

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

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSGRADO (IINEAP)

Biósfera

El Alto - Bolivia
2023

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. Efraín Chambi Vargas Ph.D.
VICERRECTOR

Prof. Dr. Piter Henry Escobar Callejas
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. M.V.Z. Juan Álvarez Aduviri
DECANO ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Ing. Daniel Condori Guarachi
DIRECTOR CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

M.Sc. Ing. Pedro Mamani Mamani
COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSGRADO

COMITÉ REVISOR

Dr. Francisco Flores Lopes Ph.D.
Ing. Edwin Guarachi Laura

JEFE EN EDITOR

M.Sc. Ing. Pedro Mamani Mamani

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN

Creaciones ProGrafic

Cel.: 67083231 - 67066679

creaciones_prografic@hotmail.com

Calle Santa Lucia entre Av. Juan Pablo II N° 2030_Villa Tunari

NÚMERO DE DEPÓSITO LEGAL

4-3-80-12 P.O.

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Teléfonos: (591-2) 2-115231 / (591-2) 2-844177

Fax: (591-2) 2-845800

www.upea.edu.bo

El Alto – Bolivia
2023

Presentación

Con gran entusiasmo y orgullo, presentamos la sexta edición de la Revista de Ciencia y Tecnología “Biósfera”, una publicación emblemática de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Desde sus inicios, “Biósfera” ha sido un faro de conocimiento y una ventana a la innovación en el ámbito de la agronomía y las ciencias afines. En esta edición, continuamos nuestro compromiso de explorar, divulgar y fomentar el progreso científico y tecnológico en beneficio de la sostenibilidad y el bienestar de nuestro entorno.

La agricultura y la gestión de recursos naturales desempeñan un papel crucial en el sostenimiento de la vida en nuestro planeta. La Carrera de Ingeniería Agronómica se enorgullece de liderar la búsqueda de soluciones innovadoras para los desafíos que enfrenta nuestra sociedad, desde la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad hasta la gestión eficiente de recursos hídricos y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

En “Biósfera” N° 6/2023, hemos reunido una amplia variedad de contribuciones de expertos, académicos y profesionales en el campo de la ingeniería agronómica. Cada artículo representa un esfuerzo significativo de investigación y reflexión, y aborda cuestiones de gran relevancia para nuestro tiempo. Exploramos temas que van desde la mejora genética de cultivos y la gestión de suelos hasta la aplicación de tecnologías emergentes en la agricultura, con un enfoque en la promoción de prácticas sustentables y la conservación de nuestros ecosistemas.

Nuestra revista no solo busca ser una fuente de conocimiento, sino también un foro de diálogo y colaboración. Invitamos a académicos, estudiantes y profesionales a unirse a nosotros en el esfuerzo continuo de impulsar la investigación y la innovación en la ingeniería agronómica. Juntos, podemos abordar los desafíos actuales y futuros que afectan a nuestra biosfera, promoviendo un equilibrio entre la producción agrícola, la conservación del entorno y el bienestar de las comunidades.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todos los autores que han contribuido a esta edición, así como a los revisores, editores y colaboradores que han hecho posible la realización de esta revista. Esperamos que los lectores encuentren en estas páginas una fuente de inspiración, conocimiento y soluciones prácticas para los desafíos que enfrenta nuestra biosfera. Bienvenidos a “Biósfera” N° 6/2023.

Prof. Dr. Piter Henry Escobar Callejas
Director DICYT - UPEA

Prólogo

El Instituto de Investigación, Extensión Agrícola y Posgrado (IINEAP) tiene las atribuciones y capacidades de generar investigaciones para contribuir al desarrollo socioeconómico productivo y brindar con soluciones tecnológicas, enmarcado en el Plan Estratégico y las líneas de investigación de la Carrera Ingeniería Agronómica.

La Investigación Científica es uno de los elementos más importantes al igual que la producción de conocimientos y culminar el proceso de Investigación publicando el trabajo realizado, ya que los Artículos Científicos son en realidad el elemento final de la Investigación. Este orden de competencias, centra a la investigación como el primer eslabón en el proceso de innovación, de esta manera los docentes y estudiantes investigadores de la Carrera Ingeniería Agronómica encuentran en la Revista Ciencia y Tecnología “BIÓSFERA”, un espacio formal para la publicación y socialización de los hallazgos y resultados de investigación científica, como un paso fundamental en la generación de conocimientos válidos y reconocidos por la comunidad científica.

Por la importancia elogiar a este grupo de profesionales y docentes, ya que el resultado de esta Revista Ciencia y Tecnología “BIÓSFERA” traduce su dedicación, esfuerzo y compromiso de los autores en todos y cada uno de los Artículos que permiten transmitir hallazgos y experiencias. A los que debemos rendir un homenaje aplaudiéndolos por tan encomiable esfuerzo. Elogiamos el trabajo de todos los profesionales y docentes involucrados, aconsejando, sugiriendo, motivando, acompañando y revisando los trabajos mencionados. Así como agradecer a las autoridades de nuestra Carrera Ingeniería Agronómica y del Área Ciencias Agrícolas Pecuarias y Recursos Naturales, solicitarles que continúen incentivando este tipo de actividades y agradecer al Comité Revisor de la Revista Ciencia y Tecnología “BIÓSFERA” por el trabajo realizado.

En este contexto, la Revista Ciencia y Tecnología BIÓSFERA que en su edición número 6, reúne un conjunto de artículos científicos que se convierten en un gran aporte para el conocimiento agropecuario enmarcado en las diferentes líneas de investigación de la Carrera Ingeniería Agronómica.

Deseando que todo el resto del plantel Docente y Profesionales de la Carrera Ingeniería Agronómica participen en las futuras ediciones y colaboren en el enriquecimiento de esta Publicación oficial del Instituto de Investigación, Extensión Agrícola y Posgrado (IINEAP), de la Universidad Pública de El Alto.

M.Sc. Ing. Pedro Mamani Mamani
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN AGRÍCOLA
Y POSGRADO
INGENIERÍA AGRONÓMICA

Índice

PRESENTACIÓN

3

PRÓLOGO

5

VALIDACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE MANEJO AGROECOLÓGICO DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN EL HUERTO URBANO LAK'A UTA, LA PAZ (Chapi, L.)

9

EFFECTO DE DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO EN LAS VARIABLES PRODUCTIVAS DE MICELIO – SEMILLA, DEL HONGO (*Pleurotus ostreatus*), EN LA CIUDAD DE EL ALTO (Ticona, M.; Guzman, J. y Chavez, S)

20

DISEÑO DE CALENTADOR DE AGUA PARA LA DUCHA, MEDIANTE LA RADIACIÓN SOLAR USANDO BOTELLAS RECICLADAS PARA LA REGIÓN DEL ALTIPLANO (Carvajal, L. y Mamani, D.)

31

CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO Y MANEJO DEL RIEGO POR GOTEO A CAMPO ABIERTO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA (Tola, D.)

39

DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DEL SUELO MEDIANTE CLAVOSDEEROSIÓNBAJODOSPRÁCTICASCULTURALES (CON QUEMA Y SIN QUEMA) EN CULTIVOS DE MAÍZ Y ARROZ EN LA COMUNIDAD FLOR DE PRIMAVERA, BENI-BOLIVIA (Apaza,J.; Villalobos, I. y Mamani, F.)

47

EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES COMERCIALES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) SOBRE EL PIE DE INJERTO (*Coffea canephora*) EN EL CENTRO DE INNOVACIÓN DE CAFÉ, CARANAVI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ (Tola, N.)

58

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES NIVELES DE “DL – METIONINA” EN LA PRODUCCIÓN DE AVES DE POSTURA DE LA LINE (HY LINE BROWN) EN LAS FASES DOS Y TRES, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA (Canaviri, W. A.)

66

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA MICROCUENCA CHILABAYA CON FINES DE MIC Y GIRH, MUNICIPIO DE SORATA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ (Carvajal, L. y Bilbao ,M.)

75

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN DE PINO (*Pinus radiata* D. Don) EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE HUATA – OMASUYOS (Pari, M.; Machicao, L. y Ochoa, R.)

88

OPTIMIZACIÓN DE LA APLICACIÓN DE FÓSFORO Y DENSIDAD DE TRASPLANTE EN LA PRODUCCIÓN DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) USANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (Yana, E.)

97

EVALUACIÓN EL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE EXCRETA HUMANA CON DIFERENTES DENSIDADES DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) EN EL MUNICIPIO DE EL ALTO (Condori, D, y Mamani, V.)

107

VALIDACION DE UNA ESTRATEGIA DE MANEJO AGROECOLÓGICO DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN EL HUERTO URBANO LAK'A UTA, LA PAZ

Validation of an agroecological management strategy of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the urban orchard Lak'a Uta, La Paz

Chapi Achu, Liset Antonia¹

1 Investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto.
Email, tonylis2013@gmail.com

Resumen

La investigación se desarrolló en el huerto orgánico Lak'a Uta situado a 3600 m.s.n.m. en el macro distrito de Cota Huma, bajo el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. El objetivo de validar una estrategia de manejo agroecológico con el propósito de evaluar sus efectos en variables agronómicas, rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y analizar el beneficio/costo de los manejos empleados. El material genético empleado en la investigación correspondió a semilla de tomate variedad Rio grande. En la estrategia 2 (Agroecológica) se aplicaron combinación de los siguientes bioinsumos Energy top (biofertilizante) y Tricobal (producto biológico con cepas nativas de *Trichoderma spp* y *Bacillus subtilis*), Vigortop plus y Acaritop (ecoinsecticida natural). Estos bioinsumos se utilizaron en diferentes etapas clave del ciclo de vida del tomate, desde el trasplante hasta la cosecha, siguiendo prácticas agroecológicas. El experimento involucro dos parcelas: la primera (Lak'a Uta) se basó en el uso de un sustrato que combinaba materia orgánica, arena y suelo local, y no se aplicaron bioinsumos. La segunda parcela (Agroecológica) mantuvo la misma composición de sustrato, pero se aplicó la producción agroecológica de tomate, que se basó en prácticas agroecológicas, centradas en la salud del suelo, la nutrición del cultivo y el manejo de plagas y enfermedades con la adición de distintos bioinsumos, el ensayo abarcó una superficie de 11 m². Los resultados revelaron que la estrategia Agroecológica obtuvo un rendimiento significativamente mayor de tomates, con 1,8 kg/m², en comparación con los 0,9 kg/m² de la estrategia Lak'a Uta, destacando así el impacto positivo de los bioinsumos en la producción. Sin embargo, en términos de beneficio/costo, no se observarán ganancias económicas notables en ninguno de los manejos empleados.

Palabras Clave: Estrategia agroecológica, estrategia Lak'a uta, huerto orgánico Lak'a uta bioinsumos.

Abstract

The research was carried out in the Lak'a Uta organic garden located at 3600 meters above sea level. in the macro district of Cota Huma, under the Municipal Autonomous Government of La Paz. The objective of validating an agroecological management strategy with the purpose of evaluating its effects on agronomic variables, yield of the tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) and analyzing the benefit/cost of the management used.

The genetic material used in the research corresponded to Rio Grande variety tomato seed. In strategy 2 (Agroecological), a combination of the following bioinputs Energy top (biofertilizer) and Tricobal (biological product with native strains of *Trichoderma spp* and *Bacillus subtilis*), Vigortop plus and Acaritop (natural ecoinsecticide) were applied. These bioinputs were used in different key stages of the tomato life cycle, from transplanting to harvest, following agroecological practices. The experiment involved two plots: the first (Lak'a Uta) was based on the use of a substrate that combined organic matter, sand and local soil, and no bioinputs were applied. The second plot (Agroecological) maintained the same substrate composition, but agroecological tomato production was applied, which was based on agroecological practices, focused on soil health, crop nutrition and pest and disease management with the addition of different bioinputs, the test covered an area of 11 m². The results revealed that the Agroecological strategy obtained a significantly higher yield of tomatoes, with 1.8 kg/m², compared to 0.9 kg/m² of the Lak'a Uta strategy, thus highlighting the positive impact of bioinputs on the production. However, in terms of benefit/cost, no notable economic gains will be observed in any of the management methods used.

Keywords: Agroecological strategy, Lak'a uta strategy, Lak'a uta organic garden, bio-inputs.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas a nivel mundial tanto en fresco e industrializada, teniendo un valor económico relevante. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio, el incremento anual en la producción de los últimos años se debe principalmente al aumento en el

rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie (Choque, 2021). En Bolivia, en la gestión 2016 - 2017 se alcanzó un rendimiento promedio de 12,5 t/ha a nivel nacional, asimismo el departamento de La paz obtuvo un rendimiento de 9,7 t/ha (MDRyT – INE 2017).

El crecimiento constante de la población, especialmente en áreas urbanas genera una alta demanda de alimentos, por esta razón, se

opta buscar nuevas estrategias que promuevan la seguridad alimentaria, es así tenemos la implementación de huertos urbanos en las ciudades. Estos huertos no solo fomentan la sostenibilidad, sino que también contribuyen a los ingresos familiares (Francisco, 2021). Durante la emergencia sanitaria del Covid-19, estos huertos se convirtieron en recursos esenciales para el sustento de las familias (Escobar, 2020).

Los huertos urbanos se establecen en espacios reducidos de tierra con el propósito de producir hortalizas para el consumo humano. Se gestionan utilizando prácticas agrícolas ecológicas combinando funciones productivas con un enfoque en el bienestar social y ambiental. En el contexto de esta investigación, se busca desarrollar una estrategia de manejo agroecológico para el cultivo de tomate en el huerto urbano Lak'a uta, (La Paz). El objetivo es permitir que las familias asociadas a este huerto produzcan su propio alimento sin recurrir al uso de agroquímicos, especialmente en el cultivo de hortalizas de fruto como el tomate, validando así una estrategia de manejo agroecológico.

Sin embargo, el cultivo de tomate en el altiplano enfrenta desafíos significativos, como un bajo rendimiento, lo que resulta en una oferta insuficiente para satisfacer las necesidades de la población de la ciudad de La Paz, además los precios del tomate en el mercado local tienden a fluctuar constantemente. El cultivo del tomate es especialmente complejo debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades durante

su desarrollo, y también es altamente exigente en términos de nutrientes. Como resultado, los agricultores a menudo recurren a la utilización de insumos externos, como fertilizantes inorgánicos y plaguicidas sintéticos, lo cual implica riesgos para la salud de los agricultores, los consumidores y el medio ambiente. En el caso del huerto Lak'a uta en La Paz, los productores urbanos evitan cultivar tomate debido a estos desafíos.

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló durante la gestión 2021-2022 en una carpa solar dependiente del huerto orgánico Lak'a Uta, ubicado en el macro distrito de Cota Huma, perteneciente al Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, provincia Murillo del departamento de La Paz.

El huerto Lak'a Uta se sitúa geográficamente a 16°31'04.7" latitud Sur, 68°08'43.4" longitud Oeste, y a una altitud de 3600 msnm. Las condiciones climáticas son consideradas como un ambiente seco con temporada de lluvias en verano, templado, de alta montaña, con una temperatura promedio anual de 16°C, con un mínimo de 5°C y un máximo de 22°C (Calderón, 2016).

El material genético empleado en la presente investigación correspondió a semilla de tomate variedad Rio grande y los insumos: promotor de crecimiento Tricobal compuesto por: cepas nativas de *Trichoderma* spp. y *Bacillus subtilis* el biofertilizante, Energytop, el bioestimulante de crecimiento vegetal foliar Vigortop

plus y el ecoinsecticida natural Acaritop, productos que son orgánicamente elaborados, los mismos fueron dispensados por la Fundación PROINPA.

El ensayo fue conducido mediante 2 parcelas de investigación, donde la parcela 1 fue la estrategia 1 (Lak'a uta) que consto solamente del sustrato orgánico el cual estuvo compuesto por 15% de humus, 20% de guano de camélido y 40% turba, adicionalmente se agregó 15 % de arena fina y el 10 % restante fue el suelo del lugar y la segunda parcela correspondió a la estrategia 2 (Agroecológica), utilizo la misma relación de sustrato que la estrategia 1, con la diferencia que en la estrategia 2 se aplicó la producción agroecológica de tomate, el cual se basa en tres componentes: La salud del suelo, la nutrición del cultivo y el manejo de plagas y enfermedades para lo cual se aplicaron distintos bioinsumos.

El ensayo se estableció sobre un área de 11 m², donde se instaló dos parcelas de investigación, para lo cual se realizó las siguientes labores agrícolas: remoción del suelo a una profundidad de 0,40 m, mullido, limpieza de piedras y malezas hasta obtener un suelo suelto, posterior a eso se realizó la incorporación de materia orgánica los cuales fueron: 15% humus, 20% guano de camélido y 40% turba, adicionalmente se agregó 15 % de arena fina y el 10 % restante fue el suelo del lugar. La preparación del terreno fue realizada de forma tradicional con el uso de picota, pala, rastrillo, se finalizó con el nivelado e

instalación del experimento en dos parcelas de investigación las cuales tenían una dimensión de 2,50 x 2 m con un pasillo de parcela a parcela de 0,50 m, consecutivamente se realizó el trasplante del tomate a una distancia 0,40 m entre plantas y 0,35 m entre surcos.

La aplicación de los bioinsumos fue de la siguiente manera: Energy top y Tricobal aplicado en el trasplante Tricobal (1kg/ha) y Energy top (1 l/ha) con 150 ml de agua en un recipiente limpio, posteriormente se sumergió la raíz de las 24 plántulas de tomate de la parcela 2 por el lapso de unos 5 minutos aproximadamente y después se procedió al trasplante, solo Tricobal se aplicó de forma directa al suelo, con una dosis de 1 g/planta, esta aplicación se llevó a cabo 14 días después del trasplante, se repitió en intervalos de 7 días hasta alcanzar la fase de floración. Vigortop plus y Tricobal para esta práctica primeramente se mezcló Vigortop plus y agua con una relación de 30 ml en 2 l de agua + 13 g de Tricobal, inmediatamente se aplicó la mezcla por aspersión foliar a las plántulas del tomate, 21 días después del trasplante con una frecuencia de 5 veces cada 7 días, durante el desarrollo del cultivo hasta el inicio de la fase de la floración, así como también se aplicó directamente al suelo, solo Vigortop plus se aplicó por aspersión foliar, desde la primera semana que inicio la fase de la floración hasta llegar a la cosecha, la dosis fue de 35 ml de solución en 2 l de agua, se aplicó cada 7 días. El Acaritop se aplicó en la primera semana de aparición de enfermedades.

Los métodos analíticos estadísticos empleados fueron la prueba de U de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk para verificar el supuesto de normalidad. Para las variables: Altura de planta, peso de frutos a la cosecha y rendimiento. Se empleó el software estadístico SPSS, versión 23.

Resultados y discusión

Los resultados se describen en función a los objetivos planteados, inicialmente se determina validar una estrategia de manejo agroecológico en el tomate y finalmente se realiza el análisis económico.

Días a la cosecha

En la tabla 1, se observa la prueba de U de Mann-Whitney realizada para las dos muestras independientes de Días a la cosecha, nos presenta un valor altamente significativo ($p < 0,01$) donde la aplicación de la estrategia agroecológica si tiene un efecto en el comportamiento agronómico del tomate en este aspecto.

Tabla 1.

Prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes de días a la cosecha

Medidas	Valor	Z	Sig. Asintótica (Bilateral)
U de Mann-Whitney	,000	-6,143	,000**

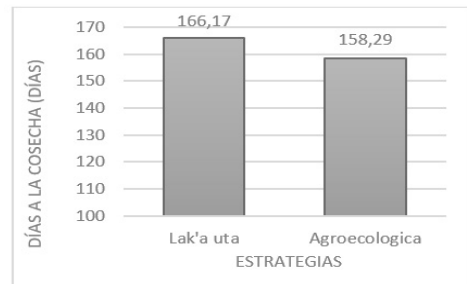
** $p < 0,01$

En la tabla 2, refleja las medias estadísticas obtenidas con la

estrategia, Lak'a uta obtuvieron una media de 166,17 días, una mediana de 162 días; en tanto que con la estrategia agroecológica tuvieron una media de 158,29 días, una mediana de 156 días, indica que, en promedio, los tomates de la estrategia 2 maduran más rápidamente y se cosechan en menos días en comparación con la estrategia 1.

Figura 1.

Media estadística de días a la cosecha



Promedios de días a la cosecha

La Figura 1, presenta los promedios obtenidos donde muestra que hubo diferencias significativas. La estrategia Lak'a uta con un promedio de 166 días desde el trasplante para llegar a la cosecha, mientras que la estrategia Agroecológica necesitó menos tiempo, con un promedio de 158 días. Esto podría atribuirse a la utilización de bioinsumos.

Según Baudoin (2017), la madurez del tomate generalmente se alcanza entre 80 y 120 días después del trasplante, pero en este estudio, se tardó un promedio de 158 a 166 días en la cosecha, lo que representa un retraso de 30-40 días.

En comparación con los estándares. El manejo Agroecológico permitió una cosecha más rápida debido a la aplicación del fertilizante foliar Vigortop plus, que promueve el cuajado de frutos. En un estudio previo de Coarite (2006) en Coroico, se llegó a la cosecha en un promedio de 80 días, lo que fue notablemente más rápido que en este estudio, debido a las diferencias en las condiciones ambientales.

Tabla 2.

Altura planta

Estrategia	Media	Mediana	Suma de Rango	Desviación estándar
Estrategia 1	166,17	162	876,00	5,036
Estrategia 2	158,29	156	300,00	2,545

En la tabla 3, se observa la prueba U de Mann-Whitney realizada para las dos muestras independientes de altura planta, nos presenta un valor altamente significativo ($p < 0,01$) razón por la cual la aplicación de la estrategia agroecológica afecta de manera significativa al crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate en términos de altura planta.

Tabla 3.

Prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes de altura de planta

Medidas	Valor	Z	Sig. Asintótica (Bilateral)
U de Mann-Whitney	106,500	-3,747	,000**

** $p < 0,01$

En la tabla 4, refleja las medias estadísticas obtenidas con la estrategia, Lak'a uta obtuvieron una media de 135,67 cm, una mediana de 134 cm; en tanto que con la estrategia agroecológica tuvieron una altura de planta de 144,42 cm, una mediana de 143,5 cm, donde muestra que la estrategia 2 superó en altura planta a la estrategia 1.

Tabla 4.

Media estadística de altura de planta

Estrategia	Media	Mediana	Suma de Rango	Desviación estándar
Estrategia 1	135,67	134,0	406,50	6,43
Estrategia 2	144,42	143,5	769,50	8,88

Figura 2.

Promedios altura de la planta

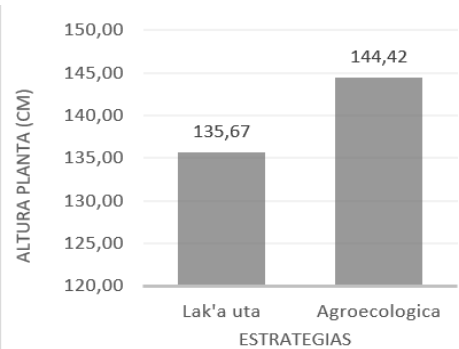


Tabla 5.

Promedios altura de la planta

Estrategia	Media	Mediana	Suma de Rango	Desviación estándar
Estrategia 1	64,36	64,03	301,00	5,73
Estrategia 2	90,26	89,43	875,00	4, 58

La Figura 2, se observa los promedios obtenidos donde muestra que hubo diferencias significativas tanto estadísticamente como numéricamente entre las estrategias empleadas, donde el máximo valor respecto a altura planta se obtuvo con la estrategia Agroecológica, obteniendo 144,42 cm y como valor mínimo se obtuvo con la estrategia Lak'a uta, 135,67 cm. Ya que las plantas bajo la estrategia 2 tuvo un crecimiento positivo en las plantas de tomate.

Los resultados obtenidos difieren de los encontrados por Aguilar y Blanco (2021), en su estudio de seis variedades de tomate en cultivo hidropónico con sustrato sólido en el municipio de El Alto, donde obtuvieron 63,5 cm de altura de planta en la variedad Rio grande. Por otra parte, se debe considerar: El modo de acción del Vigortop plus el cual se considera como un bioestimulante y promotor de crecimiento (Chirino, 2018).

Peso de frutos a la cosecha

En la tabla 5, se observa la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de peso de frutos a la cosecha, donde muestra un valor de significancia de ,000 inferior al valor de $p < 0,01$, razón por la cual la aplicación de la estrategia agroecológica si tiene un efecto en el comportamiento agronómico del tomate en cuanto al peso de los frutos a la cosecha.

Tabla 6.

Prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes de peso de frutos a la cosecha

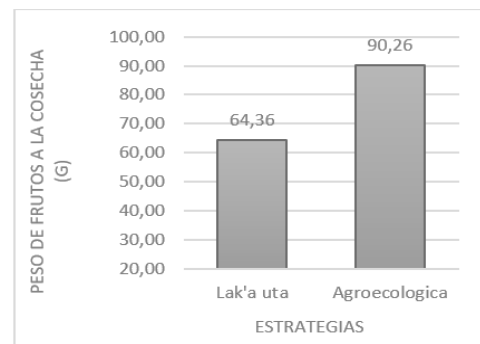
Medidas	Valor	Z	Sig. Asintótica (Bilateral)
U de Mann-Whitney	1,000	-5,918	,000**

** $p < 0,01$

En la tabla 6, muestra las medias estadísticas que se obtuvo para la variable peso de frutos a la cosecha, la cual refleja que la estrategia agroecológica tuvo un peso de frutos a la cosecha una media de 64,36 g.

Figura 3.

Medias estadísticas peso de frutos a la cosecha



La Figura 3, muestra la diferencia en el peso de fruto entre la estrategia Lak'a uta y la estrategia agroecológica, la diferencia se debe que los componentes nutricionales que contienen los productos aplicados como ser el Vigortop plus (macro y micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos) y Energy top (a base del hongo *Penicillium bilaii*, *Paenibacillus spp.*, y *Azospirillum brasilense*) han coadyuvado en la

fijación biológica de nitrógeno y la solubilización del fósforo y así Incrementar el rendimiento y la calidad del producto cosechado (PROINPA, 2020).

Los resultados obtenidos sobre efecto de dos tipos de manejo en el peso de frutos a la cosecha coinciden con lo reportado por Atoccsa y Barrios (2018), quienes, al evaluar el efecto de abonos líquidos artesanales en el cultivo de tomate variedad Rio grande, manifiestan que obtuvieron 60 g de peso a la cosecha con el tratamiento té y purín en el suelo y foliar mente, y 40 g de peso de fruto con el tratamiento Testigo.

Rendimiento de tomate kg/m²

En la tabla 7, muestra la prueba U de Mann-Whitney de dos muestras independientes del rendimiento por m² en la cual se puede observar que el valor de p es inferior a 0,01, indicando que hay una certeza estadística altamente significativa para concluir que la aplicación de la estrategia agroecológica si tiene un efecto en la cantidad de tomates cosechados por metro cuadrado comparando con la estrategia Lak'a uta.

Tabla 6.

Prueba de U de Mann-Whitney para dos muestras independiente de rendimiento por m²

Medidas	Valor	Z	Sig. Asintótica (Bilateral)
U de Mann-Whitney	2,000	-5,898	,000**

** p < 0,01

En la tabla 8, presenta las medias de la estrategia Lak'a uta y estrategia agroecológica de rendimiento por m², en la cual se observa que las diferencias entre

ambas estrategias son mínimas, obteniendo el valor superior la estrategia 2 con 1,8 kg/m².

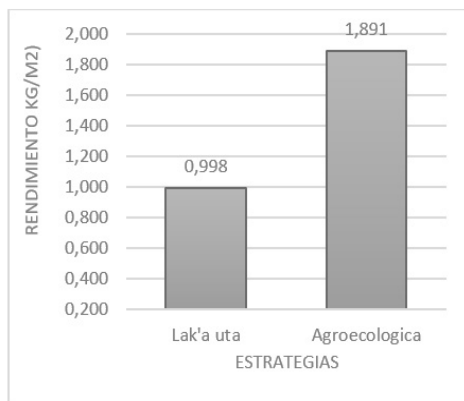
Tabla 7.

Medias estadísticas para rendimiento Kg/m²

Estrategia	Media	Mediana	Suma de Rango	Desviación estándar
Estrategia	0,998	1,005	302,00	,178
Estrategia	1,891	1,892	874,00	,267

Figura 4.

Rendimiento Kg/m²



La Figura 4, muestra los rendimientos en kg/m² de la investigación, los cuales muestran una diferencia clara entre las estrategias que se aplicaron, donde la estrategia agroecológica presenta mayor rendimiento por m² mostrando una cifra de 1,891 kg/m², con la estrategia Lak'a uta se obtuvo un rendimiento inferior

de 0,998 kg/m², lo cual resaltan claramente los beneficios de la estrategia agroecológica en términos de producción, lo que sugiere que su aplicación puede ser altamente efectiva para aumentar el rendimiento en comparación con la estrategia Lak'a uta.

Miranda (2005), en el estudio sobre el efecto de abonos orgánicos líquidos y diferentes métodos de polinización sobre el rendimiento de variedades de tomate, alcanzo valores superiores respecto al rendimiento, los cuales fueron 4,44 kg/m² con la variedad Kada y 3,25 kg/m² con la variedad Tropic. El bajo rendimiento obtenido es debido principalmente por temperaturas altas de 41 °C y temperaturas muy bajas de -5 °C que causó daños al cultivo, como ser en el cuajado del fruto y la polinización, el

cultivo de tomate no resiste bajas temperaturas iguales a -2 °C. Al respecto Valero (2004), indica que el rendimiento del cultivo de tomate es afectado por la poca capacidad de cuajamiento que es debido a fuertes precipitaciones, humedad relativa alta o temperaturas extremas, presencia de enfermedades.

Prueba de normalidad de las variables agronómicas

El análisis agronómico del ensayo en su conjunto (Cuadro 7) reveló, según los resultados de la prueba de normalidad con un valor de $p < 0,05$, que la población estudiada no es paramétrica o no sigue una distribución normal, por lo cual se emplea la prueba de U de Mann-Whitney.

Tabla 8.

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Altura de planta	,175	48	,001**	,916	48	,002**
Peso de frutos a la cosecha	,186	48	,000**	,886	48	,000**
Rendimiento por planta	,167	48	,002**	,927	48	,005**
Días a la cosecha	,308	48	,000**	,789	48	,000**

Variables económicas

Los costos de producción del presente estudio se basan en la determinación del costo variable desarrollado (CIMMYT, 1988), para efectos de cálculo se estimó un valor

definido del peso de frutos 6 Bs*kg⁻¹. En la tabla 8, muestra los costos de producción determinados de cada estrategia, donde podemos señalar que la estrategia 1, requirió una inversión de 408.20 Bs considerándose como el mínimo

valor invertido frente a la estrategia 2 que requirió 528,20 Bs, la diferencia se asume por los insumos utilizados en la estrategia 2.

Con respecto al beneficio bruto para la producción de tomate, se alcanzó un valor de inferior de 32,70 Bs con la estrategia 1, y un valor mayor de 62,40 Bs con la estrategia 2, inmersos a este margen, esta diferencia de valores está directamente relacionada con la producción en este caso el rendimiento del cultivo de cada estrategia y el costo de oportunidad en el mercado, para el cual se tomó en base al precio del tomate comercial en el mercado.

