantas circundantes, afectan el comportamiento de forrajeo en las abejas (Karise, 2016a).

Las condiciones particulares de cada sistema productivo, determinan la escogencia del vector, por ejemplo, los abejorros (*Bombus* spp.), se destacan por su buen desempeño tanto en campo, como en invernadero, ya que son tolerantes a fluctuaciones de temperatura y pueden continuar con el forrajeo, aún bajo condiciones climáticas adversas, son ideales para polinización de solanáceas, pues tienen la capacidad de desprender el polen a través de la vibración de los músculos del tórax (buzz pollinator) (Almanza, 2007; Smagghe, *et al.*, 2012). El género Bombus incluye 39 subgéneros y 239 especies a nivel mundial: (Abrahamovich, 2002), sin embargo, solo las especies *Bombus impatiens* y *Bombus terrestris* se crían de manera exitosa en cautiverio y se comercializan usualmente en zonas templadas de América y Europa (Cure, Almanza, Rodriguez, Vecil, & Aldana, 2007). Por su parte, las abejas melíferas (*A. mellifera*) se pueden consideran una especie cosmopolita, fácilmente adaptable a diferentes ecosistemas y con un gran número de individuos por colmena, estas abejas se destacan por contar con un radio de forrajeo muy amplio, de 3 km, en comparación con los abejorros que me mueven en un radio de 800 a 1500m y *O. cornuta* tan solo entre 100 – 200 m (Bosch & Vicens, 2000Malus domestica Borkh, in northeastern Spain. Yields after one single visit were more than \u00deve times higher in \u00dfowers visited by O. cornuta than in those visited by A. mellifera nectar gatherers. This is attributed to the lower rate of stigma contact in A. mellifera visits, rather than to insuf\u00decient deposition of compatible pollen when the stigmas are contacted. A. mellifera pollen collectors had very high rates of stigma contact, but they were very scarce (3%; Smagghe, *et al.*, 2012), sin embargo son menos apropiadas que *Bombus* spp. para ser usadas en condiciones de invernadero y más sensibles a condiciones climáticas desfavorables como lluvia y días nublados (Smagghe, *et al.*, 2012).

Las abejas albañil (*O. cornuta*) son nativas del sur y el centro de Europa y se usaron como vectores de MCA en huertos de árboles de pera y manzana, como alternativa al uso de *A. mellifera,* ya que mientras la primera es un polinizador nativo eficiente, con un rango corto de forrajeo, preferencia por las flores de pera y presenta sincronismo entre la actividad forrajera y la floración de esta especie vegetal, el comportamiento de *A. mellifera* se ve afectado por las condiciones de alta nubosidad y precipitación asociadas a los huertos de perales y el poco atractivo de la flor, debido al bajo contenido de azúcar del néctar, En huertos de manzanas, el rendimiento de las flores visitadas por *O. cornuta* fue cinco veces mayor a las visitadas por *A. Mellifera* (Bosch & Vicens, 2000) *Malus domestica Borkh, in northeastern Spain. Yields after one single visit were more than \u00deve times higher in \u00dfowers visited by O.*

cornuta than in those visited by A. mellifera nectar gatherers. This is attributed to the lower rate of stigma contact in A. mellifera visits, rather than to insuf\u00decient deposition of compatible pollen when the stigmas are contacted. A. mellifera pollen collectors had very high rates of stigma contact, but they were very scarce (3%.

En cuanto a *Megachile rotundata*, solo se conoce un ensayo piloto en alfalfa, en el cual se realizó la aplicación del MCA sobre el vector de manera manual, por lo cual aún se requiere un desarrollo importante del sistema.

Aunque los vectores más usados son *A. mellifera* y *Bombus* spp., la gran cantidad de especies de abejas y sus diferentes relaciones de coevolución con especies vegetales de importancia económica, en diversas condiciones ambientales, ofrecen un universo de posibilidades de adaptación de la Tecnología Apivector, desarrollando modelos más eficientes que promuevan además, la conservación de dichas especies.

3.1.2. Agentes de Control Microbiológico (MCA)

En el marco de la Tecnología Apivector, se ha evaluado el uso de hongos (*Trichoderma* spp., *Clonostachys* spp., *Metarrhizium anisopliae, B. bassiana*), virus (Virus de la Polyhedrosis Nuclear) y bacterias (*Bacillus thuringiensis, Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis*), solos o en mezcla, para el manejo de plagas y enfermedades (Gross *et al.*, 1994; Butt *et al.*, 1998), siendo muy frecuentes los primeros, para el control de plagas y enfermedades de cultivos como fresa (*Fragaria x ananassa*), arándanos *(Vaccinium myrtillus*), frutos de hueso (manzano /*Malus domestica, peral/Pyrus communis*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pimentón (*Capsicum annuum*), canola (*Brassica napus)* y girasol (*Helianthus annuus*), entre otros.

En el caso de Apivector, además debe ser seguro para las abejas, por ejemplo, al usar hongos entomopatógenos se debe tener en cuenta que el MCA sea selectivo al insecto plaga y no parasite a los vectores, si esto no es posible, entonces se debe evaluar la mortalidad de la colmena y hacer una relación costo beneficio, que permita decidir si la aplicación del MCA es viable (Butt *et al.*, 1998; Kevan *et al.*, 2003; Butt, Wang, Shah, & Hall, 2006).

3.1.3.Transporte del agente de control

El éxito del transporte y dispersión de un MCA, depende de la adhesión del biocontrolador al cuerpo del vector, dicho proceso está determinado por dos factores fundamentales: 1. El excipiente/ vehículo y 2. El diseño del dispensador de inóculo (Mommaerts & Smagghe, 2011).

Las plantas poseen una pequeña carga negativa en la superficie, que se hace más fuerte en las áreas más agudas, como las anteras; mientras que las abejas están cargadas positivamente, ya que durante el vuelo se confrontan con corrientes eléctricas, que causan un efecto electroestático en las vellosidades del cuerpo del insecto (Vaknin, Bechar, Ronen, & Eisikowitch, 2000), lo cual facilita la adherencia del polen y el proceso de polinización, este principio es aprovechado por Apivector, pero debe estar mediado por un vehículo adecuado; el propósito del vehículo es hacer posible el transporte del MCA reduciendo la pérdida del mismo por el movimiento del aire causado en el aleteo durante el vuelo (Kevan *et al.*, 2003; Smagghe, *et al.*, 2012), un vehículo se caracteriza por : 1. Ningún efecto sobre la el MCA, por ejemplo la germinación de esporas de *Trichoderma* spp. y *B. bassiana* es significativamente más lenta cuando se formula con talco (Hjeljord *et al.*, 2000 citado en Kevan *et al.*, 2008); 2. Seguro para el vector; se sabe que algunos minerales afectan negativamente las crías de las abejas y pueden ser irritantes 3. Mejorar la capacidad de transporte del vector, ya que la capacidad de carga de la abeja mejora con la disminución del tamaño de partícula del vehículo (Al Mazra'awi *et al.*, 2006; Kevan *et al.*, 2008; Smagghe, *et al.*, 2012).Las substancias reportadas como vehículos son: harina de maíz (Peng *et al.*,1992; Al Mazra'awi, *et al.*, 2006), bentonita (Kevan *et al.*, 2008), harina de trigo, celulosa, caolinita (Karise, *et al.*, 2016 a; Karise *et al.*, 2016 b) y Poliestireno (Butt *et al.*, 1998), aunque este último es muy eficiente, está prohibido su uso en formulaciones comerciales (Smagghe, *et al.*, 2012). Estos materiales se pueden usar en un producto solos o en mezcla, como en el caso de algunas formulaciones comerciales (Vectorite®, Binab-T-vector, Prestop® Mix).

3.1.4. Seguridad.

En el contexto de la tecnología Apivector, la seguridad se define en varios niveles, ya que es un sistema complejo, en el que influyen múltiples componentes:

- **Seguridad para los seres humanos**, con respecto a la formulación y su nivel de toxicidad (tanto para productores, como consumidores), nivel de defensi-

vidad de las abejas y ubicación de las colmenas en el cultivo. Los MCA utilizados en la agricultura, están registrados como productos fitosanitarios y cumplen con toda la normativa relacionada con los riesgos para la salud humana (Smagghe, *et al*., 2012), usualmente se clasifican dentro de la categoría de toxicidad III o IV, es decir, ligeramente tóxicos, la diferencia con los utilizados en Apivector, es el excipiente o vehículo utilizado, que en este caso es inócuo y no tiene efectos segundarios sobre la salud humana (harina de maíz o bentonita). En cuanto a la defensividad de las abejas, para el caso del trópico, deben ser seleccionadas por baja defensividad, pues en países como Colombia, el 98,3% de las abejas melíferas (*A. mellifera)* presentan algún grado de africanización (Tibatá, *et al.,* 2017), es importante que las colonias mantengan de manera estable esas características. Así mismo, la ubicación de las colmenas es fundamental, lo ideal es que se distribuyan en el centro del cultivo, pues la cantidad de MCA depositado en las flores por el vector, es inversa a la distancia recorrida por el mismo desde la colmena (Maccagnani *et al*., 2005).

- **Seguridad para los vectores:** con respecto a la formulación del MCA y el manejo fitosanitario del cultivo, pues, algunos plaguicidas incluso a concentraciones subletales pueden inducir cambios significativos en la fisiología y el comportamiento del polinizador, a nivel de orientación, memoria, aprendizaje y alimentación (Thompson & Hunt, 1999; Mommaerts & Smagghe, 2011). Así mismo, se debe tener en cuenta la toxicidad del MCA para el vector, por ejemplo, cuando se usan de entomopatógenos, los efectos secundarios deben ser evaluados en tres niveles: 1. Pérdida de supervivencia (toxicidad) a Corto (agudo) y largo plazo (Crónica) 2.Efectos sub-letales sobre la reproducción de la colonia (población) y 3. El comportamiento de forrajeo de los polinizadores (Smagghe, *et al*., 2012).

  Se ha evaluado la utilización de *B. thuringiensis* (Bt), *B. bassiana* GHA, *M. anisopliae* y Nuclear Polyhedrosis Virus (HNPV), los efectos sobre los vectores dependen principalmente de las características de cada especie y el estadio en que se encuentre al momento del contacto (adulto vs. larva) (Kevan *et al*., 2008). Mientras que *Bt* ha demostrado ser seguro para adultos de abejas melíferas (*A. mellifera*), se ha reportado mortalidad en obreras de *B. terrestris* (Kevan *et al*., 2008). Así mismo, los abejorros son más sensibles a *B. bassiana* GHA que *A. mellifera*, en algunos casos al evaluar la relación costo/beneficio se obtiene un nivel aceptable de supervivencia, por ejemplo, Kapongo *et al*., (2008), obtuvo una la mortalidad de 14% de los vectores y un nivel de eficacia satisfactorio de control de plagas (40%), lo que justificó el uso de *B. bassiana*. Con respecto a *M. anisopliae*, se han reportado riesgos mínimos para el vector (Smagghe, *et al*., 2013), e incluso se ha utilizado para el control del acaro *Varroa destructor* (James *et al*., 2006 citado en Mommaerts & Smagghe, 2011).
- **Seguridad para el Medio ambiente:** con respecto al impacto y/o efectos residuales de la implementación de la Tecnología Apivector, esta permite la disminución de las aplicaciones de pesticidas de origen químico, que son muy persistentes en el ambiente (Thompson & Hunt, 1999; Mommaerts & Smagghe, 2011), no obstante, al trabajar con organismos vivos, se debe considerar el riesgo que se representa al alterar poblaciones benéficas nativas tanto de biocontroladores como de abejas, bien sea por competencia o por trasmisión de enfermedades (Maccangani *et al*., 2009).

3.2. Desarrollo de dispensadores de inóculo

El dispensador de inóculo, es un dispositivo compuesto básicamente por uno o dos accesos y una bandeja de carga; de acuerdo al vector, el diseño puede incluir un área frontal de ingreso de luz, compuertas u otras adaptaciones que dependen del comportamiento del mismo. Los materiales usados en la construcción del dispensador son principalmente en madera o polimetilmetacrilato (Plexiglás), y pueden ubicarse en la parte superior o inferior de la colmena, además puede o no incluirse un diseño interno que obligue al vector a realizar un recorrido mayor y por ende facilite la adquisición del inóculo (Kevan *et al*., 2003; Bilu, *et al*., 2004 Smagghe, *et al*., 2012). el primero fue desarrollado por Peng, (1992) a partir de dispositivos dispensadores de polen (Peng *et al*., 1992; Kevan *et al*., 2003, Kevan *et al*.,2008).

Los dispensadores de inóculo deben cumplir con tres criterios: i. ser seguro para el vector, no debe interferir con el comportamiento de forrajeó; ii. Facilitar la adqui-

sición del biocontrolador y iii. Intervalos de recarga superiores a un día.

Se han desarrollado dos modelos básicos:

- **Dispensadores de una vía**: las abejas entran y salen por la misma cavidad, en general muestran una baja adquisición del agente de control y demandan recargas diarias (Smagghe, *et al.*, 2012); por ejemplo, al usar el dispensador SSP unidireccional sólo el 13% de los abejorros evaluados se inocularon con el MCA (Maccagnani *et al.*, 2005; Mommaerts & Smagghe, 2011)
- **Dispensadores de dos vías:** se caracterizan por contar con cámaras separadas para la entrada y salida del vector, donde la primera no contiene el MCA (Smagghe, *et al.,* 2012), hace más eficiente el proceso de inoculación, pues, el vector solo se carga al salir de la colmena y no al entrar, lo cual permite que el MCA, se dirija al cultivo y no al interior de la colmena, minimizando la contaminación de la misma. Esto es fundamental al tratar con organismos entomopatógenos, pues disminuye la mortalidad de las colonias. Además, reduce las pérdidas del MCA, requiriéndose menor cantidad y/o mayores intervalos de recarga (Kevan *et al.*, 2003; Bilu *et al.*, 2004; Smagghe, *et al.*, 2012).

En general se han diseñado alrededor de 6 dispositivos para Abejas melíferas (Eilenberg & Hokkanen, 2006), con una capacidad de inoculación de 10^5 UFC/ por abeja o más y un nivel dispersión del biocontrolador, entre 10^3 y 10^5 UFC por flor (Mommaerts & Smagghe, 2011). Uno de los modelos más destacados es el Triwaks (dispensador de 2 vías con una división diagonal para separar la salida y la entrada, además subdivisiones en la cámara de recarga), que logra cargar a los vectores entre 2,6 y 3,4 veces más inóculo que los demás modelos (Bilu *et al.*, 2004).

En el caso de *Bombus* spp. se han diseñado 8 modelos, al evaluar SSP-dispenser (Yu & Sutton, 1997), que cuenta con áreas separadas para entrada y salida de la colmena al dispensador, pero un área común de entrada y salida del dispensador al exterior y subdivisiones en la bandeja de recarga, y el OP-dispenser (Maccagnani *et al.*, 2005), que cuenta con un diseño independiente de entrada y salida, en el que la entrada es de forma cónica y la salida cuenta con dos pasajes superpuestos en el que el inferior corresponde a la bandeja de recarga y es mucho más estrecho que el superior, este último obtuvo el mejor rendimiento de carga del vector, pues el 100% de los individuos capturados estaban inoculados en promedio con 4,3 x 10^4 UFC del biocontrolador, mientras que con el primero solo el 12.5% de los abejorros tenían una carga promedio de 1,3x10^2 del MCA (Maccagnani *et al.*, 2005), En otro ensayo, se evaluó un dispensador de dos vías cuya longitud era de 20 cm y dos compartimentos rectangulares, dicho dispositivo cargo diez veces más MCA, que el modelo de referencia SSP, y el periodo de recarga fue de tres días (Mommaerts & Smagghe, 2011). Así mismo, Reeh & Cutler, (2013), evaluaron tres modelos de dispositivo de inoculación para *Bombus* sp., determinado que el modelo de dos vías construido con plexiglás al cual se adecuó con un agujero de ventilación (Modelo Houle), evito la aglutinación del producto, fue más resistente, confiable y fácil de usar que los demás modelos evaluados.

Con respecto a *O. cornuta, a* la fecha, sólo un dispensador ha sido desarrollado (Maccagnani *et al.,* 2006), sin embargo, se considera muy eficiente, debido a que entre 81,4% y el 97,7%, de los insectos evaluados capturados estaban inoculados con entre 10^4 – 10^7 UFC por Abeja.

3.3. Reportes de implementación de la Tecnología Apivector

La Tecnología Apivector como estrategia de control biológico, se ha desarrollado en tres niveles, i. Control de enfermedades, ii. Control de plagas y iii. Control de malezas, su objetivo es realizar un manejo dirigido y de precisión y promueve la disminución de aplicaciones de pesticidas de síntesis química (Mommaerts *et al*., 2012), a continuación, se presentan los diferentes estudios realizados en cada nivel:

3.3.1. Control de enfermedades

El primer estudio en manejo de Enfermedades, evaluó el uso de abejas (*A. mellifera*) como vector de *Gliocadium roseum*, para el control de *B. cinerea*, reportando una carga del vector entre 3,6 - 32,0 x 10^4 UFC/abeja en invernadero y 8,8 - 180 x 10^4 UFC/abeja en campo abierto, una inoculación de flores variable entre 1,5 x 10^3 y 2,2 x 10^4 UFC/Flor en invernadero y 3,0 x 10^2 y 2,7 x 10^4 UFC/ Flor en campo abierto, y la supresión de la enfermedad entre 48 y 64% (Peng *et al.*, 1992). Posteriormente, se condujo un ensayo similar en frambuesa, obteniendo un porcentaje supresión de *B. cinerea* entre 68 y 90% (Sutton

et al., 1997). Así mismo, en un ensayo implementado en Finlandia, Estonia, Italia, Eslovenia y Turquía, durante los años 2006 a 2014, en el que se realizaron 26 pruebas de campo utilizando *Gliocladium catenulatum* dispersado por *A. mellifera* y *Bombus* spp., en fresa, y cinco pruebas adicionales en frambuesa (*Rubus idaeus*), se reportó una reducción de la enfermedad entre el 47% y el 66%, que fue equivalente al nivel de control obtenido con el manejo químico (Hokkanen *et al.*, 2015).

En otro estudio, se evaluó la efectividad de control *T. harzianum* sobre de *B. cinerea* en fresa (*Fragaria chiloensis*), se concluyó que las flores de los tratamientos con abejas tenían la mitad de la densidad de *T. harzianum*, que los tratamientos en los que se aplicó el controlador con fumigadora, pero el nivel de control de *B. cinerea*, fue el mismo, además los tratamientos con Apivector, tenían 22% más semillas y un peso entre 26 y 40% mayor que los tratamientos no visitados por abejas, el número de semillas y el peso en tratamientos de control químico visitados por abejas se redujo entre 7 y 12%, indicando que el uso de fungicidas podrían tener un impacto en la polinización y en el rendimiento. (Kovach *et al.*, 2000). Cabe aclarar que, cuando la dispersión de *T. harzianum* por *A. mellifera* o *B. impatiens* es efectiva y la incidencia de *B. cinerea* es baja o media, se logran resultados similares a los obtenidos con el control químico, mientras que cuando es alta ninguno de los dos logra la supresión de la enfermedad (Shafir *et al.*, 2006).

Al comparar la capacidad de dispersión de *Trichoderma* sp. por *A. mellifera* en campo abierto y *Bombus terrestris* en invernadero, en flores de fresa, usando un dispensador de inoculo tipo Houle, se determinó que entre el 33,33% y 34,78%, de las flores visitadas por *A. mellifera* presentaron entre 26.27 ± 87.99 UFC/flor y 1,1x 10^2 ± 2,2x10^2 UFC/flor y cada abeja acarreo 3.92x10^3 ± 1.73x10^3 UFC del biocontrolador, mientras que *Bombus terrestris* logro una dispersión entre el 75 y 100%, de las flores evaluadas, que presentaron entre 1.25x10^3 ± 8.97x10^2 UFC/flor y 123.44 ± 196.01 UFC/flor, cada abejorro acarreo 7.19x10^4 ± 2.17x10^4 UFC (Albano *et al.*, 2009), lo anterior concuerda con lo reportado por Soboksa, (2014), quien menciona que tanto abejas como abejorros acarrean suficiente cantidad de biofungicida, y en ambos casos obtuvo una reducción de la incidencia de *B. cinerea* en frutos de fresa, en comparación con los tratamientos control, pero con los abejorros el nivel de control fue superior. Así mismo, en otro estudio en el que se uso *G. catenulatum,* en un modelo similar, se evidencio que el 71% de las flores se convirtieron en frutos sanos, en comparación con el 54% obtenido en los controles, además, 79% de las bayas recolectadas no desarrollaron *B. cinerea* en poscosecha (Mommaerts & Smagghe, 2011).

El cultivo de arándanos es típicamente polinizado por abejas, lo que facilita la implementación de Apivector (Reeh, 2012; Reeh *et al.*, 2014; Karise *et al*,(2016) b., por lo cual, se ha evaluado el uso de *Bacillus subtilis* (Dedej et al. 2004) y *Streptomyces griseoviridis* y *Gliocladium catenulatum* (Smith et al, 2012), para el manejo de *Monilinia vaccinii corymbosi* y *B. cinerea* respectivamente. En un modelo de manejo preventivo, se estableció que cada abeja podía acarrear entre 5.1–6.4 x10^5 (UFC) de *B. subtilis* y depositar 1x10^3 UFC del MCA por flor (Dedej *et al.* 2004), otro estudio, reporta un porcentaje de control *B. cinerea* de 71%, con respecto 52% del testigo, (Smith *et al,* 2012); cabe resaltar, que las condiciones climáticas son un factor determinante en el éxito de la tecnología, para este caso, por ejemplo, la presión de la enfermedad se incrementa cuando la humedad relativa y las precipitaciones son altas, por lo cual, el control es difícil incluso con fungicidas químicos (Reeh, 2012; Karise *et al*,(2016) b.

En girasol (*Helianthus annus)*, se encontró que con 100 g de una mezcla de cepas de *Trichoderma* spp. (*T. koningii, T. aureoviride, T. longibrachiatum y T. harzianum)*, dispersadas por *A. mellifera,* durante 10 horas/día, la incidencia de la enfermedad se redujo significativamente, obteniendo un 53% en el tratamiento Apivector con respecto al tratamiento control, en el que se registró una Incidencia de 74% (Escande *et al.*, 2002), mientras que al usar *Clonostachys rosea y Bombus* sp. se reportan porcentajes de control de la enfermedad, entre 70 y 100% (Sutton & Kevan, 2013).

En alfalfa (*Medicago sativa*) se evaluó *Coniothyrium minitans y Trichoderma atroviride* en la supresión de *S. sclerotiorum,* dispersados por *Megachile rotundata,* una abeja nativa europea de tipo solitario, este ensayo demostró que *C. minitans* es un efectivo agente de control de *S. sclerotiorum* en las partes aéreas de plantas de alfalfa, mientras que *T. atroviride* fue menos efectivo, en cuanto a la dispersión realizada por *M. rotundata* se observó que aunque son eficientes polinizadores de alfalfa, su com-

portamiento solitario puede limitar la transferencia de esporas de hongos de sus nidos en comparación con las abejas melíferas (Li, Huang, Acharya & Erickson, 2005).

En otro estudio, realizado en huertos de manzanas y peras para control de *Erwinia amilovora*, usando *Pseudomonas fluorescens* (MCA) dispersado por *A. mellifera*, se encontró una dispersión en flores de 27 a 41%. La incidencia de la enfermedad estuvo entre 9 y 41% en flores y la eficiencia de abejas como vectores, fue de 20 flores por hora de actividad forrajera/abeja (Johnson *et al.*, 1993). Así mismo, se evaluaron tres especies de bacterias biocontroladoras (*Pantoea agglomerans* a.k.a., *Erwinia herbicola* y *Enetrobacter agglomerans*), registrando una dispersión en flores del 70%, se concluye, que este modelo podría ser un método útil para inocular flores de especies de frutos de hueso, sin embargo, se observó que las bajas temperaturas pueden reducir el número de bacterias por flor limitando la capacidad del biocontrolador (Vanneste, 1996; Vanneste *et al.*, 1999; Vanneste, Cornish, Yu y Voyle, 2002), otro inconveniente, fue la sensibilidad de las abejas melíferas a condiciones climáticas adversas (Smagghe, *et al.*, 2012), por lo cual se evaluó el uso de *O. cornuta*, que naturalmente está asociada a huertos de caducifolios, concluyendo que es más eficiente como vector de *T. harzianum*, en las condiciones particulares de estos sistemas productivos, ya que depositan entre 10^4 y 10^7 UFC por flor, con respecto a los 10^4 de *A. mellifera* (Maccagnani *et al.*, 2006), esto se debe principalmente a que *O. cornuta* realiza hasta 6 visitas más por flor que *A. mellifera* (Smagghe *et al.*, 2012), además, se evaluó la capacidad de las dos especies como vectores secundarios de dispersión de *B. subtilis*, concluyendo que al asperjar las flores mecánicamente, estas se convierten en fuentes secundarias de inóculo, alcanzando una mayor eficacia en el control de fuego bacteriano del peral (Maccagnani *et al.*, 2009).

3.3.2. Control de plagas

El primer estudio en control de plagas usando biocontroladores específicos de bajo impacto para las abejas, se realizó usando el Virus de la Poliedrosis nuclear (HNPV) para el manejo de *Helicoverpa zea*, en un diseño experimental con trébol rojo (*Trifolium incarnatum* L.), como resultado se obtuvo una mortalidad de 17 a 42 veces mayor con respecto al control (Gross *et al.*, 1994). Esto se confirmó al usar *Metarhizium anisopliae* dispersado por *A. mellifera,* para el control de escarabajos del polen (*Meligethes aeneus*) en canola (*Brassica napus*) (Butt, *et al.*, 1994; Butt. *et al,* 1998) , no hubo evidencia de ningún efecto adverso para los vectores, además se obtuvieron porcentajes de control del insecto plaga (insectos que desarrollaron micosis) entre 57- 98% en época seca y en invierno 31- 41% (Butt *et al.*, 1998). En ese mismo sentido, en Canola (*B. napus* L.) se reporta una mortalidad significativa mayor al 70% de *Meligethes aeneus* y *Ceutorhynchys assimilis,* con *M. anisopliae*, dispersado por abejas, Carreck *et al.* (2007) y al usar de *B. bassiana* para el control de *Lygus lineolaris,* reportan que se recuperaron esporas del MCA del 100% de las abejas muestreadas, 64-77% de flores, 70-82% hojas y 47-83% de individuos de *Lygus lineolaris,* además la mortalidad de *Lygus lineolaris* estuvo entre 56 y 22% en los tratamientos con Apivector, mientras con el control absoluto, se obtuvo una mortalidad entre 9% y 22% , por lo que se concluye que Apivector es una alternativa viable para el manejo de *L. lineolaris*; obteniendo también una menor dependencia de los insecticidas sintéticos (Al Mazra'awi *et al.*, 2006).

Así mismo, se uso *A. mellifera* para dispersar *B. thuringiensis*, con el objetivo de controlar la polilla de bandas del girasol (*Cochylis hospes*, Lepidoptera: Tortricidae), se encontró que el control obtenido con la tecnología Apivector fue similar a la aspersión tradicional, pero con la primera se obtuvo un aumento del 4% en la producción y un 1% en el contenido de aceite, esto se tradujo en un aumento del 33,3% de ganancias por Ha. (Jyoti & Brewer, 1999).

Por otra parte, se ha evaluado el uso de MCA combinados para el control simultaneó de plagas y enfermedades, Kapongo *et al.*, (2008) probó la eficacia de abejorros en la dispersión de *Clonostachys rosea* y *Beauveria Bassiana* para control de moho gris (*B. cinerea*), chinche Lygus (*Lygus lineolaris* Palisot de Beauvois) y mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en tomate de invernadero y pimentón, se reportó una mortalidad significativa de *T. vaporariorum* 49% y la supresión de *B. cinerea* en flores 57% y hojas 46% de tomate y en pimentón una mortalidad de 73% de *L. lineolaris* y la supresión de 59% de *Botrytis* en flores y 47% en hojas.

Cabe mencionar que, en el marco del término Entomovector, se propuso la dispersión de agentes de control biológico microbiano a través de depredadores, en este caso se usó larvas de mariquitas *(Harmonia axyridis*) y cri-

sopa verde común (*Chrysoperla carnea*) para dispersar *B. bassiana*, para el control de áfidos. Después de 12 horas de la liberación de los depredadores, las larvas de crisopa dispersaron el 89% de las conidias mientras que los escarabajos asiáticos dispersaron 93%, con lo cual se obtuvo un control de áfidos entre el 88 y el 84% (Zhu & Kim, 2012).

3.3.3. Control de arvenses

Una de las primeras consideraciones para el uso de esta tecnología fue el control de arvenses, específicamente se buscaba limitar la producción de semillas de *Asclepias syriaca*, usando una levadura conocida como *Metschnikovia reukaufii*, este microorganismo inhibe la germinación de polinios y habita naturalmente en el néctar de las flores. Se evaluó la aplicación la levadura, para luego ser dispersada con insectos que visitan flores con el objetivo de reducir la fecundidad de las plantas. Este es un modelo bastante complejo y sugiere que las abejas, podrían utilizarse incluso para diseminar productos como el herbicida glufosinato, para interferir con la producción de semillas de arvenses (Kevan *et al.*, 1989; Eisikowitch *et al.*, 1990; Kevan *et al.*, 2008).

4. CONCLUSIONES

En los últimos 27 años más de 40 publicaciones relacionadas, demuestran que la tecnología Apivector es una alternativa sostenible, ambiental y económicamente viable, pues se estima, por ejemplo que el costo del manejo químico de *B. cinerea* en bayas entre 500 y 1000 €/Ha, mientras que al usar Tecnología Apivector el costo aproximado es de 300 €/Ha (Hokkanen et al., 2015); sin embargo, también hay que reconocer que posee limitaciones y su aplicación debe enmarcarse en un modelo integrado de manejo de plagas y enfermedades con un enfoque preventivo, que se desarrolle con conocimiento previo de todos los componentes, pues debido a que es un sistema integral cuyos elementos principales son seres vivos, la posibilidad de unificar completamente el sistema está ligada a la variabilidad de cada componente, por lo cual no solamente se requiere el conocimiento de cada uno de ellos sino también de sus diferentes interacciones, esto permitiría hacer las adaptaciones necesarias de acuerdo a las condiciones específicas del sistema productivo en el que se implemente la tecnología y aumentar la probabilidad de éxito de la misma, por lo cual se requiere el desarrollo de investigaciones de tipo interdisciplinario en los diferentes tópicos que abarca la tecnología, que finalmente permitan hacer desarrollos comerciales de la misma o fortalecer los ya existentes.

5. REFERENCIAS

Abrahamovich, A. H. (2002). Bumble bees of the Neotropical Region (Hymenoptera). Biota Colombiana. 3(2), 199–214.

Agrios, G. (2005). Plant Pathology. (D. Dreibeilbis, Ed.) (Fifth). San Diego- California: Elsevier Inc.

Al Mazra'awi, M. S., Shipp, J. L., Broadbent, A. B., & Kevan, P. G. (2006). Dissemination of Beauveria bassiana by honey bees (Hymenoptera: Apidae) for control of tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) on canola. Environmental Entomology, 35(6), 1569–1577. Recuperado de: https://doi.org/10.1603/0046-225x(2006)35[1569:dobbbh]2.0.co;2

Albano, S., Chagnon, M., De Oliveira, D., Houle, E., Thibodeau, P. O., & Mexia, A. (2009). Effectiveness of Apis mellifera and Bombus impatiens as dispersers of the Rootshield® biofungicide (Trichoderma harzianum, strain T-22) in a strawberry crop. Hellenic Plant Protection Journal, 2(2), 57–66.

Almanza, M. T. (2007). Management of Bombus Atratus Bumblebees to Pollinate Lulo (Solanum Quitoense L) a native fruit fron the Andes of Colombia. (P. Vlek, Ed.). Göttingen.: CUVILLIER VERLAC. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=4S8kmq_oDQwC&pg=PA57&lpg=PA57&dq=bombus+colombia&source=bl&ots=WjJSRsln0_&sig=_2yodksvOsdRQfaKPyMDo5eUCw&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=bombus colombia&f=false

Bilu, A., Dag, A., Elad, Y., & Shafir, S. (2004). Honey bee dispersal of biocontrol agents: An evaluation of dispensing devices. Biocontrol Science and Technology, 14(6), 607–617. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/09583150410001682340

Bosch, J., & Vicens, N. (2000). Pollinating Efficacy of Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on "Red Delicious" Apple. Environmental Entomology, 29(2), 235–240. https://doi.org/10.1603/0046-225X(2000)029[0235:PEOOCA]2.0.CO;2

Butt, T. M., Carreck, N. L., Ibrahim, L., & Williams, I. H. (1998). Honey-bee-mediated Infection of Pollen Beetle (Meligethes aeneus Fab.) by the Insect-pathogenic Fungus, Metarhizium anisopliae. Biocontrol Science and Technology, 8(May 2014), 533–538. https://doi.org/10.1080/09583159830045

Butt, T. M., Ibrahim, L., Ball, B. V, & Clark, S. J. (1994). Pathogenicity of the Entomogenous Fungi Metarhizium-Anisopliae and Beauveria-Bassiana against Crucifer Pests and the Honey-Bee. Biocontrol Science and Technology, 4(2), 207–214. https://doi.org/10.1080/09583159409355328

Butt, T. M., Wang, C., Shah, F. A., & Hall, R. (2006). Degeneration of entomogenous fungi. An Ecological and Societal Approach to Biological Control, 213–226. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4401-4_10

Carreck, N. L., Butt, T. M., Clark, S. J., Ibrahim, L., Isger, E. A., Pell, J. K., & Williams, I. H. (2007). Honey bees can disseminate a microbial control agent to more than one inflorescence pest of oilseed rape. Biocontrol Science and Technology, 17(2), 179–191. https://doi.org/10.1080/09583150600937485

Cure, J. R. (UMNG), Almanza, M. T. (UMNG), Rodriguez, D. (UMNG), Vecil, D. (UMNG), & Aldana, J. (UMNG). (2007). Efecto de Bombus atratus sobre la productividad de tomate bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. Agronomía Colombiana, 25(1).

Dedej, S., Delaplane, K. S., & Scherm, H. (2004). Effectiveness of honey bees in delivering the biocontrol agent Bacillus subtilis to blueberry flowers to suppress mummy berry disease. Biological Control, 31(3), 422–427. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.07.010

Eilenberg, J., & Hokkanen, H. M. T. (2006). In Degernation of entomogenous fungi. In An Ecological and Societal Approach to Biological Control. (Vol. 2, pp. 213–226). Recuperado de: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4401-4_10

Eisikowitch, D., Lachance, M.-A., Kevan, P. G., Willis, S., & Collins-Thompson, D. L. (1990). The effect of the natural assemblage of microorganisms and selected strains of the yeast Metschnikowia reukaufii in controlling the germination of pollen of the common milkweed Asclepias syriaca. Can. J. Bot. Can. J. Bot., Canadian J(5), 1163–1165. Recuperado de: https://doi.org/doi: 10.1139/b90-147

Escande, A. R., Laich, F. S., & Pedraza, M. V. (2002). Field testing of honeybee-dispersed Trichoderma spp. to manage sunflower head rot (Sclerotinia sclerotiorum). Plant Pathology, 51(3), 346–351. Recuperado de: https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00723.x

FAO, F. and A. O. of U. N. (2016). Pollinators vital to our food supply under threat. Recuperado de: http://www.fao.org/news/story/en/item/384726/icode/

Fernández-O., D., Grabke, A., Li, X., & Schnabel, G. (2015). Independent Emergence of Resistance to Seven Chemical Classes of Fungicides in Botrytis cinerea. Phytopathology, 105(4), 424–432 Recuperado de: https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-14-0161-R

Gnanamanickam, S. (2002). Biological Control of Crop Diseases. (S. Gnanamanickam, Ed.). New York. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=4yyzY17RhrEC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Microbiological+Control+Agents+definition+in+agriculture&ots=9AUC6aAEgk&sig=-t8oi5YBH18G_GDzHrHMkJQVQA9s&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Gross, H. R., Hamm, J. J., & Carpenter, J. E. (1994). Design and application of a hive-mounted device that uses honey bees (Hymenoptera: Apidae) to disseminate Heliothis Nuclear Polyhedrosis Virus. Biological Control, 23(Olofsson 1988), 493–501. Recuperado de: https://doi.org/10.1093/ee/23.2.492

Hokkanen, H. M. T., Menzler-Hokkanen, I., & Lahdenpera, M.-L. (2015). Managing Bees for Delivering Biological Control Agents and Improved Pollination in Berry and Fruit Cultivation. Sustainable Agriculture Research, 4(3), p89. Recuperado de: https://doi.org/10.5539/sar.v4n3p89

Johnson, K. B., Stockwell, V. O., Burgett, D. M., Sugar, D., & Loper, J. E. (1993). Dispersal of Erwinia amylovora and Pseudomonas fluorescens by Honey Bees from Hives to Apple and Pear Blossoms. Phytopathology, 83(5), 478. Recuperado de: https://doi.org/10.1094/Phyto-83-478

Johnson, S. D., & Anderson, B. (2010). Coevolution Between Food-Rewarding Flowers and Their Pollina-

tors, 32–39. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s12052-009-0192-6

Jyoti, J. L., & Brewer, G. J. (1999). Honey bees (Hymenoptera: Apidae) as vectors of Bacillus thruingiensis for control of banded sunflower moth (Lepidoptera: Tortricidae). Environmental Entomolgoy, 28, 1172–1176.