En cuanto al beneficio costo, los valores que reflejan el Cuadro 8, no supera la unidad el cual indica pérdidas económicas, 32,70 Bs en la estrategia 1, y 62,40 Bs en la estrategia 2, esto atribuyen a los bajos rendimientos a causa de las heladas que justamente afecto al cultivo durante la fructificación, provocando una reducción en los ingresos económicos.

Tabla 9.

Análisis económico

Variable	Unidad	Estrategia 1	Estrategia 2
		Lak'a uta	Agroecológica
Rendimiento/manejo	kg*m ²	5,45	10,4
Precio	Bs*kg	6,00	6,00
Costo variable	Bs	408,20	528,20
Beneficio bruto	Bs	32,70	62,40
Beneficio neto	Bs	-375,50	-465,80
Beneficio/costo	Bs/Bs	0,08	0,12

Conclusiones

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, permite sustentar las siguientes conclusiones:

Sobre el comportamiento agronómicos del tomate, la estrategia agroecológica registro mejores resultados en comparación a la estrategia Lak'a uta, en cuanto a la variable altura de planta.

Para las variables de rendimiento (peso de fruto, rendimiento por m²) la aplicación de bioinsumos mediante la estrategia agroecológica alcanzó resultados superiores significativos con respecto a la estrategia Lak'a uta.

En relación beneficio costo (B/C), ambas estrategias en validación no generaron beneficios económicos, ya que ninguno de los valores superó la unidad. Esto se debió principalmente a variables externas, como las heladas. Sin embargo, la estrategia agroecológica fue más resiliente y logró un mayor rendimiento en comparación con la estrategia Laka uta.

Agradecimientos

- Al huerto orgánico Laka uta por brindarme la confianza de poder realizar el presente trabajo de investigación dentro de sus instalaciones, así como también a los hermanos productores del huerto que colaboraron con su tiempo durante la etapa de campo.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, G. y Blanco, M. (2021). Evaluación de seis variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en cultivo hidropónico con sustrato sólido en el municipio de El Alto. *Apthapi*. 7(3):2236-2241.
- Atoccsa, A., & Barrios, A. (2018). Efecto de abonos líquidos artesanales en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) variedad Rio grande en la zona media del Valle de Ica de octubre 2017 – abril 2018. Tesis Lic. Biólogo. Ica, Perú. U.N.S.D.G. 22 págs.
- Chirino, D. (2018). Efecto de la aplicación de vigortop en cuatro variedades de papa nativa (*Solanum sp.*) en la comunidad de Coromata media, Municipio de Huarina. Trabajo dirigido. Lic. Ing. Agr. La Paz Bolivia. U.M.S.A. 31 págs.
- Choque, F. (2021). Interacción de micorrizas con abonos orgánicos para la productividad del tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* Miller) bajo ambiente atemperado en la Comunidad de Cunú Cunú. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz Bolivia. U.P.E.A. 15 págs.
- Escobar, J. (2020). Los huertos urbanos como proyecto urbanístico. Universitat Politècnica de València. 55 págs.
- Francisco, C. (2021). Historia del huerto urbano una opción sostenible y de regreso a la naturaleza.
- MDRyT (2019). Bolivia serie agrícola 2017-2018 y 2018-2019. 24 págs.
- Miranda, D. (2005). Efecto del uso de abonos orgánicos líquidos y diferentes métodos depolinización sobre el rendimiento de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*), en carpas solares. Tesis Lic. Agr. U.M.S.A. La Paz, Bolivia 84 págs.
- Valero, M. (2004). Evaluación agronómica de ocho variedades de tomate bajo dos sistemas de rotación y tres niveles de fertilización orgánica. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía 82 págs.

EFFECTO DE DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO EN LAS VARIABLES PRODUCTIVAS DE MICELIO – SEMILLA, DEL HONGO (*Pleurotus ostreatus*), EN LA CIUDAD DE EL ALTO

Effect Of Different Culture Media On The Productive Variables Of Mycelium-Seed, Of The Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*), In The City Of El Alto.

Ticona Condori, Miriam Rossell¹, Guzmán Calla, Jorge W.², Chávez Vино, Soledad³

1 Investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto,
Email, mhyra.music@gmail.com

2 Docente de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto.
Email, jguzmancalla@gmail.com

3 Docente de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto,
Email, vino.soledad@gmail.com

Resumen

Los hongos comestibles que más se ha estudiado y cultivado durante los últimos años es *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, debido a la facilidad de cultivo y a su gran potencial económico y calidad nutricional. En Bolivia la producción de hongos comestibles es limitada por lo general desconocida, por ello el presente trabajo de investigación pretende producir micelio - semilla a base de secciones de hongo, con el fin de ayudar a la producción de *Pleurotus ostreatus* y abastecer a productores de hongos comestibles para que tengan la facilidad de obtener grandes cantidades de micelio, para su multiplicación. Se realizó la inoculación de tres secciones de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* los cuales son: sombrero, laminilla y pie, en tres diferentes medios de cultivo: a_1 : 5 g de extracto de malta, a_2 : 10 g de extracto de malta y a_3 : 15 g de extracto de malta, con 12 g de carragenina como gelificante. De los cuales fueron incubados a una temperatura de 23°C, durante un tiempo de 32 días; y se obtuvieron resultados de las variables propuestas en la investigación donde se demostró que el mejor medio de cultivo es 15 g de extracto de malta y las mejores secciones son laminilla y pie. También se observó que la interacción de 15 g de extracto de malta + laminilla, es la mejor para obtener una biomasa de 163,92 mg*caja⁻¹. En conclusiones, el tratamiento a_3c_2 que consiste en 15 g de extracto de malta + laminilla es el mejor para la producción de micelio semilla, el cual obtuvo mejores ganancias con una tasa de retorno marginal de 94% el cual da a conocer que por cada 1 Bs invertido ganará 0,94 Bs y con un costo de producción de 30,42 Bs*caja⁻¹.

Palabras clave: Hongo comestible, micelio, medio de cultivo.

Abstract

The edible mushroom that has been studied and cultivated the most in recent years is *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, due to its ease of cultivation and its great economic potential and nutritional quality. In Bolivia, the production of edible mushrooms is limited and generally unknown, therefore this research work aims to produce mycelium - seed based on mushroom sections, in order to help the production of *Pleurotus ostreatus* and supply mushroom producers edible so that they can easily obtain large quantities of mycelium for multiplication. The inoculation of three sections of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*, which are: cap, lamella and foot, was carried out in three different culture media: a1: 5 g of malt extract, a2: 10 g of malt extract and a3: 15 g of malt extract, with 12 g of carrageenan as a gelling agent. Of which they were incubated at a temperature of 23°C, for a period of 32 days; and results were obtained from the variables proposed in the research where it was shown that the best culture medium is 15 g of malt extract and the best sections are lamella and foot. It was also observed that the interaction of 15 g of malt extract + lamella is the best to obtain a biomass of 163.92 mg*box⁻¹. In conclusions, the a3c2 treatment that consists of 15 g of malt extract + flake is the best for the production of seed mycelium, which obtained better profits with a marginal rate of return of 94% which shows that for every 1 Bs invested will earn 0.94 Bs and with a production cost of 30.42 Bs*box⁻¹.

Keywords: Edible mushroom, mycelium, culture medium.

Introducción

Los hongos se distribuyen de manera amplia por todo el mundo; existen aproximadamente 10000 especies, de las cuales solo el 10% son comestibles. El hongo es considerado uno de los mejores alimentos por su contenido de proteína, ya que contiene en promedio 19 al 35 % en base a su peso seco, comparado con el 23,8 % en el pollo, 19,4 % en carne de res y el 25,2 % en la leche (Velasco y Vargas, 2004).

Uno de los hongos comestibles que más se ha estudiado y

cultivado durante los últimos años es *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, debido a la facilidad de cultivo y a su gran potencial económico y calidad nutricional. Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o rico en fibra como los troncos, ramas y bagazos (OEI, 2003).

La finalidad del presente trabajo pretende adaptar y validar una tecnología apropiada para la reproducción y multiplicación de micelio – semilla, en base de tres diferentes proporciones de extracto de malta, considerando diferentes

secciones del hongo en las variables productivas de micelio-semilla.

Materiales y Métodos

Localización

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, del Departamento de La Paz. El cual se encuentra geográficamente ubicado a 16° 29' 32" Lat. Sud y 68° 11' 38" Longitud Oeste (Ticona, 2020).

Materiales

Material biológico

El material biológico utilizado para el presente trabajo de investigación, se adquirió setas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm de supermercados locales y se utilizó tres secciones de diferentes partes del hongo.

Material de laboratorio

Materiales de vidrio: Cajas Petri 9 x 2 cm, matraz Erlenmeyer 200 ml, 500 ml, probeta de 100 ml, 20 ml y pipetas 1 ml, 5 ml

Materiales de disección e implementos de laboratorio:

Hoja de bisturí, mango de bisturí, pinzas, agujas, mechero de alcohol, venda gaza, algodón y cinta masquin.

Equipos: Balanza analítica, cámara de flujo laminar, incubadora, pH metro, autoclave y agitador magnético.

Reactivos: Alcohol 70%, agua

destilada-estéril, carragenina, extracto de malta, hipoclorito de sodio al 5% y agua oxigenada.

Desinfección de laboratorio

Se realizó la desinfección total de laboratorio incluyendo paredes y mesones, con detergente líquido e hipoclorito de sodio al 5%, posteriormente se dejó reposar 24 h. antes de su utilización.

Esterilización de materiales de vidrio e instrumentos de laboratorio

Se realizó la esterilización de cada uno de los materiales en la autoclave a una temperatura de 121 °C y 1 atm de presión por 20 min que previamente fueron lavados, enjuagados y secados. Una vez ya concluido se traslada a la cámara de flujo laminar para que queden totalmente esterilizados con los rayos UV en un tiempo de 15 min aproximadamente.

Preparación de medios de cultivo

Se realizó el aforado de agua destilada en una probeta de 1000 ml, luego se vertió en un matraz Erlenmeyer de 1000 ml, posteriormente se añadió (5, 10 o 15 g) de extracto malta, después se colocó en el agitador magnético hasta obtener una solución homogénea; ya obtenida la solución se procedió a la medición de 6,3 de pH con el pHmetro, luego se volvió a colocar en el agitador magnético y se incorporó 12 g de carragenina, posteriormente se esperó hasta que la solución de

un hervor y se cristalice. Una vez obtenida la solución, se esterilizó en la autoclave a una temperatura de 121 °C y 1 atmósfera de presión por 20 min, posteriormente se lo traslado a la cámara de flujo laminar para luego verterlo en las cajas petri.

Obtención de material biológico

Se utilizó el hongo *Pleurotus ostreatus*, el cual se lo adquirió de lugares comerciales de la ciudad de La Paz.

Limpieza de setas y aislamiento de hongos

Se colocó el hongo, el cual estuvo en buen estado y libres de tierra y/o insectos, para ello se realizó el lavado y enjuagado con detergente líquido y agua de pileta.

Obtención de material genético de diferentes secciones del hongo

Se cortó el hongo longitudinalmente con un bisturí y con ayuda de pinzas estériles, se tomó fragmentos de tres diferentes secciones (sombrero, laminilla y pie) del hongo, luego se lo sumergió en alcohol al 70% por un minuto y posteriormente se lo colocó en hipoclorito de sodio al 5 % después se realizó tres enjuagues con agua destilada estéril.

Siembra de material genético en los medios de cultivo

Una vez ya desinfectado el material genético, se colocó en las cajas Petri con medio de cultivo. Las cajas

Petri se las aisló con PlastiFilm, se las etiquetó con el nombre científico, tratamiento, repetición y fecha.

Incubación

Las cajas Petri se las traslado e incubó en una incubadora por el tiempo total de 32 días, a una temperatura de 23°C en completa oscuridad. **Diseño experimental** Para el siguiente estudio se utilizó un arreglo bifactorial con diseño completamente al azar.

$$Y_{ikn} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{n(ik)}$$

Dónde:

Y_{ikn} = Una observación cualquiera

μ = Media general

α_i = Efecto de la i-ésima, medios de cultivo

γ_k = Efecto del k-ésimo secciones de hongo

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción de Factor A y Factor C

$\varepsilon_{n(ik)}$ = Error experimental

Factores de estudio

Factor A= Medio de cultivo

a_1 = 5 g de extracto de malta en 1000 ml

a_2 = 10 g de extracto de malta en 1000 ml

a_3 = 15 g de extracto de malta en 1000 ml

Factor C= Secciones de hongo

c_1 = Sombrero

c_2 = Laminilla

c_3 = Pie

Combinación de factores

Tabla 1.

Combinación de factores en 1000 ml

Tratamiento	Combinación	Medios de cultivo	Partes del hongo
T ₁	a ₁ c ₁	5 g de extracto de malta	Sombrero
T ₂	a ₁ c ₂	5 g de extracto de malta	Laminilla
T ₃	a ₁ c ₃	5 g de extracto de malta	Pie
T ₄	a ₂ c ₁	10 g de extracto de malta	Sombrero
T ₅	a ₂ c ₂	10 g de extracto de malta	Laminilla
T ₆	a ₂ c ₃	10 g de extracto de malta	Pie
T ₇	a ₃ c ₁	15 g de extracto de malta	Sombrero
T ₈	a ₃ c ₂	15 g de extracto de malta	Laminilla
T ₉	a ₃ c ₃	15 g de extracto de malta	Pie

Resultados y discusión

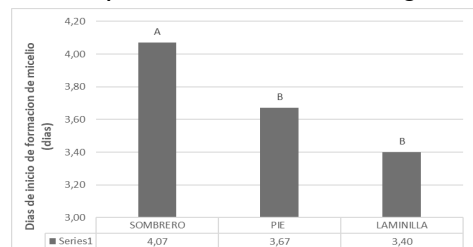
Aplicando el método y el procedimiento experimental descrito anteriormente, para la obtención de micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, derivado de diferentes secciones y en distintas concentraciones de extracto de malta se llega a los siguientes resultados:

Días de inicio de formación de micelio (DIFM)

En el análisis de varianza, se observó efectos estadísticamente significativos para el factor de estudio C (Secciones de hongo), en cambio para los factores, A (Medios de cultivo) y A*C (Medios de cultivo * Secciones de hongo) no presentaron significancia al 5% de probabilidad.

Figura 1.

Días de inicio de formación de micelio para secciones de hongo



Fuente: Propio

Para el efecto principal de secciones de hongo (C), demuestra que no existen diferencias significativas entre las secciones c₂ (Laminilla) y c₃ (Pie) con un tiempo menor de 3,40 y 3,67 días. Carrilo (2003), indica que los microorganismos de laboratorio son heterotróficos, es decir que necesitan fuentes de carbono orgánico y nitrógeno asimilable, así como también de sales minerales. Uno de los compuestos utilizados en el medio de cultivo fue extracto de malta que posee 90,7 % de Hidratos de Carbono, el cual cubre las necesidades nutricionales que necesita el hongo para su prendimiento y formación de micelio. Sin embargo, se encontró diferencias significativas para la sección c₁ (Sombrero) con un tiempo mayor de 4,07 días. Debido a que esta sección de hongo tiene un contacto mínimo con los micelios y muy pocas veces se encuentran las hifas, de tal forma su prendimiento será más lento. Según, Gaitán-Hernández *et al.*, (2006), “las cajas Petri con aislamiento por medio de tejido deben ser incubadas entre 25 a 28°C, de preferencia en completa oscuridad; 2 o 4 días después se observa el crecimiento micelial de forma algodonosa sobre la superficie del micelio”.

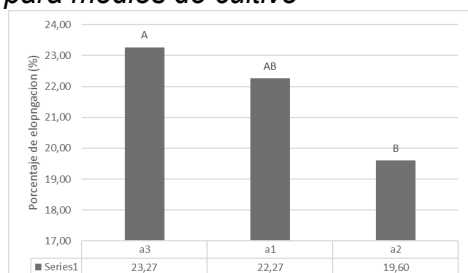
Porcentaje de elongación de micelio (PEM)

En el análisis de varianza se observó efectos altamente significativos para el factor de estudio C (Secciones de hongo) y para la interacción A*C (medios

de cultivo * diferentes secciones de hongo) al 1%, en cambio para el factor A (Medios de cultivo) presentó significancia al 5%.

Figura 2.

Porcentaje de elongación de micelio para medios de cultivo



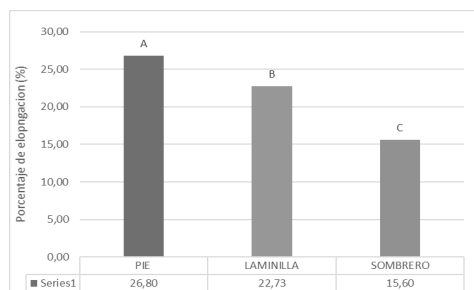
Fuente: Propio

Dando a conocer que a_3 (15 g de extracto de malta) y a_1 (5 g de extracto de malta) son los más eficientes al presentar un alto porcentaje de elongación de micelio con 23,27% y 22,27% por hora. El agar y el extracto de malta se utilizan para el aislamiento, cultivo y enumeración de levaduras. Es un medio que se ha utilizado por años para el cultivo de hongos y cultivo de levaduras, ya que contiene una alta concentración de maltosa y otros sacáridos como fuente de energía. (Cerzos, 2017), en tanto que a_1 (5 g de extracto de malta) y a_2 (10 g de extracto de malta) obtuvieron un porcentaje de 22,27% y 19,60% por hora. Según, Carrillo (2003), indica que estos medios de cultivo al estar compuestos de levadura de cerveza y extracto de malta respectivamente, se los considera como fuente de carbono y nitrógeno reducido, al administrar este elemento en cantidad adecuada su asimilación es inmediata. “El hongo *Pleurotus*

ostreatus es considerado uno de los hongos comestibles con mayor facilidad de adaptación a diferentes medios de cultivo”. (Alave, 2008).

Figura 3.

Porcentaje de elongación para secciones de hongo



Fuente: Propio

En la gráfica anterior se observa que existen diferencias significativas en las diferentes secciones de hongo, donde c_3 (pie) obtuvo un alto porcentaje de elongación de micelio con 26,80%, debido a que esta sección es la que se recomienda y mejor se asimila al medio de cultivo. Al respecto, Lander (2022), menciona que en la base del pie se forma una materia algodonosa donde se acumula micelio a lo largo del tiempo por lo tanto es recomendable multiplicar el hongo de dicha sección, seguido por c_2 (laminilla) con 22,27%, con una diferencia de 4,07% de c_3 (Pie), Merino (2019), menciona que “las láminas es la parte del hongo donde se alojan las esporas, se encuentran de manera microscópicas lo cual hace que su prendimiento sea más factible”; en cambio c_1 (Sombrero), presentando un bajo porcentaje de elongación de micelio con 15,60%. Al respecto, Gaitán-Hernández *et al.*, (2006), indica que “las esporas

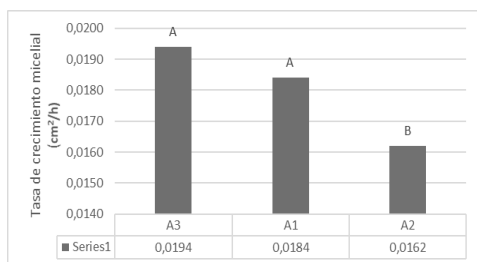
se forman en la cara inferior del sombrero las cuales no presentan una viabilidad más del 50 %”.

Tasa de crecimiento micelial (TCM)

En el análisis de varianza se observó que existe efectos altamente significativos al 1% para los factores C (secciones de hongo) y A*C (medios de cultivo * secciones de hongo), como también se presentó efectos estadísticamente significativos para A (medios de cultivo) al 5 %.

Figura 4.

Tasa de crecimiento micelial para medios de cultivo



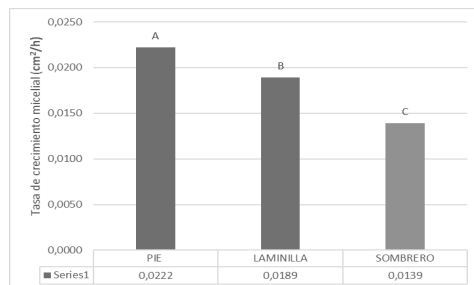
Fuente: Propio

Los factores a_3 (15 g de extracto de malta) y a_1 (5 g de extracto de malta), con 0,0194 y 0,0184 cm²/h presentaron una alta tasa de crecimiento micelial. “El uso de extracto de malta, al poseer hidratos de carbono de manera reducida, dependiendo de la cantidad; de tal forma si la cantidad es reducida será menos asimilable para los microorganismos” (Cruz y Hermosilla, 2003). Según, Carrillo (2003), indica que “estos medios de cultivo al estar compuestos de levadura de cerveza y extracto de malta respectivamente, se

los considera como fuente de carbono y nitrógeno reducido, al administrar este elemento en mayor cantidad hace que su crecimiento sea acelerado”. En cambio, para a_2 (10 g de extracto de malta), obtuvo una baja tasa de crecimiento micelial de 0,0162 cm²/hora. Según Lander (2022), el crecimiento de 30 especies de hongos comestibles y medicinales en diferentes medios de cultivo, determinó que el crecimiento micelar de las especies estudiadas tiene un comportamiento diferente y todo depende del tipo de medio de cultivo utilizado y del pH.

Figura 5.

Tasa de crecimiento micelial para secciones de hongo



Fuente: Propio

Un hongo o cuerpo fructífero representa para el micelio lo que un fruto para un árbol. Por lo tanto, el aislamiento por medio de tejido es una de las formas más simples de obtener una cepa y el resultado es una copia idéntica del hongo del cual se ha obtenido el tejido (Gaitán-Hernández, *et. al.*, 2006). En la gráfica anterior, se observa las diferencias altamente significativas entre c_1 , c_2 y c_3 , donde c_3 (pie), con 0,0222 cm²/h es el que presenta una alta tasa de crecimiento micelial,

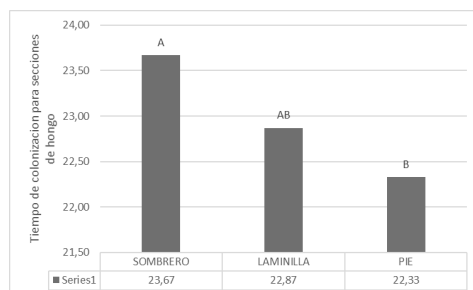
Merino (2019), comenta que al aislar una cepa a partir de un hongo en fresco es mejor obtener pequeñas secciones de hongo del interior del pie para facilitar su prendimiento, como también el adecuado uso de desinfectantes ayudará que la sección de hongo sea más viable al momento de colocar en el medio de cultivo, seguido por c_2 (laminilla), con $0,0189 \text{ cm}^2/\text{hora}$. Las laminillas están dispuestas radialmente, se encuentran espaciadas unas a otras en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción, duran alrededor de 8 a 12 meses, de tal forma que más fresco sea el hongo existe mayores probabilidades de que la espora se encuentre en las laminillas y su prendimiento sea rápido al momento de aislarlo en el medio de cultivo. (García *et al.*, 2006) y por último c_1 (sombrero), una baja tasa de crecimiento micelial de $0,0139 \text{ cm}^2/\text{hora}$. El sombrerillo al ser parte superior de la seta y al tener contacto con las laminillas, existe una baja probabilidad de prendimiento y crecimiento de micelio al momento de tener contacto con el medio de cultivo, por lo tanto, no es recomendable su multiplicación. (Gaitán-Hernández, *et al.*, 2006).

Tiempo de colonización del micelio (TCLM)

En el análisis de varianza se observó efectos estadísticamente significativos para el factor de estudio C (Secciones de hongo), en cambio para los factores, A (Medios de cultivo) y A*C (Medios de cultivo * Secciones de hongo) no se presentó significancia al 5%.

Figura 6.

Tiempo de colonización del micelio para secciones de hongo



Fuente: Propio

En la figura 6. se observa que c_1 (sombrero) y c_2 (laminilla), colonizaron en su totalidad la caja Petri en un tiempo mayor de 23,67 y 22,87 días. Al respecto Song (2005), menciona que el último factor para el crecimiento del hongo es la provisión de un ambiente apropiado para su crecimiento vegetativo como reproductivo, son fácilmente afectados, por tanto, el éxito o fracaso del cultivo de los hongos depende del control de las condiciones de incubación. Pero c_2 (laminilla) y c_3 (pie), llegaron a colonizar en un tiempo menor de 22,87 y 22,33 días. Al respecto Carrillo (2003), indica que las reacciones anabólicas y catabólicas que realizan estos organismos siguen lo que se llama rutas metabólicas; ambos tipos de rutas se combinan unas con otras para producir compuestos específicos y esenciales, estas rutas facilitarán la asimilación y disponibilidad de fuentes de carbono presentes en el medio de cultivo.

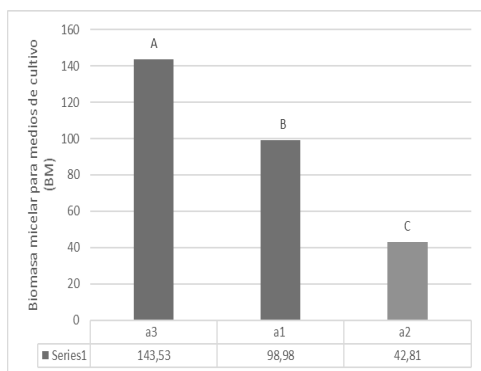
Demostrando de esta manera que la sección c_3 (Pie), es el que asimilo

mucho mejor los nutrientes del extracto de malta y obtuvo un mejor tiempo de 22,33 días de colonización para la multiplicación micelar del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Biomasa micelar (BM)

Figura 7.

Biomasa micelar para medios de cultivo



Fuente: Propio

Los medios de cultivo a_3 (15 g de extracto de malta), presento una alta biomasa micelar de 143,53 mg/caja, Según Alave (2008), menciona que por lo general los cultivos de microorganismos como los hongos saprofitos (*Lentinus*, *Pleurotus* y *Agaricales*), crecen muy bien en medios sólidos, obteniendo mayor producción de biomasa en comparación al cultivo sumergido. Seguido por a_2 (10 g de extracto de malta) con un 98.98 mg/caja. La actividad metabólica reduce debido a la disminución de los nutrientes en el medio de cultivo por lo tanto los microorganismos dejan de multiplicarse reduciendo el crecimiento. A medida que el micelio se desarrolla sobre la superficie del medio de cultivo

alcanzará un mayor radio, produciendo un incremento en el rendimiento de Biomasa Micelar. (Cruz y Hermosilla, 2003).

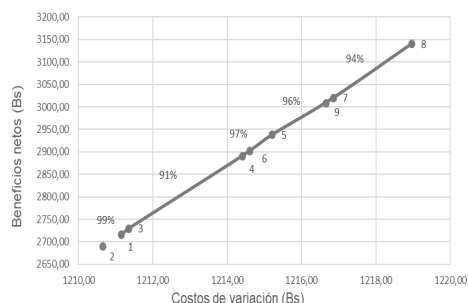
Comparación de costos parciales

Se realizó un análisis de costos de producción para la obtención de micelio-semilla del hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de secciones de hongo con diferentes medios de cultivo. En el siguiente cuadro se observa el presupuesto parcial que se utilizó para la producción de micelio en un litro de medio de cultivo, en base a los datos obtenidos en este trabajo de investigación de tesis.

Para realizar la curva de beneficios netos, se realizó el análisis de dominancia el cual se efectúa, primero ordenando los tratamientos de menores a mayores en totales de costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. En el orden de los tratamientos de menores a mayores en totales de costos que varían dando a conocer de esta manera existe dominancia para los tratamientos a_1c_2 (5 g de extracto de malta + laminilla), a_2c_3 (10 g de extracto de malta + laminilla) y a_3c_3 (15 g de extracto de malta + pie) y con los datos obtenidos se realizó la curva de beneficios netos.

Figura 8.

Curva de beneficios netos y costos de variación



Fuente: Propio

Para el análisis de ganancias, tener en cuenta que no se basa necesariamente en la tasa de retorno marginal, también se debe considerar en el tratamiento que obtendrá mejores ganancias y características al momento de comercializarlo. Demostrando de esta manera que el tratamiento 8 ($a_3c_2 = 15$ g de extracto de malta + laminilla) es el mejor por que presenta mejores ganancias y características, de tal forma que por cada 1 Bs invertido recuperará 0,94 Bs.

Con los datos de beneficios netos obtenidos se realizó los costos de producción de cada tratamiento donde a_3c_2 (15 g de extracto de malta + laminilla) es el tratamiento con mejores características, presenta un costo de producción de 30,42 Bs/caja. Demostrando de esta manera que el tratamiento a_3c_2 (15 g de extracto de malta + laminilla) es el mejor para obtener un costo de producción alto para la producción de micelio del hongo (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de la investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

La mejor concentración de extracto de malta en el medio de cultivo para las diferentes secciones del hongo *Pleurotus ostreatus*, es 15 g de extracto de malta, el cual presentó una biomasa micelar de 130,06 mg*caja⁻¹ (sombbrero), 163,92 mg*caja⁻¹ (laminilla) y 126,6 mg*caja⁻¹ (pie); de tal forma que esta variable es una de las características más importantes al momento de comercializar el micelio.

Para días de inicio a la formación de micelio - laminilla es el mejor con tres días y para porcentaje de elongación pie es la mejor sección con 26,80%, para tasa de crecimiento micelial el mejor es de pie que presentó un 0,0222 cm²*h⁻¹, para tiempo de colonización la mejor sección es de pie con 22,33 días y para Biomasa micelar - laminilla con 102,47 mg*caja⁻¹, es la mejor sección.

La interacción efectiva fue entre las concentraciones de extracto de malta en el medio de cultivo y las diferentes secciones del hongo *Pleurotus ostreatus*, fue 15 g de extracto de malta + laminilla, el cual presentó una biomasa micelar de 163,92 mg*caja⁻¹; de tal forma que esta variable es una de las características más importantes al momento de comercializar el micelio.

Referencias bibliográficas

- Alave, P. 2008. Evaluación del crecimiento micelar de hongos comestibles (*Agaricus blazei*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus* sp) en tres cereales como sustrato. Universidad Mayor de San Andrés. 89 p.
- Carrillo, L. 2003. Microbiología Agr_ Vida y muerte de microorganismos. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Salta (UNASA),
- Cerzos. 2017. Manejo de la temperatura durante la corrida del micelio o incubación del hongo Ostra (*Pleurotus* spp.). Consultado 27 de Agosto. Disponible en <https://lbhcmcerzos.wixsite.com/lbhcmcerzos/single-post/2017/03/30/manejo-de-la-temperatura-durante-la-corrida-del-micelio-o-incubaci%C3%B3n-del-hongo-ostra-pleu#:~:text=EI%20micelio%20del%20hongo%20ostra,de%2020%20a%2030%C2%BA%20C>.
- Cruz, M. y Hermosilla, G. 2008. Biología de microorganismos. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos43/Almidones/almidones2.shtml>
- Gaitán-Hernández, R.;Pérez, R. y Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. México, Instituto de Ecología.
- García, J.;Pérez, J.;Aldrete, A.;Cetina, V. y Vaquera, H. 2006. Caracterización del hongo Silvestre Ectomicorrizo *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker el Couch en cultivo y en simbiosis con eucalipto y pino. Agrociencia. Place Published, 665-676.
- Lander. 2022. como cultivar champiñones totalmente gratis. Consultado 31 de Octubre. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=2EKzqK0aXX8>
- Merino, J. 2019. Extraer esporas de una seta. Consultado 31 de Octubre. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=lfzd8R2vBAC>
- OEI, P. 2003. Mushroom cultivation. tercera ed. Holanda, Leiden,
- Song, B. 2005. Manual del cultivador de Hongos I, Cultivo de hongo Ostra. Disponible en http://www.biologia.edu.ar/micologia/archivospdf/13_micologia.pdf
- Ticona, M. 2020. Establecimiento en condiciones invitro de isaño (*Tropaeolum tuberosum*) del banco de germoplasma de la estación experimental de kallutaca. Biosfera. Place Published.
- Velasco, J. y Vargas, E. 2004. cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). Texcoco, México. Colegio de Postgraduados Montecillo. 24 p.