Kapongo, J. P., Shipp, L., Kevan, P., & Sutton, J. C. (2008). Co-vectoring of Beauveria bassiana and Clonostachys rosea by bumble bees (Bombus impatiens) for control of insect pests and suppression of grey mould in greenhouse tomato and sweet pepper. Biological Control, 46(3), 508–514. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.05.008

Karise, R., Dreyersdorff, G., Jahani, M., Veromann, E., Runno-Paurson, E., Kaart, T., … Mänd, M. (2016) a. Reliability of the entomovector technology using Prestop-Mix and Bombus terrestris L. as a fungal disease biocontrol method in open field. Scientific Reports, 6(January), 31650. Recuperado de: https://doi.org/10.1038/srep31650

Karise, R., Muljar, R., Smagghe, G., Kaart, T., Kuusik, A., Dreyersdorff, G., Mänd, M. (2016)b. Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (Bombus terrestris). Journal of Pest Science, 89(1), 171–178. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s10340-015-0649-z

Kevan, P., Al Mazra'awi, M. S., Sutton, J. C., Tam, L., Boland, G., Thomson, S., & Brewer, G. (2003). Using pollinators to deliver biological control agents.pdf. In R. Downer, J. Mueninghoff, & G. Volgas (Eds.), Pesticide Formulations and Delivery Systems : Meeting the challenges of Current Crop Protecition Industry (pp. 148–153). West Conshohocken, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials International.

Kevan, P., Eisikowitch, D., & Rathewell, B. (1989). THE ROLE OF NECTAR IN THE GERMINATION OF POLLEN IN ASCLEPIAS SYRIACA L. Botanical Gazette, 150(3), 266–270. Recuperado de: https://doi.org/10.1086/330177

Kevan, P., Kapongo, J. P., Al Mazra'awi, M. S., & Shipp, L. (2008). Honey bees, bumble bees and biocontrol: New alliances between old friends. In R. James & T. L. Pitts-Singer (Eds.), Bee Pollination in Agricultural Ecosystems (pp. 1–256). New York. Recuperado de: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195316957.001.0001

Klatt, B. K. (2013). Bee pollination of strawberries on different spatial scales – from crop varieties and fields to landscapes, 1–108. Recuperado de: https://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-000E-0B5D-6

Klatt, B. K., Burmeister, C., Westphal, C., Tscharntke, T., & von Fragstein, M. (2013). Flower Volatiles, Crop Varieties and Bee Responses. PLoS ONE, 8(8). Recuperado de: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072724

Kovach, J., Petzoldt, R., & Harman, G. E. (2000). Use of Honey Bees and Bumble Bees to Disseminate Trichoderma harzianum 1295-22 to Strawberries for Botrytis Control. Biological Control, 18(3), 235–242. Recuperado de: https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0839

Leonhardt, S. D., & Blüthgen, N. (2012). The same, but different: Pollen foraging in honeybee and bumblebee colonies. Apidologie, 43(4), 449–464. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s13592-011-0112-y

Li, G. Q., Huang, H. C., Acharya, S. N., & Erickson, R. S. (2005). Effectiveness of Coniothyrium minitans and Trichoderma atroviride in suppression of sclerotinia blossom blight of alfalfa. Plant Pathology, 54(2), 204–211. Recuperado de: https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01119.x

Maccagnani, B., Bazzi, C., Biondi, E., Tesoriero, D., & Maini, S. (2006). Potential of Osmia Cornuta As a Carrier of Antagonist Bacteria in Biological Control of Fire Blight: a Comparison With Apis Mellifera. Acta Horticulturae, (704), 379–386. Recuperado de: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.704.59

Maccagnani, B., Giacomello, F., Fanti, M., Gobbin, D., Maini, S., & Angeli, G. (2009). Apis mellifera and Osmia cornuta as carriers for the secondary spread of Bacillus subtilis on apple flowers. BioControl, 54(1), 123–133. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s10526-008-9163-z

Maccagnani, B., Mocioni, M., Ladurner, E., Gullino, M. L., & Maini, S. (2005). Investigation of hive-mounted devices for the dissemination of microbiological

preparations by Bombus terrestris. Bulletin of Insectology, 58(1), 3–8.

Mommaerts, V., & Smagghe, G. (2011). Entomovectoring in plant protection. Arthropod-Plant Interactions, 5(2), 81–95. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s11829-011-9123-x

Peng, G., Sutton, J. C., & Kevan, P. G. (1992). Effectiveness of honey bees for applying the biocontrol agent Gliocladium roseum to strawberry flowers to suppress Botrytis cinerea. Canadian Journal of Plant Pathology, 14(2), 117–129. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/07060669209500888

Reeh, K. W. (2012). Commercial Bumble Bees as Vectors of the Microbial Antagonist Clonostachys rosea for Management of Botrytis Blight in Wild Blueberry (Vaccinium angustifolium). Dalhousie University.

Reeh, K. W., & Cutler, G. C. (2013). Laboratory efficacy and fungicide compatibility of Clonostachys rosea against Botrytis blight on lowbush blueberry, (SEPTEMBER), 639–642. Recuperado de: https://doi.org/10.4141/CJPS2012-306

Reeh, K. W., Hillier, N. K., & Cutler, G. C. (2014). Potential of bumble bees as bio-vectors of Clonostachys rosea for Botrytis blight management in lowbush blueberry. Journal of Pest Science, 87(3), 543–550. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s10340-014-0565-7

Shafir, S., Dag, A., Bilu, A., Abu-Toamy, M., & Elad, Y. (2006). Honey bee dispersal of the biocontrol agent Trichoderma harzianum T39: Effectiveness in suppressing Botrytis cinerea on strawberry under field conditions. European Journal of Plant Pathology, 116(2), 119–128. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s10658-006-9047-y

Shimizu, A., Dohzono, I., Nakaji, M., Roff, D. A., Osato, S., Yajima, T., Yoshimura, J. (2014). Fine-tuned Bee-Flower Coevolutionary State Hidden within Multiple Pollination Interactions, 1–9. Recuperado de: https://doi.org/10.1038/srep03988

Smagghe, Guy, Mommaerts, Veerle, Hokkanen, H., & Menzler, H. (2012). Multitrophic Interactions: The Entomovector Tecnology. In Guy, Smagghe & Diaz, Isabel (Eds.), Arthropod-Plant Interactions: Novel Insights and Approaches for IPM (I, pp. 127–158). New York London: Springer Science+ Business Media BV. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/978-94-007-3873-7

Smagghe, G., De Meyer, L., Meeus, I., & Mommaerts, V. (2013). Safety and Acquisition Potential of <I>Metarhizium anisopliae</I> in Entomovectoring With Bumble Bees, <I>Bombus terrestris</I>. Journal of Economic Entomology, 106(1), 277–282. Recuperado de: https://doi.org/10.1603/EC12332

Smith, B. J., Sampson, B. J., & Walter, M. (2012). International Journal of Fruit Science Efficacy of Bumble Bee Disseminated Biological Control Agents for Control of Botrytis Blossom Blight of Rabbiteye Blueberry. International Journal of Fruit Science, 12, 156–168. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/15538362.2011.619359

Soboksa, G. (2014). Vectoring Gliocladium catenulatum , J1446 by Honey bees and Bumblebees for Gray mold Suppression and Pollination Enhancement in Strawberry Production.

Thompson, H. M., & Hunt, L. V. (1999). Extrapolating from Honeybees to Bumblebees in Pesticide Risk Assessment.

Tibatá, V. M., Arias, E., Corona, M., Ariza Botero, F., Figueroa-Ramírez, J., & Junca, H. (2017). Determination of the Africanized mitotypes in populations of honey bees (Apis mellifera L.) of Colombia. Journal of Apicultural Research, 8839(December), 1–9. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1409065

Vaknin, Y., Bechar, A., Ronen, B., & Eisikowitch, D. (2000). The role of electrostatic forces in pollination. Plant Systematic and Evolution, 222, 133–142.

Vanneste, J. L. (1996). Honey bees and epiphytic bacteria to control fire blight, a bacterial disease of apple and pear. Biocontrol News and Information, 17(4), 67N–78N. Vaissière Recuperado de:https://doi.org/10.1590/S1517-83822004000200010

Vanneste, J. L., Cornish, D. A., Voyle, M. D., Haine, H. M., & Goodwin, R. M. (1999). Honey bees to distribute beneficial bacteria to apple and asian pear flowers. In Acta Horticulturae (Vol. 489, pp. 615–617).

Vanneste, J. L., Cornish, D. A., Yu, J., & Voyle, M. D. (2002). P10c: A new biological control agent for control of fire blight which can be sprayed or distributed using honey bees. Acta Horticulturae, 590, 231–235.

Yu, H., & Sutton, J. C. (1997). Effectiveness of bumblebees and honeybees for delivering inoculum of Gliocladium roseum to raspberry owers to control Botrytis cinerea. Biological Control, 10, 113–122.

Zhu, H., & Kim, J. J. (2012). Biocontrol Science and Technology Target-oriented dissemination of Beauveria bassiana conidia by the predators , Harmonia axyridis (Coleoptera : Coccinellidae) and Chrysoperla carnea (Neuroptera : Chrysopidae) for biocontrol of Myzus persicae. Biocontrol Science and Technology, 22(4), 393–406. Recuperado de: https://doi.org/Doi 10.1080/09583157.2012.661

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 56-61
Recibido: 15/10/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

APLICACIÓN DE ALMIDON MODIFICADO DE TRES VARIEDADES DE PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*) EN JUGOS NATURALES

APPLICATION OF MODIFIED STARCH OF THREE VARIETIES OF NATIVE POTATOES (Solanum tuberosum) IN NATURAL JUICES

Beba Virginia Montaño Pérez[1*]
[1]*Montaño B.,UMSA-CIPyCA*
* *Autor de contacto:* bebagronomo@gmail.com

RESUMEN

La diversidad de papa en Bolivia como componente de seguridad alimentaria debe ser revalorizada en forma de almidón en tecnología alimentaria. Sin embrago el almidón nativo presenta limitaciones funcionales, que pueden ser superados por modificación química como la Acetilación.

En tal sentido la presente investigación se enfoco en la modificación acetílica del almidón nativo de papa (SUTAMARI, SAKAMPAYA Y CHOQEPITU) desde su extracción, modificación, evaluación de propiedades funcionales y la aplicación del almidón acetílado en la estabilidad de jugos

Que expresaron resultados de estabilidad en jugos siendo las de mejor comportamiento en estabilidad en función de su viscosidad CHOQEPITU y SUTAMARI que tardaron 53 horas y 7 minutos en sedimentar. respecto a SAKAMPAYA que precipito las 48 horas.

Palabras clave: Modificación, almidón, acetílica, estabilidad.

ABSTRACT

Potato diversity in Bolivia as a food security component must be revalued in the form of starch in food technology. However, native starch has functional limitations, which can be overcome by chemical modification such as Acetylation. In this sense, the present research focused on acetyl modification of native potato starch (SUTAMARI, SAKAMPAYA AND CHOQEPITU) since its extraction, modification, evaluation of functional properties and the application of acetylated starch in juice stability They expressed results of stability in juices being the best performance in stability based on their viscosity CHOQEPITU and SUTAMARI that took 53 hours and 7 minutes to settle. Regarding SAKAMPAYA I precipitate 48 hours.

Keywords: Modification, starch, acetylic, stability.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se elaboran muchos productos alimenticios con almidón modificado jugos de fruta, mermeladas, aglutinantes para salchichas, etc. De acuerdo a las necesidades tecnológicas específicas los alimones pueden ser modificados (mejoradas) por métodos físicos o químicos. La diversidad de aplicaciones de los almidones modificados hace insuficiente que estos cubran todas las necesidades físico-químicas requeridas por la industria que los requiere, por lo que es imposible realizar toda la modificación a los almidones, lo que implica que se debe realizar modificaciones de acuerdo a las necesidades tecnológicas de cada rubro alimenticio. El desconocimiento de las propiedades básicas del almidón de Papa y su ventaja comparativa para ciertos usos ha limitado su aplicación comercial, por eso es necesario determinar los rendimientos de extracción y de la calidad de su modificación.

Estos aspectos podrían generar el desarrollo y comercialización de las raíces de este tipo de tubérculos que ofrecen gran expectativa de cultivo y comercialización.

El almidón está constituido por dos homopolímeros de α-D-glucosa llamados amilosa yamilopectina. La amilosa está formada por cadenas lineales de moléculas de glucosa, unidas porenlaces α-(1-4) (Buleon, Colonna and Planchot 1998), su peso molecular (PM) promedio es aproximadamente de 1×10^5a 1×10^6 (Mua J.P. and Jackson 1997).

La amilopectina es una molécula más grande que se caracteriza por poseer ramificaciones con PMpromedio de 1×10^7a 1×10^9(Yoo, S.H., and Jane, J.L 2002) teniendo en su estructura alrededor del 95% de enlaces α-(1-4) y 5% de α-(1-6) (Tester, R. F., Karkalas, J., and Qi, X. 2004).

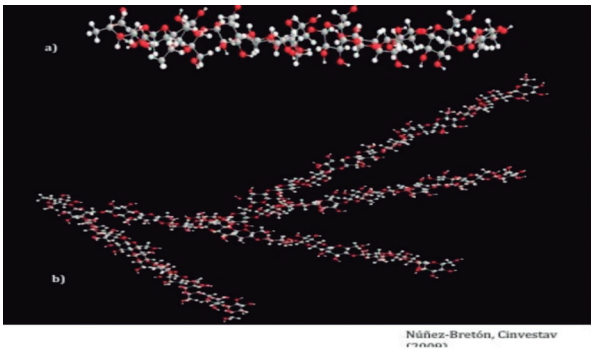


FIGURA 1: *Biopolímeros que conforman al almidón a) amilosa con enlaces α (1-4) y b)amilopectina con enlaces α (1-6).*

La amilosa es lineal, aunque existen investigaciones que indican la presencia de algunas ramificaciones, las cuales por encontrarse en forma espaciada y por ser poco frecuentes, no afectan su comportamiento lineal. Contiene en promedio desde 500 hasta 2000 unidades de D-glucosa repetidas en un número de cadenas que va desde 1 a 20, cada cadena presenta un grado de polimerización promedio de 500 Da, y debido a su carácter esencialmente lineal y a la presencia de enlaces α (1-4), la amilosa es susceptible a formar complejos con moléculas hidrofóbicas como el yodo, los ácidos grasos y los hidrocarburos (Freitas y col., 2004; Roger y Colonna; 1992; Ellis y col., 1998; Sasaki y col., 2002).

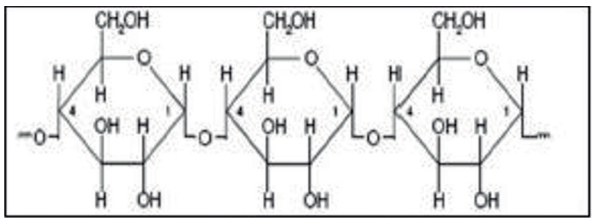


FIGURA 2: *Segmento de la estructura de la amilosa*

El material intermedio se ha descrito como una estructura similar a la amilopectina, pero con ramificaciones más cortas, que depende del contenido de amilosa, aunque varía considerablemente en diversas especies de almidones

La amilopectina es una molécula ramificada constituida por enlaces α (1-4) y β (1-6), cuyo grado de ramificación es de 20.000 ramas promedio en una molécula o aún más. Este polímero muestra dos tipos de cadenas, entre las que se encuentran las cadenas cortas con 15 DP – grado de polimerización y las cadenas largas con 45 DP.

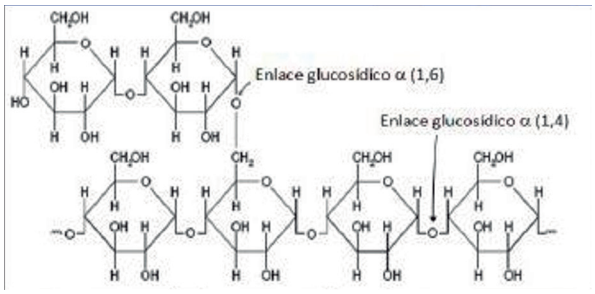


FIGURA 3: *Segmento de la estructura de la amilopectina*

La molécula de amilopectina es menos susceptible al proceso de retrogradación, debido a su estructura ramifica-

da, la cual inhibe la reordenación de sus moléculas en la etapa de enfriamiento de una disolución. No obstante, en condiciones de temperatura elevada y a altas concentraciones, la fracción ramificada de amilopectina puede retrogradar. (Swinkels, 1987; Karim y col., 2000; Martín y Smith, 1995; Fredriksson y col., 1998; Kong y col., 2008).

Los almidones se utilizan porque regulan y estabilizan las texturas y por sus propiedades espesantes y gelificantes. Sin embargo presentan ciertas limitaciones, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (temperaturas, presión y pH) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis (Bello y col., 2002; Liu y col., 2008; Pérez y Pacheco, 2005; Pérez, 1997; Zhang y col., 2005; Yu y col., 1999; Zamudio y col., 2007). Otras limitaciones como: altas temperaturas de gelatinización, retrogradación, opacidad y baja retención de agua; por tanto, se requiere diversificar las fuentes de obtención y/o mejorar sus propiedades mediante su modificación química (Miyasaki, Maeda and Van Phan. 2006).

En la actualidad por la coyuntura vivida a nivel mundial de la producción de la industria alimenticia la utilización de almidones modificados, se ha incrementado en la elaboración de diversos productos alimenticios, lo que está permitiendo mejorar rendimientos de la materia prima y esto conduce a mejorar los réditos económicos.

Los almidones modificados en la industria alimenticia, en su estructura nativa presenta ciertos inconvenientes como baja tolerancia a los procesos de fabricación, poca estabilidad al momento de la distribución, pérdida de la viscosidad y textura de los alimentos, deterioro en ciclos repetidos de congelación y descongelación. (Sulbaran, 2013)

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general.

Identificar el proceso de cambio de propiedades funcionales en almidones Acetilados provenientes de tres variedades de papa nativa (Sutamari, Sakampaya y Choqepitu) como alternativa para uso en la industria alimenticia.

1.1.2. Objetivos específicos.

- Optimizar el proceso de extracción de almidón nativo
- Aplicación del almidón Acetilado en la estabilidad de jugos y plastificado de frutos.

1.2. Justificación

En la actualidad en Bolivia, no existen conocimientos técnicos ni el proceso para la elaboración de Almidón modificado de Papa, por lo que es necesario realizar la investigación en laboratorio y emplear materiales, equipos para determinar la mejor alternativa para la obtención del mismo.

En vista de que la Papa nativa representa una fuente alternativa para la obtención de almidones y de que existen pocos estudios referidos a la modificación química de este polímero, se plantea la obtención y caracterización de almidones nativos y modificados de Papa empleando el tratamiento por acetilación, a fin de evaluar sus propiedades físico-químicas y funcionales y así poder sugerir su posible utilización en la industria alimentaria. La utilización de almidones obtenidos a partir de tubérculos, en nuestro caso la Papa, como materia prima en la elaboración de productos convencionales o en el desarrollo de nuevos productos, se ha convertido en una forma de incentivar e incrementar la producción y demanda de estos especies nativas.

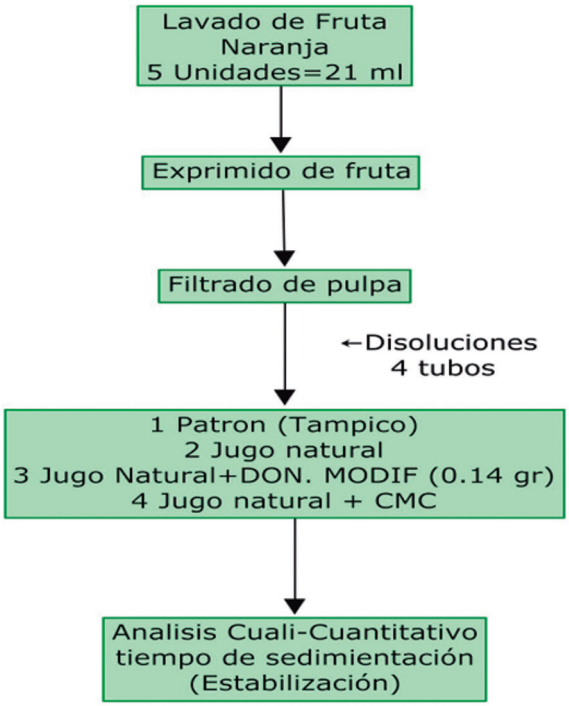
La presente investigación responde a la falta de información respecto a la modificación química por acetilación del almidón y las bondades que estas pueden otorgan aplicándolas como espesantes en la ciencia o industria de alimentos específicamente en jugos para que la distribución de la pulpa sea uniforme y mejore la viscosidad y consecuentemente en el plastificado de frutos que expresan ventajas en post cosecha y alargamiento de vida en anaquel de frutos con el plastificado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Materiales y Equipos	Reactivos
Espectrofotómetro IR	Acido anhídrido acético, p. a.
Espectrofotómetro de RMN	Alcohol metílico p. a.
Balanza de precisión, mínima división 0,001 g.	Acido clorhídrico p. a.
Papel filtro Whatman 1 o equivalente.	Hidróxido de sodio p. a.
Trituradora de alimentos	Acido ascórbico
Tubos de ensayo de 15 mL de vidrio con tapón de rosca y sello de teflón.	

2.2. Metodología



FUENTE: *Elaboración propia, 2017.*

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la estabilidad de jugos CHOQEPITU y SUTAMARI tardaron 53 horas y 7 minutos en sedimentar. respecto a SAKAMPAYA que precipito las 48 horas.

3.1. Rendimiento cuantitativo de almidón modificado a partir de almidón nativo.

TABLA 1: *Rendimiento en peso de almidón Modificado.*

VARIEDAD	DON nativo (gr)	DON MODIF (gr)	% Rendimiento MODIF
SUTAMARI	3,68	3,84	39
SAKAMPAYA	3,51	3,88	38
CHOQEPITU	3,07	3,52	49

FUENTE: *Elaboración propia, 2017*

Respecto al rendimiento en peso de almidon modificado, se obtuvo para CHOQEPITU un 49% seguido de SUTAMARI con 39% y SAKAMPAYA 38%, lo cual sustenta que las variedades estudiadas son potenciales para la extracción de almidón y también nos refleja que el procedimiento y metodología de extracción en condiciones controladas fue eficiente.

FIGURA 2: *Valores máximos de Viscosidad en Almidón Modificado.*

CONCENTRACION%- DON	VARIEDAD	TEMPERATURA °C	VISCOSIDAD g/ (cm.s)
2	v1	37	2,75
1,5	v1	20	2,15
1	v1	20	2,08
0,5	v1	20	1,86

FUENTE*. Elaboración propia, 2017*

Para el almidón modificado se reporto valores de viscosidad máximos en la variedad SUTAMARI (2%-37°C)- 2.75 g/ (cm. s.) a concentraciones 1.5%- 1% y 0.5% y temperatura constante de 20°C datos entre 2.15- 2.08-1.86 g/ (cm. s.).

Como se evidencia para la viscosidad desciende en almidón acetilado, pero a temperatura mínima de estudio como es 20°C. Vargas et al, (2016), nos señala que serian utilizables en la elaboración de rellenos para pasteles y para la elaboración de caramelos.

El mismo autor reporto datos de viscosidad aparente de almidones modificados por acetilación que varió entre 12964 y 5429 mPas para niveles de acetilación de 5 y 15%, respectivamente, mientras que el almidón nativo presentó un valor de 25000 mPas.

Al respecto Rincón et al,. (2007), sugiere que el almidón nativo expresa asociación interna de granos de almidón, Por otra parte, estudios en almidón de yuca, reportan reducción en la viscosidad máxima y viscosidad de la pasta en caliente por oxidación y acetilación en el procesamiento.

FIGURA 3: *Estabilidad en jugos de naranja.*

# TUBO DE ENSAYO	SOLUCION	PRECIPITADO (T1)	PRECIPITADO (T2)	PRECIPITADO (T3)
1	TAMPICO	NO	NO	NO
2	JUGO DE NARANJA NATURAL	SI	NO	NO
3	JUGO +CMC (Carboxi-metil Celulosa)	NO	NO	NO
4	JUGO +DON- M1	NO	NO	SI
5	JUGO +DON- M2	NO	SI	NO
6	JUGO +DON- M3	NO	NO	SI
7	JUGO +don n1	SI	NO	NO
8	JUGO +don n2	SI	NO	NO
9	JUGO +don n3	SI	NO	NO

Para la presente investigación las concentraciones de las soluciones de ensayo fueron al 2% loque significa (0.2g)

en 10 ml de solución en nueve tubos de ensayo en estudio. Donde se registraron el comportamiento de precipitado para la función de estabilidad de jugos, con parámetros de SI (Precipito) No (No precipito) en función de tres tiempos transcurridos después de las soluciones.

TIEMPO 1) Determinado a las 6 horas y 15 min, se evidencio la precipitación de los tubos 2, 7, 8, 9 jugo natural de naranja y los almidones nativos de las tres variedades SUTAMAR, SAKAMPAYA y CHOQEPITU.

TIEMPO 2) Determinado a las 48 horas, se evidencio la precipitación del tubo "5" SAKAMPAYA almidón Modificado.

TIEMPO 3) Determinado a las 53 horas y 7 min precipito el tubo "6" CHOQE PITU y hubo una parcial precipitación del tubo "4" SUTAMARI almidón Modificado.

Al respecto (Hernández et al, 2008), señalan que el almidón de yuca fue el que presentó mayor poder de hinchamiento y solubilidad. La viscosidad máxima fue para el almidón de yuca (36,2%). Entonces este puede ser incluido en sistemas alimenticios como espesantes, estabilizantes y gelificantes en alimentos refrigerados y congelados.

Con respecto a la proporción en la dilución (Liendo, 2011), señala que en la formulación de los colados se incorporó 0,75% de almidón de apio como agente espesante.

4. CONCLUSIONES

4.1. Rendimiento de Almidon nativo y Modificado

Se evidencio el mayor rendimiento en obtencion de almidon nativo y modificado o Acetilado con valores CHUQI PITU.35% seguido de la variedad SUTAMARI 30% y finalmente SAKAMPAYA con 29% estos valores duplican los reportes bibliográficos hecho que perfilan a las tres variedades como insumos potenciales de almidón en la industria de alimentos.

4.2. Aplicación de los almidones nativos y modificados en la estabilidad de jugos de naranja

CHOQEPITU y SUTAMARI tardan 53 horas y 7 min en precipitar seguido de SAKAMPAYA con 48 horas. Esta data respalda y coincide con los datos de porcentaje de eficiencia en la Acetilacion con valores de (57.15% y 46.9%) para las variedades CHOQEPITU y SUTAMARI y de (25.9%) para SAKAMPAYA, por tanto, son potencialmente aptas para la aplicación como estabilizante en alimentos refrigerados y congelados.

4.3. Implicancias de los resultados

Al realizar la modificación del almidón puede ser utilizado en la elaboración de productos tales como sopas, galletas, panes, bebidas y pudines, entre otra aplicación que encontraremos para verificar su posible uso como coagulante en el tratamiento de potabilización de aguas empleando las nuevas tecnologías en el uso de coagulantes naturales para este proceso.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bello, C. 2014 ALMIDÓN DE PLÁTANO MODIFICADO CON ANHIDRO OCTENIL SUCCÍNICO (OSA) COMO CANDIDATO PARA ESTABILIZAR EMULSIONES. Instituto Politécnico Nacional

Freitas y col., 2004; Roger y Colonna; 1992; Ellis y col., 1998; Sasaki y col., 2002, PROPIEDADES QUÍMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE TOPOCHO (Musa ABB). USO EN GELES DE MORA (Rubus glaucus Benth). Septiembre, 2009 Caracas, Venezuela

Liendo, J. (2011) USO DE ALMIDÓN DE APIO (ARRACACHA XANTHORRIZA B.) EN COLADOS DE DURAZNO (PRUNUS PERSICA L.). Rev. Fac. Agron, 37(3), p. 94

Miyazaki,M.van Hung, P. Maeda,T., Morita, N., 2006. Recent advances in application of modified starches for breadmaking. Trends Food Sci. Technol. 17.591-599.

Mua,J.P; and Jackson.D.S (1997). Fine structure of com amilose and amylopectin fractions with various molecular. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45,3840-3847

Rincón, Rached Aragoza y Padilla (2007) EFECTO DE LA ACETILACIÓN Y OXIDACIÓN SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL ALMIDÓN DE SEMILLAS DE FRUTO DE PAN (Artocarpus altilis). Trabajos de Investigacion, 57 (3)

Sulbaran, A. 2013 ACETILACIÓN DEL ALMIDÓN DE MILLO Y EVALUACIÓN DE SU APLICACIÓN COMO POSIBLE AUXILIAR FARMACÉUTICO

Universidad Nacional de Colombia

Swinkels, 1987; Karim y col., 2000; Martín y Smith, 1995; Fredriksson y col., 1998; Kong y col., 2008. Citado por http://muhaz.org/universidad-central-de-venezuela.html?page=8

Tester, R.F., Karkalas, J., and Qi, X. 2004. Starch-composition, fine structure and architecture. Journal of Cereal Science 39:151-165

Vargas, Martinez y Velezmoro (2016) PROPIEDADES FUNCIONALES DE ALMIDÓN DE PAPA (solanum tuberosum) Y SU MODIFICACIÓN QUÍMICA POR ACETILACIÓN. Scientia Agropecuaria,7 ,(3) p.233-230

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 62-75
Recibido: 10/09/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

TIC a la vista. Perspectivas de uso y aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en dos comunidades del altiplano boliviano, en el marco de políticas públicas establecidas en el país.

ICT in sight. Prospects for the use and application of Information and Communication Technologies (ICT) in two communities in the Bolivian highlands, within the framework of public policies established in the country.

Erika Soraide Álvarez[1*]

[1]*Centro de Investigación en Desarrollo de la Universidad Mayor de San Andrés CIDES – UMSA*

La Paz - Bolivia Santiago

[*]*Persona de contacto:* erikasoraide@gmail.com

RESUMEN

Son diversas las maneras en que las poblaciones rurales se articulan al uso de tecnologías, muy a pesar de las condiciones de accesibilidad que tengan. Problemas como la migración y el "vaciamiento" de los pueblos rurales, deben analizarse a la luz de la relación con las tecnologías dentro y fuera del territorio. ¿Cómo se comunican con las generaciones de migrantes? ¿Qué tipo de registros existen de la vida comunitaria? ¿Cómo se aprovecha el acceso a tecnología en el ámbito educativo, productivo y cultural? El desarrollo de las tecnologías de información y comunicación presenta una oportunidad para cualificar la residencia rural, en igualdad de condiciones que en otros espacios no rurales. Este artículo presenta el uso que dos comunidades generan por medio del acceso a internet; además de las actitudes y formas que ellos emplean para formar parte de la sociedad tecnológica como consumidores activos. Todo esto enmarcado en las políticas vigentes en el país con relación a la conexión e Internet.

Palabras Clave: Internet, TIC, Huancapampa, Yura.

ABSTRACT

There are various ways in which rural populations are articulated to the use of technologies, despite the accessibility conditions they have. Problems such as migration and the "emptying" of rural towns must be analyzed considering the relationship with technologies within and outside the territory. How do they communicate with generations of migrants? What kind of records exist of community life? How is access to technology taken advantage of in the educational, productive, and cultural fields? The development of information and communication technologies presents an opportunity to qualify rural residence, on equal terms as in other non-rural spaces. This article presents the use that two communities generate through Internet access; in addition to the attitudes and ways they use to become part of the technological society as active consumers. All this framed in the current policies in the country regarding the connection and Internet.

Key words: Internet, ITC, Rural.

1. INTRODUCCIÓN

Un tema fundamental para problematizar en términos de investigación y/o prácticos, junto a las comunidades campesinas e indígenas, es la manera de romper la unidireccionalidad de la comunicación, el centralismo y la condición de consumidores pasivos. Se trata entonces de ampliar y democratizar la producción y circulación de información. Además, de activar las concepciones propias del territorio, la posibilidad de que la tecnología intervenga en lo que implica estar dentro y fuera del territorio, la posibilidad de viabilizar las pertenencias territoriales y fortalecerlas.

Con el advenimiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se ha levantado una frontera de diferenciación social, esta vez divide al mundo entre los que tienen acceso a Internet y los que no, o la tienen de manera limitada. Estas barreras dividen sectores sociales, pero también territorios, y en esta situación normalmente se encuentra la división entre las ciudades y las áreas rurales. El desarrollo de las TIC presenta una oportunidad para la circulación de información y contenido apropiado en términos políticos, culturales, ecosistémicos y prácticos (mercado, tecnología, experiencias).

La declaración universal de derechos humanos indica que el acceso a la información y comunicación es fundamental, a su vez la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (CPE) revalida este derecho. Sin embargo, en Bolivia, todavía existe limitación en la cobertura tecnológica para el acceso de las poblaciones rurales a diversas tecnologías y medios. Esta diferencia en el acceso y uso del internet no es banal, en tanto en la actualidad, se considera que éste, cada vez más, va ganando relevancia como uno de los factores para el desarrollo económico, como también para el ejercicio de una serie de derechos humanos, políticos y culturales tanto de manera individual como colectiva.

En este artículo se presenta un estudio de caso de dos comunidades del altiplano boliviano, con diferentes formas de acceso a internet, pero que no es suficiente para formar parte de la sociedad de información que cada vez está más vigente. Por otro lado, se muestran evidencias de varios intentos por parte del país por llevar adelante una normativa que regule el acceso a la tecnología y comunicación, pero sin propuestas que hayan llegado a concretarse de forma efectiva. Concluyendo en que es importante que las TIC formen parte de agendas gubernamentales a nivel de cada municipio, para que de esta forma coadyuven al desarrollo económico y social de sus territorios.

2. METODOLOGÍA

El objetivo de este artículo es presentar el acceso, niveles de aprovechamiento y apropiación del internet y/o Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en las comunidades de Huancapampa (La Paz) y Yura (Potosí), con relación a las políticas públicas establecidas en el país. En tanto, se presenta un panorama contextual del Internet en Bolivia, considerando este como el punto de partida para la inclusión de la sociedad de información, las leyes vigentes sobre el tema y los principales hallazgos de ambos lugares que se sumergen en esta línea.

Se consideró pertinente estudiar ambas comunidades para reflejar las igualdades y diferencias entre una comunidad que está más cerca de la ciudad que otra que está más lejos y, a su vez, los contrastes entre departamentos.

El enfoque para la recolección de datos fue cuantitativo, mediante una encuesta no probabilística, a habitantes de ambas comunidades de cuatro grupos etarios (mayores de 16 a 40 o más años). El estudio de campo se llevó a cabo durante agosto y octubre del año 2018.

3. CONTEXTO: Todo comienza con el Internet

> De acuerdo con Castells[1], Internet se construye a partir de 1969; aunque realmente se constituye en 1994, a partir de la existencia de un navegador (browser), del world wide web. Desde entonces, y con mayor intensidad en las últimas décadas, Internet ha formado parte del tejido social de las personas; pues más que una tecnología es un medio de comunicación, de interacción y de organización social. La primera conexión a la red en América Latina y el Caribe se realizó desde México en febrero de 1989. Seis años después, 15 países de la región ya tenían acceso a lo que hoy se conoce como Internet[2].

La primera conexión en Bolivia se realizó en 1989, mediante el proyecto "Red Boliviana de Comunicación de

1. CASTELLS, M. (2001). Internet y la sociedad red. La factoría, 14, 15.
2. GÓMEZ, N. (2017) Historia Digital en Bolivia. La Paz Bolivia: Centro de Investigaciones Sociales (CIS).

datos Bolnet", implementado a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que convocó a la carrera de Ingeniería Electrónica de la UMSA para que el proceso fuera conducido desde la institución académica con sede en la ciudad de La Paz (NNUU). En este periodo se crearon los primeros correos electrónicos en Bolivia, aunque al principio fueron utilizados principalmente por organizaciones internacionales que trabajaban en Bolivia, el uso también se fue implementando entre estudiantes universitarios como herramienta de comunicación y de información[3].

De acuerdo con Gómez (2017), en 1995 se instalaron los nodos de Bolnet en la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) de Santa Cruz y en la Universidad Mayor de San Simón en Cochabamba (UMSS). Según lo estipulado en la ley de comunicaciones, Entel sería la única proveedora del servicio de Internet hasta el año 2001, momento en el cual se abriría el mercado de telecomunicaciones a la competencia del mercado. Posterior a ello, Entel comenzó a alquilar las redes que tenía instaladas en las tres ciudades a empresas pequeñas que se encargaban de vender el servicio utilizando las líneas telefónicas de Cotel (La Paz), Cotas (Santa Cruz) y Comteco (Cochabamba). Entonces se abrieron los primeros cafés internet y el servicio comenzó a expandirse a la sociedad.

En 2002 Bolivia participa en la Cumbre Mundial de Sociedad de la Información con el objetivo de impulsar la incorporación del paradigma de la sociedad de la información en las agendas de desarrollo de los países, lo que sirvió para dar la creación de la Agencia para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en Bolivia (ADSIB, 2003). Posterior a ello, se dio el impulso para desarrollar la Estrategia Boliviana de Tecnologías de Información y Comunicación para el Desarrollo (ETIC), con el objetivo de planear y ejecutar políticas, programas, iniciativas y propuestas para el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).

En 2008 se nacionalizó Entel mediante DS Nro. 29544, de esa forma el estado se constituyó como el principal actor en el sector de las telecomunicaciones en el país. Un año después se aprobó la actual Constitución Política del Estado que por primera vez reconoce como un derecho de los bolivianos el acceso a las telecomunicaciones; además a partir de este periodo, el gobierno impulso diversos proyectos y estrategias para la consecución de este objetivo.