DISEÑO DE CALENTADOR DE AGUA PARA LA DUCHA, MEDIANTE LA RADIACIÓN SOLAR USANDO BOTELLAS RECICLADAS PARA LA REGIÓN DEL ALTIPLANO

Elaboration of a water heater for the shower, through solar radiation using recycled bottles for the Altiplano region

Carvajal Paco, Luis¹ y Mamani Alarcón, Desiderio²

1 Docente, Carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto. Email: 010luchito@gmail.com

2 Docente, Carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto.
Email: desiciones2000@gmail.com

Resumen

En la región del Altiplano, se ha desarrollado un innovador sistema de calentador de agua para duchas que utiliza la energía solar y botellas PET recicladas para abordar el problema de la contaminación ambiental causada por la proliferación de botellas de plástico desechadas. Este proyecto, respaldado por un enfoque cuantitativo y experimental, ha revelado que la configuración de 21 botellas PET de 2 litros, dispuestas en tres filas, es altamente eficiente para calentar agua. Tras 6 horas de exposición solar, este diseño alcanzó una temperatura de 65 °C, y lo que es más importante, mantuvo el calor durante un período prolongado. Este enfoque no solo disminuye el consumo de energía eléctrica y los costos asociados, sino que también promueve la reutilización de botellas PET, contribuyendo significativamente a la mitigación de la contaminación ambiental. Además, es una solución versátil que puede implementarse en una variedad de entornos, desde áreas rurales hasta zonas urbanas. En resumen, este proyecto ofrece una solución sostenible y efectiva para el calentamiento de agua en la región del Altiplano, abordando de manera integral la preservación del medio ambiente, la eficiencia energética y la reducción de costos económicos para las comunidades locales.

Palabras clave: Botellas desechables, contaminación, radiación solar, ducha ecológica.

Abstract

In the Altiplano region, an innovative water heater system for showers has been developed, utilizing solar energy and recycled PET bottles to address the environmental pollution issue caused by the proliferation of discarded plastic bottles. This project, supported by a quantitative and experimental approach, has revealed that the configuration of 21 PET bottles of 2 liters, arranged in three rows, is highly efficient for heating water. After 6 hours of solar exposure, this design reached a temperature of 65°C, and, more importantly, it retained the heat for an extended period. This approach not

only reduces electricity consumption and associated costs but also promotes the reuse of PET bottles, significantly contributing to mitigating environmental pollution. Furthermore, it is a versatile solution that can be implemented in a variety of settings, from rural areas to urban zones. In summary, this project offers a sustainable and effective solution for water heating in the Altiplano region, comprehensively addressing environmental preservation, energy efficiency, and cost reduction for local communities.

Keywords: Disposable bottles, pollution, solar radiation, ecological shower

Introducción

El diseño de calentador de agua para la ducha, mediante la radiación solar usando botellas recicladas para la región del Altiplano, establece una relevancia y el propósito del estudio es, mostrar la importancia de desarrollar un calentador de agua ecológico mediante reciclados de botellas PET en la región del Altiplano.

El calentador de agua termodinámico en las duchas solares, es muy eficiente, funciona sin la utilización de energía eléctrica, juega un papel importante para la sociedad tanto en área urbana y rural, ya que ahorra energía eléctrica y es de bajo costo, que reduce la contaminación ambiental. Ya que se utiliza las energías solares durante el día para calentar un fluido líquido que va a ceder el calor al volumen de agua a las botellas. Al contrario de lo que ocurre con un calentador de agua con energía eléctrica (periódico la Patria, 2011), la ducha tiene una potencia de 500 watios, con esto, el agua se calienta a través de una resistencia eléctrica. El presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo. El método que se ha empleado para llevar adelante este trabajo es experimental.

El alto consumo de energía eléctrica en las duchas convencionales por la sociedad es relativamente alto y sus tarifas por su uso es elevado. El cual motivó diseñar y construir una ducha ecológica, a base de botellas plásticas recicladas, que permita ahorrar energía eléctrica y la economía de las familias. Asimismo, se podrá construir en cualquier espacio (área rural, zonas urbanas y periurbanas). Sin embargo, la implementación de las duchas solares, permitirá a las familias de las áreas rurales tener acceso al equipo elaborado artesanalmente. Por todo lo antecedido, el objetivo de este trabajo fue diseñar el calentador de agua para la ducha, mediante la radiación solar usando botellas recicladas para la región del Altiplano.

Materiales y Métodos

Diseño del Estudio

En este trabajo se llevó bajo el enfoque cuantitativo de tipo experimental para evaluar el rendimiento de un calentador de agua solar construido con botellas PET recicladas en la región del Altiplano.

Procedimiento

Se recolectaron botellas PET de 2 litros desechadas por consumidores de bebidas gaseosas, asegurándose de quitar etiquetas y residuos de pegamento.

Se adquirió material adicional, incluyendo 12 metros de manguera de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, 6 uniones "T", 2 codos de la misma medida, rollos de teflón, dos llaves de tipo inglesas, 1 tarraja de $\frac{1}{2}$ pulgada, silicona para el pegado de las botellas, pintura negra a gasolina, y una brocha de 4 pulgadas de ancho y una caja de madera para acomodar las botellas.

Se perforaron orificios en la base de cada botella para permitir el flujo de agua y se ensamblaron las botellas en columnas utilizando manguera de riego como soporte.

Los calentadores solares se colocaron en una ubicación adecuada, preferiblemente orientados hacia el norte y expuestos a la radiación solar directa.

Se introdujo agua por la parte superior de los calentadores y se monitoreó la temperatura resultante después de 25 minutos de exposición solar.

Se repitieron las pruebas en diferentes momentos del día y bajo diferentes condiciones climáticas para evaluar la variabilidad en el calentamiento del agua.

Figura 1.

Calentador de agua



Fuente: Elaboración propia

Análisis de Datos

Se analizaron los datos recopilados mediante análisis descriptivos, incluyendo la temperatura promedio del agua alcanzada por cada configuración de calentador solar y la capacidad de retención de calor.

Equipo y Materiales

El equipo utilizado es un taladro eléctrico o manual, una mecha de copa de $\frac{1}{2}$ pulgada para perforar las botellas, herramientas para el montaje de las columnas de botellas, y un termómetro para medir la temperatura del agua.

El calentador de agua termodinámico utiliza la energía solar, a partir de la radiación del sol los condensadores que se conectan a las duchas solares tienen 42 litros obedeciendo las cantidades de botellas.

El horario de calentamiento del agua fue durante todo el día, y las horas determinantes fue entre las 10:00 a.m. hasta las 16:00 p.m.

La presión del agua como mínimo 2.5-4 metros columna de agua.

Figura 2.

Materiales utilizados



Fuente: Toma Propia

El tiempo calculado que tarda en calentar toda el agua del acumulador es de unas 2 a 4 horas. Teniendo en cuenta las horas de sol que hay en el día, con un acumulador medio (de al menos 25 litros), podrían ducharse hasta 5 o 6 personas en un día (Martínez E. 2021).

La ubicación de la ducha solar es en función al movimiento del sol y en lugar más soleado; para lo cual se debe evitar de cualquier infraestructura que pueda darle sombra. Asimismo, debe ser instalado con dirección hacia el norte, para aprovechar la mayor cantidad de rayos solares.

Por su parte, Valencia F. (2012), realizó pruebas con tiempos distintos de entre 2 y 5 horas, en el cual se observó que puede alcanzar temperaturas de 61°C, 65°C y 67°C sin rebasar los 70°C.

En ese sentido, Lio G. (2021) menciona que esta variación

en el tiempo de exposición y la temperatura alcanzada está en función completamente del estado del tiempo.

Una vez que el agua ha alcanzado cierta temperatura y se mantiene estable es posible mantenerla a dicha temperatura por tres o cuatro horas siempre y cuando se mantenga el calentador solar ecológico expuesto a la radiación solar en caso contrario se mantiene una hora y empieza a bajar la temperatura lentamente hasta alcanzar su temperatura ambiente. (Charles E. Mortimer, Química, Editorial Iberoamericana).

Al respecto Sierra J.S. (2021), menciona con este proyecto se tomará este diseño para adaptarlo a la región andina. Después de dos meses de prueba con diferentes materiales, pegamentos, es encontrado un buen sistema de autoconstrucción. Sin embargo, es indispensable conocer estas recomendaciones antes de empezar la construcción de su calentador.

En un análisis del consumo eléctrico de una regadera de 600 wats, se calculó que una ducha de 15 minutos consume 150 wats. Usando una frecuencia de 6 días a la semana durante un mes (30 días), el consumo mensual total es de 3900 wats, equivalente a 3.9 kilovatios de electricidad. En Bolivia, con un costo promedio de 0.84 Bs. (INE, 2021), por kilovatios de electricidad, el costo mensual estimado es de 3.28 Bs.

La fórmula utilizada para calcular el costo es:

$\text{Costo} = \text{Consumo (en kg)} \times \text{Costo por kg}$
 $\text{Costo} = 3.9 \text{ kg} \times 0.84 \text{ Bs/kg} = 3.28 \text{ Bs.}$

El calentador de agua termodinámico es una innovación que aprovecha exclusivamente la radiación solar. Según un estudio de (Lio G. en 2021), este sistema de calefacción puede reducir el consumo de energía en comparación con un calentador de agua convencional, llegando a ser hasta tres veces más eficiente.

Cuando se trata de las necesidades de cuidado personal en los hogares, se estima que se requieren alrededor de 30 litros de agua por persona, según los hallazgos de (Martinez, 2021). Este dato es relevante para calcular las necesidades de agua caliente y dimensionar adecuadamente los sistemas de calentamiento de agua.

La ducha solar posee un sistema de captación de radiación solar que se lleva a cabo mediante un acumulador de agua con la capacidad que ronda entre los 15 y 40 litros de agua, aunque por supuesto, se puede realizar la instalación de un sistema con mayor capacidad. Las duchas solares más conocidas poseen un sistema de captación solar denominado Soltub aunque es mucho más sofisticado que un corriente tubo pintado de negro, que es lo que parece a primera impresión, o en algunos casos, una gruesa tubería hecha de plástico. (Valencia F. 2012).

La construcción de un calentador solar con botellas pet, una alternativa para ahorrar energía eléctrica y de bajo costo con

material reciclado es algo muy simple y útil, especialmente para quienes necesiten ahorrar dinero en gas de garrafas o que usen leña para calentar agua. También es de interés para los que apoyan a la ecología y medio ambiente.

Las botellas plásticas en los últimos años han predominado bastante en los lugares donde se cultivan productos comerciales, utilizando la técnica manual de las 3 Rs Reducir, Reutilizar y Reciclar, es así que una gran mayoría de las familias tratan de aprovechar los rayos solares para calentar el agua en estas botellas.

Se trata de aprovechar la energía solar que no tiene costo y utilizar botellas de plástico desechable que se tiran a la basura., consiste en crear un pequeño invernadero en cada botella y pasar por dentro de la misma una manguera de riego (polietileno). El procedimiento para construir el calentador solar es el que se describe a continuación:

Recolectar al menos 66 botellas descartables de gaseosas de 2 litro, todas iguales y quitarles la etiqueta.

Se hace un orificio en la base de cada botella, igual al diámetro del orificio que tiene la botella en el sector de la tapa. Una vez hechos los orificios en las 30 botellas, se deben cortar cinco tramos de dos metros cada uno de manguera negra de polietileno. A continuación, se une una botella con la otra, insertando el cuello de una en el orificio perforado en la base de otra, para formar una columna de 10 botellas, y luego se

introduce un trozo de manguera de 2 metros dentro de la misma. Repitiendo ese paso cinco veces, se han usado las 30 botellas y se dispone de una “parrilla”, que se termina de armar poniendo codos en los extremos y uniones “T” en el medio. Se arma así el colector del calefón como indica la figura.

Se coloca esta parrilla al sol, en un techo de chapa y orientada hacia el Norte, preferentemente, después se introduce agua por la parte inferior. Al cabo de 15 minutos de exposición a los rayos solares, sale por la parte inferior agua a unos 45 ó 50 grados, listo para usar. Esto sucede por un principio físico llamado “termosifón”.

Se puede agregar un contenedor de 200 litros aislado para almacenar el agua caliente. Con el que se puede construir un termo-tanque casero, para que el agua calentada por el sol, durante el día, se pueda utilizar también de noche.

Resultados y discusión

La energía eléctrica

Como 500 wats, tiene su equivalencia a $\frac{1}{2}$ kilovatios de electricidad por hora, comparando los gastos de consumo eléctrica 500 wats dividido entre 60 minutos es 8.33 wats, este se multiplica a 15 minutos (por persona) 125 wats por día, en los 30 días del mes el consumo de energía eléctrica es 3750 wats. Así mismo el uso de las botellas desechable para evitar la contaminación al ambiente.

La construcción del calentador solar ecológico incluyó pruebas

de comparación de su eficiencia de calentamiento. Durante estas pruebas, se observó que el promedio de la temperatura inicial del agua, considerando 21 botellas expuestas a 2 horas de radiación solar, alcanzaba los 25°C. Este nivel de calentamiento permite un uso práctico.

Por otro lado, el calentador solar compuesto por 21 botellas logró elevar la temperatura del agua a 43°C en 4 horas de exposición a la radiación solar. Este sistema se considera adecuado para su utilización en el calentador.

Sin embargo, se observó que el calentador compuesto por una caja de 21 botellas es la opción más recomendable debido a su alto rendimiento. En 6 horas de exposición a la radiación solar, logra elevar la temperatura del agua a 55°C. Esto lo convierte en la elección óptima en términos de aprovechamiento de la radiación solar y eficacia en el calentamiento del agua.

El calentador solar ecológico manteniendo en mayor cantidad de sol un promedio de 4 horas el agua, alcanza a una temperatura de 44 °C como máximo. Se realizaron pruebas con tiempos diferentes entre 4, 6 y 8 horas en el cual se observa que puede alcanzar con temperaturas promedios de 44°C, 57° C y 65°C sin rebasar los 68°C. Esta diferenciación en el tiempo de exposición al sol.

Así mismo se tiene que ver el estado de tiempo: si esta nublado, poco nublado y día soleado, lo

más aconsejable en un tiempo soleado una vez calentado el agua se mantiene las más estable el calentador solar ecológico. El agua

calentada, se mantiene 3 a 5 horas constante, su mayor calentamiento de agua a exposición solar es de entre 9:00 a.m. y 14:00 p.m.

Tabla 1.

Tiempo de calentamiento en horas

Cantidades	Horas	Calentamiento en °C	Mantiene T° en horas
21 botellas	2	25°	3 a 3:20
21 botellas	4	43°	3 a 4
21 botellas	6	55°	4 a 5

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos

Tabla 2.

Mantenimiento de T°

Cantidades	Horas	Calentamiento en °C	Mantiene T° en horas
21 botellas	4	44°	3 a 4:15
21 botellas	6	57°	4 a 5
21 botellas	8	65°	5 a 6

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos

Resultados de comparación

Este estudio comparó el desempeño del calentador solar ecológico construido con diferentes cantidades de botellas PET recicladas.

Se realizó con la inclinación de la caja de las botellas, que se establece a 45° **con predisposición hacia el sol, para tomar mejor la temperatura.** Calentamiento de Agua: Con 21 botellas PET, el calentador logró elevar la temperatura del agua a un promedio de 44°C después de 4 horas de exposición solar. Extendiendo el tiempo de exposición a 6 horas, el calentador con 21 botellas mantuvo el agua a una temperatura de 57°C,

mientras que el de 21 botellas logró mantenerla a 58°C hasta los 65°C, con un tiempo hasta 8 horas.

Estos resultados respaldan la eficacia de la construcción de un calentador solar ecológico utilizando botellas PET recicladas y ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en esta área.

Cabe indicar que los valores específicos pueden variar según las condiciones locales y el diseño exacto del calentador, por lo que se recomienda un ajuste adecuado en función de las necesidades individuales y las condiciones ambientales de cada zona.

Conclusiones

Después de obtener los resultados del presente trabajo, se afirma que la construcción de ducha solar ecológico, es una alternativa para ahorrar la energía eléctrica. Su procedimiento es eficaz para calentar el agua.

Evita la contaminación ambiental, al reutilizar las botellas plásticas.

La construcción de un calentador solar ecológico utilizando botellas PET recicladas, es una alternativa efectiva y sostenible para calentar agua en la región del Altiplano. Con mayor cantidad de botellas, se logra un mejor rendimiento en términos de calentamiento y retención de temperatura.

Este enfoque no solo tiene el potencial de ahorrar energía eléctrica también contribuye a la reducción de la contaminación ambiental al promover la reutilización de botellas PET desechadas.

Es una solución versátil que se puede adaptar fácilmente a una variedad de entornos, desde áreas rurales hasta zonas urbanas y periurbanas.

Referencias bibliográficas

Lio Guillermo (2021). Construye tu termo
tanque solar casero y siéntete libre.
Valencia Ferney (2012).
Calentador
solar casero con botellas pet súper
mejorado.

Sierra Zúñiga Juan Santiago (2021).
Calentador solar casero.

Quispe Illa Vilma (2021). Terma solar
con
material reciclado, canal eco
ambiental.

Solís Seryo (2019). Calentador
termo tanque solar casero.

Martínez Elizabeth Marié (2021).
calentador solar casero.

Indicadores de Consumo de Energía
Eléctrica a Ene/2022. (2021, 31
de diciembre). INE; Instituto
Nacional Estadística.

CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO Y MANEJO DEL RIEGO POR GOTEO A CAMPO ABIERTO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Considerations on the design and management of open field drip irrigation at the Kallutaca Experimental Station

Tola Aguilar, Diego Orlando¹

1 Docente - Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto. Email: diegotolaguilar@gmail.com

Resumen

Las proyecciones sobre cambio climático avizoran mayores periodos de déficit hídrico en regiones como el Altiplano, es en este sentido que se requieren soluciones prontas para adaptarse. El riego por goteo es una técnica que se adapta a diferentes tipos de suelos y condiciones de salinidad. Así también, la aplicación de agua en el suelo de manera localizada permite una mayor eficiencia en su uso, siendo por tanto un elemento clave para lograr la agricultura sustentable. El manejo del riego influye sobre el movimiento del agua en el suelo y en el uso de tal recurso. Una de las herramientas más adecuadas para lograr un adecuado manejo del riego, es la programación del riego, la cual debe estar apoyada en un conocimiento sobre las condiciones edáficas para poder determinar el tiempo y la frecuencia de riego. El presente trabajo tiene el objetivo de brindar recomendaciones para el diseño y manejo adecuados del riego por goteo a campo abierto en la Estación Experimental de Kallutaca (EEK) - UPEA, para ello se consideró un terreno ubicado dentro de los predios de la EEK, del cual se tomó una muestra de suelo con fines de caracterizar sus propiedades hidrofísicas, así también se recreó el efecto del humedecimiento del suelo bajo riego por goteo (bulbo húmedo), mediante un banco de pruebas y una urna de vidrio. Se identificó que el suelo presenta características adecuadas para el riego por goteo. Para un adecuado proceso de humedecimiento del suelo se recomienda utilizar emisores con caudales iguales o inferiores a 1.5 L/h. Con espaciamientos de 0.50 m se logra una intensidad de aplicación de 7.5 mm/h. En caso de contar con goteros de menor caudal, la tasa de aplicación deberá compensarse reduciendo el espaciamiento entre emisores.

Palabras clave: Bulbo húmedo, urna de vidrio, intensidad de aplicación.

Abstract

Climate change projections foresee longer periods of water deficit in regions such as the Altiplano, which requires prompt solutions to adapt. Drip irrigation is a technique that adapts to different types of soils and salinity conditions. Also, the application of water to the soil in a localized manner allows for

greater efficiency in its use, thus being a key element in achieving sustainable agriculture. Irrigation management influences the movement of water in the soil and the use of this resource. One of the most appropriate tools to achieve adequate irrigation management is irrigation scheduling, which should be supported by knowledge of soil conditions in order to determine the time and frequency of irrigation.

The objective of this work is to provide recommendations for the adequate design and management of open-field drip irrigation at the Estación Experimental de Kallutaca (EEK) - UPEA, for which a soil sample was taken in order to characterize its hydrophysical properties, as well as to recreate the effect of soil wetting under drip irrigation (wet bulb), using a test bench and a glass urn. It was identified that the soil has suitable characteristics for drip irrigation. For an adequate soil wetting process it is recommended to use emitters with flow rates of 1.5 L/h or less. With spacings of 0.50 m, an application intensity of 7.5 mm/h is achieved. In case of using drippers with lower flow rates, the application rate should be compensated by reducing the spacing between emitters.

Keywords: Wet bulb, glass urn, application intensity.

Introducción

A nivel mundial la creciente demanda de alimentos, está intensificando la presión sobre la agricultura. Para afrontar este desafío se requiere identificar y promover técnicas que permitan incrementar el rendimiento de los cultivos de manera sostenible. En el caso del Altiplano Boliviano, el riego tecnificado ha sido una de las tecnologías que más se ha venido impulsándose para incrementar la productividad de los cultivos, sin embargo la aplicación irracional del riego está ocasionando serios impactos ambientales sobre los recursos hídricos de las cuencas de los lagos Titicaca y Poopó (Lima et al., 2021). Siendo por tanto importante tener mucho cuidado en el diseño e implementación de sistemas de riego a fin de que esta tecnología permita un uso eficiente del recurso agua.

Los métodos de riego hacen referencia a la forma como se aplica el agua sobre el suelo (Lozada, 2008). Destacando el método de riego por goteo por su alta eficiencia debido a que permite un mayor control sobre las aplicaciones de agua, fertilizantes y pesticidas (García, 2015). El riego por goteo consiste en la aplicación de agua en una zona más o menos restringida del volumen del suelo que habitualmente ocupan las raíces (Moya, 2009). La aplicación se realiza mediante emisores que echan el agua gota a gota de forma continua (Fuentes y García, 1999). La teoría desarrollada sobre el riego por goteo es amplia, sin embargo, cada sistema de riego debe tener una particular forma de funcionamiento que este adecuada al suelo y clima locales (Pereira et al., 2010).

Para lograr un dimensionamiento adecuado de los sistemas de riego

por goteo a fin de optimizar su desempeño, es importante conocer el comportamiento del humedecimiento del suelo mediante la determinación del bulbo húmedo, definido como el volumen de suelo humedecido por un emisor de riego por goteo (Fuentes y García, 1999). La forma y tamaño del bulbo húmedo está supeditado al movimiento del agua en el suelo, que se da por gravedad en los macroporos y capilaridad en microporos. Depende de factores tales como la textura del suelo, estratificación, pedregosidad, el caudal del emisor, tiempo de riego pendiente del terreno, compactación (Moya, 2009). La proyección horizontal del bulbo húmedo es de gran importancia para determinar el espaciamiento entre emisores, siendo este un paso previo al diseño hidráulico (Lozada, 2008). Así también las dimensiones del bulbo húmedo permiten realizar una correcta operación del riego por goteo, pues permite determinar el tiempo de riego y la tasa de aplicación (Hoogendam y Ríos, 2008), siendo importante hacer coincidir la profundidad del bulbo húmedo con la profundidad del sistema radicular de la planta (Maia et al., 2010).

La caracterización del bulbo húmedo bajo riego por goteo puede obtenerse por cuatro métodos: a) Ensayos de campo, b) uso de sensores para medir cambios de humedad c) ecuaciones empíricas y d) modelos matemáticos. Dada la gran heterogeneidad de los suelos los métodos indirectos como modelos o ecuaciones solo deben utilizarse con carácter referencial, siendo mucho más fiables los métodos directos en campo.

El presente trabajo tiene por objetivo brindar un marco de trabajo para el diseño y manejo adecuados del riego por goteo a campo abierto en la Estación Experimental de Kallutaca y áreas con similares características. Para ello se analizó el bulbo húmedo que se obtiene en el suelo mediante un banco de ensayo de riego por goteo.

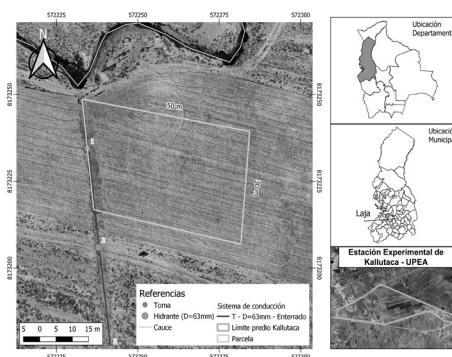
Materiales y Métodos

El área de estudio se ubica dentro de la Estación Experimental de Kallutaca – UPEA (EEK) (figura 1), en el municipio de Laja del departamento de La Paz.

El terreno estudiado abarca un área de 1500 m² (30m x 50m), tiene un relieve plano ($S < 1\%$) y corresponde a un área cultivada con anterioridad.

Figura 1.

Área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Caracterización hidrofísica del suelo

Para caracterizar el suelo del área de riego, se realizó un muestreo mediante un transecto, obteniendo una muestra compuesta, que posteriormente fue cuarteada y llevada al laboratorio.

Las propiedades hidrofísicas del suelo se estimaron ingresando los resultados del análisis físico químico del suelo en el software Soil Water Characteristics Ver. 6.02.74 (Saxton and Rawls, 2006).

Ensayo de riego por goteo

Para evaluar el comportamiento del perfil de humedad del suelo bajo riego por goteo, se fabricó un banco de prueba, compuesto por urnas de vidrio de dimensiones 0.10m x 0.50m x 0.30m y 0.15m x 0.50m x 0.30m, rellenas en su interior con suelo del área de riego (figura 2). El Banco de ensayo de riego por goteo se compuso por una cinta de goteo marca Rivulis T-Tape de diámetro 16 mm, caudal de 1.5 L/h y presión de servicio de 0.55 bar, impulsado por un tanque elevado.

Figura 2.

Banco de ensayo para riego por goteo y urna de vidrio

Fuente: Elaboración propia

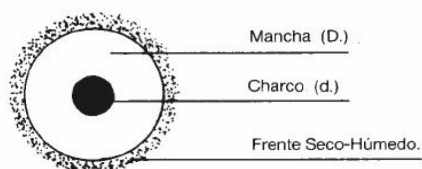


El ensayo se realizó durante 15 minutos, al finalizar el tiempo se

midieron con una cinta métrica las dimensiones de los componentes del bulbo húmedo propuestos por Moya (2009): charco (zona con alta humedad, perpendicular al gotero), mancha (zona húmeda mucho más amplia producida por infiltración en tres dimensiones) y un frente seco-húmedo que caracteriza a la periferia del bulbo húmedo (Figura 3).

Figura 3.

Proyección horizontal del bulbo húmedo



Fuente: Moya (2009)

Evaluación de la aplicación del riego por goteo

En base a los resultados del ensayo de riego por goteo, se calculó el espaciamiento entre emisores considerando un espaciamiento equivalente al 60% del diámetro de mojado de los emisores a fin de lograr una adecuada uniformidad de aplicación (Hoogendam y Ríos, 2008).

En base al diámetro de mojado y caudal del emisor se determinó la intensidad de aplicación utilizando la siguiente expresión (Hoogendam y Ríos, 2008):

Donde:

I_a = Intensidad de aplicación (mm/h)

q = Caudal del emisor (L/h)

b = Espaciamiento entre emisores (m)

r = Diámetro del bulbo húmedo al 80%

Resultados

Características hidrofísicas del suelo

En la tabla 1 se presentan las características fisicoquímicas del suelo del área de riego.

El suelo es de textura moderadamente fina (franco arcilloso), de pH neutro, no salino, no calcáreo, moderadamente sódico (PSI = 12.03%) y con un contenido medio de materia orgánica.

La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo es alta (14.8% = 225 mm/150 cm de prof.) debido en parte al contenido de arcilla que posee, mientras que la conductividad hidráulica en estado de saturación es moderada (4.73 mm/h). La densidad aparente estimada es superior a la medida en laboratorio, tal diferencia se debió en parte a que el método utilizado en laboratorio correspondió a muestras disturbadas.

Tabla 1.

Parámetros físico químicos del suelo en el área de estudio

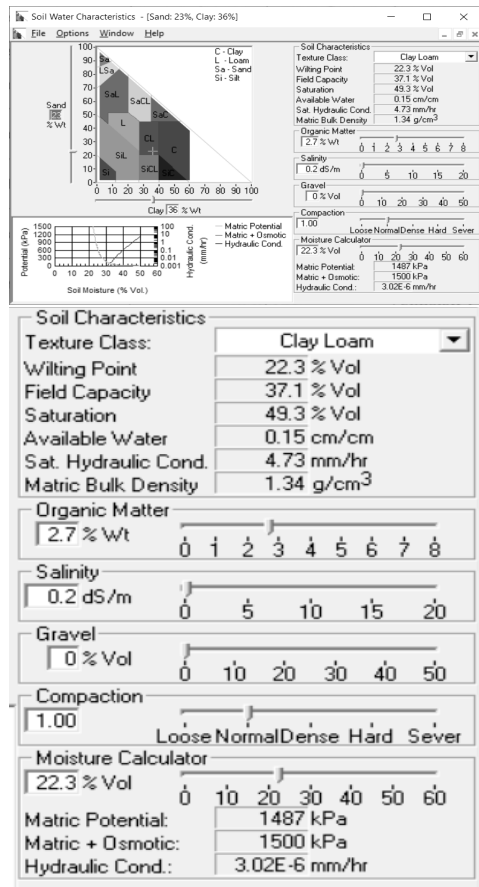
Parámetro	Unidad	Resultado	Método
Arena	%	23	Bouyoucos
Arcilla	%	36	
Limo	%	41	
Clase Textural	-	Franco arcilloso	
Densidad aparente	g/cm ³	1.14	Probeta
pH en H ₂ O (1:5)	-	6.60	Potenciometría
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	0.16	Potenciometría
Carbonatos libres	-	No calcáreo	Efervescencia

Parámetro	Unidad	Resultado	Método
Sodio intercambiable	meq/100 g S	0.54	Acetato de amonio 1N (espectrofotómetro de emisión atómica)
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100 g S	4.49	Acetato de amonio 1N (espectrofotómetro de emisión atómica)
Materia orgánica	%	2.77	Walkley y Black

Fuente: Análisis físico químico de suelo laboratorio LAFASA (septiembre, 2022)

Figura 9.

Propiedades hidrofísicas del suelo estudiado.



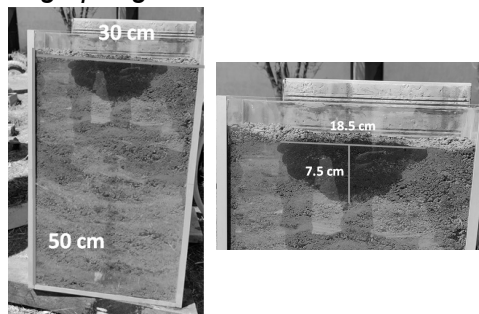
Fuente: Elaborado en base a datos de análisis de laboratorio y el software Soil Water Characteristics Ver. 6.02.74

Ensayo de riego por goteo

El bulbo húmedo del suelo presenta una forma relativamente circular. En 15 min aproximadamente se humedeció una profundidad de 7.5 cm y se generó un ancho máximo del bulbo de 18.5 cm (Figura 5), dando una relación ancho/profundidad de 2.46, entendiéndose que el bulbo presenta una forma más alargada en el eje horizontal.

Figura 10.

Humedecimiento del suelo bajo riego por goteo

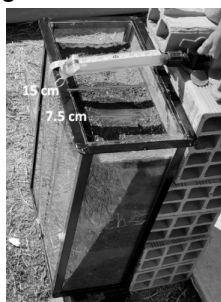


Fuente: Elaboración propia

Los diámetros del charco y la mancha de humedad dieron una relación de aproximadamente 2 ($D = 2d$) (Figura 6).

Figura 11.

Humedecimiento del suelo bajo riego por goteo



Fuente: Elaboración propia

Parámetros de aplicación del riego por goteo

Considerando el diámetro de mojado para una profundidad de 30 cm, se obtuvo un espaciamiento entre emisores de 48.6 cm, asumiendo el espaciamiento comercial inmediatamente superior de 50 cm.

Con los parámetros obtenidos, se logró determinar una intensidad de aplicación de 7.5 mm/h.

Discusiones

Evaluación de la aptitud del suelo con fines de riego

Los datos presentados en la tabla 1 y figura 4, permiten identificar que el suelo desde un punto de vista fisicoquímico se encuentra en la clase A1 (apto para el riego) conforme los estándares para la agricultura bajo regadío propuestos por FAO (1990).

Análisis de los ensayos de riego por goteo

La relación ancho/profundidad del bulbo húmedo fue similar a la obtenida por Porta y López-Acevedo (2005), quienes determinaron que para un humedeciendo a una profundidad de 30 cm se logra un ancho del frente húmedo de 81 cm, para suelos de textura franco arcillosa.

Por otra parte el diámetro del charco y la mancha de humedad obtenidos en el ensayo, dieron una relación próxima a la recomendada por Moya (2009), teniendo por tanto los emisores un desempeño adecuado.

Evaluación de la aplicación del riego por goteo

La intensidad de aplicación obtenida fue superior a la conductividad hidráulica en el estado de saturación del suelo, aspecto por el cual se forma el charco perpendicular al gotero, sin embargo, el mismo no representa un encharcamiento significativo debido a que se obtuvo una relación $D/d = 2$, valor que se encuentra próximo al límite sugerido por Moya (2009).

En el caso de elegir emisores de menor caudal, la tasa de aplicación deberá compensarse con un menor espaciamiento entre goteros a fin de lograr un bulbo húmedo adecuado.

Conclusiones

Se logró caracterizar el bulbo húmedo del suelo del área en estudio, para un goteo con caudal de 1.5 L/h, obteniendo un diámetro de humedecimiento de 81 cm para una profundidad de 30 cm, valores típicos para suelos franco arcillosos.

El espaciamiento recomendado entre emisores con caudal de 1.5 L/h es de 50 cm, y la intensidad de aplicación equivalente de 7.5 mm/h.

La metodología desarrollada puede ser aplicada para identificar el tipo de emisor que permita un humedecimiento adecuado del suelo.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a los estudiantes de la asignatura de

Riegos y Drenajes de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UPEA, gestión II/2022, por su colaboración para el logro del presente trabajo.

Referencias bibliográficas

- ASAE standard ASAE S526.3 September (2007). Soil and water terminology. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* (ASABE), St. Joseph, Michigan, 22 p.
- FAO (1990). Evaluación de tierras para la agricultura en regadío: Directivas. Boletín de suelos de la FAO N°55. Roma, Italia. 289 pp.
- Fuentes, J. L. y García, G. (1999). Técnicas de Riego: Sistemas de Riego en la Agricultura. 1ra Edición. Ediciones Mundi-Prensa. México D.F., México. p. 279 – 341.
- García, J. (2015). Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñana. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, Departamento de Agronomía.
- Hoogendam, P. y C. Ríos (2008). Manual de riego tecnificado para los valles. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente. Dirección General de Desarrollo Rural. p. 43 – 76.
- Lima, N., Escobar, M., Wickel, A., von Kaenel, M. and Purkey, D. (2021). Untangling the effects of climate variability and irrigation management on water levels in Lakes Titicaca and Poopó.

Journal of Hydrology: Regional Studies Vol. 37. ISSN 2214-5818. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100927>

Lozada, A. (2008). El Riego - II. Fundamentos de su Hidrología y su Práctica. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 155 – 179.

Maia, C. E., Luiz, S., Francismar, A. L., y J. Dantas (2010). Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. *Revista Ciência Agronômica*, 41(1), 149-158.

Moya, J.A. (2009). Riego localizado y fertirrigación. 4ta Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 99 – 117.

Pereira, L.S.; de Juan, J.; Picornell, M. y J.M. Tarjuelo (2010). El Riego y sus Tecnologías. Centro Regional de Estudios del Agua. Universidad de Castilla – La Mancha. Albacete, España. p. 112 – 126.

Porta, J. y M. López-Acevedo (2005). Agenda de campo de suelos: Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 267 – 302.

Saxton, K.E. and W.J. Rawls (2006). Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 1569-15.

DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DEL SUELO MEDIANTE CLAVOS DE EROSIÓN BAJO DOS PRÁCTICAS CULTURALES (CON QUEMA Y SIN QUEMA) EN CULTIVOS DE MAÍZ Y ARROZ EN LA COMUNIDAD FLOR DE PRIMAVERA, BENI-BOLIVIA

Determination of Soil Loss by Erosion Nails Under Two Cultural Practices (with Burning and without Burning) in Corn and Rice Crops in the Flor de Primavera Community, Beni-Bolivia

Apaza Vera, Jadler.¹; Villalobos Apaza, Irineo²; Mamani Pati, Francisco.³

1 Ingeniero Agrónomo, Universidad Pública de El Alto - Bolivia. jadlerapaza8@gmail.com

2 Ingeniero Agrónomo, Docente Investigador, Instituto de Investigación, Extensión Agrícola y Posgrado (IINEAP), Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, El Alto - Bolivia. 2023.

Email: irinovich111iva@gmail.com

3 Ingeniero Agrónomo, Docente Ingeniería Agronómica. Universidad Pública de El Alto – Bolivia. fjmpatiyahoo.com

Resumen

La pérdida de suelo por erosión hídrica es un problema creciente en terrenos con inclinación de la Comunidad Flor de Primavera y nuestro país. Este problema afecta a la sostenibilidad de la producción agrícola de los cultivos de maíz, arroz y otros cultivos de interés de la región. El objetivo de este estudio fue determinar la pérdida de suelo bajo dos prácticas culturales (con quema y sin quema) de parcelas de cultivos de maíz y arroz. Para efectuar esta investigación se utilizó un diseño bifactorial con bloques completos al azar. Se evaluaron dos factores principales de práctica cultural (con quema y sin quema) de la parcela y tipo de cultivo (maíz y arroz) con cuatro tratamientos y un total de 12 unidades experimentales. Los resultados de investigación mostraron que la práctica cultural con quema de la parcela provocó una mayor erosión media, sedimentación de suelo, erosión neta y suelo movilizado (147.01, 6.87, 140.8 y 153.21) t*ha⁻¹ y la práctica sin quema (92.38, 11.84, 78.23 y 106.53) t*ha⁻¹ respectivamente. Respecto a la variable tipo de cultivo no influyó en la pérdida de suelo y el rendimiento de las mismas. Con el estudio se concluye que la práctica cultural con quema es un factor importante en la erosión hídrica del suelo. La quema de los residuos vegetales y los rastrojos deja el suelo expuesto a la erosión hídrica. Se recomienda habilitar un terreno para cultivar evitando realizar la quema para reducir la erosión del suelo.

Palabras claves: Pérdida de suelo, Erosión hídrica, Clavos de erosión.

Abstract

Oil loss due to water erosion is a growing problem on sloping land in the Flor de Primavera community and our country. This problem affects the sustainability of agricultural production of corn, rice, and other crops of interest in the region. The objective of this study was to determine the loss of soil under two cultural practices (with burning and without burning) of corn and rice crop plots. To carry out this research, a two-factorial design with complete blocks at random was used. Two main factors of cultural practice (with burning and without burning) of the plot and crop type (corn and rice) were evaluated with four treatments and a total of 12 experimental units. The research results showed that the cultural practice with burning of the plot caused a higher average erosion, soil sedimentation, net erosion, and mobilized soil (147.01, 6.87, 140.8, and 153.21) $t \cdot ha^{-1}$ and the practice without burning (92.38, 11.84, 78.23, and 106.53) $t \cdot ha^{-1}$, respectively. Regarding the crop type variable, it did not influence soil loss and yield. With the study, it is concluded that the cultural practice with burning is an important factor in soil water erosion. Burning crop residues and stubble leaves the soil exposed to water erosion. It is recommended to prepare land for cultivation by avoiding burning to reduce soil erosion.

Keywords: Burning, erosion, water, Practice Cultural

Introducción

La pérdida de suelo es un proceso de degradación del suelo que involucra la erosión y la degradación de la capa superior del suelo, lo que resulta en una disminución de su calidad y productividad (FAO, 2015).

La erosión del suelo es un componente clave de la pérdida de suelo. Puede ser causada por factores naturales como la lluvia intensa y el viento, así como por actividades humanas como la agricultura intensiva y la deforestación (Montgomery, 2007). Entre las principales se tiene la erosión hídrica que ocurre debido al impacto de las gotas de lluvia y al flujo de agua superficial, que transporta partículas de suelo. Puede dividirse en erosión por escorrentía y erosión

laminar, dependiendo de la magnitud del flujo de agua (Giménez *et al.*, 2020).

En nuestro país, principalmente en las partes altas que corresponden a la región de la sierra, el principal factor de degradación del suelo es la erosión hídrica. El daño generado por esta erosión en zonas montañosas, de pendientes irregulares y escarpadas se hace cada vez más evidente, debido a que los fenómenos climáticos son más intensos e irregulares. El suelo agrícola dañado va perdiendo su capacidad productiva, generándose por consiguiente problemas económicos, sociales y ecológicos (Portuguez, 2015) applied to study the erosion in the upper reaches of the river in Arequipa Sigvas. Erosion

is evaluated using the USLE model (Universal Soil Loss Equation).

La metodología de los clavos de erosión es un método experimental sencillo, directo, de gran precisión y principalmente de bajo costo, en los cuales la estimación de pérdida de suelo se realiza totalmente en terreno (FDI, 2008). Los clavos de erosión son una herramienta utilizada para medir la pérdida de suelo por erosión hídrica. Los clavos de erosión son varillas de metal que se insertan en el suelo a una profundidad de 10 a 20 cm. Después de un período de tiempo, los clavos se retiran y se mide la pérdida de suelo por la diferencia en la altura del suelo antes y después del período de medición (FAO, 2017).

Muchos estudios demuestran que el desmonte de los bosques da paso a una erosión y acorta la vida útil de los suelos, reduciendo así la capacidad de producción de los suelos cultivables y es preocupante lo que pasaría en el futuro inmediato, si se sigue erosionando los suelos a gran escala, sería catástrofe y que no habría suficientes suelos cultivables, para producción alimentos de manera que entraríamos en una hambruna mundial según los estudios (Ramos, 2015).

Para este estudio se empleó el método clavos de erosión, con dos prácticas culturales (con quema y sin quema) de parcelas en cultivos de arroz y maíz. Los datos obtenidos de esta investigación son representativos para las zonas tropicales con una topografía pendiente de entre 5 a 12 %.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Comunidad Flor de Primavera perteneciente a la Provincia José Ballivián en las coordenadas 15°09'6.5" latitud Sur y 67°01'59.5" de longitud Oeste de una altitud de 251 m.s.n.m. con una temperatura media de 26 °C y la precipitación está en 1829mm. Su fisiografía es sub andino con fuertes pendientes que incrementan los riesgos de erosión y deslizamiento, posee baja capacidad de almacenamiento de agua por la presencia de fragmentos rocosos y material parental a poca profundidad y el sitio tiene una flora boscosa.

En el proceso de investigación se utilizaron semillas de maíz cubano (*Zea mays*) y arroz variedad carolina (*Oriza sativa*), varillas de metálica y otros materiales.

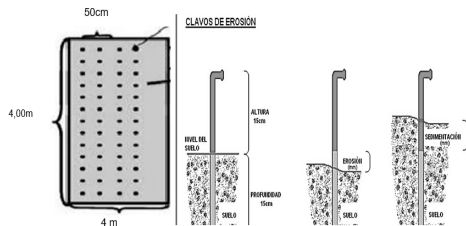
La parcela de investigación tiene una pendiente de 10.2 %, la investigación se inició con el desmonte del cual se quemó una parte y la otra solo se retiró los desechos vegetales. Seguidamente, se delimitó la parcela de investigación.

La investigación se desarrolló bajo un arreglo bifactorial con tres bloques, cuatro tratamientos y un total de 12 unidades experimentales; donde el factor A fue parcelas con quema y parcela sin quema y el factor B son los cultivos de maíz y arroz.

La siembra se realizó mediante el método tradicional (golpe), con una densidad de siembra 20 kg*ha⁻¹ de maíz y 92 kg*ha⁻¹ de arroz.

Figura 1

Instalación de clavos de erosión



Fuente: (Cuitino, 1999).

La instalación de clavos de erosión de dimensión de 30 cm, se instaló en el terreno de forma lineal de 50 cm de largo y 40 cm de ancho con una densidad de 81 clavos por parcela. De igual manera se implementó un pluviómetro casero para medir la precipitación en el proceso de investigación.

La tomó los datos de la erosión del suelo cada 15 días durante cinco meses de noviembre a marzo de la gestión 2021 a 2022, en el proceso se realizó labores culturales de deshierbe cada mes de forma manual después de la toma de datos y finalmente se cuantificaron el rendimiento de cada cultivo.

Las mediciones de las variables:

Cuantificación de la erosión ($t \cdot ha^{-1}$), para estimar el suelo erosionado se multiplica la altura del suelo erosionado por el valor de la densidad aparente y por el área de una hectárea (Pizarro y Cuitiño, 2002).

$$X(t \cdot ha^{-1}) = Y \cdot Da \cdot A$$

Cálculo de la erosión neta ($t \cdot ha^{-1}$), la erosión neta se calculó a través de la diferencia entre la erosión media del suelo y la sedimentación media expresada en toneladas por hectárea (Coitiño, 1999).

$$E_{neta} = E - S$$

Ecuación para cuantificar el suelo movilizado ($t \cdot ha^{-1}$), la expresión matemática permite describir la totalidad de suelo que se moviliza en el terreno, expresado en toneladas por hectárea (Cuitiño, 1999).

$$Sm = E + S$$

El rendimiento de los cultivos en ($t \cdot ha^{-1}$), cuantificar el rendimiento del cultivo de maíz y arroz.

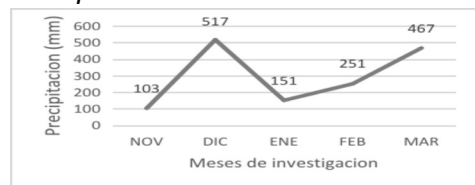
Resultados y Discusión

Precipitación

En la Figura 2, muestra la cantidad de precipitación hídrica mensual, la mayor precipitación se dio el mes de diciembre que alcanzó un total de 517 mm y la menor precipitación el mes de noviembre con 103 mm, que tiene relación con el movimiento de suelo y sedimentos. Al entrar en contacto las gotas de lluvia con el suelo, la magnitud es directamente proporcional a la cantidad de las mismas y a su fuerza de impacto, lo que depende de su diámetro y velocidad de caída y se llama “intensidad” y “tiempo” de precipitación lo que hace mucho en la erosión del suelo, desgastando y transportando así los horizontes más fértiles o en otros casos compactando los suelos desnudos (Almeida, 1984).

Figura 2

Precipitación media 2021-2022



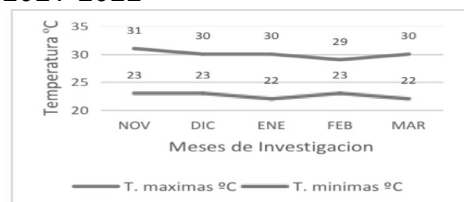
Fuente: elaboración propia

Temperatura

La temperatura máxima se registró el mes de noviembre 2021 de 31 °C y las temperaturas mínimas se registraron en los meses de enero y marzo 2022 con 22 °C.

Figura 3

Temperaturas máximas y mínimas 2021-2022



Fuente: elaboración propia

Cuadro 1.

Análisis físico químico de suelos de las parcelas con quema y sin quema.

Parámetro	PARCELA CON QUEMA		PARCELA SIN QUEMA	
	Resultado	Interpretación	Resultado	Interpretación
pH en agua 1:5	7.3	Básico	6.58	Ligeramente Ácido
Conductividad eléctrica en agua, 1:5, $mmho \cdot cm^{-1}$	0.37	Ninguna	0.08	Ninguna
Calcio Intercambiable, $meq(100g S)^{-1}$	9.93	Muy baja	6.19	Muy bajo
Potasio (K), $meq(100g S)^{-1}$	0.66	Muy bajo	0.01	Muy bajo
Magnesio Intercambiable, $meq(100g S)^{-1}$	2.39	Muy bajo	1.78	Muy bajo
Sodio Intercambiable, $meq(100g S)^{-1}$	0.58	Muy bajo	0.72	Muy bajo

Debido a las temperaturas altas, bajas como el frío y el calor pueden agrietar las rocas y el suelo, ocasionando la erosión del suelo (Twenergy, 2019).

Análisis Físico - Químico del suelo con quema y sin quema

En el cuadro 1, se muestra los datos comparativos de los resultados de los análisis físicos químicos de los parámetros estudiados.

Según los análisis de suelo físico químico menciona que es un suelo de textura franco arenoso, este tipo de suelo estable no es muy afectado por los cambios en la humedad o la temperatura y es considerado como suelos livianos, sin embargo, son susceptibles a la erosión hídrica, porque sus partículas casi siempre están sueltas (Fontelera, 2021).

C.I.C., meq(100g S) ⁻¹	13.93	Normal (Caolinita)	9.18	Normal (Caolinita)
Materia Orgánica (M.O), %	3.78	Alta (rico)	2.71	Medianamente rico
Nitrógeno total (N), %	0.31	Muy alto	0.28	Muy alto
Fósforo disponible (P), ppm	20.8	Alto	5.2	Bajo

Fuente: UMSA- Facultad de Agronomía (LAFASA, 2021).

La quema de desechos vegetales aumenta el pH del suelo (Rodríguez, 2002). La importancia de la materia orgánica deriva en el crecimiento de las plantas y organismos del suelo las cuales son formación y estabilización de agregados, absorción e intercambio iónico, suministro de energía y nutrientes, capacidad de retención de humedad, diversos procesos y protección contra la degradación del suelo por erosión (Vinicio, 2011).

Erosión media del suelo ($t \cdot ha^{-1}$)

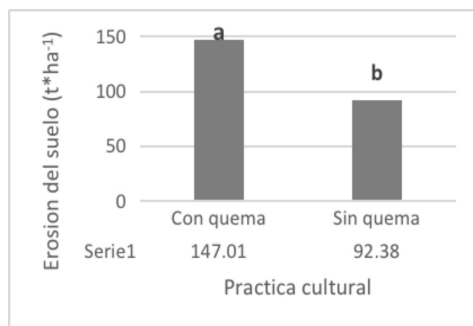
El análisis de varianza de la variable erosión media no encontró diferencias significativas entre bloques, tipos de cultivo ni la interacción entre práctica cultural y tipo de cultivo. Esto significa que la erosión de suelo fue similar en factores mencionados.

Se observó diferencias significativas entre las prácticas culturales (con quema y sin quema) en la erosión del suelo, el cual alcanzo $147.01 t \cdot ha^{-1}$ de suelo erosionado con la práctica cultural con quema y $92.38 t \cdot ha^{-1}$ de suelo erosionado en la práctica cultural sin quema. Estos resultados según la evaluación de erosión se encuentran en un rango de erosión "grave" (60 a $200 t \cdot ha^{-1}$).

La erosión media registrada por Bascuñan (2006), fue de $12.4 t \cdot ha^{-1}$ en parcelas con quema y $10.1 t \cdot ha^{-1}$ en parcelas sin quema de residuos durante 5 meses de investigación en pendientes de 5 a 10 %, estos resultados distan mucho de los resultados obtenidos en la investigación y es por la actividad de deshierbe. Las prácticas de cultivos sin quema reducen en gran medida la erosión hídrica del suelo, conserva los nutrientes, los microorganismo benéficos pueden estar aún presentes durante toda la etapa de producción ayudando a mejorar el suelo (Silva, 2016).

Figura 4

Prueba de promedios de Duncan erosión de suelo.



Fuente: elaboración propia

La prueba de comparación de medias de la Figura 4, muestra que la

práctica cultural con quema tuvo una erosión de suelo significativamente mayor que la práctica sin quema de la parcela.

Sedimentación del suelo

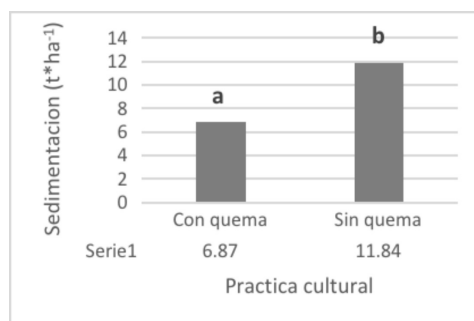
El análisis de varianza de la variable sedimentación del suelo no evidencio diferencias significativas entre bloques, tipos de cultivo ni la interacción entre práctica cultural y tipo de cultivo. Esto significa que la sedimentación del suelo fue similar en todos los factores en estudio.

La sedimentación fue significativamente diferente entre las prácticas culturales con quema y sin quema. La práctica cultural con quema registro una sedimentación de 6.87 t*ha^{-1} , que fue significativamente menor que la práctica cultural sin quema, que registro una sedimentación de 11.84 t*ha^{-1} .

El resultado obtenido por Coutiño (2002), fue de 13.5 t*ha^{-1} en un suelo desnudo con quema ubicado en la parte inferior de la cuenca y 6.2 t*ha^{-1} en un suelo sin quema ubicado en la parte superior de la cuenca ambos resultados con pendientes de 5 y 10% muy diferentes a la investigación. La ubicación de una parcela influye mucho sobre la erosión del suelo. Los resultados obtenidos por Silva (2016), muestra un mayor depósito de sedimentos en las partes bajas del relieve con 197.50 t*ha^{-1} frente a 192.41 t*ha^{-1} reportadas en la parte más alta del mismo relieve.

Figura 5

Prueba de promedios de Duncan sedimentación de suelos.



Fuente: Elaboración propia

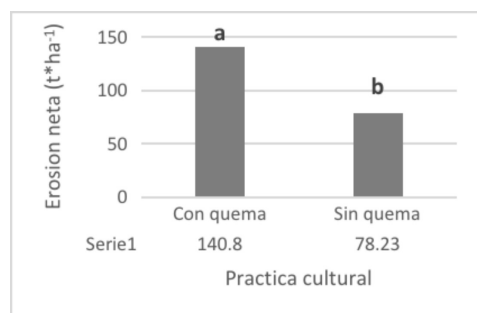
La prueba de comparación de media de la sedimentación del suelo en la figura 5, muestra que la práctica cultural sin quema tuvo una sedimentación significativamente mayor que la práctica con quema de parcela.

Erosión neta del suelo

El resultado de análisis de varianza de la variable erosión neta del suelo no evidencio diferencias significativas entre los factores bloques, tipo de cultivo y la misma interacción practica cultural (con quema y sin quema) por el tipo de cultivo, los niveles de los factores son similares en la erosión neta del suelo. Por otro lado, el tipo de práctica cultural con quema y sin quema mostro significancia tiene una erosión neta diferente. Donde, la práctica cultural con quema alcanzó a los 140.8 t*ha^{-1} , mientras que en la práctica cultural sin quema alcanzó a los 78.23 t*ha^{-1} .

Figura 6.

Prueba de Comparación de medias de la erosión neta del suelo



Fuente: elaboración propia

La prueba de comparación de media de erosión neta del suelo en la figura 6, muestra que la práctica cultural con quema tuvo una erosión neta significativamente mayor que la práctica sin quema de parcela.

Esta diferencia se debe a la quema de restos vegetales desprotege el suelo de las gotas de lluvia que causa la erosión de manera acelerada. Los resultados obtenidos por Sanhueza (2008), en tratamientos con quema de residuos, tratamiento con fajas de desechos ordenados con cobertura del 50% y desechos esparcidos al 100% de cobertura registro 46.8 t*ha⁻¹ en parcelas con quema de residuos adicionalmente fue la que más erosión neta presentó, 19.4 t*ha⁻¹ en tratamiento con fajas de desechos ordenados y un 9.1 t*ha⁻¹ en tratamientos con desechos esparcidos.

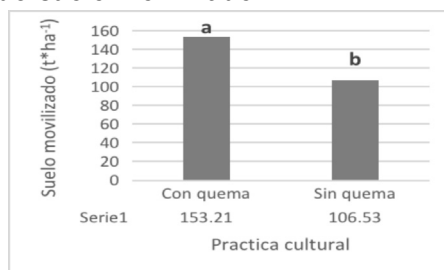
Suelo movilizado

El resultado de análisis de varianza del variable suelo movilizado de suelo no evidencio diferencias significativas entre bloques, tipo

de cultivo y la interacción practica cultural con quema y sin quema por el tipo de cultivo en el suelo movilizado. Pero, el tipo de práctica cultural mostro diferencias significativas, la diferencia en el suelo movilizado con quema fue 153.21 t*ha⁻¹ y sin quema 106.3 t*ha⁻¹.

Figura 7

Prueba de comparación de medias de suelo movilizado.



Fuente: elaboración propia

En la figura 7 la prueba de promedios de la variable suelo movilizado encontró dos grupos diferentes, practica cultural con quema fue significativamente diferente al sin quema con mayor suelo movilizado.

Los resultados que obtuvo Sanhueza (2008), en el suelo movilizado con desechos quemados es de 297.9 t*ha⁻¹, el tratamiento con desechos ordenados en fajas se obtuvo 309 t*ha⁻¹ y en tratamiento con desechos esparcidos 347.7 t*ha⁻¹, los resultados son diferentes por la diferencia en los pendientes de cada tratamiento.

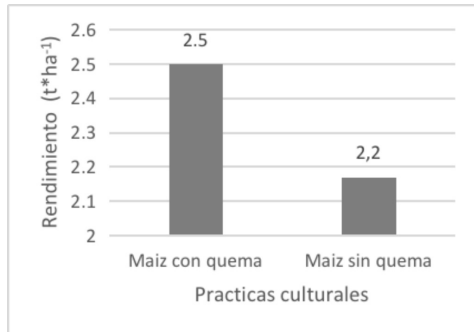
Rendimiento del cultivo de maíz en t/ha

En la variable rendimiento de Maíz en las prácticas de con quema y sin

quema se evaluó con la prueba T Student, donde mostro que no hay diferencias significativas en las dos prácticas de culturales.

Figura 8.

Promedio de rendimiento de maíz en prácticas culturales con quema y sin quema.



Fuente: elaboración propia

El cultivo de maíz con quema alcanzó a 2.5 t*ha^{-1} superior frente al cultivo sin quema la cual llego a 2.2 t*ha^{-1} , este resultado se debe a que los nutrientes que libera el fuego aportan al rendimiento en los cultivos. Mientras se encuentran aprovechables por las plantas. Y en el sistema sin quema las plantas aprovechan con más lentitud los nutrientes, debido a la lenta mineralización de la materia orgánica.

Rendimiento del cultivo de arroz en t/ha

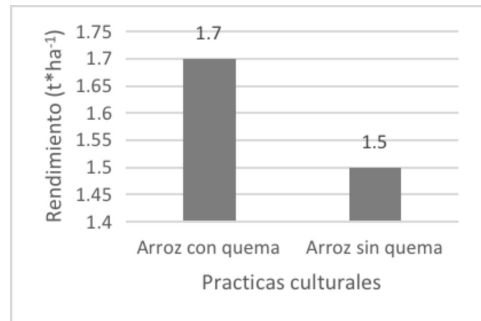
En la prueba T Student respecto al rendimiento de arroz no hay diferencias significativas en ambas prácticas culturales con quema y sin quema.

La práctica cultural con quema llegó a producir 1.7 t*ha^{-1} y 1.5 t*ha^{-1} en

la práctica cultural sin quema. Este resultado se debe a la intensidad de erosión, por la quema de desechos vegetales y por la pendiente que presenta el terreno que es de 10.2 % hace que las plantas no puedan aprovechar al máximo los nutrientes necesarios que fueron liberados por la quema.

Figura 9.

Promedio de rendimiento de arroz en prácticas culturales con quema y sin quema.



Fuente: elaboración propia

La erosión hídrica se acelera en un suelo con mayor pendiente hasta incluso podría llegar a llevarse el cultivo, sino se tomen medidas de prevención para retener el grado de erosión y el rendimiento puede llegar a reducirse hasta un 50% (FAO, 2019).

Conclusiones

La erosión media de suelo fue menor con la práctica sin quema de suelo.

La sedimentación de suelo fue mayor con la práctica sin quema.

En el suelo movilizad es mucho mayor en la práctica con quema de parcela.

El cultivo de maíz con práctica cultural con quema tuvo mayor rendimiento.

El cultivo de arroz con práctica cultural con quema tiene mayor rendimiento.

Referencias bibliográficas

- Almeida, L. G. (1984). Principales procesos erosivos. Obtenido de <https://horizon.documentation.ird.fr>
- Bascuñan, H. B. (2006). Erosión en parcelas experimentales y redistribución de suelo. Obtenido de Facultad de Ingeniería Forestal
- Cuitiño, R. T. (1999). Erosión del suelo. En Erosión hídrica en suelos de Chile (R. T. Cuitiño, Ed., págs. 11-29). Santiago, Chile: Ediciones INIA.
- Cuitiño, R. T. (2002). Método de evaluación de la erosión hídrica superficial. *Revista de Ingeniería Agrícola*, 30(1), 39-46. doi:10.4067/S0718-59232002000100004
- FAO. (2017). La pérdida de suelo y la degradación de los suelos: un desafío mundial. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2019). The state of food and agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. doi:10.4060/fao3908
- Fontelera, J. (2021). Características del suelo franco arenoso. ehowenespanol.com
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Main Report. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/c6816e6a-a7b7-41fa-bfbd-1a6f3d0d4e5b/>
- Giménez, R., Álvarez, S., & Campo-Bescós, M. A. (2020). A Review of Soil Erosion Processes. In *Advances in Geomorphology and Quaternary Studies in Argentina* (pp. 1-18).
- Montgomery, D. R. (2007). Soil Erosion and Agricultural Sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(33), 13268–13272. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104>.
- Portugues, M. A. (2015). Evolução da erosão hídrica no Brasil. En *Anuário da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo* (págs. 39-50). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Pizarro Tapia, R., & Cuitiño Martínez, H. (2002). Método de evaluación de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos en Chile. *Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales*, (13), 1-12. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i13.9291>
- Ramos, M. M. (2015). *Universidad Autónoma Chapingo México*. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0001-9859-561x>
- Rodríguez, R. T. (2002). Método de evaluación de la erosión

hídrica superficial. Revista de Ingeniería Agrícola, 30(1), 39-46. doi:10.4067/S0718-59232002000100004

Sanhueza, S. C. (2008). Estimación de pérdida del suelo. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl>

Silva, E. A. (2016). Erosión hídrica en Nicaragua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/>.