3.2. Acciones de Bolivia para integrarse a la sociedad de la información

A partir de la concepción del internet como un servicio básico el Estado ha desarrollado acciones para incluirse en la sociedad de información.

3.2.1. Plan de Desarrollo Económico y Social 2016 – 2020:

En base a la Agenda Patriótica 2025 que el Estado Plurinacional de Bolivia, durante el gobierno de Evo Morales, se plasma el Plan de Desarrollo Económico y Social en el marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien 2016 - 2020 (PDES). El PDES está construido metodológicamente por Metas correspondientes a cada Pilar de la Agenda Patriótica. En total, el PDES plantea 68 Metas y 340 Resultados, dentro de las cuales se encuentra el tema de las Telecomunicaciones, con el principal problema de la brecha digital; muchas personas todavía no tienen un acceso efectivo a los beneficios que ofrecen las telecomunicaciones en el país, quedando rezagadas en oportunidades con relación a las personas que sí tienen pleno acceso a sus beneficios (PDES, 2016).

Los resultados esperados al 2020 se enfocan en la meta 2 de telefonía del PDES que indica que: "el 100% de las y los bolivianos cuentan con servicios de comunicación, telefónica e internet". Bajo esa premisa se esperan los siguientes resultados:

1. Se ha ampliado el servicio de telefonía móvil en localidades con población mayor a 50 habitantes.
2. Se ha ampliado el servicio de telefonía e internet en localidades con población mayor a 50 habitantes.

Sin embargo, de acuerdo con el "Estado de situación del Internet en Bolivia", presentado por la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes **ATT**[4], al primer semestre del 2020 el 91.99% del total de conexiones a Internet son establecidas a través de las tecnologías de acceso móvil 2.5G, 3G y 4G; solo

3. TORO, S. (2017) La revolución tecnológica de Internet y la necesidad de generar derecho. La Paz Bolivia: Centro de Investigaciones Sociales (CIS).
4. Ver más https://www.att.gob.bo/content/situaci%C3%B3n-del-internet-en-bolivia

el 7,90% incrementó una conexión fija y el 0,11% cuenta con conexión inalámbrica fija. Lo que confirmaría que se consolidó el primer resultado del PDES de manera satisfactoria, pero el segundo queda por muy debajo.

3.1.2. Satélite Túpac Katari y su efecto en las áreas rurales de Bolivia:

El 20 de diciembre de 2013 el satélite fue lanzado en órbita desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Xichang en China. Es el primer satélite artificial de telecomunicaciones en propiedad del Estado Plurinacional de Bolivia. De acuerdo con la ABE[5], hasta el 2017 se usó el 70% de la capacidad del satélite, aunque se esperaba utilizar su capacidad completa, lo que se piensa que se cumplirá en 2025. No obstante, gracias al satélite se logró dar cobertura en área rural de Bolivia, especialmente de telefonía celular e internet (a través de telefonía). Sin embargo, la cobertura no es mayor debido a que los precios ofertados por el servicio no son competitivos en algunos casos (Periódico Página Siete, 2020).

Por otro lado, la ABE[6] oferta un servicio de Internet rural por medio del satélite que consiste en la conexión a internet mediante antenas satelitales medianas y equipos asociados (Kit Vsat = antena, lnb, buc y módem). El servicio también puede usarse para acceder a la red desde computadores o para establecer zonas wifi. Para su instalación, la antena de 1,2 m de diámetro se fija sólidamente en un tubo empotrado en el piso o en el techo y se apunta al satélite Túpac Katari, se hacen las conexiones, se programa el módem y se da de alta el servicio. Las ventajas que provee este servicio son:

- Cobertura total en Bolivia y en varios países de la región.
- Variedad de planes de velocidades y precios.
- Independiente de la congestión de las redes móviles.
- Sin límite de volumen de datos.
- Acceso compartido en relación 10 a 1para ofrecer menores costos.
- Precios más bajos a los de operadores satelitales que sirven el mercado corporativo.
- Servicio completamente legal, con factura.

El costo para acceder a este servicio depende de la velocidad que se requiera (ver anexo 1).

De acuerdo con Iván Zambrana, director general de la ABE, la institución implementará un nuevo servicio de internet de banda ancha en zonas particularmente rurales. La nueva prestación será a través del satélite Tupac Katari (TKSAT-1), y estaba prevista para marzo de 2019, el costo sería menor a Bs 300[7]. Sin embargo, hasta la redacción de este artículo, el proyecto no ha sido implementado y no se cuenta con algún registro de comunidades que precisen del servicio.

3.2. Acceso y uso de Internet en Bolivia

El acceso a banda ancha en Bolivia es muy limitado. Dentro de América Latina y el Caribe es el país donde el precio por el acceso a Internet es el más alto. En el marco de las políticas y regulaciones existentes en el sector de las telecomunicaciones, se estableció que en Bolivia la banda ancha es el acceso a Internet con una velocidad mayor a 256 Kbps. En 2012, Bolivia mantuvo un incipiente crecimiento en el sector de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información y comunicación (TIC) (Marín, Barragan y Zeballos, 2014).

De acuerdo con los autores, los datos más relevantes de este período incluyen la baja penetración del uso y acceso a Internet, así como el bajo aporte de la banda ancha al PIB, entre otros. Los principales datos en este período son:

- A diciembre de 2018 existen en Bolivia 136.439 conexiones cableadas a Internet, lo que indica que el 4,85% de las 2.812.715 viviendas cuenta con un acceso de ese tipo, aunque no todas corresponden a tecnologías de banda ancha.
- La mayoría de las conexiones a Internet corresponden a tecnologías móviles, con GPRS/EDGE a la cabeza con 1.122.912 accesos, módem 3G o superior 232.018 y celulares 3G 458.691.
- Los datos oficiales de la ATT dan cuenta que en Bolivia el 67,24% de las viviendas habitadas poseen televisor, mientras que el 74,73% tiene un aparato de radio.
- El Internet es el indicador más bajo: apenas el 9,45% tiene un router de conexión doméstica, es decir que un 90,55% aún no accede desde su vivienda a la red mundial.

5. Ver más: https://www.abe.bo/nosotros/historia/
6. Para más información visitar la página www.abe.go.bo
7. Ver más: https://www.eldeber.com.bo/economia/ABE-implementara-internet-de-banda-ancha-en-zonas-rurales-20190102-9360.html

- En el país un 71,59% tiene acceso a la telefonía móvil o celular, lo que significa que un 28,41% aún no puede gozar de la comunicación telefónica propia.
- Los departamentos de Santa Cruz, Tarija, La Paz y Cochabamba presentan los mayores niveles de acceso de TIC en las viviendas particulares, tomando en cuenta los cinco indicadores (televisión, radio, computadora, telefonía e Internet).
- Santa Cruz es el líder en telecomunicaciones en el país: el 78,19% de las viviendas tiene televisión, el 66,49% radio, el 28,10% computadora, el 77,11% servicio de telefonía y el 15,79% servicio de Internet.
- Potosí es el departamento con menor acceso a las tecnologías de la información (a excepción de la radio, ya que un 73.23% tiene un audio receptor en su vivienda), con sólo un 50,35% de televisión, un 14,37% de computadora, un 52,86% telefonía y apenas un 3,12% con acceso a Internet.

Sin embargo, las empresas y cooperativas que ofertan servicios ADSL no han ampliado su área de cobertura de los servicios que dicen ofrecer, siendo la respuesta común cuando un interesado particular busca este tipo de conexión domiciliaria: "Aún no tenemos puntos de conexión ADSL en su zona" (Choque, 2016). Esta situación es común en todas las ciudades principales de Bolivia.

De acuerdo con el colectivo "Más y mejor internet en Bolivia"[8], en cuestión de precios, las ciudades periféricas ajenas al eje central llegan a pagar precios mayores por conexiones a internet. En Sucre, 1 mbps cuesta 5 veces el valor que se cobra en La Paz; en Trinidad, el valor de 1 mbps es 7 veces mayor que el que se cobra en Santa Cruz. Esta situación (para las ciudades de la periferia) no ha cambiado desde el 2012, con excepción de Potosí, donde COTAP oferta 0,7 mbps a 229 bs (2) gracias a un acuerdo con ENTEL.

El mismo colectivo menciona que los planes de telefonía móvil no han variado respecto del 2012, el costo del paquete de datos de 1.1GB de datos tiene un promedio de 190 Bs y esto precio no ha variado durante el 2013 para las empresas VIVA y TIGO; ENTEL ha cambiado su oferta de internet móvil ofreciendo planes de 1 GB a 100 Bs, aunque algunas empresas realizan promociones esporádicas, duplicando o triplicando el volumen de datos adquiridos. Eso sí, de manera simbólica, el costo de 1 Mb de información ha rebajado de precio entre 0,20 bs ofertado por ENTEL y 0,50 bs por parte de Tigo y Viva.

Por otro lado, según la página We Are Social, en un estudio realizado en 2020, Bolivia cuenta con 11,59 millones de habitantes, de los cuales un 69% reside en zonas urbanizadas frente a un 31% en el área rural, de ese 69% los que tienen acceso a internet son 7,5 millones, representando un 65% de la población, con acceso a internet fija o inalámbrica frente a una realidad del 7% en el área rural[9].

3.3. Políticas públicas al respecto

En Bolivia existen muchas entidades (gubernamentales y no gubernamentales) dedicadas al tema de la conectividad a *Internet*, y que tienen presente la importancia de este instrumento para el desarrollo, tanto a nivel privado como público. Sin embargo, sus esfuerzos aislados no tienen resultados contundentes debido a la ausencia de una estrategia pública. Como causa y efecto de esta situación, existe un conocimiento parcial e insuficiente sobre el uso de las TIC en el Estado Plurinacional de Bolivia, lo que a su vez afecta los procesos de formulación de políticas públicas en esta materia (Espinoza, 2013).

A continuación, se presenta un panorama de 1990 al 2014, en base a información de la CEPAL[10]:

1990: BolNet registra el dominio ".bo" ante el ICANN (*Internet* Corporation for Assigned Names and Numbers) para la administración de los nombres de dominio en el país.

1993: El Nodo BolNet ofrecía el servicio de comunicación de datos con el fin de facilitar el intercambio de información científica, tecnológica, académica y en áreas específicas de desarrollo en los sectores de salud, economía, ecología, desarrollo rural y derechos humanos, entre otros.

1996: Mediante el Decreto Supremo N° 24385, se incorpora la red BolNet a la estructura del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, presidida por el vicepresidente de la República) como un proyecto especial, con autonomía técnica, administrativa y financiera.

8. Mayor información: https://somossur.net/index.php/socio-cultural/el-poder-detras-de-los-medios/1123-realidad-del-internet-en-bolivia
9. Ver más: https://www.lostiempos.com/actualidad/economia/20200823/solo-6-del-area-rural-tiene-conexion-internet-domiciliario#:~:text=Un%20estudio%20de%20la%20p%C3%A1gina,ciento%20en%20el%20%C3%A1rea%20rural.
10. Más información: https://repositorio.cepal.org/handle/11362/37255

2000: Se crea la Unidad de Fortalecimiento Informático del Poder Ejecutivo (UFI) con la finalidad de proponer una adecuada y racional aplicación, difusión e implementación de tecnología de información y comunicación en las administraciones nacionales y departamentales del Poder Ejecutivo, con el fin de mejorar los niveles de eficiencia y eficacia en la gestión pública. Entre sus principales atribuciones estaban: **i.** Proponer políticas para el desarrollo de las TIC en el Poder Ejecutivo. **ii.** Proponer normas e iniciativas destinadas al desarrollo y difusión de las TIC. **iii.** Coordinar con las entidades del Poder Ejecutivo la implementación de sistemas informáticos compatibles y homogéneos entre las entidades que lo conforman. **iv.** Impulsar proyectos estratégicos en el área de las TIC. **v.** Prestar asesoría y asistencia técnica en todo lo relativo a las TIC a las instituciones del Poder Ejecutivo y a todas aquellas que así lo requieran.

2002: Mediante el Decreto Supremo N° 26553 se crea la Agencia para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en el Estado Plurinacional de Bolivia- ADSIB, entidad encargada de proponer políticas, implementar estrategias y coordinar acciones orientadas a reducir la brecha digital en el país, a través del impulso de las TIC en todos sus ámbitos, teniendo como principal misión favorecer relaciones del gobierno con la sociedad mediante el uso de tecnologías adecuadas[11].

2004: La Vicepresidencia de Bolivia, a través de la ADSIB, deciden coordinar y elaborar la Estrategia Boliviana de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Desarrollo (ETIC). El objetivo principal de la ETIC era "desarrollar y ejecutar políticas, programas, iniciativas y propuestas de uso de las TIC, así como el desarrollo de capacidades humanas en un proceso participativo e incluyente con énfasis en grupos humanos con bajos ingresos de las zonas periurbanas y rurales" (Vicepresidencia de Bolivia – ADSIB – VMTEL – SITTEL – PNUD, 2005). Entre los sectores a ser atendidos y sus objetivos se encontraban: educación, desarrollo rural, gobierno, empresarial y salud.

La elaboración de la ETIC concluyó en el año 2005, sin embargo, no hubo avances en la implementación de la estrategia.

2007-2010: Se desarrolla el Plan Nacional de Inclusión Digital, estrategia gubernamental que proyecta su visión a un mediano plazo y busca la universalización del uso y aplicación de las TIC, para lograr así una sociedad más inclusiva mediante la reducción de la marginación y de la exclusión social, utilizando efectiva y eficientemente la información en los procesos de desarrollo. Dicho plan determina ocho instrumentos para alcanzar su visión (ver anexo 2).

El PNID buscó la participación de todas las instituciones, organizaciones y empresas del sector público y privado con capacidad técnico-operativa destinada a fomentar al desarrollo de las tareas identificadas en cada uno de los componentes. Sin embargo, llegó a concretarse de manera parcial, pues solamente se realizaron dos reuniones interinstitucionales y algunos de sus componentes fueron desarrollados de manera aislada. Tampoco se llegó a concretar de manera formal el equipo líder (ADSIB, Ministerio de Planificación del Desarrollo y el Viceministerio de Ciencia y Tecnología), como tampoco se creó el fondo de recursos financieros.

2012 – 2014: En vista de la necesidad de contar con una Agenda Digital Boliviana (ADB) que se convirtiera en la estrategia de desarrollo de las TIC en el país, la ADSIB ha iniciado el proceso de articulación de dicha agenda con la participación de 13 entidades involucradas en la temática digital[12], mismos que propusieron siete fases (ver anexo 3).

De acuerdo con Edson Espinoza (2015), experiencias anteriores en el desarrollo de una agenda digital muestran que, en general, no existe una idea clara y unificada de las necesidades, los objetivos o de la situación actual. No obstante, existe la predisposición de las diferentes instituciones de trabajar de manera conjunta y organizada en el proyecto de ADB.

A la fecha, para poder continuar el proceso y establecer claramente la agenda digital del país, es necesario

11. La Ley N° 164 (Nueva Ley de Telecomunicaciones) otorga a la ADSIB la administración del dominio '.bo', incluyendo su planificación, provisión, mantenimiento y desarrollo, establece que formará parte del Comité Plurinacional de Tecnologías de Información y Comunicación (COPLUTIC), y determina que será la encargada de prestar el servicio de certificación para el sector público y la población en general a nivel nacional. En este marco, actualmente la ADSIB está trabajando en establecer la Agenda Digital de Bolivia, la firma digital y los manuales de estandarización de imagen y desarrollo de las páginas web del gobierno central del Estado Plurinacional de Bolivia.

12. Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, Ministerio de la Presidencia, ATT, Ministerio de Educación, Ministerio de Salud, Ministerio de Defensa, Ministerio de Planificación, Agencia Boliviana Espacial, Ministerio de Transparencia (Viceministerio de Prevención, Promoción de Ética y Transparencia, Ministerio de Comunicación, Banco Central de Bolivia, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas y ENTEL.

contar primero con la política de desarrollo de las TIC que debe ser propuesta por el COPLUTIC, misma que ya cuenta con su reglamento interno y su primera política a ejecutar es el "Plan de Gobierno electrónico[13]". De la misma forma, actualmente existen instancias gubernamentales que trabajan en ampliar los horizontes de las TIC y generar tecnologías inclusivas entre lo urbano y rural:

- **Viceministerio de Ciencia y Tecnología:** De acuerdo con su misión, el Viceministerio de Ciencia y Tecnología es la entidad del sector educativo responsable de formular, implementar y difundir políticas, planes y programas de Ciencia, Tecnología e Innovación y Revalorización de Saberes Locales y Conocimientos Ancestrales, orientados a la consolidación del Sistema Estatal de Ciencia y Tecnología, para contribuir al desarrollo económico, social y cultural del Estado Plurinacional de Bolivia.
- **Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes (ATT):** La misión de la ATT es promover el derecho al acceso equitativo, universal y con calidad a las Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Comunicación, Transportes y Servicio Postal para las y los bolivianos.
- **Agencia de Gobierno Electrónico y Tecnologías de Información (AGETIC):** La AGETIC prioriza el impulso de tecnología, que permita modernizar el Estado, transformar la gestión pública y reducir la burocracia.
- **Red TIC Bolivia:** Es una asociación multisectorial sin fines de lucro conformada por 25 organizaciones afiliadas a nivel nacional, entre asociaciones de base, entidades no gubernamentales, empresas privadas, universidades y entidades gubernamentales, que aplican las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en favor del desarrollo humano sostenible, principalmente en las áreas de Educación, Gobernabilidad y Género y Agricultura.

4. RESULTADOS

Con base en todo lo mencionado, para este estudio se realizaron estudios de caso en dos comunidades del altiplano boliviano: Huancapampa (La Paz) y Yura (Potosí), con la finalidad de conocer el alcance de internet en los municipios y en base a ello identificar y analizar los niveles de aprovechamiento y apropiación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) de sus residentes, todo esto enmarcado en "las políticas públicas", un poco desorganizadas que existen en el país.

Se consideró pertinente estudiar ambas comunidades para reflejar las igualdades y diferencias entre una que está más cerca de la ciudad que otra que está más lejos. A su vez, los contrastes entre departamentos. Por otro lado, el estudio abarcó tres ejes:

- Infraestructura tecnológica (aparatos, servicios y redes).
- Acceso y uso del internet por parte de la población (mujeres y varones de diferentes grupos etarios).
- Usos concebidos y apropiación del internet desde la necesidad de los propios comunarios/as para la gestión y desarrollo económico, social, cultural, organizativo del territorio.

Para conocer mejor el objeto de estudio, se mencionan breves referencias de ambas comunidades:

Sub Central Agraria Originaria Huancapampa "Túpac Katari" y "Bartolina Sisa": Se encuentra ubicada en las faldas del cerro Mururata en la jurisdicción del Municipio de Palca, sector Illimani de la Provincia Murillo del Departamento de La Paz. Huancapampa se encuentra a 1 h y 10 min de la ciudad de La Paz. Usualmente salen minibuses directos de la zona San Pedro; también se puede acceder al servicio público tomando el Puma Katari (bus municipal) con dirección a Chasquipampa y desde la última parada tomar otro colectivo y/o taxi con dirección a Ventilla y/o Palca. En cuanto a telecomunicaciones, sólo el 0,36% de los habitantes del municipio de Palca cuenta con servicio telefónico, fijo o celular (INE, 2012).