Twenergy, B. (2019). Erosión hídrica en suelos. twenergy.comentarios.bcn.cl.

Vinicio, P. 1. (2011). A computational model for the simulation of water erosion. En Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011 (P. Vinicio, Ed., págs. 1-12

EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES COMERCIALES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) SOBRE EL PIE DE INJERTO (*Coffea canephora*) EN EL CENTRO DE INNOVACIÓN DE CAFÉ, CARANAVI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Evaluation of six commercial varieties of coffee (*Coffea arabica* L.) on the graft foot (*Coffea canephora*) at the coffee innovation center, Caranavi, department of La Paz

Tola Mamani, Nilda¹

¹Ingeniera Agrónoma, Investigador de la Carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública El Alto, Bolivia 2023, Email: tolamamaninilda@gmail.com.bo

RESUMEN

El café es uno de los rubros más importante como producto básico de la economía del caficultor del Municipio de Caranavi y las comunidades como es la de Villa el Carmen, Centro cafetal, Calama, Uchumachi y otros. Sin embargo en la producción de plantas en viveros tradicionales no ha sufrido cambios significativos en muchos años de producción que se realiza en la zona, a pesar de conocerse que las raíces de éstas plantas en campo son susceptibles a los nematodos (*Meloidogyne* sp y *Pratylenchus* sp) y otras plagas que afectan el crecimiento de la planta y la productividad del grano; una alternativa a este problema, es la injertación de variedades arabicas sobre patrones de café robusta, tecnología que presenta ventajas para el control de nematodos, debido a que la especie robusta es considerada como menos susceptible a enfermedades. La presente investigación se realizó la comunidad Villa el Carmen en septiembre del 2021 y culminó en mayo del 2022, bajo un diseño completamente al azar (DCA) con seis variedades como tratamientos; Catuai rojo, Castillo, Pacamara, Sarchimor, Geisha y Típica injertados sobre el patrón Robusta, 2 con tres repeticiones cada uno y veinte unidades experimentales por repetición, haciendo un total de 360 plantas evaluadas en etapa de vivero. Entre los principales resultados, se encontró en el porcentaje de prendimiento de los injertos en la variedad Pacamara fue del 98.33% y con el menor porcentaje mostró la variedad Sarchimor del 50.33%; en la variable altura planta mostraron diferencias estadísticas altamente significativas, siendo la variedad Geisha con mayor altura de 14.9 cm en comparación a los demás; en el desarrollo de pares de hojas por planta, la variedad Catuai desarrollo un promedio de 8 pares de hoja por planta, la variedad Pacamara con 7.9, variedad Castillo 7,6 y con respecto a la variedad Sarchimor solo desarrollo 4 pares de hojas; sin embargo, se evidencio un vigor de desarrollo equilibrado en el diámetro tallo en las seis variedades con un promedio de 3.17 mm de diámetro y en la relación beneficio costo realizado por cada uno de los tratamientos, la variedad con mayor retorno económico fue la variedad Pacamara injertada

sobre el patrón robusta con 1.37 bolivianos, obteniendo una ganancia de 0,37 centavos por cada boliviano invertido.

Palabras clave: café, injerto, patrón, diseño.

Abstract

Coffee is one of the most important items as a basic product of the economy of the coffee grower of the Municipality of Caranavi and communities such as Villa el Carmen, Centro cafetal, Calama, Uchumachi and others. However, the production of plants in traditional nurseries has not undergone significant changes in many years of production carried out in the area, despite it being known that the roots of these plants in the field are susceptible to nematodes (*Meloidogyne* sp and *Pratylenchus* sp) and other pests that affect plant growth and grain productivity; An alternative to this problem is the grafting of Arabica varieties on robusta coffee rootstocks, a technology that has advantages for the control of nematodes, because the robusta species is considered less susceptible to diseases. The present investigation was carried out in the Villa el Carmen community in September 2021 and ended in May 2022, under a completely randomized design (DCA) with six varieties as treatments; Red Catuai, Castillo, Pacamara, Sarchimor, Geisha and Típica grafted on the Robusta rootstock, 2 with three repetitions each and twenty experimental units per repetition, making a total of 360 plants evaluated in the nursery stage. Among the main results, the percentage of graft attachment in the Pacamara variety was 98.33% and with the lowest percentage the Sarchimor variety showed 50.33%; In the variable plant height they showed highly significant statistical differences, with the Geisha variety having the highest height of 14.9 cm compared to the others; In the development of pairs of leaves per plant, the Catuai variety developed an average of 8 pairs of leaves per plant, the Pacamara variety with 7.9, the Castillo variety 7.6 and with respect to the Sarchimor variety it only developed 4 pairs of leaves; However, a balanced development vigor was evident in the stem diameter in the six varieties with an average of 3.17 mm in diameter and in the benefit-cost relationship carried out by each of the treatments, the variety with the highest economic return was the Pacamara variety. grafted onto the robusta pattern with 1.37 bolivianos, obtaining a profit of 0.37 cents for each boliviano invested.

Keywords: coffee, graft, pattern, design.

Introducción

Bolivia en su diversidad productiva agrícola, muestra que el cultivo de café es importante, tanto productiva, económica y calidad

organoléptica siendo una de las mejores a nivel mundial.

En la actualidad, cuenta con más de 36 mil hectáreas de superficie cultivada en producción, de las cuales

la mayor superficie se encuentra en la zona de Yungas del Departamento de La Paz, con una participación del 96,4 % respecto de la superficie total cultivada en producción a nivel nacional. En el Departamento de La Paz, destaca la provincia Caranavi con una contribución del 74,2 % de la superficie en producción en relación al total (MDRyT, 2012).

El cultivo de café es la principal fuente de ingreso de las familias en Caranavi, muchas de estas realizan el cultivo de manera tradicional, y lo que se requiere es disminuir la incidencia de agentes patógenos, uno de los que repercute con mucha frecuencia son los nematodos que se incrustan al centro de la raíz obstruyendo el paso de los macros y micro nutrientes, lo que causa un menor rendimiento de parcelas en producción.

El café en Bolivia, es uno de los productos de mayor importancia económica para las familias de la región yungueña del Departamento de La Paz, que representa un 95 % de la producción nacional porque es la principal fuente de ingresos económicos para más de 23.000 familias de manera directa, dedicadas a este rubro (Barrientos, 2011).

Según Quintana (2012), en la actualidad el sector cafetalero está organizado por una gama de pequeños productores e intermediarios a ellos se los suma los exportadores de acuerdo a reciente estudio se estima que más de 20 mil familias depende del cultivo de café.

La producción de café de exportación se ha convertido en una fuente de

ingresos para los habitantes, durante los últimos años la producción de café ha ido incrementándose relativamente. Este hecho ha sido de mucha importancia para las familias dedicadas a este rubro, ya que ven menguadas sus fuentes de ingreso a nivel familiar, el café boliviano goza de buena calidad en el mercado internacional Materiales y métodos (Nina, 2019).

Materiales y Métodos

Para dicha investigación se utilizó como material genético la variedad de café Robusta como pie de injertos y 6 variedad como injerto: Catuai rojo, Castillo, Pacamara, Sarchimor, Geisha y Típica. El material genético (semilla) fue colectada de las plantas madres y parcelas de los productores identificadas por el INIAF.

Utilizando una cantidad de 1kg de la variedad robusta y 0.5kg de las demás variedades.

Como materiales de campo se empleó malla semisombra, navaja y cinta de injerto, macetas y sustrato.

Metodología

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), donde los tratamientos a estudiar fueron seis variedades de café, Típica, Catuai rojo, Castillo, Pacamara, Geisha y Sarchimor injertados sobre el patrón de café variedad robusta. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones, en total fueron 20 unidades experimentales y 360 plantines por toda la investigación que fueron evaluadas.

Las variables de repuesta a estudiar fueron; porcentaje de prendimiento de los injertos, numero de hojas, altura planta y diámetro del tallo de los injertos

Resultados y discusión

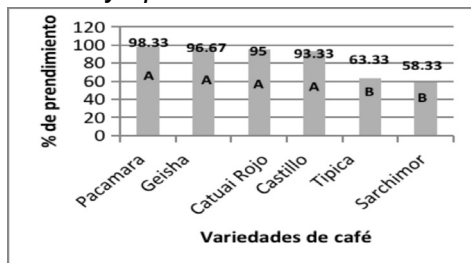
Porcentaje de prendimiento de los injertos

En esta variable se observó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos que fueron las diferentes variedades de café injertadas sobre el patrón Robusta.

En el porcentaje de prendimiento de los plantines de café injertados sobre el patrón Robusta figura 1, muestra que la variedad Pacamara tuvo un mayor porcentaje de prendimiento del injerto con un 98.33% seguido de la variedad Geisha con 96.67%, variedad Catui rojo con 95%, variedad Castillo con 93.33%, estadísticamente no muestra diferencia estas 4 variedades y las variedades que menor porcentaje de prendimiento obtuvieron son la variedad Típica con 63.33% y la variedad Sarchimor con 58.33%.

Figura 1.

Comparación de medias, incidencia de la roya por zonas de estudio



Espinoza et al., (2017) menciona que la calidad de plantas producidas mediante injerto hipocotiledonar

de la variedad Sarchimor injertada sobre patrón Robusta, mostraron un porcentaje de prendimiento a los 90 días de realizado el injerto con 95,67% este resultado puede referirse que existió una compatibilidad.

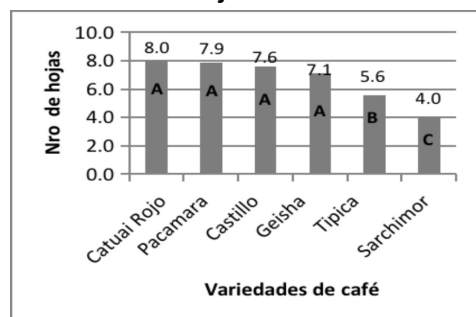
El mayor porcentaje de prendimiento se da a las buenas condiciones que tienen los plantines injertados como ser sombra, riego y labores culturales, los resultados obtenidos en el trabajo de investigación nos ayudan a entender que las variedades con mayor prendimiento muestran buenas características de resistencia.

Número de hojas

El análisis de varianza para las variedades de café injertadas, muestra una diferencia altamente significativa, la variedad Catuai Rojo mostro un mayor desarrollo de hojas con 8 pares de hojas, la variedad Salchimor tuvo un desarrollo de 4 pares de hojas, por lo que se entiende que al menos una de las variedades de café injertados sobre el patrón robusta obtuvo mayor desarrollo en el número de hojas en comparación a las otras.

Figura 2.

Comparación de medias en el desarrollo de hojas.



En el desarrollo de hojas en los plantines injertados a los 134 días, muestra en la figura 2 que las variedades Catuai rojo, Pacamara, Castillo y Geisha no son diferentes estadísticamente. Numéricamente la variedad con mayor número de hojas fue Catuai con un promedio de 8 hojas por planta, la variedad Pacamara con 7.9, variedad Castillo 7,6 y con respecto a la variedad Sarchimor con el desarrollo de 4 hojas en comparación a los demás.

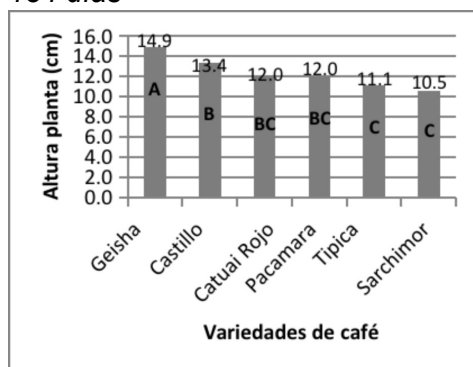
Espinoza et al. (2017), demuestra que a los 90 días del injerto de la variedad Sarchimor sobre patrón robusta, el promedio mayor de número de hojas fue de 7, el menor promedio con 5.66 y a los 150 días de haber realizado la enjertación el mayor promedio se encontró con 11,66 hojas. Estos resultados confirman el normal crecimiento de la planta la misma que depende del manejo, condiciones climáticas y edáficas del lugar donde se realiza la investigación.

Altura planta

A los 134 días después de realizado el injerto en los plantines de café sobre el patrón robusta, el análisis de varianza en altura planta muestra diferencias estadísticas altamente significativa entre las variedades en el desarrollo de la altura de los plantines de café en condiciones de vivero.

Figura 3.

Prueba de medias altura planta a los 134 días



Los resultados que muestra la figura 3 en la variable altura planta a los 134 días en las seis variedades de café injertadas sobre el patrón Robusta. La variedad Geisha desarrollo 14.9 cm de altura siendo estadísticamente mayor en comparación a las demás variedades, seguido de la variedad Castillo con 13.4 cm, variedad Catuai rojo y Pacamara con 12 cm y la variedad con menor desarrollo en altura fue la variedad Sarchimor con 10.5 cm.

Por otra parte Mamani, (2017) menciona que variedades de café como caturra, Catimor y Catuai injertados sobre patrón Robusta no mostraron diferencia estadística, sin embargo la variedad que mayor altura desarrollo fue Catimor con 10.15 cm, Catuai 9.75 cm y Caturra 7.73 cm promedio en altura.

Diametro de tallo

El análisis de varianza cuadro 1 realizado para la variable diámetro del tallo en plantines de café injertados en etapa de

vivero, fueron tomados los datos a los 74 y 138 días los resultados muestran que no existe diferencias estadísticas en los diferentes tratamientos lo que indica que el desarrollo del diámetro del tallo fue de manera regular en las diferentes variedades injertadas sobre el patrón Robusta. Mostrando un coeficiente de variación del 3.92 y 3.22% lo que hace referencia que los datos evaluados en campo son confiables estadísticamente.

Tabla 1.

Análisis de Varianza en el desarrollo del diámetro tallo en los injertos de café

FV	Parámetros	74 días	138 días
Variedad	F cal	0.82	2.43
	p-valor	0.5591 ns	0.0962 ns
	CM	0.01	0.03
	gl	5	5
C.V. %		3.92	3.22

Observando el cuadro 2 Prueba Duncan diámetro del tallo en plantines a los 138 días nos muestra diferencia entre tratamientos, pero se puede observar que la variedad geisha injertada sobre el patrón o pie de injerto robusta mostró un mayor desarrollo en el diámetro del tallo con 3.33 mm en comparación a las demás variedades, siendo la variedad castillo con 3.06 mm que menor diámetro de tallo desarrollo.

Tabla 2.

Prueba Duncan diámetro del tallo en plantines a los 138 días

Variedad	Promedio	Duncan ($\alpha = 5\%$)
Geisha	3.33	A
Pacamara	3.20	A
Catuai Rojo	3.19	A
Típica	3.15	A
Sarchimor	3.13	A
Castillo	3.06	A

Relación beneficio/costo

Tabla 3.

Relación beneficio costo por cada variedad

Variedades	Ingreso Bruto	Costo Produc. (Bs)	Beneficio/Costo (Bs)
Geisha	2868.08	998.72	1.35
Catui rojo	2813.48	36.52	1.01
Castillo	2839.73	426.82	1.15
Pacamara	2865.98	1067.22	1.37
Sarchimor	2839.73	-506.53	0.82
Típica	2800.35	-810.45	0.71

Se observa la relación beneficio costo de cada uno de los tratamientos en el cuadro 3, la variedad con mayor retorno económico fue la variedad Pacamara injertada sobre el patrón robusta con 1.37, es decir que por cada boliviano invertido se genera u obtiene 37 centavos de ganancia, estos tratamientos o variedades injertadas muestran que son una buena opción para los productores para obtener ingresos económicos,

seguido de la variedad Geisha con 1.35 y las variedades Sarchimor y Tipica mostraron pérdida por obtener su beneficio costo menor a 1.

En la relación del beneficio costo de la investigación para cada tratamiento se calculó por cada 1000 plantines producidos restándoles el porcentaje de mortalidad que tuvo cada tratamiento.

Conclusiones

En el porcentaje de prendimiento realizado a los 45 días después del injertado de las variedades comerciales sobre el patrón robusta expresaron diferencias altamente significativas entre variedades de plantines en etapa de vivero, donde la variedad Pacamara mostró un mejor porcentaje de prendimiento con 98.33% en comparación a las demás variedades, siendo la variedad Sarchimor la que menor porcentaje de sobrevivencia obtuvo con 50.33%.

El desarrollo de la altura planta de las diferentes variedades a los 45, 91 y 134 días manifestaron diferencias estadísticas altamente significativas, ya que la variedad con mayor desarrollo a los 45 días fue la variedad geisha con 10.1 cm, al igual que a los 91 días la variedad geisha tubo la mayor altura de 13.5 cm, donde al final de la investigación la variedad Geisha desarrollo un mayor tamaño en la altura planta con 14.9 cm, seguido de la variedad Castillo con 13.4 cm, variedad Catuai rojo y Pacamara con 12 cm y la variedad con menor desarrollo en altura fue la variedad Sarchimor con 10.5 cm.

Al finalizar el trabajo de campo a los 134 días para el número de hojas desarrolladas en las diferentes variedades de plantines en vivero, muestran que existe una diferencia estadística altamente significativa, muestra a la variedad Catuai con un mayor desarrollo, de 8 hojas promedio por planta, la variedad Pacamara con 7.9, variedad castillo 7,6 y con respecto a la variedad Sarchimor solo desarrollo 4 pares de hojas en comparación a los demás.

Las diferentes variedades de plantines de café injertadas sobre patrón robusta evaluadas en el diámetro del tallo en etapa de vivero, a los 74 y 138 no mostraron diferencia en el desarrollo del tallo comportándose uniformemente en todos los tratamientos llegando a un promedio de 3.17 mm de diámetro en las seis variedades.

La relación Beneficio - Costo realizado por cada uno de los tratamientos, la variedad con mayor retorno económico fue la variedad Pacamara injertada sobre el patrón robusta con 1.37, obteniendo una ganancia de 37 centavos por cada boliviano invertido.

Referencias bibliográficas

- Barrientos, R., (2011). Café- Manual para las escuelas de campo. 1 ed. La Paz - Bolivia, Liliana Ríos Vargas. 70 p.
- Espinoza M. E, María F. Toapanta P, Juan G. Lozano, Hugo F. Vásquez., (2017). EVALUACIÓN AGRONÓMICA

DE LA CALIDAD DE PLANTAS
DE CAFÉ (*Coffea arabica*
L.) MEDIANTE INJERTO
HIPOCOTILEDONAR,
EN CALUMA, ECUADOR
Universidad Estatal de
Bolívar, Facultad de Ciencias
Agropecuarias, Recursos
Naturales y del Ambiente.
Guaranda Ecuador. P 87-94

Nina, L., & Andrea, P. La superficie
de cultivo de café del municipio
de Caranavi y su efecto en
la exportación 2010-2019
(Doctoral dissertation).

Mamani, H, M., (2017).
Comportamiento vegetativo de
tres variedades de café injertados
sobre patrón robusta en la colonia
San Pablo Caranavi. Universidad
Pública de El Alto. Carrera de
Ingeniería Agronómica. La Paz-
Bolivia. 64p.

MDRyT, (2012). (Ministerio de
Desarrollo Rural y Tierras).
Resultados de Censo Nacional
de Café. 195 p. Consultado
11 mayo 2020. Disponible en
[http://www.observatorioagro.
gob.bo/menu/derecha/
INFORMACION%20EN%20LIN
EA/documento/cafe/cafe.pdf](http://www.observatorioagro.gob.bo/menu/derecha/INFORMACION%20EN%20LINEA/documento/cafe/cafe.pdf).

Quintana., (2012). UMSA Universidad
Mayor de San Andrés, Facultad
de ciencias económicas
financieras: problemas y
perspectivas de la producción
de café en Bolivia. P 78.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES NIVELES DE “DL – METIONINA” EN LA PRODUCCIÓN DE AVES DE POSTURA DE LA LINE (HY LINE BROWN) EN LAS FASES DOS Y TRES, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Evaluation of the effect of three levels of “dl - methionine” on the production of (Hy Line Brown) laying hens in phases two and three, at the Kallutaca Experimental Station

Canaviri Chamizo, Wilmer Ali¹,

1 investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, El Alto, Bolivia. 2023.
Email: canavirichamizow@gmail.com

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca, Ingeniería Agronómica UPEA. Consistió en la evaluación del efecto de tres niveles de DL – metionina en la producción de aves de postura de la línea Hy Line Brown en las fases dos y tres, para la evaluación se contó con 128 aves de postura de 34 semanas de edad. La evaluación fue T₁ (0 g testigo), T₂ (0.140 g de DL – metionina), T₃ (0.240 g de DL - metionina) y T₄ (340 g de DL - metionina). Los resultados determinaron que para el porcentaje de postura el T₄ Determino un resultado de 96.70% y 95.05% frente al testigo que reporto 94.50 y 93.31%. Para el índice morfológico se observó que el T₄ obtuvo 76.01 y 77.29 frente al testigo que reporto 71.33 y 72.42. En relación a la conversión alimenticia el T₄ obtuvo un resultado de 2.28 y 2.54 frente al testigo que reporto 2.34 y 2.71. El análisis económico se realizó desde la fase II (en la semana 34 a la 60) y fase III (desde la semana 61 a la 80), se evaluó los egresos, ingresos y beneficio/costo, cálculo realizado en bolivianos. Por lo tanto, se establece que por cada 1 Bs. Invertidos se obtiene una ganancia de 0.76 centavos a un nivel de 0.340 g de DL – metionina.

Palabras clave: avicultura, producción, metionina,

Abstract

This research work was carried out at the Kallutaca Experimental Station, UPEA Agronomic Engineering. It consisted of the evaluation of the effect of three levels of DL - methionine on the production of laying birds of the Hy Line Brown line in phases two and three, for the evaluation there were 128 laying birds of 34 weeks of age. The evaluation was T1 (0 g control), T2 (0.140 g of DL - methionine), T3 (0.240 g of DL - methionine) and T4 (340

g of DL - methionine. The results determined that for the laying percentage the T4 I determined a result of 96.70% and 95.05% compared to the control that reported 94.50 and 93.31%. For the morphological index, it was observed that T4 obtained 76.01 and 77.29 compared to the control that reported 71.33 and 72.42. In relation to the feed conversion, T4 obtained a result of 2.28 and 2.54 compared to the control that reported 2.34 and 2.71. The economic analysis was carried out from phase II (in weeks 34 to 60) and phase III (from week 61 to 80), the expenses, income and benefit/cost, calculation made in Bolivians. Therefore, it is established that for every 1 Bs. invested, a profit of 0.76 cents is obtained at a level of 0.340 g of DL – methionine.

Keywords: poultry farming, production, methionine.

Introducción

La avicultura ha cobrado mucha importancia en los últimos años, a nivel empresarial y al interior de la unidad familiar, es una actividad que se desarrolla con mucha intensidad, ya que contribuye en muchos aspectos en la nutrición y alimentación del hombre (Rubin de celis, 2006).

De una producción a nivel nacional de acuerdo con el último informe del Instituto Nacional de Estadística (INE), Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, la producción de huevos en 2019 alcanzo a un total de 2.276.137 millones de unidades al año, Santa Cruz lidera con un volumen generado del 52.6 % del total, le sigue Cochabamba con el 41.96 % y el resto de los departamentos con el 5.39 %. (INE, MDRyT, 2019)

La variedad Hy - Line Brown es la productora de huevo marrón más balanceada del mundo. Produce 260 huevos marrón intenso durante un lapso de 74 semanas y alcanza alrededor del 95 % de su máxima

producción y comienza una postura temprana con huevos de un tamaño óptimo. (Hy Line Brown, 2015).

La metionina constituye uno de los aminoácidos esenciales ya que contiene azufre y otros compuestos dentro de la producción de huevos, el cual proviene del hidroxianalogo de metionina diferenciadas por el compuesto hidroxilo, ambas proporcionan cantidades equivalentes de metionina suplementaria convirtiéndose en DL – metionina (Hy Line Brown, 2015).

Materiales y métodos

Material Biológico

Se adquirió 128 gallinas de postura de la línea Hy Line Brown, 1 bolsa de DL – metionina en polvo y Alimento balanceado postura.

Materiales de campo

En el trabajo de campo se utilizaron; 8 baldes de plástico (20 kg y 5kg), 16 bebederos circular, 16 comederos tipo tolva, 16 niales

de 30 cm de alto (30 de ancho X 35 de largo), maples para huevo, biruta (cama), de 10 cm de altura, planillas de registro, balanza de 20 kg de capacidad, calibrador o vernier y otros.

Metodología

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental de Kallutaca de la carrera de Ingeniería Agronómica de la UPEA.

Geográficamente se encuentra ubicado a 20 km al sureste de la ciudad de La Paz entre 16°31'25" latitud sur y 68°18'31" latitud oeste, a una altitud de 3,901 m.s.n.m. (Google Earth, 2018).

En la investigación se utilizó 128 gallinas de postura de la Línea Hy Line Brown de 34 semanas de edad, la evaluación se realizó desde el inicio de la segunda fase hasta finales de la tercera fase, considerando en grupos de 8 gallinas por unidad experimental haciendo un total de 128 gallinas de postura distribuidos en 4 tratamientos con 4 repeticiones. La evaluación se realizó hasta finales de la tercera fase. El estudio consistió en evaluar los efectos de tres diferentes niveles de DL- Metionina como aditivo en la alimentación.

Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la fase II y III de postura de las gallinas de la línea Hy Line Brown la evaluación se realizó a partir de la semana 34 a la 80.

Porcentaje de postura fase II

En la tabla 1, muestra que existe una diferencia significativa en cuanto a los tratamientos.

Tabla 1

Análisis de varianza porcentaje de postura fase II

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Nivel DL-Metionina	3	788,862	262,954	15,78	0.002*
Error	12	199,946	16,662		
Total	15	988,808			

Tabla 2

De medias de Duncan para porcentaje de postura por tratamiento fase II Prueba

Nivel DL-Metionina	Nº	Media	Significancia
T ₄ (0,340g)	4	96,70	A
T ₃ (0,240g)	4	96,15	A
T ₂ (0,140g)	4	95,60	B
T ₁ (0g)	4	94,50	C

En la tabla 2, establece que el T₄ con un nivel de 0.340 g determinó un valor de 96.70 % resultado completamente superior al testigo T₁ con 94.50 %, Por tanto, el T₄ establece un comportamiento adecuado obteniendo un mayor índice de postura.

Monje (1997), establece la existencia de dos factores importantes que determina la cantidad de huevos en el proceso de producción, son el factor genético y la calidad del alimento.

Porcentaje de postura fase III

Tabla 3

Análisis de varianza para porcentaje de postura fase III

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Nivel de DL-Metionina	3	672,862	224,287	3,54	0,243*
Error	12	760,25	63,354		
Total	15	1433,112			
C.V.: 3.63 %					

En la tabla 3, indica que no existe una diferencia significativa en cuanto a los tratamientos por lo cual no influye en el comportamiento productivo.

Tabla 4

Prueba de medias Duncan para el porcentaje de postura por tratamiento fase III

Nivel DL-Metionina	Nº	Media	Significancia
T₄ (0,340g)	4	95,05	A
T₃ (0,240g)	4	94,50	B
T₂ (140g)	4	93,95	B
T₁ (0g)	4	93,31	C

En la tabla 4, establece que el T₄ demostró una mayor producción de huevos con un valor del 95.05 %, superior al testigo con 93.31 %, por lo tanto, se observa que al adicionar DL-Metionina la producción de huevos aumenta.

Para Mashaly (2004). Encontró diferencias en la producción de huevos en jaulas versus los huevos

producidos bajo el sistema en piso, el cual asegura que los factores de estrés las gallinas ponedoras son enjauladas y producen incrementos en los niveles de corticos esteroides plasmáticos como resultado del nerviosismo, ocurre la pérdida de plumas y se disminuye la tasa de postura.

Índice morfológico en la fase II

En el cuadro 6. Los resultados del índice morfológico obtenido determinan que existen significancias estadísticas entre los niveles de dosis en el presente estudio.

Tabla 5

Análisis de varianza para índice morfológico fase II

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Nivel de DL-Metionina	3	2,36	0,78	1,30	0,221*
Error	12	7,24	0,60		
Total	15	9,60			
C.V.: 2.12 %					

En la tabla 5, el análisis de varianza para el índice morfológico muestra que no existe una diferencia significativa en cuanto a los tratamientos.

Tabla 6

Prueba de medias de Duncan para índice morfológico fase II

Nivel DL-Metionina	Nº	Media	Significancia
T₄ (0,340g)	4	76,01	A

Nivel DL-Metionina	Nº	Media	Significancia
T ₂ (0,240g)	4	74,87	B
T ₃ (140g)	4	74,81	B
T ₁ (0g)	4	71,33	C

En la tabala6, establece que el T₄ con un valor de 76.01 % muestra una mejor forma a diferencia del testigo con 71.33 %. Por lo tanto, presentan una forma elíptica típica. Los huevos muy largos están especialmente expuestos a daños mecánicos, mientras que los huevos esferoidales y muy gruesos ofrecen dificultad para ser introducidos en los envases.

Al respecto (Mamani, 2016). En su estudio realizado en la evaluación del efecto de tres niveles de DI Metionina establece que, si existe diferencias entre los promedios de índice morfológico en las dos fases de postura, donde la postura 1, presento mayor índice morfológico (75.32). En relación a la fase 2 con (74.35).

Índice morfológico en la fase III

Tabla 7

Análisis de varianza para índice morfológico fase III

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Nivel de DL-Metionina	3	4,33	1,44	2,14	0,136*
Error	12	8,14	0,67		
Total	15	12,47			
C.V.: 2.12 %					

En la tabla 7, el análisis de varianza para el índice morfológico muestra que no existe una diferencia significativa en cuanto a los tratamientos.

En la tabla 8, determina que el T₄ demostró una mejor forma elíptica con un valor de 77.29 % diferente al testigo T₁ con 72.42 %, que muestra una forma irregular.

Tabla 8

Prueba de medias Duncan para el índice morfológico fase III

Nivel DL-Metionina	Nº	Media	Significancia
T ₄ (0,340g)	4	77,29	A
T ₃ (0,240g)	4	76,84	A
T ₂ (140g)	4	75,56	B
T ₁ (0g)	4	72,42	C

Por otra parte, Navarro (2000), registra que la forma normal del huevo es elíptica, quedando representada por el índice morfológico que tiene un valor promedio de 74 %, huevos con este valor presentan un mayor porcentaje de viabilidad durante la incubación y además son huevos fáciles de transportar y embalar.