Pueblo indígena del Jatun Ayllu Yura: Se encuentra asentado en un territorio ancestral constituido por cuatro ayllus que, a su vez, aglutinan 43 comunidades originarias, geográficamente ubicadas en el municipio de Tomave, provincia Antonio Quijarro del departamento de Potosí. El ingreso a Yura se lo hace por la carretera a Uyuni, se encuentra a 4 horas de la ciudad de Potosí. Desde la capital existen dos formas para llegar al lugar; la

13. Este plan contempla tres aspectos fundamentales: i) actualización del país en cuanto a TIC en comparación a países de la región y el mundo; ii) generar procesos innovadores para prever las condiciones necesarias de uso y adaptación a TIC que permitan afrontar el horizonte de la Constitución Política del Estado y la Agenda Patriótica 2025 y iii) plantear un cambio de paradigma en la relación entre el Estado, la ciudadanía y las TIC, colocando a éste como un actor fundamental en la concepción, desarrollo y operación de dichas tecnologías, en tanto motor de diversos procesos sociales y económicos (COPLUTIC, 2015).

primera tomando la flota interprovincial que sale a la 1 pm y llega a las 6 pm; la segunda es tomando una flota hacia Uyuni y realizar una parada en la comunidad de Pelca, desde allí se puede ingresar en moto, taxi o algún bus que ronde el lugar. En cuanto a telecomunicaciones, el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2012 (CNPV 2012), reportó que en el municipio de Tomave solo el 0,16 % de la población contaba con servicio telefónico, fijo o celular.

A la fecha de redacción de este trabajo, no se cuentan con datos específicos sobre porentajes de conectividad a internet y redes en municipios de Bolivia.

4.1. Entrando en materia con el altiplano boliviano

Mediante una prueba no probabilística a un grupo etario de 20 personas en cada comunidad (desde los 16 a los 40 o más años) se da evidencia que, si bien cuentan con acceso a Internet básico por telefonía móvil, aún se presentan limitaciones técnicas. Sin embargo, ambas comunidades han recibido capacitación sobre el uso de tecnología digital y cuentan con una página web gracias al apoyo del Instituto para el Desarrollo Rural de Sudamérica (IPDRS), bajo la premisa que las comunidades no solamente sean receptoras de contenido, sino también productoras de sentido. Empero, este campo aún es desconocido por los residentes, considerando que son ellos quienes tienen que apropiarse del uso del internet y/o tecnología digital.

Para comprender un poco más a las comunidades, en Huancapampa el 100% de los encuestados sabían leer y escribir, a diferencia de Yura dónde sólo el 90% sabía. En ambas comunidades primaba la agricultura cómo actividad principal de trabajo, seguida por la albañilería, comercio o transporte.

Debido a la geografía de ambas comunidades, el uso de telefonía celular llega a ser una necesidad. Por ejemplo, en Huancapampa, necesitan estar informados sobre los aconteceres de la ciudad, que por la cotidianidad está llena de conflictos sociales y el transporte se corta de manera inoportuna (algunos habitantes viajan a la ciudad por estudio o trabajo). En Yura la situación es mayor, al estar tan alejados de lo urbano, la telefonía y el internet serían el elemento primordial para cortar esa barrera de campo/ciudad.

Sin embargo, en cuanto a tecnología, en ambas comunidades se apreció el uso de radio y televisor. En cuanto a la televisión, en Huancapampa sus habitantes llegan a tener señal de tv cable mediante la instalación de televisión digital, contrario a Yura dónde solo tienen la señal normal y el canal mayor sintonizado es Bolivia Tv. Sin embargo, el uso de radio es el más común, especialmente en Yura donde la comunidad tiene su propia frecuencia (47.1) "Radio Yura "La voz de los Ayllus".

Sobre el uso de celulares, dada la demanda y bajos precios de celulares inteligentes en ambas comunidades se hacen presentes. En Yura, 17 encuestados de 20 tienen uno y en Huancapampa 16 personas de 20 poseen uno. Empero, los celulares análogos aún son utilizados, en Yura por 6 personas y en Huancapampa por 4 de los dado que: *"Tienen más señal y la batería les dura más",* de acuerdo con Nemecio Cabrera, de 52 años, residente de Yura.

Con base en la encuesta, en Huancapampa solamente 17 personas utilizan internet y 3 no. En Yura, 18 personas hacen uso de este y dos no. Sin embargo, en la comunidad de Yura se presentó un caso particular de una persona que no sabían leer ni escribir, pero sí sabía utilizar internet[14]. En ambas comunidades se presentó que solo los más jóvenes se desenvolvían mejor con el uso de tecnologías e internet y eran los encargados de enseñar a los mayores sobre estos, pero finalmente el uso se simplificaba a utilizar internet para redes sociales como Facebook y YouTube.

Las unidades educativas de ambas comunidades sí cuentan con computadoras y clases de computación; sin embargo, en Huancapampa el profesor de esa materia asiste dos veces al mes y enseña a un curso de 40 estudiantes (jóvenes de comunidades cercanas que asisten al mismo colegio). En Yura, solamente cuentan con 3 computadoras para un plantel de más de 50 estudiantes.

Con respecto a las telefónicas proveedores del servicio telefónico e internet, ENTEL es el operador que tiene radio de conexión en todos los municipios de Bolivia, por tanto, en Yura es el único operador que se puede utilizar. A diferencia de Huancapampa dónde también TIGO tiene cobertura. Sin embargo, en Yura algunos encuestados afirmaron tener dos chips (entel y tigo), uno lo usan

14. Ver anexo 5

dentro de la comunidad y otro cuando salen en dirección hacia otras, por las diferentes ofertas de precios y beneficios que tienen, también mencionaron que es usual por parte de los comunarios hacer eso en caso de viajes.

En cuanto al gasto que realizan los habitantes en Huancapampa, los encuestados afirmaron gastar entre Bs 30 a 50 mensual en recargas al móvil. Contrariamente con Yura que gastan entre Bs 50 y 100 al mes y en ambos casos desconocen el servicio post-pago que ofertan las telefónicas.

El anexo 4 presenta la distribución del gasto en recargas[15]. Contrastando con la información que brinda la ABE[16], si se llegara a implementar el servicio de Internet Rural, mensualmente la conexión a internet por medio de satélites tendría un costo de Bs 550, con velocidad de 32 Kbps. Considerando las tarifas de paquetes de internet que permiten llamadas, utilizar WhatsApp y navegar en Facebook por Bs 2 al día, con una velocidad mayor a la ofertada por la ABE, a menos que el servicio de Internet Rural ofrezca una mayor velocidad, su competencia mayor serán los paquetes que ofrecen las telefónicas; además de considerar que en las áreas rurales la conexión a internet es solamente por unas cuantas horas al día.

Por otro lado, en cuanto al tema normativo, de acuerdo con el Plan Operativo Anual (POA) de Palca [17] y Tomave[18] (provincias a las que pertenecen de Huancapampa y Yura), no se tiene registro sobre la implementación de programas o asistencia técnica con relación a TIC.

5. DISCUSIÓN

La estrategia de estudiar dos comunidades del altiplano, una cerca de la ciudad de la Paz (Huancapampa) y otra lejos de la ciudad de Potosí (Yura), demuestra que no es cuestión de distancia tan solo, si no de establecer una agenda de trabajo que, de luz a políticas públicas urgentes en el tema, y que sean aplicadas de forma invasiva en las comunidades.

El uso del celular inteligente es evidente en ambas comunidades. Aún esas personas que afirmaron no usar internet tienen uno (si no los utilizan ellos los utiliza algún familiar). En ambas comunidades existe conexión en la unidad educativa y es utilizado paulatinamente por los estudiantes, a pesar de que esta sea limitante y carente de cobertura; en el caso particular de Yura, la alcaldía cuenta con dos módems de internet.

Con todo lo mencionado en los resultados, queda evidente que abrir el espectro de la educación virtual para beneficio de las comunidades queda ciertamente alejada de lo que ocurre en las ciudades. Con materiales y profesores restringidos, el uso de computadores se limita al uso por parte del plantel docente y no necesariamente para navegar y aprovechar el Internet. En ambas comunidades, el grupo de estudiantes encuestados, manifestaron que sólo utilizan el Internet para revisar información de ocio. En Yura, por ejemplo, los estudiantes desconocían de páginas educativas y en Huancapampa sólo utilizaban Wikipedia, cómo fuente primaria de información y consulta escolar.

Por otro lado, desde el 2011, el gobierno boliviano ha estado implementando mayores radios de cobertura de internet gracias al Satélite Túpak Katari. Es en ese marco en que la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL), ha implementado un servicio de telecentros en muchas de las comunidades de Bolivia, tal es el caso de Yura, dónde existe un Telecentro que provee el servicio de Internet. Más, sin embargo, en temporadas de viento la conexión es deplorable. A su vez, el servicio aún no llega a Huancapampa, y más al contrario, las personas utilizan el internet del colegio Pedro Domingo Murillo de Palca.

Si bien en Bolivia se ha estado trabajando por proveer mayor conectividad entre comunidades, aún falta un camino largo por recorrer. Como lo afirmaron Marín, Barragan y Zeballos en 2014, la mayoría de las conexiones a internet en Bolivia corresponde a tecnologías móviles. Prueba de ello son las comunidades estudiadas: ambas cuentan con conexión a internet solamente por medio de un teléfono inteligente, las escuelas de ambas comunidades tienen conexión a internet limitado o no tienen conexión a internet y los funcionarios públicos se conectan de vez en cuando (en el caso de Yura). Además, la conexión es limitada, especialmente en Yura, dónde sólo una empresa telefónica brinda el servicio: Entel. En el caso de Huancapampa, prefieren tener dos o tres líneas diferentes por la velocidad del internet que pueden obtener al salir de su comunidad.

15. Considerando una recarga de Bs 50 en Yura y Bs 30 en Huancapampa
16. Ver anexo 4
17. POA de Palca disponible en: http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/municipiopoa.php?mn=56
18. POA de Tomave disponible en: http://201.222.81.2/AnalisisNormativo/normasPDF/8317.pdf

Al depender de una tecnología móvil para así pertenecer a la sociedad de la información, surgen otros elementos que forman parte del diario vivir de los comunarios de ambas comunidades estudiadas: no basta con tener servicios básicos, es necesario tener un teléfono inteligente. Por otro lado, si bien se cuentan con planes y estrategias para poder brindar antenas que permitan una mejor conexión a internet por parte del gobierno, la información es poco socializada; de hecho, en las comunidades estudiadas nadie tiene información al respecto y al conversar sobre precios mencionan que son muy altos (considerando que pueden tener conexión a internet con Bs 30 al mes y pagar Bs 550 es demasiado). En general, el alcance de internet en ambas comunidades, si bien sí se cuenta, es bastante restringida, poco socializada y no está prevista en planes municipales para un futuro desarrollo y conocimiento de otras TIC.

Al reducir el uso de las TIC a redes sociales (y poco usual a descargas de información por parte de los estudiantes), la comprensión de TIC por parte de los estudiados es netamente comunicacional. Con un mayor alcance del internet y aprovechamiento de este, en ambas comunidades se podrían utilizar herramientas que ayuden al desarrollo agropecuario, financiero, social e incluso cultural.

Al respecto, en el país existe la Ley N° 164 General de telecomunicaciones, tecnologías de la información y comunicación, que tiene por objeto "establecer el régimen general de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación, del servicio postal y el sistema de regulación, en procura del vivir bien garantizando el derecho humano individual y colectivo a la comunicación, con respeto a la pluralidad económica, social, jurídica, política y cultural de la totalidad de las bolivianas y los bolivianos, las naciones y pueblos indígena originario campesinos, y las comunidades interculturales y afrobolivianas del Estado Plurinacional de Bolivia, con el objetivo principal asegurar el ejercicio del derecho al acceso universal y equitativo a los servicios de telecomunicaciones, tecnologías de información y comunicación, así como del servicio postal; promoviendo el uso de las tecnologías de información y comunicación para mejorar las condiciones de vida de las bolivianas y bolivianos.

Sin embargo, hasta el 2019, ambas comunidades no cuentan con algún ítem específico en su Plan Operativo Anual (POA) que especifique inversión a una mejor conexión de internet u otros proyectos tecnológicos. Si bien es responsabilidad de cada municipio establecer agendas de trabajo que visibilicen sus necesidades en sus Planes de Desarrollo Municipal (PDM), también es responsabilidad del gobierno promover el uso de las tecnologías de información y comunicación para mejorar las condiciones de vida de las bolivianas y bolivianos, tal como lo menciona la Ley General de Telecomunicaciones. Mientras se siga entendiendo, al menos en las comunidades, que el internet es una distracción y no un servicio básico, el país se encuentra en retroceso en cuanto a la "ruta tecnológica".

Ahora, por otro lado, las intenciones normativas en cuanto a TIC por parte del Estado boliviano se remontan a 1994; sin embargo, a pesar de ello, solamente se concretan instancias gubernamentales que trabajen en pro y desarrollo de las TIC en Bolivia (tal el caso de la COPLUTIC, anteriormente y de la AGETIC en estos tiempos). Actualmente, si bien contamos con una Ley General de Telecomunicaciones no se encuentran acciones tangibles por parte del gobierno que permitan el ingreso de toda Bolivia a las TIC (al menos sus acciones son poco conocidas y difundidas). Por otro lado, estas normativas se limitan a la ampliación de cobertura en un nivel técnico, y no así en un nivel social que den cuenta de la importancia y promuevan la adopción por parte de los comunarios.

Es cierto que el esfuerzo mayor fue poner en órbita el Satélite Túpac Katari, mismo que tiene como misión brindar y ampliar la conectividad, de forma que toda Bolivia esté conectada a una red; empero, disminuir la conexión a un solo servidor (Entel), cohíbe aprovechar las ventajas que otras empresas permiten, en temas de costos, promociones y otros.

6. CONCLUSIONES

El estudio fue desarrollado solamente en dos comunidades, pero finalmente sirven de muestra para dimensionar el problema de fondo: falta de información sobre el uso de las TIC. En ese sentido se llegan a las siguientes conclusiones:

- **La brecha digital es muy amplia y visible en la relación campo/ciudad:** Los esfuerzos gubernamentales no gozan de hechos tangibles, la falta de infraestructura es evidente y lo más importante: se desconoce la importancia del internet y su uso se limita a redes sociales, por tanto ni siquiera existe una concepción total de las TIC.

- **Bolivia no cuenta con una normativa específica con respecto a las TIC:** Considerando que este es el punto central para iniciar con una transformación digital a nivel país, a Bolivia le falta organización y un objetivo claro y consiso, que no sólo abarque mayor cobertura, si no también programas o proyectos específicos que exploten las funcionalidades de las TIC a nivel rural.
- **El problema de conectividad no es solo a nivel técnico:** Hace falta una apropiación social por parte de todos los habitantes de ambas comunidades para entender el propósito y utilidad de las TIC.
- **La educación virtual es una utopía:** Mientras no se cuenten con las herramientas necesarias (sociales y técnicas), más lejos y excluidos estarán los habitantes de ambas comunidades de formar parte de la "sociedad de información".

7. BIBLIOGRAFÍA

AUTORIDAD DE REGULACIÓN Y FISCALIZACIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y TRANSPORTES ATT (2017). *Situación del internet en Bolivia.* https://att.gob.bo/content/situaci%C3%B3n-del-internet-en-bolivia (visitado 15/07/2018).

AUTORIDAD DE REGULACIÓN Y FISCALIZACIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y TRANSPORTES ATT (2020). *Situación del internet en Bolivia.* https://www.att.gob.bo/content/situaci%C3%B3n-del-internet-en-bolivia (visitado 15/09/2020).

AGENCIA BOLIVIANA ESPACIAL (2018). *Agencia Espacial alista nuevo paquete de internet satelital para el área rural.* Disponible en: https://www.abe.bo/agencia-espacial-alista-nuevo-paquete-internet-satelital-area-rural/ (visitado el 12/03/2019).

CASTELLS, M. (2001). Internet y la sociedad red. *La factoría*, *14*, 15.

CEPAL, N. (2016). Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2016.

CHOQUE, M. (2009). *"Brecha digital y juventud en Cochabamba. Desigualdades en el acceso y uso de nuevas tecnologías".* En: Revista Punto Cero segundo semestre (pp. 29-41). Universidad Católica Boliviana.

ESPINOZA, E. (2013) Iniciativas para promover la incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones por parte de las empresas en Bolivia. *Entre mitos y realidades. TIC, políticas públicas y desarrollo productivo en América Latina. Santiago: CEPAL, 2013. LC/L. 3600 p. 89-115.*

GÓMEZ, N. (2017) Bolivia digital 15 miradas acerca de Internet y sociedad en Bolivia. La Paz Bolivia: Centro de Investigaciones Sociales (CIS). *Gobierno electrónico en Bolivia.* 46361-394.

GÓMEZ TELLEZ, (2015) N. Historia de Internet en Bolivia. Disponible en: https://internetbolivia.org/file/2015/05/Historia.Internet.pdf (visitado el 23/06/2019).

Ley N° 164. Ley General de Telecomunicaciones, Bolivia, 8 de agosto de 2011.

Los Tiempos (2020, 29 de agosto) *Solo el 6% del área rural tiene conexión de internet domiciliario* [en línea]. Los Tiempos, sector economía. Recuperado el 20 de septiembre de 2020 https://www.lostiempos.com/actualidad/economia/20200823/solo-6-del-area-rural-tiene-conexion-internet-domiciliario#:~:text=Un%20estudio%20de%20la%20p%C3%A1gina,-ciento%20en%20el%20%C3%A1rea%20rural.

MÁS Y MEJOR INTERNET EN BOLIVIA (2013). *Realidad del Internet en Bolivia.* Disponible en: https://somossur.net/index.php/socio-cultural/el-poder-detras-de-los-medios/1123-realidad-del-internet-en-bolivia

Marín, J., Barragán, X., & Zeballos, G. (2014). Informe sobre la situación de conectividad de Internet y banda ancha en México. *Documento para discusión del BID (Instituciones para el Desarrollo).*

Página Siete (2020, 17 de febrero) *En seis años, el satélite recuperó solo el 25% de su inversión y funciona al 66%* [en línea]. Página Siete, sector economía. Recuperado el 25 de mayo de 2020 https://www.paginasiete.bo/economia/2020/2/16/en-anos-el-satelite-recupero-solo-el-25-de-su-inversion-funciona-al-66-246835.html

PDES. (2015). Plan de Desarrollo Económico y Social 2016 – 2020 en el marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien. Disponible en: http://www.fndr.gob.bo/bundles/fndrdemo/downloads/pdes/pdes2016-2020.pdf

Rojas, E (2012, 17 de mayo). "A 19 años del internet en Bolivia el servicio sigue siendo deficiente". Periódico Opinión, sector editorial. Recuperado el 21 de septiembre de 2020. Disponible en: https://www.opinion.com.bo/articulo/ciencia-tecnolog-iacute/19-anos-internet-bolivia-deficiente-servicio-sigue-siendo-problema/20120517140000416942.amp.html

TORO, S. (2017) La revolución tecnológica de Internet y

la necesidad de generar derecho. La Paz Bolivia: Centro de Investigaciones Sociales (CIS).