Conversión alimenticia fase II

Tabla 9

Análisis de varianza para conversión alimenticia fase II

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Nivel de DL-Metionina	3	0,2591	0,0863	21,048	<.0001**

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Error	12	0,0496	0,0041		
Total	15	0,3087			
C.V.: 10.04 %					

En la tabla 9, muestra que existe diferencias altamente significativas en cuanto a los tratamientos considerando que los niveles de DL – metionina influyen considerablemente en la conducta productiva de las aves de postura.

Tabla 10

Prueba de medias Duncan para conversión alimenticia fase II

Nivel DL-Metionina	Nº	Media	Significancia
T1 (0g)	4	2,34	A
T2 (140g)	4	2,31	B
T3 (0,240g)	4	2,30	B
T4 (0,340g)	4	2,28	C

En relación a la tabla 10, detalla que para 1 kg de huevo por tratamiento la conversión alimenticia y prueba de comparación de medias establece que el T₄ a un nivel de 0.340 g DL-Metionina registro 2.28 kg fue completamente diferente al testigo T₁ de 2.34 kg.

Al respecto el grupo Latino (2006), considera el índice de conversión con valores comprendidos entre los siguientes valores 1.8 y 2.4 Kg/kg de huevo. Una mayor conversión indica que el alimento es deficiente o se está desperdiciando. Así mismo Isa Brown (2000), indica

como optimo el valor de 2.14 kg/kg. Valores muy similares a los registrados en el presente estudio.

Conversión alimenticia fase III

En la tabla 11, detalla el análisis de varianza para conversión alimenticia en la fase III, donde se observa significancia entre los tratamientos a diferentes niveles de DL-Metionina en la dieta de las aves de postura.

El cuadro 16, muestra que existen diferencias altamente significativas en cuanto a los tratamientos por lo tanto influyen considerablemente en la conducta productiva de las aves de postura

Tabla 11

Análisis de varianza para conversión alimenticia fase III

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Nivel de DL-Metionina	3	0,0258	0,0086	17,50	<.0001**
Error	12	0,0056	0,0005		
Total	15	0,0314			
C.V.: 1.46 %					

Tabla 12

Prueba de medias Duncan para conversión alimenticia fase III

Nivel DL-Metionina	Nº	Media	Significancia
T1 (0g)	4	2,71	A
T2 (140g)	4	2,69	B
T3 (0,240g)	4	2,66	B
T4 (0,340g)	4	2,54	C

En la tabla 12, detalla que la conversión alimenticia establece

que el T₄ a un nivel de 0.340 g DL-Metionina registro 2.54 kg este fue completamente diferente al testigo T₁ de 2.71 kg, esto se debe a la gran cantidad de proteína que presenta la DL-Metionina y sus aportes energéticos.

Al respecto Castañón (2005), señala que la conversión alimenticia es el principal y más importante parámetro de evaluación de cualquier ración o dieta ya que esta define con claridad las unidades de alimento necesarios para obtener una unidad de peso vivo. La conversión alimenticia cuanto más cercana sea a 1 el alimento es más eficiente, y si por el contrario es demasiado elevado, significa que el alimento no es muy eficiente.

Costos de producción

El análisis económico permite verificar el retorno económico al implementar DL-Metionina. Este análisis presentado a continuación se realizó desde la fase II (en la semana 34 al 60) y fase III (desde la semana 61 al 80), se evaluó los

egresos, ingresos y beneficio/costo, cálculo realizado en bolivianos.

Para realizar el análisis económico se procedió a valorar los costos. Estos se han dividido en dos grupos, primero se calculó las necesidades de inversión para la puesta en marcha del proyecto fase II y III, tales como adecuación a la alimentación, mano de obra, embalaje y comercialización.

A partir de estos datos se hizo el análisis de los resultados económicos en función de las cuentas de producción resultantes. Estos resultados se valoraron a partir del ingreso neto que permite conocer el resultado de la actividad productiva, es decir como resultado de restar la producción bruta de los costos de producción.

En la tabla 13, se observa un estrecho margen de rentabilidad a interpretar que por cada Bs. invertido se obtiene una utilidad de 0.76 centavos de bolivianos a un nivel de 0.340g DL - Metionina aplicado por tratamiento.

Tabla 13

Análisis de los costos de producción en gallinas de la línea Hy Line Brown por tratamiento

DETALLE	TRATAMIENTO			
EGRSESOS				
	T1	T2	T3	T4
COSTO TRATAMIENTO	(0g DL-Metionina)	(1,40g DL-Metionina)	(0,240g DL-Metionina)	(0,340g DL-Metionina)
Compra de gallinas	1440,00	1440,00	1440,00	1440,00

DETALLE	TRATAMIENTO			
Compra de alimento consumido	2176,00	2176,00	2176,00	2176,00
Compra de alimento DL-Metionina	0,00	116,58	233,16	349,75
Costos varios	512,00	512,00	512,00	512,00
TOTAL DE COSTOS TRATAMIENTO	4128,00	4244,58	4361,16	4477,75
INGRESOS				
Venta de huevo Bs Fase II y III	6244,00	6511,26	6756,00	7100,80
Venta de gallinas	736,00	736,00	736,00	736,00
Venta de estiércol	32,00	32,00	32,00	32,00
TOTAL DE INGRESOS	7012,00	7279,26	7524,00	7868,80
Utilidad	2884,00	3034,68	3162,84	3391,05
B/C	1,70	1,71	1,73	1,76

Conclusiones

Los índices productivos por tratamientos nos indican que el T_4 con un nivel de 0.340 g de DL - metionina, tubo mejor respuesta para índice de postura con 96.70 % por tanto se establece un comportamiento adecuado obteniendo una mayor producción de huevos.

En la fase III se observó que el T_4 fue el que obtuvo la mayor producción de huevos esto se atribuye a que las gallinas en este sistema fueron influenciadas por el nivel de 0.340 g de DL – metionina con un porcentaje de postura de 95.05 % superior a los demás tratamientos.

El valor del índice morfológico o calidad de los huevos en la fase II este presenta una forma normal redondeada el T_4 con 0.340 g de DL – Metionina registro 76.01 alcanzo un mejor rendimiento en peso de yema y cascara de huevo en relación a los demás tratamientos.

Así mismo en la fase III para el índice morfológico se observan valores similares en el T_4 y T_3 con valores de 77.29 g y 76.84 g ambos resultados son completamente superiores al T_2 y el testigo.

La conversión alimenticia para la fase II se observa que el T_4 a un nivel de 0.340 g DL - Metionina registro 2.28 kg de alimento para la producción

de 1 kg de huevo, demostrando un mejor resultado en el rendimiento y la producción de huevos.

Así mismo en la fase III el T_4 a un nivel de 0.340 g DL - Metionina registro 2.54 kg este fue completamente diferente al testigo T_1 de 2.71 kg, lo cual nos indica que hay un exceso consumo de alimento y una baja producción de huevos en el testigo.

El análisis económico de la fase II (en la semana 34 al 60) y fase III (de la semana 61 al 80), establece que por cada Bs 1, invertidos se obtiene una ganancia de 0.76 centavos de bolivianos a un nivel de 0.340 g DL - Metionina aplicado por tratamiento.

Referencias bibliográficas

- Castañón, V. (2005). Apuntes de nutrición Animal. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Ediciones Wara. La Paz - Bolivia. P. 153.
- DURAN, F. 2006. Manual de Explotación de Aves de Corral. Ed Grupo Latino Ltda. Colombia. Pp. 816
- GRUPO LATINO (2006). Manual de Explotación en Aves de Corral. Ed. Volvamos al capo Ltda. Colombia
- Hy Line Brown. (2015). *Hy line Australian Pty Ltd*. Obtenido de <http://www.hyline.com.au/brown.shtml>.
- INE, MDRyT, (2019). Bolivia- Producción de huevo de aves de postura por departamento, según años, 1984-2019. https://www.ine.gob.bo/index.php/wpfd_file/bolivia-produccion-de-huevo-de-aves-postura-por-departamento-segun-anos-1984-2019/
- Mamani. H. (2016). Evaluación del efecto de tres niveles de “dl – metionina” en la producción de aves de postura de la línea (hy line brown) en fases de postura uno y dos, en el centro experimental de cota cota. Tesis de grado UMSA. Facultad de agronomía. La paz – Bolivia. Pp. 6
- Mashaly, M. (2004). Efectos del estrés en los parámetros de producción y la respuesta a la inmunidad en aves comerciales P. 83, 889-894.
- Navarro, U. (2000). Tesis de Licenciado en Medicina Veterinaria Universidad Austral de Chile. Santiago – Chile. Pp. 25 -. Estudio de Factores de Calidad de Huevos en Ponedoras Isa Brown y Shaver Cross sometidas a Diferentes Dosis de Esparteína y Alcaloides Totales del Lupino.
- OCHOA, R. T. 2007. Diseños Experimentales, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia.

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA MICROCUENCA CHILABAYA CON FINES DE MIC Y GIRH, MUNICIPIO DE SORATA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Geomorphologic characterization of the Chilabaya microbasin for the purposes of MIC and GIRH, municipality of Sorata, department of La Paz

Carvajal Paco, Luis¹ y Bilbao Lopez, Marcelino²

1 Ingeniero Agrónomo, Docente de la Carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, Email: 010luchito@gmail.com

2 Ingeniero Agrónomo, Docente, Universidad Pública de El Alto, Email: marcelobilasan@gmail.com

Resumen

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) y Manejo Integrado de Cuencas (MIC), se constituyen en instrumentos indispensables para el desarrollo sostenible de las regiones y afrontar de manera sistemática al cambio climático que acontece en los últimos tiempos. La caracterización geomorfológica es una herramienta que permite determinar información concisa y sistemática sobre las formas y procesos geomorfológicos que actúan sobre ella. El estudio se realizó en año 2022 en la sub cuenca “Chilabaya” ubicada en el Cantón Ilabaya, del municipio de Sorata del Departamento de La Paz, cuyo propósito es la caracterización geomorfológica con fines de consolidar MIC y GIRH a efectos de contribuir al manejo sostenible de los recursos naturales, bienestar socio-económico e integral de las familias de la región. El método de caracterización se llevó a cabo mediante el uso de imágenes satelitales y apoyo de softwares: Global Mapper, QGIS, Arcgis y ArcSwat. En cuanto a los datos generados del proceso de modelación, se obtuvieron las siguientes características morfométricas, área de 60.35 km², longitud de cauce 14.88 km, con un índice de forma ovoide (0.41) y una pendiente promedio de 10.85% en las áreas menos escarpadas, la altitud varía desde 2600,00 hasta los 4213,16 m.s.n.m. siendo el punto más bajo y alto, respectivamente. En cuanto a la red de drenaje, se clasifica como de cuarto orden y presenta dos cauces permanentes (Río Chilabaya y Ajial). Durante el estudio, se identificaron cuatro tipos de cobertura vegetal: bosque semihúmedo montano, bosque de alta montaña, pajonales hidrofitos de alta montaña y pajonales andinos de puna húmeda.

Palabras Claves: Geomorfología, Subcuenca, Morfometría, Recursos Hídricos

Abstract

Integrated Water Resources Management (IWRM) and Integrated Watershed Management (MIC) are essential instruments for the sustainable

development of regions and systematically confront the climate change that has occurred in recent times. Geomorphological characterization is a tool that allows determining concise and systematic information about the geomorphological forms and processes that act on it. The study was carried out in 2022 in the “Chilabaya” sub-basin located in the Ilabaya Canton, in the municipality of Sorata in the Department of La Paz, whose purpose is geomorphological characterization in order to consolidate MIC and IWRM in order to contribute to sustainable management. of natural resources, socio-economic and comprehensive well-being of families in the region. The characterization method was carried out through the use of satellite images and software support: Global Mapper, QGIS, Arcgis and ArcSwat. Regarding the data generated from the modeling process, the following morphometric characteristics were obtained, area of 60.35 km², cause length 14.88 km, with an ovoid shape index (0.41) and an average slope of 10.85% in the least steep areas. , the altitude varies from 2600.00 to 4213.16 m.a.s.l. being the lowest and highest point, respectively. Regarding the drainage network, it is classified as fourth order and has two permanent channels (Chilabaya River and Ajiál). During the study, four types of vegetation cover were identified: semi-humid montane forest, high mountain forest, high mountain hydrophytic grasslands and Andean humid puna grasslands.

Keywords: Geomorphology, Subbasin, Morphometry, Water Resources

Introducción

En Bolivia de acuerdo a la nueva constitución política, determina que el agua constituye un derecho fundamental para la vida en el marco de la soberanía de los pueblos y marco primordial en las políticas de desarrollo de nuestro estado plurinacional. “La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) definida como un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados con la conservación del medio ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (Asociación Mundial para

el Agua (GWP, 2000). Es así, que en la cumbre mundial realizado en 2002 sobre el Desarrollo Sostenible se dan los principios de desarrollo sostenible en América Latina (Pochat, 2008).

En Bolivia, el agua es un derecho fundamental para la vida, la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es un enfoque que promueve el manejo y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el único propósito de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales para las generaciones futuras.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de conservación, la degradación ambiental causada por la actividad agrícola y la extracción de recursos naturales sigue siendo un problema en la región subandina de los valles altos del departamento de La Paz. Esta degradación está provocando desbalances ambientales que causan mayor pobreza, migración y precariedad económica. (Benítez, 2018).

Los estudios de la caracterización geomorfológica e hidrológica de las microcuencas en el país son casi inexistentes, son pocos los municipios que cuentan con información relevante sobre estas características de las cuencas y sub cuencas. Al respecto, la GTZ (2010) señala, la variación altitudinal y climática de Bolivia ha dado lugar a 14 grandes eco-regiones con características ambientales, culturales y socioeconómicas diferenciadas. Gran parte del territorio sub-andino está atravesada por una red densa de ríos, que conforman cuencas hidrográficas con características variadas en recursos naturales.

A nivel global existe una buena disponibilidad de recursos hídricos, sin embargo, la distribución espacial y temporal de las lluvias, no es homogénea, provocando zonas con déficit hídrico como en el altiplano y valles interandinos. El municipio de Sorata no está exento de esta problemática ambiental y manejo de sus recursos principalmente hídricos; sin embargo, en los últimos

años gracias al financiamiento del gobierno central, se viene ejecutando proyectos sectoriales y locales implementando sistemas de microriego y agua potable. Son proyectos que no ha permitido enfocar una integralidad en el manejo de los diferentes recursos y proyectos ejecutados en el ámbito local municipal, desconociendo los componentes del GIRH para llegar a un nivel de diseño institucional que permita iniciar un proceso de construcción de un sistema de gestión integral del agua en el ámbito de las cuencas y micro cuencas existentes en la región. La región de los Valles Inter-andinos del departamento de La Paz, está situada en el área central del departamento entre la cordillera Real y la cordillera Oriental.

La región de estudio y simulación geomorfológica e hidrológica se encuentra influenciada por las estribaciones de la Cordillera Oriental y la Cordillera Occidental caracterizado por la presencia de montañas, serranías y llanuras fluvio lacustres y pie de monte a una altura aproximada que va desde los 1200 a 5200 msnm (PDM Sorata, 2015-2019). El estudio tiene la finalidad de determinar y describir las características geomorfológicas e hidromorfológicas con fines de consolidar un Manejo Integrado de Cuencas (MIC) y Gestión Integrado de Recursos Hídricos (GIRH) a efectos de contribuir al bienestar socio-económico integral de las familias de la Subcuenca Chilabaya, municipio de Sorata del departamento de La Paz, asimismo. De acuerdo a Muños, (1959) la geomorfología es el

conocimiento racional de las formas de la tierra, que tiene como objeto el reconocimiento, clasificación y explicación de las diferentes configuraciones que presenta la superficie externa de la litosfera. En cambio, para la Comisión Técnica GWP, (2000), citado por el Plan Nacional de cuencas, es el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, tierra y los recursos biológicos con el fin de maximizar el bienestar económico y social con equidad y sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

Materiales y métodos

La investigación se enmarca en un estudio descriptivo, exploratorio y transversal, a través del análisis y procesamiento digital de imágenes (DEM), uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) para el proceso de verificación de los parámetros geomorfológicos para su análisis, modelación, representación y de salidas de datos de estas herramientas.

El trabajo integra tres aspectos metodológicos la simulación geomorfológica e hidrológica de análisis de los datos de teledetección de escenas de Google Earth y Landsat, en segundo lugar, uso de programas informáticos Global Mapper, QGIS, Arcgis y ArcSwat, para su análisis, modelación y caracterización de la zona de estudio, finalmente en una verificación in situ de estas características, realizado en la gestión 2022.

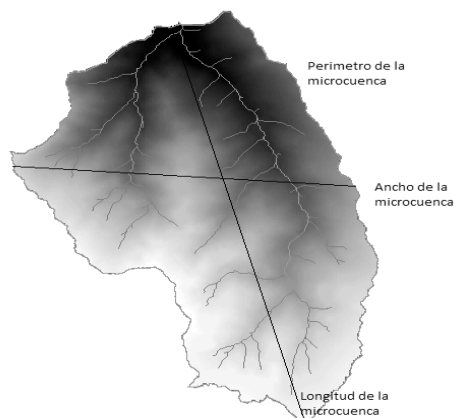
La delimitación hidrográfica de la microcuenca se recurrió al método de Otto PFAFSTETTER desarrollado en 1989 y adoptado por Bolivia en el año 2008. Es una metodología que adopta el carácter numérico topológico en la designación de las cuencas, subcuencas con dígitos que van del cero al nueve (codificación) en función a la dirección del drenaje del agua (MMAyA, 2010).

Los parámetros de forma (área, perímetro, longitud, ancho, ancho promedio, ríos tributarios), relieve (altitud mínima, altitud media altitud máxima, curva hipsométrica y pendiente), red hidrográfica (arreglo y distribución de los ríos tributarios), que constituyen toda la información necesaria para conocer la conformación y característica de la subcuenca, a partir de la digitalización de la red de drenaje, proceso que se realizó a través del software de ArcGIS.

Resultados

Parámetros morfométricos

De los resultados morfométricos desarrollados en la caracterización y modelación de la cuenca Chilabaya se aprecia en la tabla 1 y figura 1, donde se observa que el espacio delimitado de la microcuenca mide una extensión de 60.35 km², de acuerdo a la clasificación adoptada por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA, 2010)

Figura 1.*Microcuenca Chilabaya*

Fuente: Elaboración propia, estudio microcuenca Chilabaya (2022)

Según Aguilar et al (2015). Los resultados de los parámetros morfométricos indican que la hoya hidrográfica se caracteriza por tener una forma alargada y oval redonda, donde se presenta una alta densidad de drenajes, fuertes pendientes (35,36% para el cauce y 52,51% para la hoya hidrográfica), y un tiempo bajo de concentración (0,14 horas o 8,15 minutos); lo cual sugiere la presencia de altas velocidades de escurrimiento. Es posible inferir que el área de estudio se comporta como una hoya hidrográfica torrencial, similar a los datos registrados por Aguilera.

Según Gutiérrez, et al. (2019). “Estudio morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila mediante (SIG) analizados datos cartográficos de INEGI, incluyendo redes de corrientes, hipsometría y pendientes, la cuenca se extiende por 21 municipios y abarca 3642,43 km², compuesta

por 24 cuencas tributarias y 10288 corrientes superficiales, aplicaron modelos de correlación basados en 35 parámetros morfométricos, destacando la relación significativa entre el tiempo de concentración y la longitud de la cuenca”.

La subcuenca Chilabaya corresponde a una cuenca pequeña (25 a 250 km²), con un perímetro de 36.51 km, la longitud de la cuenca de acuerdo a la información generada mide 12.14 km y ancho de la cuenca en su parte más extensa mide 4.30 km respectivamente.

Tabla 1.*Parámetros morfométricos subcuenca*

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	RESULTADOS
Área de la cuenca	60.35 km ²
Perímetro de la cuenca	36.51 km
Longitud de la cuenca	12.14 km
Longitud del cauce principal	14.88 km
Cota inicial cauce principal	4213,00 msnm
Cota final cauce principal	2600,00 msnm
Longitud total de cauce	61.89 km
Ancho de la cuenca	4.30 km
Pendiente de la cuenca	10.85%
Pendiente media de la cuenca	49.41
Factor de forma	0.41
Coefficiente de compacidad (Gravelius)	1.32
Relación de elongación	0.72
Relación de circularidad	0.57

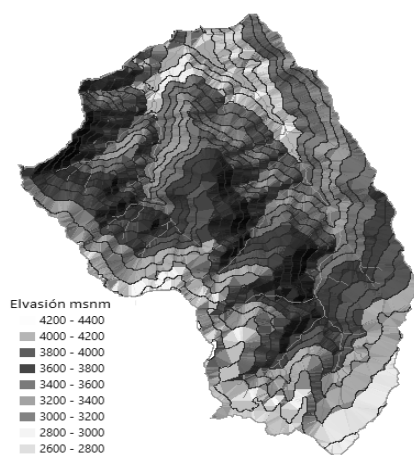
Fuente: Elaboración propia, estudio microcuenca Chilabaya (2022)

Parámetros de altitud

De acuerdo a la información generada la altitud máxima de la cuenca que corresponde a la cota más alta, está por los 4213,46 msnm del cauce principal y la cota más baja generada en la cuenca esta por los 2600,00 msnm, que determina los pisos altitudinales de la microcuenca, la primera caracterizada por un clima frígido y la segunda por climas de zonas geográficas correspondientes a valles interandino con climas mucho más benignas que las primeras. En la figura 2 se observa los diferentes pisos altitudinales y las curvas de nivel generado por el programa ArcGis de la microcuenca.

Figura 2.

Pisos altitudinal microcuenca Chilabaya



Fuente: Elaboración propia, estudio microcuenca Chilabaya (2022)

Las altitudinales están relacionados con la variabilidad climática y ecológica, en el desarrollo de una fauna y flora en los pisos altitudinales, información generada

con una diferencia altitudinal 1613,46 m.s.n.m. entre las cota más alta y baja, que determina diferencias en cuanto a temperatura. El promedio altitudinal registrado en la subcuenca es de 3679.10 msnm con un desvío estándar de 557.22 metros, con respecto al promedio.

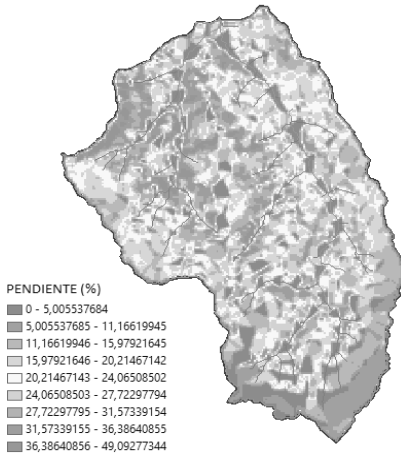
Pendiente, media del cauce, pendiente promedio de la cuenca

Los parámetros de relieve representado principalmente por la pendiente de la subcuenca y la pendiente media del cauce, determina la mayor o menor erodabilidad (erosión) de los suelos. La información generada en la subcuenca tiene una pendiente media de 10.85%. Las curvas de nivel generado en el estudio están a una distancia entre cotas cada 100 metros (figura 2 y 3). De acuerdo a los rangos de clasificación de pendientes esta se encuentra entre 8 a 15%, catalogada como ligeramente ondulada, lo que determina que los suelos de la microcuenca son susceptibles a erosión.

Racca, J. M. G. (2007). Indica los rangos de las variaciones en las curvas hipsométricas, divergentes de las teóricas o con múltiples puntos de inflexión, pueden relacionarse con factores tectónicos o litológicos. El área relativa bajo la curva (integral hipsométrica) refleja el estado de la cuenca: >60% indica desequilibrio (juventud), 47% equilibrio (madurez), <30% sugiere senectud o fase "monadnock." (Cuenca en una etapa avanzada de erosión).

Figura 3.

Pendiente mínima, media y máxima subcuenca Chilabaya



Sin embargo, la información generada, existe áreas de la microcuenca que registran pendiente cero hasta un 5% (figura 3), sobre

toda en las partes altas de la cuenca que están por encima de los 4000 m.s.n.m. En cambio, la pendiente de mayor nivel está ubicada en la parte media de la cuenca Chilabaya que está por los 49.41%, pendiente alta que determina e influye en el índice de velocidad de la escorrentía superficial, dada la magnitud de esta pendiente que determina su alto grado de erosión.

En la figura 3 nos muestran los resultados del cálculo de las pendientes son los siguientes:

Pendiente mínima: 5,0%

Pendiente media: 20,2%

Pendiente máxima: 49,1%

Máxima es de 49%, que corresponde a un terreno muy inclinado, una cifra significativa es mayor o igual que 5.

Tabla 2.

Áreas entre curvas de nivel

Nº ORDEN	COTA MIN	COTA MAX	Área Parcial (km²)	Área Acumulada (km²)	Área que queda sobre la superficie (km²)	Porcentaje de área entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.
100	2597,45	2970,91	4433,10	4433,10	60073,37	7,38%	100,00%
200	2971,22	3211,15	7711,58	12144,69	55640,27	12,84%	92,62%
300	3211,38	3431,79	7969,73	20114,42	47928,68	13,27%	79,78%
400	3431,87	3643,88	7279,77	27394,19	39958,95	12,12%	66,52%
500	3644,11	3848,27	7901,67	35295,86	32679,18	13,15%	54,40%
600	3848,41	4036,62	8443,78	43739,65	24777,51	14,06%	41,25%
700	4036,91	4203,39	8985,89	52725,54	16333,72	14,96%	27,19%

800	4203,46	4432,80	7347,83	60073,37	7347,83	12,23%	12,23%
			60073,37			100%	
Fuente: Elabo- ración propia, estudio mi- crocuena Chilabaya (2022)							

Curva hipsométrica

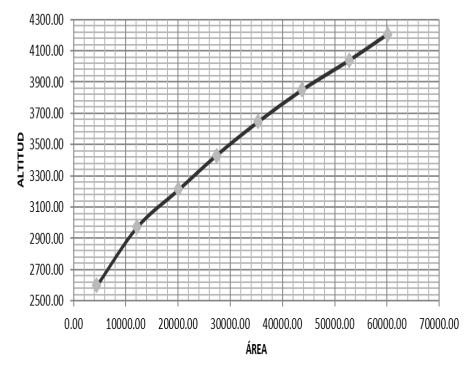
El área drenada de la microcuena en función a la altitud se observa en la tabla 2 y figura 4. Los extremos de altitud de la cuenca tabulada son 2597.45 m.s.n.m. a la salida de la cuenca (parte baja) y de 4432.80 m.s.n.m. en su extremo superior (alta).

La subcuena Chilabaya exhibe una amplia gama de pendientes que varían desde un mínimo del 0.01% hasta un máximo del 40%. Esta variabilidad topográfica influye significativamente en la morfología del terreno en diferentes áreas. Las zonas más altas presentan pendientes mínimas y terrenos relativamente planos, mientras que las zonas bajas muestran pendientes medias con un terreno montañoso y abrupto. Las pendientes máximas se encuentran en áreas escarpadas, caracterizadas por montañas empinadas y colinas pronunciadas. Esta diversidad topográfica es crucial para la planificación territorial y la gestión de recursos naturales, ya que afecta las actividades agrícolas, la conservación del suelo y la prevención de desastres naturales.

El conocimiento de estas variaciones de pendiente es esencial para tomar decisiones informadas en cuanto al uso del suelo, la agricultura y la infraestructura en la subcuena Chilabaya. Además, se deben considerar estas diferencias topográficas para garantizar un desarrollo sostenible y la seguridad de la población local, especialmente en lo que respecta a la mitigación de riesgos relacionados con la erosión y las crecidas de ríos en las áreas de mayor pendiente.

Figura 4.

Curva hipsométrica microcuena Chilabaya



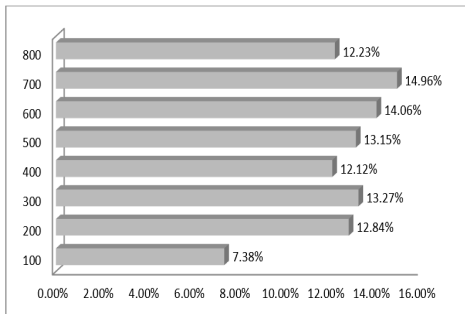
Fuente: Elaboración propia, estudio microcuena Chilabaya (2022)

Histograma de frecuencias altimétricas

La representación de la superficie de la microcuenca en porcentaje se observa en la figura 5, comprendidas entre las cotas 2597.45 y 4432.80 m.s.n.m. De acuerdo a esta información la cota de mayor prevalencia en porcentaje en área está entre las cotas comprendidas 4036.91 y 4203.9 m.s.n.m. y la menor área esta entre las cotas 2597.45 y 2970.91 m.s.n.m.

Figura 5.

Curva de frecuencia de altitudes



Red de drenaje

Los resultados que se han obtenido muestran la morfología de los canales de drenaje, como se puede apreciar en la figura 6. En este estudio, se ha realizado una jerarquización de las redes fluviales, la cual ha revelado la existencia de cuatro órdenes diferentes. Es importante destacar que la región en cuestión se caracteriza por presentar áreas escarpadas, lo que ha dado lugar a la identificación de varios tributarios con longitudes de cauce relativamente cortas.

En el análisis de la morfología de los canales de drenaje, hemos identificado cuatro órdenes distintos que ofrecen una visión interesante de la región en estudio.

El primer orden, representado por el número "1", se distingue por la presencia de tributarios efímeros, lo que significa que solo contienen agua durante las épocas de lluvia. Estos cursos de agua experimentan fluctuaciones significativas en su caudal a lo largo del año.

El segundo orden, marcado como nivel "2", comparte características similares con el primero al contar con una red de drenaje también efímera. Sin embargo, lo que distingue a este nivel es su capacidad para mantener un flujo continuo de agua durante todo el año, aunque este caudal puede disminuir en épocas de estiaje.

Por otro lado, los tributarios de tercer y cuarto orden, identificados como "3" y "4", se destacan por tener una corriente de agua perenne, es decir, su flujo de agua es constante y sostenible a lo largo de todo el año. A pesar de esta continuidad, estos cursos de agua también experimentan una disminución en su caudal durante las épocas más secas. Clasificación de los órdenes de la red de drenaje proporciona una comprensión más completa de la dinámica hídrica en la región, resaltando la importancia de las características efímeras y perennes de los tributarios en función de su orden.

El tributario principal de la zona es el identificado como el nivel "4",

el cual se encuentra ubicado en la desembocadura del canal que pertenece a la subcuenca. Este canal, a su vez, es el tributario principal del río Chilabaya. Este último río, a su vez, constituye un afluente del río San Cristóbal, el cual desemboca en el río “Kaka” aguas abajo. Finalmente, el flujo de agua de esta serie de ríos se encauza hacia el río Coroico.

Figura 6.

Características hidráulicas de la red fluvial subcuenca Chilabaya



Fuente: Elaboración propia, estudio microcuenca Chilabaya (2022)

Densidad de drenaje

La densidad de drenaje registrado en la subcuenca es de 1.03, valor que nos determina que existe un valor alto de escurrimiento, relacionado con la pendiente de 10.85%, pendiente que determina un alto grado de erosión de los suelos de la microcuenca provoca escurrimiento.

Horton, R. E. (1945) valor de densidad de drenaje y Clasificación > 1,5 alta, 0,5 - 1,5 moderada y < 0,5 baja.