ANEXOS

ANEXO 1: *Costos del servicio de Internet rural propuestos por la ABE*

Enlace de subida en kbps	Enlace de bajada en kbps	Tarifa mensual en Bs con IVA
32	128	550
64	256	870
128	512	1.510
256	1024	2.780
512	2048	5.340

FUENTE: *ABE, 2017*

ANEXO 2: *Plan Nacional de Inclusión Digital*

Proceso	Contenido
i. Telecentros comunitarios multi-propósito:	Este componente busca el acceso a las TIC de grupos sociales desatendidos y alejados de los centros de comunicación, de manera que se amplíen sus espacios de participación y de acceso a la información y servicios públicos.
ii. Gobierno electrónico:	Mediante este componente se pretende desarrollar y ofrecer información y servicios públicos, dando al usuario la oportunidad de acceder y participar activamente en los servicios públicos.
iii. Red Académica Nacional:	Mediante la conformación de redes regionales a nivel nacional e internacional se busca promover el intercambio de información para mejorar los niveles de formación y producción académica (científi-co-tecnológica).
iv. Radio TV Congreso:	Este instrumento busca convertirse en el mecanismo de difusión a nivel nacional para informar sobre temas dedicados a la asamblea constituyente, educación, salud, ciencia y tecnología, etc.
v. Incubadoras de empresas de base tecnológica–*software*:	Este componente busca promover la generación de empresas con base tecnológica destinadas a la exportación de *software* y a buscar mercados nacionales e internacionales.
vi. Desarrollo productivo e innovación tecnológica:	Mediante este componente se permitirá el desarrollo y fortalecimiento de las microempresas y pymes y organizaciones económicas campesinas (OECAS)8 bolivianas, a través del uso y aplicación de estímu-los tecnológicos, mediante la aplicación de un modelo de gestión estratégica basado en herramientas de TIC permitiendo mejorar las capacidades empresariales.
vii. Comercio electrónico:	Este componente pretende incorporar a las micro y pequeñas empresas, OECAS, productores, asocia-ciones, empresas, sector público, privado y sociedad civil a la economía digital, impulsando así el desa-rrollo productivo, social y económico del país.
viii. Proyectos y/o programas es-peciales:	Impulsar la promoción y gestión de proyectos y/o programas especiales referidos al ámbito de las TIC mediante la asignación de recursos financieros.

FUENTE: *CEPAL, 2016*

ANEXO 3

Tabla 3: Fases Agenda Digital Boliviana

Fase	Contenido
Fase 1 - Construcción técnica:	Creará el equipo técnico competente y capacitado, el cual concretizará un documento técnico base.
Fase 2 - Construcción de viabilidad político-estatal:	Es la etapa en la que se buscará que las autoridades se apropien de la temática y lideren la ADB.
Fase 3 - Ajuste técnico-institucional:	Alineará y validará los planes y proyectos que formaran parte de la ADB en el entorno político.
Fase 4 - Legitimación:	Esta etapa buscará validar la ADB frente a la sociedad civil y otros actores estatales a través de dis-tintos mecanismos.
Fase 5 - Oficialización	En esta fase se legalizará el documento legitimado, además de difundir y concientizar a la sociedad a través de distintos mecanismos.
Fases 6 y 7 - Operativización y seguimiento:	Se referirán a la implementación de la ADB y su respectivo seguimiento.

FUENTE: *CEPAL, 2016*

ANEXO 4

Base de datos resultados

Escolaridad de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura			
Huancapampa		Yura	
Primaria	6	**Primaria**	3
Secundaria	7	**Secundaria**	8
Técnico	4	**Técnico**	3
Universitario	3	**Universitario**	5
Ninguno	0	**Ninguno**	1

Actividades que realizan las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Huancapampa	Yura
Agricultura	17	16
Pecuaria		10
Transporte	5	3
Comercio	12	3
Albañilería o construcción	7	5
Minería	3	
Trabajo doméstico	3	5
Estudiante	5	5
Funcionario público		2

Equipos tecnológicos que usan las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Huancapampa	Yura
Radio	20	20
Televisor	20	20
Celular analógico	4	6
Celular inteligente	16	17
Laptop	3	4
Lector de DVD	20	20

Uso de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Huancapampa	Yura
Hombres	9	10
Mujeres	8	8
No usan	3	2

Formas de acceso a internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Yura	Huancapampa
Telecentro	13	0
Celular inteligente	20	20
Conexión fija en la unidad educativa	10	10
Conexión fija en el trabajo	2	0

Operador de acceso a internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Yura	Huancapampa
ENTEL	20	14
VIVA	0	0
TIGO	4	6

Distribución de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Yura	Huancapampa
En internet	20	10
En mensajes y llamadas	30	20

Forma en la que aprendió a manejar internet

	Yura	Huancapampa
Hermano/a mayor	7	2
Hijos	5	8
Autodidacta	5	6
Sobrinos	3	4

Frecuencia de uso de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Yura	Huancapampa
Todo el día	2	5
Mañana	6	5
Tarde	5	5
Noche	10	13

Principales redes sociales de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

Huancapampa		Yura	
Facebook	20	**Facebook**	19
Whatsapp	20	**Whatsaap**	20
Youtube	10	**Youtube**	10
Instagram	1	**Correo electrónico**	2

Otras funciones de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura

	Yura	Huancapampa
Google maps	14	10
Play store	16	13
Editor de fotos y video	18	18
Google	9	12

Principales actividades según los usos de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura del grupo etario 16 – 19 años

	Yura	Huancapampa
Educación/formación	5	5
Salud	2	2
Asuntos laborales	4	5
Producción agropecuaria	5	3
Informativo	2	3
Comunicacional	4	3
Recreación	5	5
Promoción cultural	2	1

Principales actividades según los usos de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura del grupo etario 20 – 29 años

	Yura	Huancapampa
Educación/formación	5	5
Salud	3	2
Asuntos laborales	5	5
Producción agropecuaria	5	3
Informativo	3	4
Comunicacional	5	5
Recreación	5	5
Promoción cultural	3	2
Actividades comerciales y bancarias	3	1
Trámites familiares/ personales	5	3

Principales actividades según los usos de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura del grupo etario 30 – 39 años

	Yura	Huancapampa
Educación/formación	3	3
Salud	5	5
Asuntos laborales	2	3
Producción agropecuaria	5	2
Informativo	5	5
Comunicacional	5	5
Recreación	2	3
Promoción cultural	2	2
Actividades comerciales y bancarias	2	0
Trámites familiares/ personales	2	0
Trámites y gestión organizacional	2	1

Principales actividades según los usos de internet de las personas encuestadas en Huancapampa y Yura del grupo etario 40 – o más años

	Yura	Huancapampa
Educación/formación	1	2
Salud	5	5
Producción agropecuaria	2	2
Informativo	5	5
Comunicacional	5	5
Promoción cultural	3	2

Razones por las que las personas encuestadas en Huancapampa y Yura no utilizan internet

	Yura	Huancapampa
No está capacitado para el uso de equipos	2	1
Quita mucho tiempo	0	2

CienciAgro
JOURNAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRARIA
ISSN 2072-1404 (PRINTED) | 2077-317X (ONLINE)

CienciAgro (2018) 8(1): 76-83
Recibido: 15/09/2018
Aceptado: 15/11/2018
Artículo científico original
www.institutoagrario.org

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE NUEVE CULTIVARES DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.) CON TRES TIPOS DE SUSTRATOS, EN FASE VIVERO, CHIJCHIPANI, MUNICIPIO DE CARANAVI-LA PAZ

*Agronomic behavior of nine coffee cultivars (**coffea arabica** L.) with three types of substrates, in nursery phase, Chijchipani, Municipality of Caranavi - La Paz*

Lorenzo Quelali Mamani[1*], William Milán Condori Tarquino[1*]

[1]*Estación Experimental de Sapecho, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés*

[*]*Autor de contacto: lorenzo.quelali@gmail.com, willamct1989@gmail.com*

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con material genético (8 cultivares) de café de la Estación Experimental Sapecho y típica criolla – testigo, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de 9 cultivares de café *(Coffea arábica L.)* con tres tipos de sustratos en fase de vivero, para obtener plantines vigorosos de calidad, que es uno de los principales factores determinantes en el establecimiento exitoso de plantaciones de café. El % de germinación a los 70 días los 8 cultivares registran un promedio de 83% y testigo 45%. Altura a la primera cruz y diámetro del tallo no significativo entre cultivares y sustrato, realizado prueba de Duncan mejor altura de 1,11 cm alcanzo con uso de tierra del monte. La evaluación a la segunda cruz entre cultivares hubo significancia y para diámetro del tallo no significativo, pero cultivar castillo refleja un mejor promedio de 2,71 cm. Altura de plantines a la tercera cruz resulto significativo entre cultivares, diámetro de tallo no significativo; a esta fase variedad castillo registró 5,33 cm. Para variables ancho y largo de hoja entre cultivares, sustratos expresan significancia, mejor comportamiento registro cultivar castillo con 5.50 cm de ancho y largo de hoja, para longitud de raíz tuvo mejor comportamiento el cultivar típica criolla con 18.42 cm. Por el estudio realizado se concluye que los cultivares de café mostraron un comportamiento diferenciado en los tres tipos de sustrato, lográndose mejores resultados bajo el efecto del tipo de sustrato gallinaza, sustrato tierra del monte y cascarilla de achiote respectivamente.

Palabras clave: cultivares de café, comportamiento agronómico, vivero, sustratos.

ABSTRACT

The research work was carried out with genetic material (8) of coffee cultivars of the Experimental Station Sapecho and typical Creole - witness, with the objective of evaluating the agronomic performance of 9 cultivars of coffee *(Coffea arábica L.)* with three types of substrates in nursery phase, for vigorous seedlings of quality, which is one of the main factors in the successful establishment of coffee plantations. The germination % to 70 days 8 cultivars recorded an average of 83% and 45% warning light. Height at the first cross and stem diameter not significant among cultivars and substrate, made Duncan test best height of 1.11 cm reached with use of ground of the forest. The evaluation of the second cross between cultivars there was significance and for stem diameter was not significant, but cultivate castle reflects a better average of 2.71 cm. Height of seedlings to the third cross was significant between cultivars, stalk diameter not significant; at this

stage variety registration 5.33 cm castle. For variables width and length of sheet between cultivars, substrates, express significance, better behavior record cultivate castle with 5.50 cm in width and length of blade, to root length had better behavior the cultivate creole typical with 18.42 cm. By the study concludes that the coffee cultivars showed a differentiated behavior in the three types of substrate, thereby achieving better results under the effect of the type of substrate chicken manure, soil substrate of the ground and husk of achiote respectively.

Keywords: Cultivars of coffee, the agronomic performance, nursery and substratum

1. INTRODUCCION

En Bolivia el cultivo de café es de importancia, con una producción anual de 14.123 ton en mote, que a nivel mundial representa el 0,067 % la región de los Yungas del departamento de La Paz es uno de los sitios más apropiados para la producción de café aportando con el 96,43% del volumen total nacional el sector cafetalero del país genera divisas, por ser uno de los principales rubros de exportación. El 73.5 % de toda la producción es destinada a la exportación y solo el 26.5 % para el consumo interno. "En 2013 se llegó a 70.000 sacos para exportar, en 2014 a 80.000 y en 2015 solo a 45.000 sacos. Realmente, la producción bajó un 60% en La Paz, norte y sur Yungas, esto es algo muy preocupante (Ochoa Panoso, 2017).

En la región de yungas de Departamento de La Paz, generalmente se cultiva café bajo sistema de agricultura tradicional, debido a que por una parte, las condiciones medio ambientales, topográficas y por otra el factor socio cultural, económico y de asistencia técnica, dificultan la aplicación de una tecnología sofisticada como la que se utiliza en los grandes países productores. En las zonas donde el cultivo del café es predominante, el 90% de los productores son netamente campesinos y explotan este cultivo para sostenimiento económico, indica (Barrientos 2011).

Así mismo Maldonado (2018), expresa que en las regiones productoras de café Caranavi y Alto Beni, presentan bajos rendimientos, principalmente a consecuencia del material genético existente, avanzada edad de las plantaciones, pérdida de la fertilidad del suelo y presencia de plagas y enfermedades, la más importante es la roya *(Hemileia vastratix).*

El manejo de los sustratos son la parte más importante y fundamental para la producción, en esta fase de cultivo, esto para la obtención de plantines sanos y vigorosos en la etapa de vivero esto asegura que el café pueda tener formación y desarrollo de una planta sana de buen porte (Meneses, 2012, pág. 15). Una de las etapas más importantes del cultivo del café es la referente a la semilla, el germinador y el almácigo, pues aunque esta fase tiene una duración de ocho meses, es la base del éxito de una inversión a largo plazo: hasta 20 años o un poco más y todo un buen comienzo en el germinador mantendrá al máximo el potencial de crecimiento en las fases siguientes del cultivo, y es la base para el éxito de una inversión a largo plazo (CENICAFE 2013)

Por ello se plantea el objetivo de Evaluar el comportamiento agronómico de nueve cultivares de café (*Coffea arábica* L.) en tres tipos de sustratos, en la fase de vivero.

2. METODOLOGIA

2.1. Localización

El estudio se realizó en la región de Entre Ríos – Chijchipani, dependiente de la Estación Experimental Sapecho de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, durante la gestión 2018. Ubicada a 186 km de la ciudad de La Paz, geográficamente se encuentra en los paralelos 15° 47' 46" de Latitud Sur y 67° 25' 46" de Longitud Oeste y se encuentra en un rango altitudinal de 900 msnm. Corresponde a la primera sección municipal de la provincia Caranavi (municipio de Caranavi), con una precipitación media de 1500 mm y temperatura media de 21°C característica de clima cálido y húmedo.

El universo ha sido representado por 8 cultivares de café (introducido desde el banco de germoplasma de la Estación Experimental Sapecho – EES, ubicado en la provincia Sud Yungas, municipio de Palos Blancos, ubicada a 450 msnm) y 1 testigo (variedad local criolla típica de la comunidad de Entre Ríos - Chijchipani) con 4 repeticiones. Para el análisis estadístico del ensayo, se empleó Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo bi - factorial; donde el Factor A corresponde a los nueve

cultivares de café, y el Factor B corresponde a los diferentes tipos de sustratos.

Los mejores germinaderos se construyen a un metro de altura del suelo, cajones de madera, con fin de asegurar la sanidad de las plántulas y se evita el mal de almácigos *(damping off),* para prevenir los germinaderos de las plántulas, se fumiga con caldo bordelés cada 15 días.

A los 90 días se realizó el repique de plantines a bolsas de plástico (12 x 15 cm), con previa preparación de mezcla los sustratos desinfectados con agua caliente.

TABLA 1: *Factores de estudio de cultivares de café y sustratos*

Factor A: cultivares de café	Factor B: Sustratos
a_1= CEPAC-1 (IPR-98)	b_1 = Testigo tierra del lugar + gallinaza + arena
a_2= Cultivar CEPAC-2 (IPR 59)	b_2 = Tierra del lugar + tierra de monte y + arena
a_3= Cultivar CEPAC 3	b_3 = Tierra del lugar + cascarilla de Achiote + arena
a_4= Cultivar CEPAC 4	
a_5= Testigo	
a_6= Cultivar Catuai Rojo	
a_7= Cultivar Tupi	
a_8= Cultivar Paraíso MG H419-1	
a_9= Cultivar Castillo	

NOTA: *Elaboración propia; a_1,a_9 cultivares de café excepto (a_5= testigo variedad criolla típica), b_1, b_2, b_3 combinación de sustratos.*

La dosificación de los tratamientos de 3 sustratos en estudio, es de fácil acceso para el productor de café por razones de que en la región de Caranavi hay granjas de pollos, como también el área es productora de achiote por el trillado se genera abundante cascarilla descompuesto y la tierra del monte (compost natural); que "tiene componente activo de nutrientes, microorganismos, las materias descompuestas incrementan la retención de la humedad y la capacidad de intercambio catiónico mejorando las propiedades, químicas y biológicas del sustrato" expresan (Parra - Delgado et al 2014)

3. RESULTADOS Y DISCUSION

- **Porcentaje de emergencia a los 70 días.** Los cultivares CEPACs 1, 2, 3 y 4 alcanzaron un promedio de 95% de emergencia, las variedades; catuai rojo, castillo, paraíso y tupi con un promedio de 72% y finalmente (testigo) criolla típica registro 45% de emergencia. "La semilla germina aproximadamente en 2 meses (60 a 80 días), las plántulas germinadas deben permanecer en el germinadero hasta los estados de fosforito y mariposa, si permanecen más tiempo pueden brotar enfermedades" indica (Cuba 2007).
- **Porcentaje de los cotiledones de cultivares a los 91 días.** CEPAS 1,2 y 4 registraron un promedio de 74%, así mismo los cultivares CEPAC 3, catuai rojo, tupi, castillo, paraíso y el testigo (criolla típica) alcanzaron un promedio de 53%.

3.1. Altura de plantines a la primera cruz

El coeficiente de variabilidad de 7,97% lo que indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, por lo tanto los datos obtenidos son confiables.

TABLA 2: *Análisis de varianza altura a la primera cruz*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo.	2,88	26	0,11	1,08	0,3813
A (Cultivares)	0,89	8	0,11 N	1,08	0,3839 N.S.
B (Sustratos)	0,84	2	0,42	4,09	0,0203*
Ml A*B(Cultivar* Sustrato)	1,15	16	0,07	0,71	0,7807 N.S.
Error	8,28	81	0,10		
Total	11,16	107			

FUENTE: *Elaboración propia; (*) = significativo, NS = no significativo, CV = 7,97%.*

Realizado el análisis estadístico para el factor (A) de 9 cultivares de café no lograron alcanzar diferentes alturas a la primera cruz, para factor (B) en los 3 tipos de sustrato fue significativo, por esto deducimos que sustratos influyen en la variación de alturas de forma significativa. Realizado la prueba de Duncan se logró obtener con sustrato de tierra del monte un promedio de altura en plantines de café 1,11 cm con el sustrato de residuos de cascarilla de achiote 1,06 cm como promedio y finalmente con el sustrato de gallinaza se obtuvo un promedio de crecimiento en altura de 0,90 cm. Al respecto "los cultivos requieren una buena provisión de nutrientes disponibles, apropiada capacidad retentiva de agua, buena aireación y una cantidad adecuada de humus indica (Del, Frente, & Cambio, 2013).

3.1.1. Diámetro del tallo

El coeficiente de variación fue de 13.35% valor que muestra la confiabilidad de los datos obtenidos. En el ANVA, se observa que no existieron diferencias significativas en el factor A cultivares, como también el factor B que compone sustratos no mostro una diferencia significativa en la interacción los factores se mostró no significativas.