Tipo de cobertura

El conocimiento de la cobertura vegetal constituye uno de los aspectos más importantes dentro del análisis físico biótico por ser indispensable no solo en la caracterización espacial de la cobertura de una cuenca, su característica nos permite determinar información y la evolución de estos, además del uso que se les puede dar desde un punto de vista de uso de suelos y manejo de GIRH.

De acuerdo a esta clasificación fisiográfica, la cuenca Chilabaya se caracteriza por presentar llanuras en su parte alta, serranías en su parte media de la cuenca y pie de monte en su parte baja. Montañas y serranías: caracterizado por su topografía abrupta con pendientes muy empinadas, que dan lugar a la formación de valles estrechos en forma de “V” y tributarios en su mayoría intermitentes (ordenes 1 y 2 figura 6), que en su parte media y baja de la microcuenca formaron terrazas aluviales con pendiente bajas como se observa en la figura 2. Pequeñas terrazas que son aprovechadas para la agricultura. De acuerdo a la información de uso de tierras del municipio, solo el 8.87% es apta para los cultivos, 7.41% para el pastoreo y un 82.68% son áreas incultivables (PDM 2015-2019).

Discusión

El uso del suelo no se limita únicamente a la topografía o el relieve, sino que abarca diversos

elementos, entre los que se incluyen los recursos hídricos, el clima y los organismos tanto vegetales como animales que interactúan con la microcuenca y sus condiciones físicas. Estos componentes, junto con las actividades humanas, influyen en el ecosistema natural, lo que resalta la importancia del conocimiento de las características morfológicas para lograr un uso eficiente del recurso suelo.

Los resultados del análisis morfométrico y de cobertura vegetal de la microcuenca Chilabaya ofrecen una valiosa comprensión de su configuración geográfica y características físicas. De acuerdo con los hallazgos presentados en la Tabla 1 y la Figura 1, la microcuenca se presenta como un territorio particularmente susceptible a las crecidas y procesos erosivos, especialmente durante las temporadas de lluvia. Esto plantea preocupaciones significativas en términos de gestión de recursos hídricos y prevención de desastres naturales. Además, la presencia de distintos pisos altitudinales, como lo discutido por Aguilar et al. (2015), influye en la diversidad climática y ecológica de la región, lo que a su vez afecta la fauna y flora local y tiene implicaciones en la planificación del uso del suelo.

Conclusiones

Basándonos en los resultados obtenidos y modelados en sus diversos componentes, que fueron previamente descritos en la metodología y aplicados mediante las herramientas ArcGIS y ArcSWAT

utilizando Modelos de Elevación Digital (DEMs), se llegó a las siguientes conclusiones:

La microcuenca Chilabaya (Ilabaya), se encuentra ubicada al interior de la unidad hidrográfica N° 46446 (nivel 5), políticamente situada al oeste del municipio Sorata, Comunidad Ilabaya, Provincia Larecaja del departamento de La Paz. Con una extensión aproximadamente de 60.35 km² (microcuenca) con un rango altitudinal de 2.600,00 a 4213.00 m.s.n.m, el sistema fluvial de la cuenca nacen de vertientes ubicadas en las partes altas, con una longitud del cauce principal de 14.88 km y un total de los cauces de 61.89 km, presenta dos cauces (arroyos) que tienen flujo permanente, son los arroyos “Chilabaya” y “Tapaqui (ajjal)” que vierten sus aguas al río San Cristóbal, para finalmente desembocar sus aguas al río “Kaka”.

Los parámetros morfométricos procesados son los que se describen a continuación: La pendiente promedio de la microcuenca fue registrada en un 10.85%. No obstante, debido al relieve escarpado presente en algunas áreas de la microcuenca, se alcanzan pendientes de hasta un 49.49%. Esto indica que dichos suelos son altamente susceptibles a la erosión hídrica, asimismo, la anchura de la cuenca es de 4.30 km, con una longitud de 12.14 km, lo que resulta en una forma de tipo ovoide (con un coeficiente de circularidad de 0.57) y un factor de forma de 0.41. El perímetro longitudinal de la microcuenca se extiende a lo largo de 36.51 km.

La curva hipsométrica en las fuentes de la cuenca muestra una pendiente más suave en comparación con la parte de salida de la cuenca, donde se observan variaciones bruscas. Esto coincide con la etapa de formación de los ríos en la cuenca, clasificándolos como ríos jóvenes. Además, se identificaron cuatro jerarquías de afluentes en la red de drenaje de la microcuenca, de los cuales dos tienen un flujo constante, mientras que los otros dos son itinerantes y turbulentos debido a la pronunciada pendiente de estos cursos de agua.

Un indicador importante es la densidad de drenaje, que alcanzó un valor de 1.03. Este valor refleja un alto nivel de escurrimiento, que a su vez está relacionado con la pendiente del terreno, que alcanza el 49.9% en los niveles de drenaje 1 y 2. Este dato también sugiere un elevado grado de erosión en los suelos de la microcuenca.

Se identificaron varios tipos de cobertura vegetal distribuidos desde las áreas más bajas, donde la temperatura promedio es de 18°C, hasta las zonas más altas, donde las temperaturas descienden por debajo de 0°C. Estos tipos de cobertura incluyen bosque semihúmedo montano, bosque de alta montaña, pajonales hidrofiticos de alta montaña y pajonales andinos de puna húmeda.

En resumen, la microcuenca es altamente vulnerable a inundaciones y erosión, especialmente durante la temporada de lluvias. Además, las actividades agrícolas y ganaderas

están limitadas a áreas pequeñas debido a la topografía, lo que afecta las oportunidades económicas de la población local.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, G. D., & Paéz Rivera, L. (2015). Aguilar Gómez, D. A., & Páez Rivera, L. N. (2015). Evaluación temporal del método número de curva de escorrentía en una hoya hidrográfica sub-urbana a través de modelos ARIMA. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Asociación Mundial para el Agua (GWP). (2000). Manejo integrado de recursos hídricos. Global Water Partnership. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-spanish.pdf>
- Benitez, C. M. (2018). La Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) como herramienta para contribuir al proceso de adaptación del Cambio Climático en la Cuenca Transfronteriza Catamayo-Chira. Quito Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6438/1/T2746-MCCNA-Benitez-La%20gestion.pdf>.
- Gutiérrez, et al. (2019). Análisis Morfométrico de la Cuenca Hidrográfica del Río Ayuquila, Jalisco-México. GeoFocus Revista Internacional de Ciencia

- y Tecnología de la Información Geográfica, 24, 9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7383248>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, 56(3), 275-370.
- GTZ. (2010). Experiencias de la cooperación Alemana en el Manejo Integrado de Cuencas y la Gestión Integral de Recursos Hídricos en Bolivia. Bolivia: Edición PROSAGRO, NOVIEMBRE 2010.
- MMayA. (2010). Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas de Bolivia. Metodología Pfafstetter. Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMayA); Estado Plurinacional de Bolivia. 83 p.
- Muñoz, J. (1995). Geomorfología General. Madrid-España: Síntesis S.A. 351 p.
- PDM-SORATA. (2015-2019). Plan de Desarrollo Municipal Municipio de Sorata. Sorata-La Paz: Gobierno Municipal de Sorata.
- Pochat, V. (2008). Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Bases para el desarrollo de planes nacionales. Global Water Partnership. Central América, 1-12.
- Racca, J. M. G. (2007). Análisis Hipsométrico, Frecuencia Altimétrica y Pendientes Medias a partir de Modelos Digitales del Terreno.

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN DE PINO (*Pinus radiata* D. Don) EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE HUATA - OMASUYOS

Pregerinative treatments and substrates in the germination of pine (*Pinus radiata* D. Don) in the municipality of Santiago de Huata - Omasuyos

• **Pari Ramirez, Marco Antonio¹, Machicao Terrazas, Luis F.² y Ochoa Torrez, Ramiro R.³**

1 Investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto.
Email, marcospari47@gmail.com

2 Docente de la materia de fruticultura, carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto.
Email, lumate2911@gmail.com

3 Docente de la materia de Bioestadística y Diseños Experimentales, carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto. Email, ochoatr@gmail.com

Resumen

Las especies forestales son de vital importancia para la conservación del medio ambiente, por lo tanto, su propagación en distintos medios geográficos. La investigación se realizó en el Municipio de Santiago de Huata, Provincia Omasuyos del Departamento de La Paz. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos en la germinación de pino (*Pinus radiata* D. Don). La investigación fue de tipo experimental, las variables de respuesta fueron según las características de la especie, la evaluación fue cuantitativa. Los tratamientos fueron distribuidos bajo el diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo de dos factores en tres repeticiones, donde los niveles del Factor A fueron los tratamientos pre germinativos (remojo en agua a temperatura ambiente, agua hervida, agua oxigenada e hipoclorito de sodio) y el factor B fueron los tipos de sustrato fueron a base de 3 partes de turba, 2 tierra del lugar, 1 arena y cada factor presento 1 distinto abono (bovino, ovino y gallinaza). Los resultados señalaron que el mayor porcentaje de emergencia fue el tratamiento de a3b3, alcanzando un valor de 64%. El tratamiento de remojo de semilla en agua oxigenada fue el que más sobresalió de los otros tratamientos, por otra parte, el sustrato que sobresalió fue el sustrato con 3 partes turba, 2 tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de gallinaza dando un valor del 59%.

Palabras clave: Sustrato, tratamiento, pregerminativo, germinación

Abstract

Forest species are of vital importance for the conservation of the environment, therefore, their propagation in different geographical environments. The

research was carried out in the Municipality of Santiago de Huata, Omasuyos Province of the Department of La Paz. The objective of the research was to evaluate the effect of pre-germination treatments and substrates on the germination of pine (*Pinus radiata* D. Don). The investigation was of an experimental type, the response variables were according to the characteristics of the species, the evaluation was quantitative. The treatments were distributed under the Random Complete Blocks design according to two factors in three repetitions, where the levels of Factor A were the pre-germination treatments (soaking in water at room temperature, boiled water, hydrogen peroxide and sodium hypochlorite). And factor B were the types of substrate were based on 3 parts of peat, 2 local land, 1 sand and each factor presented 1 different fertilizer (cattle, sheep and chicken manure). The results indicated that the highest percentage of emergence was the treatment of a3b3, reaching a value of 64%. The treatment of soaking seeds in hydrogen peroxide was the one that stood out the most from the other treatments, on the other hand, the substrate that stood out was the substrate with 3 parts peat, 2 local soil, 1 sand and 1 chicken manure fertilizer giving a value 59%.

Keywords: Substrate, treatment, pregerminative, germination.

Introducción

El pino presenta una gran importancia ecológica, ambiental, económica y social en el mundo entero, al respecto Gómez (2013), señala el mismo componente que influye en los procesos funcionales del ecosistema prestando servicios ambientales (agua, oxígeno, recreación, captura de carbono), además de ser hábitat y fuente de alimento para la fauna silvestre, tienen mucho valor económico, ya que son fuente de madera, leña, pulpa, resina, semillas y otros productos.

Las plantaciones forestales en Bolivia son todavía poco significativas, así mismo, el pino radiata se puede encontrar en las plazas de la ciudad de La Paz, demostrando su importancia ornamental y forestal; es muy conocida en nuestro medio

debido a su importancia en el mercado, ya que con ella se fabrica cajones y embalajes para frutas, machihembre, tirantes, tablas, etc. Es tolerante a la salinidad y sequía (Choque, 2015).

Uno de los problemas que se tiene actualmente en el Municipio de Santiago de Huata, es la poca presencia de plantaciones de pino a causa de su poca germinación debido a que los suelos no son ideales. En el Municipio no se dispone de información sobre la realización una buena germinación y propagación con la semilla de esta especie, solo existe información de otros países.

Una alternativa para superar la poca germinación de semillas de esta especie sobre los suelos del Municipio Santiago de Huata, es realizar ensayos con tratamientos

pregerminativos y el uso de sustratos. De ellos se obtendrá resultados y conocimientos técnicos básicos para germinar las semillas de pino, que servirá más adelante con el fin de obtener resultados más rápidos y una producción de plantas homogéneas.

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos en la germinación de pino (*Pinus radiata* D. Don).

Materiales y Métodos

El presente estudio de investigación se realizó a cabo en el Municipio de Santiago de Huata, Provincia Omasuyos del departamento de La Paz. Según el Plan Territorial de Desarrollo Integral del Municipio de Santiago de Huata PTDI (2016), el Municipio pertenece a la quinta sección de la Provincia Omasuyos, se encuentra aproximadamente a 122 Km de la ciudad de La Paz y a 26 Km aproximadamente de Achacachi.

Materia prima

Para la presente investigación, se utilizó la semilla de pino, adquirido en la distribuidora de semillas forestales BASFOR ubicado en el Mercado Rodríguez de la ciudad de La Paz.

Equipos y materiales

Para la presente investigación, se utilizó los siguientes materiales: pala, picota, carretilla, letreros, estacas, tierra del lugar, abonos,

turba, hipoclorito de sodio, agua oxigenada, formol, planillas de registro, cámara fotográfica, regla, vernier, flash memory, laptop.

Procedimiento experimental

La investigación que se realizó fue de tipo experimental, se recogió variables de respuesta según a las características de la especie. La evaluación fue cuantitativa, todos los datos fueron llenados en una planilla según las unidades experimentales, se utilizó un muestreo aleatorio simple.

Inicialmente, se remojó las semillas en los tratamientos pregerminativos, posteriormente se preparó las proporciones para cada sustrato, cuando ya se tenía cada sustrato, se procedió con el armado de las unidades experimentales (almacigueras).

Cuando las semillas cumplieron con el periodo de remojo de cada tratamiento pregerminativo, se procedió con la siembra en las almacigueras con sustratos.

En cada almaciguera se sembró 100 semillas, posteriormente se regando con poca cantidad de agua para asegurar un buen contacto entre las semillas y el sustrato. Luego se procedió con el tapado del almacigo con paja, durante el periodo de germinación para tener humedad, calor, menor impacto de sol y para evitar el ataque de animales. También se realizó labores culturales como ser: riego, deshierbe, control de plagas y enfermados.

Diseño experimental

Debido a las condiciones del terreno y de campo se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial. El factor A; tratamientos pre germinativos y el factor B; tipos de sustratos; conformándose 20 tratamientos con 3 bloques totalizando 60 unidades experimentales y se designarán al azar para su respectiva evaluación (Ochoa, 2009).

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media general del experimento.

γ_k = Efecto fijo del k-ésimo bloque

α_i = Efecto fijo del i-ésimo tratamiento pre germinativo

β_j = Efecto del j-ésimo tipo de sustrato

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B (interacción AxB)

ε_{ijk} = Error experimental

Factores de estudio

Los factores de estudio fueron cuatro tratamientos pre germinativos: factor A (ver cuadro 1), y tres sustrato como el factor B (ver cuadro 1), para la comparación se estableció un tratamiento (testigo), donde para el factor A no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo y para el factor B fue sustrato sin ningún abono orgánico.

Factores de estudio

Factor A	
Tratamientos pre germinativos	
a1	Remojo de semilla en agua a temperatura ambiente por 24 horas
a2	Remojo de semilla en agua hervida por 30 minutos
a3	Remojo de semilla en agua oxigenada al 5% por 24 horas
a4	Remojo de semilla en hipoclorito de sodio al 5% por 24 horas
a5	Testigo (siembra directa en almacigo)
Factor B	
Tipos de sustrato	
b1	3 partes turba, 2 tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de bovino
b2	3 partes turba, 2 tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de ovino
b3	3 partes turba, 2 tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de gallinaza
b4	Testigo sin abono (3 partes turba, 2 tierra del lugar, 1 arena)

Resultados y discusión

Efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos en la germinación de pino (*Pinus radiata* D. Don).

En el cuadro 2 se observa los resultados obtenidos de análisis de

varianza, donde el valor de $Pr > F$ para los tratamientos pregerminativos es ($<,0001$) lo cual indica diferencias altamente significativas. Presenta diferencias altamente significativas el factor de los tipos de sustrato con un valor de $Pr > F$ ($<,0001$), a excepción de la variable de porcentaje de emergencia de plántulas en el cual nos muestra un resultado no significativo.

El coeficiente de variación de las diferentes variables de respuesta es menor al 30%, demostrando que los datos tomados son confiables.

Para la interacción de los factores, no hubo diferencias significativas en el porcentaje de emergencia de plántulas y para el diámetro de cuello de raíz, en las demás variables muestra un valor de $Pr > F$ ($<,0001$), demostrando que la interacción de los factores es altamente significativo.

Verela (2011), plantea que la aplicación de tratamientos pregerminativos a las semillas, garantiza que su germinación no se vea afectada por agentes inherentes a ellas y que, por el contrario, se logren cultivos más homogéneos, con plántulas de excelente calidad y tamaño.

Los sustratos son un aspecto importante para el desarrollo y crecimiento en las almacigueras de pino permitiendo a las raíces, encuentren nutrientes necesarios, el agua y el oxígeno para respirar, al respecto Coronel (2017) manifiesta que es muy difícil encontrar el sustrato perfecto para cada especie,

el sustrato puede intervenir o no en el complejo de crecimiento y desarrollo de la planta.

En el cuadro 3 se observa la prueba de Duncan para la variable de respuesta por el efecto de tratamiento pregerminativo, los tratamientos que tuvieron mejor respuesta fueron el remojo de semilla en agua oxigenada al 5% por 24 horas, presenta los mejores promedios en cada una de las variables (porcentaje de emergencia de plántulas de 62,5%, altura de planta 7,12 cm, número de hojas 65, diámetro de tallo 1,84mm, diámetro de cuello de raíz 1,80 mm y longitud de raíz de 9,02cm), seguido del tratamiento de remojo de la semilla en hipoclorito de sodio al 5% por 24 horas, el testigo (Siembra directa en almacigo) Presento los valores más bajos, esto puede atribuirse a que el testigo no se ningún tratamiento pregerminativo por lo cual no rompieron la latencia de las semillas de *Pinus radiata* en la investigación y tomaron más tiempo para poder romper su latencia mientras que las semillas con tratamientos pregerminativos rompieron la latencia en menor tiempo. Varela (2011), manifiesta que los tratamientos pregerminativos son procedimientos que sirven para romper la latencia de la semilla, también señala que algunas semillas no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean adecuadas.

Tabla 1.

Análisis de Varianza para las variables de respuesta por el efecto de tratamientos pregerminativos y tipos de sustrato

FV	VARIABLES DE RESPUESTA (Pr>F)					
	EP	AP	NH	DT	DCR	LR
Tratamientos pregerminativos	0,0006**	<,0001**	0,0075**	<,0001**	0,0302*	<,0001**
Tipos de sustratos	0,7622ns	<,0001**	<,0001**	<,0001**	0,0022**	<,0001**
Trat. Preg. * sust	0,3659ns	<,0001**	0,0019**	<,0001**	0,0936ns	<,0001**
Bloque	0,0731ns	0,7569ns	0,22108ns	0,0774ns	0,2945ns	0,0155*
Coefficiente de Variación	8,65%	6,67%	6,87%	10,22%	15,16%	5,47%

EP= Emergencia de plántulas AP= Altura de planta
 NH= Numero de hojas
 DT= Diámetro de tallo
 DCR= Diámetro de cuello de raíz
 LR= Longitud de raíz

Montes (2017), señala que la razón por la que se comporta de manera positiva el agua oxidada sobre las semillas de pino, es debido a que sus H₂O₂ cuentan con un átomo más de oxígeno que el agua, este es bastante inestable y es liberado con facilidad, con lo cual se puede usar el agua oxigenada para ayudar a las semillas a germinar con mayor rapidez.

Quiroz (2018), realizó una investigación sobre tratamientos pregerminativos con hipoclorito de sodio, donde mencionó que para incrementar la germinación

en semillas es recomendable el uso del hipoclorito de sodio para aumentar la germinación, pues actúa como fungicida, ya que inhibió el desarrollo de fitopatógenos. Rivero (2015), realizó una investigación similar en tratamientos pregerminativos en pino del cual obtuvo resultados similares con el tratamiento pregerminativo de remojo de semilla en agua por 48 horas siendo este el mejor de sus tratamientos pregerminativos, cabe mencionar que el mismo realizó la investigación en el Municipio de Chuma teniendo en cuenta diferentes aspectos climáticos. A su vez Varela (2011), plantea que el uso de los tratamientos pregerminativos garantiza la germinación y permite que no se vea afectada por agentes inherentes, estos permiten cultivos más homogéneos, con plántulas de mejor calidad y tamaño.

Tabla 2.

Prueba de medias de Duncan para las variables de respuesta por el efecto de los tratamientos pregerminativos

Tratamientos pregerminativos	VARIABLES DE RESPUESTA					
	EP (%)	AP (cm)	NH	DT (mm)	DCR (mm)	LR (cm)
Agua oxigenada al 5% por 24 horas	62,58a	7,12a	65a	1,84a	1,80ab	9,02a
Hipoclorito de sodio al 5% por 24 horas	60,08ab	6,72b	64a	1,61b	1,83a	7,11b
Agua hervida por 30 minutos	57,42bc	6,45bc	62a	1,51b	1,68abc	6,98b
Agua a temperatura ambiente por 48 horas	57,d0bc	6,47bc	63a	1,53b	1,60bc	6,43c
Siembra directa (testigo)	52,92c	6,15c	59b	1,48b	1,53c	6,16c

En el cuadro 4 se observa la prueba de Duncan para la variable de respuesta por el efecto de tipo de sustrato utilizado, los tratamientos que tuvieron mejor respuesta fueron el sustrato de 3 partes de turba, 2 tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de gallinaza, presentando los mejores promedios en cada una de las variables (porcentaje de emergencia de plántulas de 57,9%, altura de planta 7,59 cm, número de hojas 75, diámetro de tallo 1,83 mm, diámetro de cuello de raíz 1,87mm y longitud de raíz de 8,71 cm), seguido del tratamiento 3 partes de turba, 2 tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de ovino, el testigo (3 partes de turba, 2 tierra del lugar, 1 arena) Presento los valores más bajos.

Infopurplant (2020) coincide en que la gallinaza es un producto

rico en nutrientes, mencionando que el contenido de nitrógeno es especialmente alto, a su vez es bastante ácido y rico en calcio. A su vez portillo (2018) menciona que el pino tiene preferencias a los suelos ácidos, a la vez está acostumbrado a vivir en casi cualquier ambiente.

El crecimiento y desarrollo de las plántulas de pino depende del tipo de sustrato que se utilice, en este caso el mejor sustrato fue con la dosis de abono de gallinaza debido que presento las mejores condiciones para su crecimiento y desarrollo en las raíces, además de tener una influencia directa del suministro de nutrientes necesarios para la especie de pino, al respecto Espinoza (2014), menciona que los promedios de diámetros al cuello de raíz por influencia del tipo de sustrato utilizado en el trabajo de

investigación, donde el sustrato 2 presenta un promedio de diámetro de 1,8 mm, el sustrato 1 un

promedio de 1,74 mm y el sustrato 3 un promedio de 1,71 mm.

Tabla 3.

Prueba de medias de Duncan para las variables de respuesta por el efecto de los tipos de sustrato

Tipos de sustrato	VARIABLES DE RESPUESTA					
	EP (%)	AP (cm)	NH	DT (mm)	DCR (mm)	LR (cm)
(3:2:1) y 1 abono de gallinaza	59,07a	7,59a	75a	1,83a	1,87a	8,71a
(3:2:1) y 1 abono de ovino	58,13a	6,73b	61b	1,65b	1,75ab	7,19b
(3:2:1) y 1 abono de bovino	57,60a	6,04c	57c	1,50c	1,64bc	6,56c
(3:2:1) testigo	57,20a	5,96c	57c	1,40c	1,49c	6,10d

Conclusiones

El porcentaje de emergencia fue influenciado por los diferentes tratamientos pregerminativos, por lo que se afirma que cada tipo de tratamiento pregerminativo y tipo de sustrato generó un efecto distinto en cada una de las variables de respuestas.

El mejor porcentaje de germinación fue del tratamiento (a3b2 Remojo de semilla en agua oxigenada al 5% por 24 horas y 2 partes turba, 3 tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de ovino) con un valor de 64% en emergencia, seguido del tratamiento (Remojo de semilla en agua oxigenada al 5% por 24 horas y 3 partes turba, 2

tierra del lugar, 1 arena y 1 abono de gallinaza), con un valor de 63%, el tratamiento de Remojo de semilla en agua oxigenada al 5% por 24 horas, mostró los promedios más altos en todas sus combinaciones por encima del 60% de emergencia.

Referencias bibliográficas

- Choque, A. (2015). La germinación del pino (*Pinus radiata*) en relación de diferentes sustratos y pre-tratamientos germinativos en el departamento de La Paz. (Ing. Agr.), U.M.S.A., La Paz, Bolivia
- Coronel, L. (2017). Dasonomía y Silvicultura La Paz, Bolivia

- Espinoza, R. (2014). Efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres niveles diferentes de sustratos en la germinación de pino (*Pinus radiata* D. Don.). (Ing. Agr), U.M.S.A, La paz, Bolivia
- Varela, S. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos Chile
- FRONDA. (2018). Abono organico de oveja Retrieved 11/08/2020, from <https://www.fronda.com/productos/abono-organico-de-oveja>
- Gomez, F. (2013). Inoculación in vitro de ectomicorizas comestibles asociados con *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus patula*.
- Montes, J. (2017). Agua oxigenda en las plantas Retrieved from <https://agronomosudg.com/2017/01/04/agua-oxigenada-en-las-plantas/>
- Ochoa, R. (2009). Diseños experimentales (primera edicion 2009 ed.). La Paz, Bolivia
- Portillo, G. (2018). Características de los pinos piñoneros y cómo sembrar piñones. Retrieved 19/03/2021, from <https://www.jardineriaon.com/pino-pinonero.html#comments>
- PTDI. (2016). PLAN TERRITORIAL DE DESARROLLO INTEGRAL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE SANTIAGO DE HUATA 2016-2020.
- Quiroz, C. (2018). Tratamientos químicos y biológicos para estimular la germinación en semillas de *Nolina cespitifera* Trel. Mexico

OPTIMIZACIÓN DE LA APLICACIÓN DE FÓSFORO Y DENSIDAD DE TRASPLANTE EN LA PRODUCCIÓN DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) USANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Optimization of phosphorus application and transplant density in onion (*Allium cepa* L.) production using response surface methodology

Yana Mamani, Edwin¹

¹ Investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto. Email, eyana061@gmail.com

Resumen

El estudio se enfoca en potenciar la producción de cebolla en el altiplano de La Paz a través de un manejo eficiente. Su objetivo es encontrar el mejor uso de fósforo y densidad de trasplante utilizando una metodología de Superficie de Respuesta que involucre tres niveles de fósforo y tres densidades de trasplante para optimizar los rendimientos y reducir costos de producción. Los resultados mostraron, la altura máxima de la planta (AP) alcanzando los 76,7 cm como máximo, el número de hojas (NH) con un promedio máximo de 14 hojas, el diámetro falso tallo (DFT) encontró un promedio máximo de 29,9 mm. Realizando el análisis de Metodología de Superficie de Respuesta se determinó el nivel óptimo para el fertilizante (P) en el cultivo de cebolla variedad perrilla, con las siguientes dosis aplicadas en 0, 60 y 120 kg*ha⁻¹, sin embargo, no se encontró el nivel que maximiza. En cuanto la densidad de trasplante presentado en 25, 50 y 70 planta m², encontró el nivel que maximiza en un valor óptimo en 75 pl m², mostrando un rendimiento máximo de 81 t*ha⁻¹ y la mínima de 27 t*ha⁻¹. El análisis de la relación (B/C) reveló un valor óptimo de 6,3 Bs y un valor mínimo de 5,0 Bs. La tasa marginal de retorno (TRM) muestra que el tratamiento 27 tiene el beneficio neto más bajo, como lo indica su tasa marginal de retorno (TRM) de 148%. Este valor de (TRM) supera la tasa mínima aceptable del 100% establecida para esta investigación. Implica que por cada 1 (Bs) invertido, se recupera la inversión junto con un porcentaje de utilidad de 1,48 (Bs).

Palabras clave: Densidad, cebolla, beneficio, costo, óptimo, fósforo, niveles, rendimiento

Abstract

The study focuses on boosting onion production in the highlands of La Paz through efficient management. Their objective is to find the best use of phosphorus and transplant density using a Response Surface methodology

involving three levels of phosphorus and three transplant densities to optimize yields and reduce production costs. The results showed the maximum height of the plant (AP) reaching a maximum of 76.7 cm, the number of leaves (NH) with a maximum average of 14 leaves, the false stem diameter (DFT) found a maximum average of 29.9 mm. Carrying out the Response Surface Methodology analysis, the optimal level for the fertilizer (P) was determined in the perrilla variety onion crop, with the following doses applied at 0, 60 and 120 kg*ha⁻¹, however, it was not found the level that maximizes. Regarding the transplant density presented in 25, 50 and 70 m² plant, it found the level that maximizes an optimal value in 75 pl m², showing a maximum yield of 81 t*ha⁻¹ and the minimum of 27 t*ha⁻¹. The analysis of the ratio (B/C) revealed an optimal value of 6.3 Bs and a minimum value of 5.0 Bs. The marginal rate of return (MRR) shows that treatment 27 has the lowest net benefit, as This is indicated by its marginal rate of return (TRM) of 148%. This value of (TRM) exceeds the minimum acceptable rate of 100% established for this investigation. It implies that for every 1 (Bs) invested, the investment is recovered along with a profit percentage of 1.48 (Bs).

Keywords: Density, onion, benefit, cost, optimal, phosphorus, levels, yield.

Introducción

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una monocotiledónea alógama que, según la categorización de Takhtajan, pertenece al núcleo de la familia *Alliaceae*, muy extendida en el planeta y ocupa el segundo lugar después de la patata en importancia económica como especie hortícola que contribuye los requerimientos de nutrientes como Ca, K y P (Hussen & Albaiaty, 2019).

En Bolivia se cultiva por su bulbo picante y su delicioso follaje. En general, cada parte de la planta se consume, el consumo anual por persona es de 9 kilogramos, la demanda es de 57.000 t, Los productores son Cochabamba, Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija, con 82.354 toneladas, lo que representa el 86% de la producción nacional (OAP, 2019).

El caso muestra la necesidad de mayores investigaciones para adaptar la tecnología a las condiciones regionales y mejorar las condiciones de los cultivos (Peña & Fernando, 2015). Estas medidas tienen la posibilidad de ser manipuladas para lograr una mayor respuesta en la producción, de igual forma diferentes estudios demostraron la respuesta de las plantas a la densidad, destacando cambios en la maduración, diámetro del bulbo y rendimiento entre otros (Viloria, Arteaga, Diaz, & Delgado, 2003). Para aumentar los rendimientos y minimizar los costos de producción, es necesario determinar el nivel apropiado de fertilización NPK para todos los diferentes cultivares (Ore Ore, 2015). Por lo tanto, el propósito de este análisis fue establecer los valores óptimos de fertilizante (P) y densidad de trasplante en la

producción de cebolla con base en experimentos de Diseño Compuesto Central (DCC).

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la campaña agrícola 2021 – 2022 en los predios del Centro Experimental de Kallutaca, perteneciente en la Universidad Pública de El Alto, localizada en la Provincia Los Andes, Segunda Sección del Municipio de Laja, al Oeste del Departamento de La Paz. Situada en zona 19 con coordenadas, al Este 573868, al Norte 8172891, a una altitud de 3,901 msnm, distante a 15 km de la ciudad de La Paz, con una precipitación media anual de 911 mm, temperatura media máxima anual de 20.2°C y una mínima -9.5°C. El suelo ha sido clasificado como franco arenoso a arcillo arenoso, con las características físico química del suelo donde se condujo el ensayo.