TABLA 3: *Análisis de varianza diámetro del tallo*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo.	3.05	26	0,12	1,52	0,0799 NS
A (Cultivares)	0.17	8	0,08	1,07	0,3471 NS
B (Sustratos)	1.09	2	0,13	1.74	0,1006 NS
A*B(Cultivar* Sustrato)	1.80	16	0,11	1.46	0,1342 NS
Error	6.24	81	0,08		
Total	9.29	107			

FUENTE: *Elaboracion propia; (**) = altamente significativo, (*) Significativo, NS= No significativo, CV=13,35%.*

3.2. Altura de plantines a la segunda cruz

El coeficiente de variación fue de 10.48% valor que muestra la confiabilidad de los datos obtenidos. Los resultados dados por el análisis de varianza indican que hubo diferencias Significativas en el factor A cultivares, en cuanto a la altura de planta en la Segunda cruz, sin embargo en el factor B que componen los sustrato muestran diferencias no significativas, en la interacción de los factores registra no significativas.

TABLA 4: *Análisis de varianza altura a la segunda cruz*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo.	10,75	26	0,42	0,98	0,4991
A (Cultivares)	7,12	8	0,89	2,12	0,0435 *
B (Sustratos)	0,12	2	0,06	0,15	0,8650 NS
A*B(Cultivar* Sustrato)	3,51	16	0,22	0,52	0,9283 NS
Error	34,06	81	0,42		
Total	44,81	107			

FUENTE: *Elaboración propia, (**) = altamente significativo, (*) significativo, NS = no significativo, CV = 10.48%*

Analizado mediante prueba de Duncan que entre cultivares como describe; castillo refleja un promedio de 2,71 cm seguido de paraíso con un promedio de 2,27 cm y la variedad CEPAC 3 alcanzo 1,75 cm. El primer par de hojas en zonas altas aparecen entre los 35 y 45 días después del repique (Cuba, 2007, pág. 30)

3.2.1. *Diámetro del tallo*

El resultado del coeficiente de variabilidad 12.48% indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, ya que se encuentra dentro de los parámetros permisibles, por lo tanto los datos obtenidos son confiables En el ANVA, se observó que no existieron diferencias significativas entre las variedades del factor A, el factor B que componen los sustrato se mostró una diferencias no significativas, en la inter relación de los factores se mostró no significativas.

TABLA 5: *Análisis de varianza diámetro del tallo*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
A (Cultivares)	0,96	8	0,09	1,53	0,1600 NS
B (Sustratos)	0,14	2	0,07	1.26	0,2896 NS
A*B(Cultivar* Sustrato)	1,41	16	0,09	1.47	0,0965 NS
Error	4,54	81	0,06		
Total	6,77	107			

FUENTE: *Elaboración propia; (**) = altamente significativo, (*) significativo, NS = no significativo y CV=12,48%*

3.3. Altura de plantines a la tercera cruz

TABLA 6: *Cuadro 8. Análisis de varianza altura a la tercera cruz*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo.	30,87	26	1,19	1,29	0,1925
A (Cultivares)	19,29	8	2,41	2,62	0,0132*
B (Sustratos)	3,37	2	1,69	1.83	0,1665NS
A*B(Cultivar* Sustrato)	8,21	16	0,51	0.56	0,9057 NS
Error	74,49	81	0,92		
Total	105,36	107			

FUENTE: *Elaboracion propia (**) = altamente significativo, (*) = significativo, NS = no significativo, CV= 21,84%.*

El coeficiente de variación fue de 21.84% valor que muestra la confiabilidad de los datos obtenidos, realizado análisis estadístico para la variable altura a la tercera cruz, muestra los siguientes resultados: para el factor (A) cultivares el resultado fue significativo, lo que quiere decir que los nueve cultivares de café consiguieron altura diferente; en el factor (B) tipos de sustrato se obtuvo un resultado no significativo, lo que indica que con los tres tipos de sustrato no logró diferentes alturas en la tercera cruz; en la interacción de cultivares y sustratos el resultado fue no significativo, lo que quiere decir que interacción conjunta de ambos factores no permite lograr diferente altura a la Tercera Cruz.

Realizado la prueba de Duncan el cultivar castillo obtuvo una media de 5,33 cm seguido de paraíso con 4,49 cm de promedio, en el último lugar CEPAC 3 con un promedio menor en altura de 3,68 cm frente a otras 8 variedades.

3.4. Diámetro del tallo a la tercera cruz

Teniendo coeficiente de variación fue de 10,25% valor que muestra un grado confiabilidad aceptable de los datos obtenidos, realizado análisis de varianza (ANVA), no existe diferencias significativas en factor (A) cultivares, lo que indica que los cultivares no alcanzaron diferentes en el diámetro en el tallo. El factor (B) que componen sustrato no mostro diferencias significativas lo indica que los sustratos no influyeron en el diámetro del tallo, en la interacción de los factores se mostró no significativas, lo que quiere decir que interacción conjunta de ambos factores no permite lograr diferentes medidas en el diámetro del tallo de los cultivares de café.

TABLA 7: *Análisis de varianza diámetro del tallo*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo.	1,19	26	0,05	0,99	0,4937
A (Cultivares)	0,58	8	0,07	1,55	0,1517 NS
B (Sustratos)	0,03	2	0,01	0,29	0,7504 NS
A*B(Cultivar* Sustrato)	0,59	16	0,04	0,79	0,6907 NS
Error	3,75	81	0,05		
Total	4,93	107			

FUENTE: *Elaboración propia, (**) Altamente significativo, (*) significativo, NS= No significativo, CV=10,25%*

3.5. Variable ancho de hoja

Teniendo coeficiente de variación fue de 2,48% valor que muestra un grado confiabilidad aceptable de los datos obtenidos. Efectuado análisis de varianza (ANVA) muestra que los resultados, en el factor (A) cultivares fue altamente significativo, lo que quiere decir que los cultivares de café lograron alcanzar diferentes dimensiones en el ancho de la hoja entre sí. El factor (B) sustrato se obtuvo un resultado altamente significativo, se puede deducir que con los tres tipos de sustrato se logró diferentes porcentajes medidas en el ancho de la hoja; por otro lado en la interacción variedades y sustratos el resultado fue altamente significativo, lo que indica que la interacción de ambos factores (A*B) influye en el desarrollo del área foliar expresado en el ancho de las hojas de cultivares de café.

TABLA 8: *Análisis de varianza de variable ancho de la hoja*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
A (Cultivares)	20,63	8	2,58	219,24	0,0001*
B (Sustratos)	0,74	2	0,37	31,49	0,0001*
A*B(Cultivar* Sustrato)	7,52	16	0,47	39,99	0,0001*
Error	0,95	81	0,01		
Total	29,84	107			

FUENTE: *Elaboracion propia, (**) altamente significativo, (*) significativo, NS = no significativo, CV=2,48%.*

La prueba DUNCAN, indica que existen siete grupos, el primero conformado por la cultivares Castillo con media igual a 5,50 cm es la de mayor medida, la segunda CEPAC 1, 4,58cm tercera Paraíso 4,43cm cuarta CEPAC - 4 de 4,31cm quinta CEPAC- 3 con 4,24 cm CEPAC-2 mide un promedio de 4,20 cm sexta catuai rojo 4,12 cm tupi 4,07 cm séptimo Testigo 3,93 cm es la que mide menos ancho de hoja.

Para la variable se hizo análisis comparativo de influencia entre sustratos aplicados por la prueba de Duncan; que el tipo de sustrato con base materia orgánica de achiote registró el mayor ancho de hoja en los cultivares de café con un promedio igual a 4.48 cm, el sustrato con contenido de Gallinaza logró un promedio de 4.38 cm y por último con el tipo de sustrato de fuente tierra del monte obtuvo promedio del ancho en la hoja con 4.27 cm.

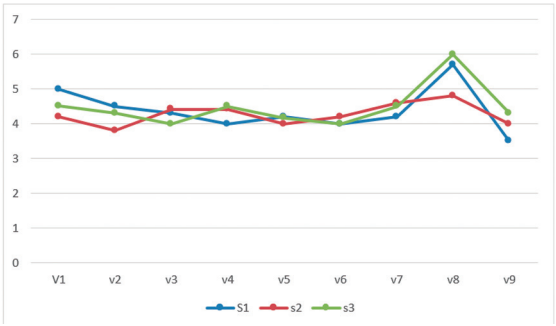


FIGURA 1: *Interacción de cultivares y sustratos en el ancho de hojas*

FUENTE: *Elaboración propia (S1, S2, S3) = sustratos, (V1 al V9) = cultivares de café*

Se describe que los nueve cultivares de café tienen un comportamiento diferenciado bajo el efecto de los tres tipos de sustrato en cuanto al ancho de la hoja, donde el cultivar CEPAC-1 (v1) presenta un comportamiento significativo diferenciado en los tres tipos de sustrato, siendo que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza obtuvo una media de 5 cm con el tipo de sustrato 2 humus de achiote alcanzó una media de 4,2 cm que representa el mínimo valor y con el tipo de sustrato tierra negra del monte alcanzó un promedio de 4,52 cm.

En el caso del cultivar CEPAC-2 (v2) también presenta un comportamiento significativo diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, siendo que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza alcanzó un promedio de 4,5cm con el tipo de sustrato 2 humus de Achiote logró una media de 3,8 cm y con el tipo de sustrato tierra del monte obtuvo una media de 4,3 cm.

El cultivar CEPAC-3 (v3) similar que en los anteriores casos tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, donde se puede apreciar que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza logró una media de 4,3 cm con el tipo de sustrato 2 humus de achiote logró un promedio de 4,42 cm y con el tipo de sustrato tierra negra del monte alcanzó una media de 4 cm ancho de hoja.

El cultivar CEPAC- 4 (v4) tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, donde se puede apreciar que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza logró una media de 4 cm, con el tipo de sustrato 2 humus de achiote logró un promedio de 4,42 cm y con el tipo de sustrato tierra del monte alcanzó una media de 4,5 cm ancho de hojas.

El cultivar C. Rojo (v5) tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, donde se puede apreciar que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza logró una media de 4,2 cm, con el tipo de sustrato 2 humus de achiote logró un promedio de 4 cm y con el tipo de sustrato tierra negra del monte alcanzó una media de 4 cm, ancho de hojas.

El cultivar Tupi (v6) tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, donde se puede apreciar que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza logró una media de 4 cm, con el tipo de sustrato 2 humus de achiote logró un promedio de 4,2 cm, y con el tipo de sustrato tierra del monte alcanzó una media de 4 cm, ancho de hojas.

El cultivar Paraíso (v7) tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, donde se puede apreciar que con el tipo de sustrato 1 gallinaza logró una media de 4,2 cm, con el tipo de sustrato 2 humus de achiote logró un promedio de 4,6 cm, y con el tipo de sustrato tierra del monte alcanzó una media de 4,5 cm, ancho de la hojas.

El cultivar Castillo (v8) tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, donde se puede apreciar que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza logró una media de 5,7 cm, con el tipo de sustrato 2 humus de achiote logró un promedio de 4,8 cm, y con el tipo de sustrato humus del monte alcanzó una media de 6 cm, ancho de la hojas.

El cultivar Testigo (v9) tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los tres tipos de sustrato, donde se puede apreciar que con el tipo de sustrato 1 Gallinaza logró una media de 3,5 cm, con el tipo de sustrato 2 humus de achiote logró un promedio de 4 cm, y con el tipo de sustrato 3 tierra del bosque alcanzó una media de 4,3 cm, ancho de la hoja.

Por el análisis realizado se deduce que siete de los nueve cultivares de café tienen un comportamiento diferenciado en los tres tipos de sustrato, el promedio de ancho de la hojas logrado por los cultivares de café, fue bajo el efecto del tipo de sustrato 3 en base a humos de monte seguido por el tipo de sustrato 1 en base a gallinaza y por último con el tipo de sustrato 2 humus de achiote, las variedades de café obtuvieron el mayor promedio de número de días a cuarto par de hojas.

3.6. Variable largo de la hoja de cultivares de café

El análisis de varianza muestra los siguientes resultados para cultivares, un resultado altamente significativo, lo que quiere decir que los cultivares de café lograron alcanzar diferentes largos en la hoja; para los tres tipos de sustrato ha sido significativo, se puede deducir que en los tres tipos de sustrato se logró diferentes porcentajes medidas en el largo de la hoja; por otro lado en la interacción variedades y sustratos el resultado fue significativo, lo que quiere decir que la interacción de ambos factores influye en la dimensión del ancho de hojas del café.

TABLA 9: *Análisis de varianza de variable largo de la hoja*

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
A (Cultivares)	53,38	8	6,67	1005,57	0,0001*
B (Sustratos)	0,42	2	0,21	31,58	0,0001*
A*B(Cultivar* Sustrato)	39,24	16	2,45	369,55	0,0001*
Error	0,54	81	0,01		
Total	93,57	107			

Fuente: *Elaboracion propia, (*) = significativo, NS = no significativo, CV = 0,75 %*

La prueba de DUNCAN muestra, que el tipo de sustrato con base de Gallinaza consiguió el mayor largo de hoja en los cultivares de café con un promedio igual a 10.95 cm, los cultivares con sustratos de Achiote, tierra del monte logró un promedio 10.82 cm y 10. 81cm respectivamente.

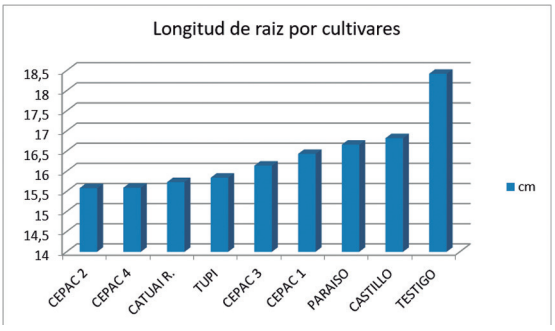


FIGURA 2:*Variable longitud de raíz*

FUENTE: *Elaboración propia, eje "X" = cultivares, "Y" = Longitud de raíz (cm)*

Testigo, obtuvo un ancho 18,42 cm los que mostraron menores medidas son Castilla, Paraíso, CEPAC-1, CEPAC-3, Tupi, Catuai Rojo, CEPAC-4, CEPAC-2, Presentando comportamiento similares 16,82 cm, 16,66cm, 16,43cm, 16,14cm, 15,84cm, 15,73cm, 15,59cm, 15,58cm Respectivamente.

4. AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la institución Escuela Internacional de Postgrado - EIP, GAP-Network del Instituto Agrario de Bolivia por brindarme asesoramiento metodológico en la sistematización del presente trabajo.

5. CONCLUSIONES

La evaluación agronómica de nueve cultivares de café (*Coffea arábica* L.) bajo tres tipos de sustrato en fase de vivero, realizado en Chijchipani Caranavi, de acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

El análisis de la variable días a la emergencia señala que el cultivar de mejor vigor es CEPAC - 3, alcanzando un 97,7% y la de menor emergencia es el testigo con un 45 %.

El resultado de esta variable días a los cotiledones registra el cultivar de mejor desarrollo es CEPAC - 4 Alcanzando un 74,6 % y la menor es Paraíso con un 41,2%.

Para altura de planta se obtuvo diferencias significativas por el factor (A) cultivar, siendo Castilla la de mayor altura con una media de 5,33 cm, seguidamente por los cultivares, Paraíso, CEPAC - 1, CEPAC - 4, Típica, Tupi, CEPAC - 2, Catuai Rojo CEPAC - 3 presentaron un comportamiento similares respectiva mente de, 2.27, 2.15, 2.1, 2.02, 2,1.91, 1.75 cm por otra parte el factor (B) sustratos no mostro diferencias significativas.

En diámetro de tallo, no consiguió alcanzar diferencias significativas en factor cultivares, El factor (B) que componen sustrato no mostro diferencias significativas lo que indica que los sustratos no influyeron en el diámetro del tallo.

Respecto al ancho de hojas el factor (A) cultivares mostro diferencias altamente significativas siendo el cultivar Castillo el mayor con una media de 5,50 cm, con respecto al testigo que mostro el menor promedio con 3,93 cm por otro lado bajo el efecto (B) del tipo de sustrato de achiote se logró un promedio de 4,48 cm, con el tipo de sustrato Gallinaza se consiguió 4,38 cm y finalmente

bajo el efecto del tipo de sustrato tierra negra del bosque alcanzó una media de 4,27cm.

Respecto al largo de hojas el factor (A) cultivares mostro diferencias altamente significativas siendo el cultivar Castillo el mayor con una media de 12,35 cm, con respecto al testigo que mostro el menor promedio con 9,8 cm por otro lado bajo el efecto (B) del tipo de sustrato de Gallinaza se logró un promedio de 10,95 cm, con el tipo de sustrato Achiote se consiguió 10,82 cm y finalmente bajo el efecto del tipo de sustrato tierra negra del monte alcanzó una media de 10,81cm.

Con relación a las variables longitud de la raíz, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en ambos factores de estudio, variedades y sustratos, lo que significa que las tres variedades mostraron diferente comportamiento en sus características fenológicas; por otra parte el efecto de los tres tipos de sustrato logró producir una reacción diferente en el crecimiento de plantines de café.

6. REFERENCIAS

Barrientos R, 2017. Diagnóstico de la Situación Cafetalera del Municipio de Caranavi, Viceministerio de Coca y Desarrollo Integral – VCDI, Programa de Apoyo a la Política Sectorial PAPS, La Bolivia.

CENICAFE, (2013). Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná: FNC: Cenicafe, 2013. 3 vols. https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/germinador Fecha de consulta 18/09/19 hr 06:30 p.m.

Cuba, N. (2007). Manual para el cultivo de cafe en yungas. La Paz - Bolivia: Universidad Catolica Boliviana.

Chilon, E. (2013). El compost altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climatico. La Paz Bolivia: CIENCIAGRO.

Del, F., Frente, S., & Cambio, A. L. (2013). El compost altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climatico. CienciAgro, 1404, 456–468.

Maldonado, C. (2018). Descripcion de cultivares de cafe. La Paz - Bolivia: Instituto de Desarrollo Regional, Universidad Mayor de San Andres, Estacion Experimental Sapecho.

Meneses, N. (2012). Evaluacion de la produccion de plantines de cafe (Coffea arabica) bajo tres tipos de sustratos en yungas de La Paz. La Paz - Bolivia: UMSA

Parra-Delgado J. M., Velázquez-Alcaraz T. J., Quero-Gutiérrez E., Partida-Ruvalcaba L., Díaz-Valdés T., Galván-Piña B. y Ayala-Tafoya F. (2014). Uso de composta, minerales primarios amorfos y microorganismos para la producción y calidad de tomate. Intropica 9, 102-110. DOI: 10.21676/23897864.1437

Ochoa, M. (2017). La caida de la exportacion de café y su impacto en el desarrollo economico de La Paz. La Paz - Bolivia: UMSA.