Tiene una temperatura media de 7.1°C, con temperaturas extremas mínimas -10.8 a -11.0 °C en los meses de junio y julio, en los meses de noviembre y diciembre se presentan las temperaturas máximas que fluctúan entre 19.6 a 21.6 °C. La humedad relativa en los meses de diciembre a marzo registra los valores de 64.5 a 71.0% y de julio a agosto los promedio de 40.0%, (Condori, 2016). La precipitación media anual para las zonas de estudio es de 612.2 mm año. La velocidad media del viento es de 2.4m/s. la nubosidad media es de 2.8 octavos y se dispone de 8 a 6 horas de sol diarias en promedio.

En la investigación se utilizó el Diseño central Compuesto (DCC) desarrollado originalmente por Box and Wilson (1951) con dos replicas para ajustar la superficie de respuesta a los datos experimentales. Los factores experimentales fueron la combinación de diferentes niveles de fósforo y tres densidades de trasplantes. El número total de corridas experimentales para un DCC de dos factores es de 13 incluido sus 4 puntos factoriales, 4 puntos axiales y 5 repeticiones por puntos centrales. Los puntos de diseño se definieron en base a los niveles bajos y altos de P (0, 60, 120 kg*ha⁻¹), y la densidad de trasplante (25, 50, 75 planta m²). Los niveles bajos se definieron en función del contenido de nutrientes del suelo y las recomendaciones locales.

Diseño experimental

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_{ij} \text{ ó } Y = X\beta + \varepsilon$$

Modelo de Primer Orden:

Dónde:

Y= Valor promedio de la variable de respuesta (Rendimiento).

β0= Valor promedio de la respuesta, en ausencia del efecto de los factores x1 y x2

β1 = Razón de cambio (efecto lineal) del factor 1 sobre la respuesta promedio.

β2 = Razón de cambio (efecto lineal) del factor2 sobre la respuesta promedio.

Modelo de Segundo Orden:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

Dónde:

ε = representa el ruido o error observado en la respuesta Y, son factores cuantitativos observados.

Y= Valor promedio de la variable de respuesta (Rendimiento).

β_i = son los coeficientes de regresión para los niveles de primer orden

β_{ii} = son los coeficientes para los términos cuadráticos puros.

β_{ij} = son los coeficientes para los términos de producto cruz.

ε = es el error aleatorio

Análisis económico

Costos variables

Costos totales

$$CT = CF + CV$$

Beneficio neto

$$\frac{\text{Costo fijo}}{\text{Costo variable}} = \text{Costo variable total}$$

$$BN = IB - CT_m$$

Tabla 1.

Descripción de la composición de los tratamientos con Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR)

Trat.	Nivel codificado		Niveles reales	
	X_1	X_2	Densidad pl m ²	Fósforo Kg*ha ⁻¹
1	-1	-1	25	0
2	1	-1	75	0
3	-1	1	25	120
4	1	1	75	120

5	-1,41	0	25	60
6	1,141	0	75	60
7	0	-1,41	50	0
8	0	1,141	50	120
9	0	0	50	60
10	0	0	50	60
11	0	0	50	60
12	0	0	50	60
13	0	0	50	60

Resultados y discusión

Los resultados mostraron durante las cuatro fechas evaluadas las diferentes características. El análisis de regresión lineal mostró que la altura máxima de la planta (AP) tuvo una variación del 87,38%, alcanzando los 76,7 cm como máximo. El número de hojas (NH) tuvo una variación de 94,11%, con un promedio máximo de 14 hojas. El diámetro falso tallo (DFT) tuvo una variación del 88,66%, con un promedio máximo de 29,9 mm.

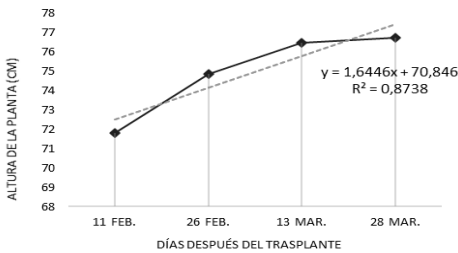
Altura de planta (AP)

La estimación curvilínea de regresión de la Figura 1 muestra el efecto significativo de los tratamientos sobre la variable altura de planta a los 156 días a través de cuatro evaluaciones, entre días después de trasplante como variable dependiente y la altura de la planta como independiente. Se encontró que el modelo que más se ajustó es el lineal, reflejando una tendencia creciente 1.64% por cada unidad de variación en el desarrollo de altura de la planta. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.87$, mostrando la medida de la proporción en que se reduce el error de predicción de

la variable dependiente y explica la disminución del tamaño en la última evaluación debido a la maduración y ruptura de los ápices de las hojas.

Figura 1.

Variación de altura promedio (cm) de los tratamientos durante su desarrollo en función de días después de trasplante.

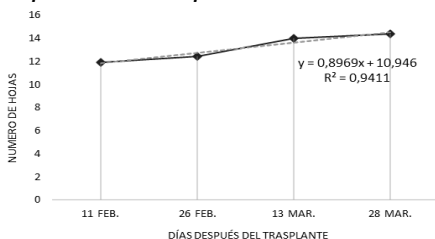


Numero de hojas (NH)

La tendencia creciente en la Figura 2 indica que el número de hojas varía en un 89.69% por cada unidad de variación de días después de trasplante. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,94$) muestra la medida de la proporción en que se reduce el error de predicción de la variable dependiente y explica la dependencia funcional lineal fuerte de número de hojas, días después de trasplante del mismo.

Figura 2.

Análisis de regresión entre las variables número de hojas días después de trasplante.

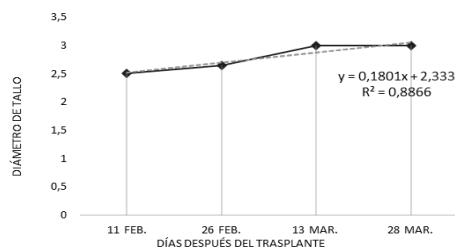


Diámetro del falso tallo (DFT)

Los datos originados a partir de las observaciones efectuadas del comportamiento en material genético, expresan las características en la aplicación de fósforo y densidad de trasplante en la (Figura 3) se muestran los resultados de la variable, diámetro del falso tallo durante las cuatro fechas de evaluación, se puede observar la variación en un 18.01% de días después de trasplante. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,88$) muestra la medida de la proporción en que se reduce el error de predicción de la variable dependiente. A partir de la última fecha de evaluación, el promedio de tratamientos comenzó a disminuir debido a la senescencia y bulbificación.

Figura 3.

Análisis de regresión de la variable diámetro de falso tallo (mm) y días después de trasplante.



Análisis de rendimiento

El análisis de varianza nos muestra que el modelo ($P\text{valor} = 0,000$) y el efecto lineal ($P\text{valor} = 0,000$) son altamente significativos, como es evidente; en el mismo cuadro se observa el rendimiento respecto a cada uno de los efectos bajo la prueba de la significancia

estadística comparando su cuadrado medio contra su estimado del error experimental. Los factores de efecto principal

más influyentes en el rendimiento es la densidad ($P_{\text{valor}} = 0,000$), altamente significativo y para el fósforo ($P_{\text{valor}} = 0,908$).

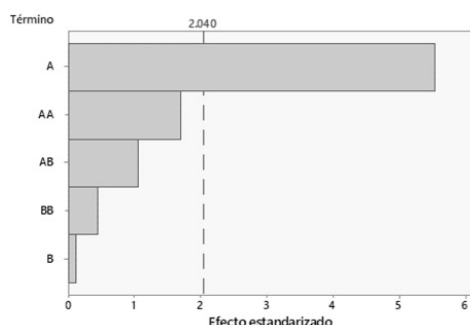
Tabla 2.

Análisis de Varianza de rendimiento aplicando fósforo y densidad de trasplante.

Fuente	G.L.	S.C.	M.C.	Valor F	Valor p
Modelo	7	407,864	58,266	5,25	0,001
Bloques	2	8,402	4,201	0,38	0,688 ^{NS}
Lineal	2	339,569	169,785	15,29	0,000**
Densidad	1	339,417	339,417	30,57	0,000**
Fósforo	1	0,152	0,152	0,01	0,908 ^{NS}
Cuadrado	2	47,456	23,728	2,14	0,135^{NS}
Densidad*Densidad	1	31,702	31,702	2,86	0,101 ^{NS}
Fósforo*Fósforo	1	2,325	2,325	0,21	0,650 ^{NS}
Interacción de 2 factores	1	12,437	12,437	1,12	0,298 ^{NS}
Densidad*Fósforo	1	12,437	12,437	1,12	0,298 ^{NS}
Error	31	344,196	11,103		
R ²	54,23%				
CV	18,95%				

Figura 4.

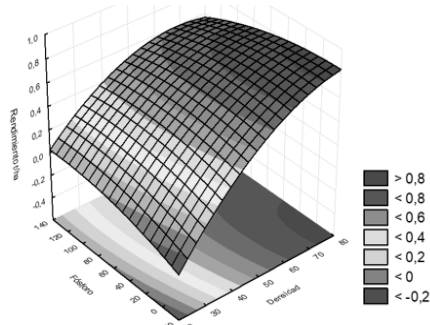
Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.



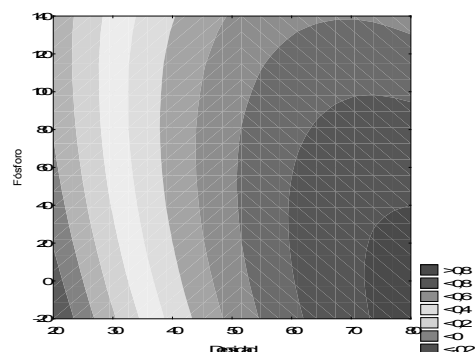
Como se puede observar, la densidad muestra un resultado altamente significativo, evidencia en efecto, ya que al aumentar con un nivel alto aumenta la influencia sobre el rendimiento, la forma especial de gráfico de barras verticales que separa los problemas muy importantes de los menos importantes, estableciendo un orden de prioridades. En la Figura 4 vemos el gráfico de Pareto identifica las variables significativas como A, A*A, A*B, B*B y B.

Figura 5.

a) Superficie de respuesta b), curva de contorno para el rendimiento



b)



En la (Figura 5) se puede observar la estimación del rendimiento en

función a los niveles de fósforo y la densidad en el trasplante de la cebolla, donde la altura de la superficie representa el rendimiento. Sin embargo, el modelo obtenido del análisis de superficie de respuesta indica el comportamiento de las variables en el proceso, observando que la relación fósforo y densidad, en la gráfica de superficie, muestra los contornos para el rendimiento en función de las dosis de fósforo y la densidad, que son una representación tridimensional construida mediante interpolación, observándose que cuando aumenta la densidad sube el rendimiento. En cuanto al fósforo, se evidencia que este elemento no tiene un impacto significativo al rendimiento. El gráfico indica que el rendimiento está influenciado principalmente por la densidad de trasplante. Con base en los rendimientos obtenidos en este estudio, se puede concluir que los tratamientos con mayor densidad de trasplante en planta m^2 presentan mayores rendimientos de cebolla.

El análisis estadístico del modelo de superficie de respuesta del Diseño Central Rotable, muestra la ecuación de regresión ajustado a los datos con base en la función cuadrática donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales no codificados que se encuentran representados en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento } t/ha &= 5,64 + 0,527 \text{ Densidad} + 0,0501 \text{ Fósforo} \\ &- 0,00313 \text{ Densidad}^2 - 0,000147 \text{ Fósforo}^2 \\ &- 0,000679 \text{ Densidad} \cdot \text{Fósforo} \end{aligned}$$

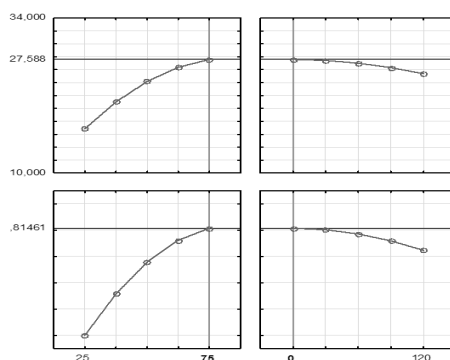
Optimización para el rendimiento

Se observa que la densidad obedece a una ecuación cuadrática, indicando que se encontró el nivel que maximiza, mientras el componente fósforo obedece a una ecuación lineal, por lo que no se encontró el nivel que maximiza.

La localización de las condiciones operativas deseables en la superficie de respuesta estimada, lo concreto es que las respuestas al rendimiento de la operación alcanzan sus valores óptimos cuando la densidad es de 75 $pl\ m^2$ muestra un rendimiento máximo de 81 $t \cdot ha^{-1}$ y la mínima de 27 $t \cdot ha^{-1}$. Por otro lado, el análisis indica que se deben minimizar los niveles de fósforo, ya que no se identificó la dosis que maximiza el rendimiento. Esto atribuye a una aplicación excesiva de fósforo, donde FDTA Valles (2015) menciona que los valores superiores a 8 ppm son altos, ya que el análisis del suelo indica un contenido de fósforo de 17 ppm en el suelo.

Figura 6.

Valores óptimos que maximizan el rendimiento en el estudio de optimización de fósforo y densidad de trasplante.



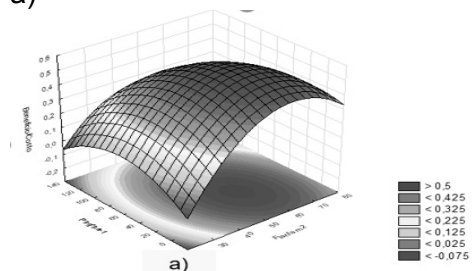
Análisis económico

El uso del análisis económico, en base a las unidades experimentales, se puede observar el gráfico tridimensional, presentado en la Figura 7, donde muestra la altura de la superficie de respuesta en el gráfico indica la combinación óptima de tratamientos que da como resultado la mayor eficiencia económica, el pico del gráfico muestra la relación denotada como (B/C), que representa la combinación de tratamientos que proporciona la mayor eficiencia económica, que es una ventaja importante debido a la información económica necesaria para lograr las conclusiones relevantes, teniendo en cuenta factores como el costo del fósforo en 0, 60 y 120 kg*ha⁻¹ respectivamente, la mano de obra requerida para emplear la densidad de trasplante en 25 plantas m², 50 plantas m² y 75 plantas m², los costos de los tratamientos, la mano de obra requerida para aplicarlo, el costo de cualquier equipo necesario, el producto utilizado y la cantidad utilizada para la aplicación en esta investigación sobre la aplicación de fósforo y densidad de trasplante en la producción de cebolla.

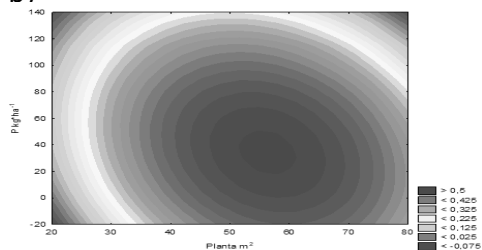
Figura 7.

a) Superficie de respuesta b), curva de contorno Beneficio/Costo (B/C)

a)



b)

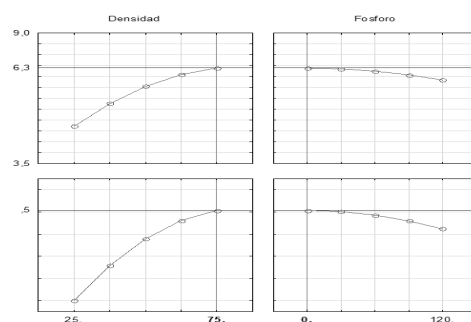


Optimización para beneficio-costo

Los resultados obtenidos en la Figura 8 identifica un escenario económico de una producción agrícola óptima, mediante la utilización de la (MSR) para la minimización de la aplicación de fósforo en 0, 60 y 120 kg*ha⁻¹, la densidad en 25, 50, 75 plantas m² donde reduzca los costos de producción de cebolla. El análisis de la relación (B/C) reveló un valor óptimo de 6,3 Bs y un valor mínimo de 5,0 Bs. Esto indica un retorno de la inversión muy favorable, lo que implica una producción financieramente rentable considerando los factores, como las condiciones del mercado, los costos de producción, la mano de obra, alquiler de los equipos para las aplicaciones del producto y la cantidad utilizada para la aplicación.

Figura 8.

Valores óptimos que maximizan el Beneficio/Costo (B/C) en el análisis económico



Análisis marginal del ensayo experimental

Tabla 3.

Análisis marginal

TRAT.	B.M.	T.R.M. (%)
T.27	2329	148,8 *
T.05	95741	6113,6*
T.10	0.000	

De acuerdo con la tabla 3 el Tratamiento 27 tiene el beneficio neto más bajo, como lo indica su tasa marginal de retorno (TRM) de 148%. Este valor de (TRM) supera la tasa mínima aceptable del 100% establecida para esta investigación. Implica que por cada 1 (Bs) invertido, se recupera la inversión junto con un porcentaje de utilidad de 1,48 (Bs). Por otro lado, el tratamiento 5 arroja los mayores beneficios netos, superando la tasa mínima aceptable del 100 %.

Conclusiones

Los resultados del análisis mediante regresión lineal en cuatro fechas evaluadas mostraron los resultados para la altura de planta más alta registrada alcanzó un máximo de 76,7 centímetros, el recuento promedio de hojas alcanzó un máximo de 14 hojas y el diámetro de tallo falso alcanzó un promedio máximo de 29 milímetros.

Para el análisis de rendimiento se observaron variaciones evidentes entre los tratamientos, específicamente en la densidad,

mediante el diagrama de Pareto ilustra cómo los factores individuales y sus interacciones influyen en los resultados para el rendimiento.

Conforme a los resultados obtenidos, el rendimiento se obtuvo de treinta $t \cdot ha^{-1}$, mientras usando la MSR pretende encontrar un rendimiento máximo de ochenta y uno $t \cdot ha^{-1}$ a una densidad de trasplante del valor óptimo en setenta y cinco $pl m^2$ en el cultivo de cebolla variedad perrilla, mientras en fósforo no se encontró el nivel que maximiza. Esto atribuye a una aplicación excesiva de fertilizante.

El análisis realizado para identificar un escenario económico de una producción agrícola óptima usando MSR reveló un valor óptimo de seis Bs y un valor mínimo e cinco Bs. Esto indica un retorno de la inversión muy favorable, una producción financieramente rentable considerando todos los factores, como las condiciones del mercado, los costos de producción, la mano de obra, alquiler de los equipos para las aplicaciones del producto.

Referencias bibliográficas

- Box, G., & Wilson, K. J. A. M. S. (1951). On the experimental designs for exploring response surfaces. 13, 1-45.
- Condori, T. (2016). *Evaluación de la producción de semilla de cuatro variedades de Quinoa (Chenoponium quinoa willd) con la aplicación de mulch de Coca (erythoxylum coca) en la Estación Experimental de*

Kallutaca. (Ing Agr), UPEA, La Paz, Bolivia.

FDTA Valles. (2015). *(Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de los Valles) Manual de Cultivo de la Cebolla. Cochabamba, Bolivia, Impresiones Artes Grafica Catacora. 95 p.*

Hussen, K. B. E. H. M., & Albaity, K. A. H. J. I. J. R. S. R. (2019). Genotypic and phenotypic variation and heritability in bulb composition of onion (*Allium cepa* L.). 10(5), 32345-32348.

OAP. (2019). *MDRyT Censo Nacional Agropecuario 2014 - Cuentas Nacionales. Konijnembur, A. (2009) Cebolla: propiedades, actualidad, variedades y claves productivas. Fruticultura & Diversificación, 59: 8-13.*

Ore Ore, R. F. (2015). Efecto de tres niveles de fertilización NPK en el rendimiento y calidad de *Allium cepa* L. VAR. SIVAN F1-H-202 EN SANTO DOMINGO, LAREDO-TRUJILLO.

Peña, B., & Fernando, J. J. R. U. A. D. C. (2015). Efecto de la densidad de siembra y del aporque en la producción y calidad de la cebolla puerro (*Allium ampeloprasum* L. var. porrum J. Gay). 18(1), 101-108.

Viloria, A., Arteaga, L., Diaz, L., & Delgado, D. J. B. (2003). Efecto de fertilización con NPK y la distancia de siembra sobre el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.). 15(2), 129-133.

EVALUACIÓN EL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE EXCRETA HUMANA CON DIFERENTES DENSIDADES DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) EN EL MUNICIPIO DE EL ALTO

Evaluación el tiempo de descomposición de los residuos sólidos de excreta humana con diferentes densidades de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el municipio de El Alto

Condori Guarachi, Daniel¹; Mamani Mamani, Virginia²

1 Ingeniero Agrónomo, Docente e investigador en la Carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto. Email, danielguarachic@gmail.com

2 Ingeniera Agrónoma, Investigadora. Email, virginiamamani49@yahoo.es

Resumen

Para conocer la respuesta el tiempo de descomposición de residuos sólidos de excreta humana con diferentes densidades de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el Municipio de el Alto, el trabajo se realizó en el Centro de Transferencia de Tecnologías CTT. FHS, del Municipio de El Alto de la Provincia Murillo del departamento de La Paz. Para realizar el trabajo de investigación los residuos sólidos de excreta humano fue recolectada y transportado de los baños ecológicos de las zonas de distrito 7 y 14 del Ciudad de El Alto, para realizar el proceso de tratamiento de residuos sólidos con inoculación de lombrices en los diferentes fosas de tratamiento, además es importante durante el proceso de tratamiento, se debe tomar el control de temperatura, humedad, pH, y aireación, estas actividades constituye en el proceso de descomposición de residuos y reproducción de lombrices esas actividades realizadas se llegó a los resultado de rendimiento de humus, en el T1 con 512 Kg de lombrices se alcanzó la descomposición de residuos sólidos en menor tiempo de 8 meses y un rendimiento de 320 qq de humus, T2 con 384 Kg de lombriz alcanzo el tiempo de descomposición de 9 meses y rendimiento de humus de 320 qq de humus y T3 con 256 Kg de lombriz se logró en 10 meses con rendimiento de humus de 320 qq de humus a diferencia de otros tratamientos la descomposición en el T3 se alargó mayor tiempo, por tanto debemos tomar en cuenta para obtener el humus se debe manejar mayor cantidad de lombrices para tener mayor cantidades humus en menor tiempo.

Pabras clave: Descomposición, residuos sólidos, excreta humana, lombriz roja

Abstract

In order to know the answer to the decomposition time of solid waste from human excreta with different densities of the Californian red worm (*Eisenia foetida*) in the Municipality of El Alto, the work was carried out at the CTT Technology Transfer Center. FHS, from the Municipality of El Alto in the Murillo Province of the department of La Paz. To carry out the research work, the solid waste of human excreta was collected and transported from the ecological toilets of district areas 7 and 14 of the City of El Alto, to carry out the solid waste treatment process with worm inoculation in the different treatment pits, it is also important during the treatment process, control of temperature, humidity, pH, and aeration must be taken, these activities constitute in the process of decomposition of waste and reproduction of worms those activities carried out the results were reached of humus yield, in T1 with 512 Kg of worms the decomposition of solid waste was reached in less time than 8 months and a yield of 320 qq of humus, T2 with 384 Kg of worms reached the decomposition time of 9 months and humus yield of 320 qq of humus and T3 with 256 kg of worms was achieved in 10 months with humus yield of 320 qq of humus unlike other treatments the decomposition in T3 lasted longer, therefore we must take into account to To obtain the humus, a greater number of worms must be managed to have greater amounts of humus in less time.

Abstract: Decomposition, solid waste, human excreta, red worm

Introducción

Los residuos sólidos reciclados de los baños ecológicos secos “*Proyecto de Agua y Saneamiento Básico en Zonas Peri Urbanas de la Ciudad de El Alto con Tecnologías Alternativas*”, se utilizó la lombriz roja California (*Eisenia foetida*), para transformar desechos orgánicos de estiércol animal, excreta humana, desechos de cocina y vegetales en *humus* de lombriz, desarrollando alternativas de disminuir la contaminación de medio ambiente, obteniendo humus de lombriz de alta calidad de heces fecales, obteniendo cuyo resultado se mostró abonos orgánicos de gran calidad que frecuentemente es utilizado para mejorar la textura del suelo, aumenta el contenido

de materia orgánica e incorpora microorganismos y micronutrientes para el desarrollo de las plantas.

La implementación de esta investigación de la descomposición de excreta humana a humus de lombriz en abonos orgánicos muy rico en nutrientes y la materia orgánica en minerales utilizados en las plantas.

La producción de lombrices tiene buenas perspectivas a futuro, ya que es una alternativa de negocio de producción de humus de lombriz. Por otra parte, la lombricultura ofrece una buena alternativa para reducir el manejo de desechos que se vuelven contaminantes tales como excreta humana y otros.

La transformación de estos subproductos, no sólo contribuye a solucionar un problema de contaminación, sino que se aprovechan como fuente de nutrientes para las plantas ya que el actual costo de fertilizantes inorgánicos y el uso indiscriminado de los mismos, producen problemas en el suelo como la acidificación; esto contribuye a buscar fuentes no tradicionales de fertilización y la lombricultura, por lo tanto, se vuelve una actividad práctica y netamente ecológica (Alcázar, 2005).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el tiempo de descomposición de los residuos sólidos de excreta humana con diferentes densidades de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el Municipio de el Alto.

Objetivo específico

Determinar el tiempo de descomposición de residuos sólidos de excreta humana.

Determinar los cuidados que se deben tener en la producción de lombrices y obtención de humus.

Determinar el rendimiento de humus.

Factores de estudio

Se evaluaron los siguientes factores:
Factor A: Niveles de residuos sólidos de excreta humana

$$a_1 = 72000 \text{ kg}$$

$$a_2 = 72000 \text{ kg}$$

$$a_3 = 72000 \text{ kg}$$

Factor B: Densidades de lombrices

$$b_1 = 512 \text{ kg}$$

$$b_2 = 384 \text{ kg}$$

$$b_3 = 256 \text{ kg}$$

Materiales y Métodos

Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en gestión 2020 en el Centro de Transferencia de Tecnologías CTT FSH ubicado en el distrito 9 del Municipio de el Alto del Provincia Murillo del Departamento de La Paz, geográficamente se encuentra a 16° 30' 02,41" latitud sur y 68° 17' 25,65" longitud oeste a una altitud de 3930 msnm.

Procedimiento experimental Construcción de fosas de tratamiento

Se construyó 24 fosa de 8 m de largo por 2 m de ancho y una profundidad de 0,90 m, una capacidad de 32 m³, para el proceso de tratamiento de residuos sólidos de excreta humana a través de manejo de lombricultura. Las fosas tienen una cubierta de camina galvanizada y plástico, para mantener la humedad y temperatura adecuada para la descomposición de los residuos orgánicos sólidos en humus y mayor reproducción de lombrices.

Recolección y transporte de residuos sólidos de excreta humana

Se recolecta de los baños ecológicos secos, del Distrito 7 y 14 de Ciudad de El Alto en un recipiente turril de

plásticos de 0,90 m. x 0,45 m. con una capacidad de 100 litros, como depósito del biosólido (compuesto aproximadamente de 55 % de heces fecales y 45% de material secante, aserrín más papel higiénico), estos recipientes al ser recogidos de las viviendas son transportados al centro de Transferencia de Tecnologías CTT FSH para ser procesado con lombricultura.

Vaciado de recipientes en las fosas de tratamiento

Una vez transportado los residuos sólidos a Centro de Transferencia de Tecnologías CTT FSH, se procedió con el pesaje de turril y vaciado de residuos en las fosas, para su proceso de tratamiento de los residuos sólidos humanos para transformar en humus con lombriz californiana.

Inoculación de lombrices en las fosas de tratamientos

Por lo tanto, una vez depositado en las fosas de tratamiento se procede con inoculación de lombrices en los diferentes tratamiento y repeticiones con diferentes densidades de lombrices en T1 512 kg de lombriz en 72000 kg de residuos sólidos, T2 384 kg de lombriz en 72000 kg de residuos y T3 256 kg de lombriz en 72000 kg de residuos sólidos de excreta, para su proceso de tratamiento de los residuos sólidos de excreta humana.

Humedad (H°)

La humedad del sustrato debe mantenerse estable, entre 70% a

80 %. Es un factor muy importante porque influye en la fecundidad y desarrollo de los cocones y lombrices, se debe utilizar equipo adecuados para controlar la humedad, pero existe un método sencillo para controlar la humedad del sustrato es la prueba del puño, consiste en agarrar un puñado de sustrato y presionarlo con fuerza y observar si emanan gotas de agua, si no emanan gotas de agua la humedad está entre 50% y 60%, si emanan gotas de agua de 5 a 8, se establece que la humedad es cercana al 80%, una humedad superior al 90% hace que las lombrices entren en un período de latencia y se reduzca la producción de humus, los niveles de humedad inferiores al 50 % son mortales para las lombrices. (Guerrero, 2007).

Temperatura (T°)

La temperatura es otro factor que influye tanto en la producción de humus como en la reproducción de lombrices, una temperatura entre 20 °C a 25 °C es considerada óptima ya que permite el máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende menor a 15 °C, las lombrices entran en periodo de latencia, bajando su actividad y también la reproducción, de esta manera el periodo de descomposición de la materia orgánica a humus se puede retardar mayor tiempo (Guerrero, 2007).

pH

El pH mide alcalino o ácido del sustrato, el pH es un factor que depende de la humedad y

temperatura, si estos dos últimos factores se puede manejar adecuadamente por lo tanto, podemos controlar los valores entre pH de 5 a 8, valores mayores o menores provocan que las lombrices ingresen en la latencia (Chacón, 2005).

Aireado

El aireado se realiza una vez inoculado la lombriz en las diferentes fosas de tratamiento, el aireado es fundamental para la correcta aireación y desarrollo de las lombrices y consumo de alimento de residuos y del apareamiento y reproducción de lombrices.

Cosecha de lombrices y humus

Después de 6 a 7 meses de procesamiento de tratamiento de los residuos orgánicos, el componente sólido proveniente de las heces fecales y material secante aserrín, se agota y el sustrato se reduce en 25% a 30% del volumen inicial, este es el momento de cosechar las lombrices, (Enríquez, 1997).

Se coloca sobre la superficie del sustrato una malla milimétrica con orificios de 2 mm, sobre la malla se deposita alimento una altura de 6 centímetros y se espera 3 a 4 días las lombrices se pasan a este alimento fresco y están listas para poder inocularlas a una nueva fosa.

Otra forma de cosecha de lombrices es utilizando un tamizador de humus (separando humus y lombrices), este es un método simple mecánico

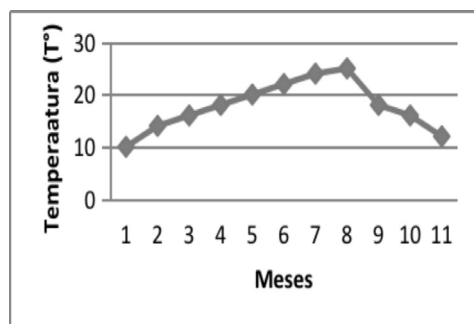
y necesita mayor tiempo para aislar las lombrices.

La siguiente forma de cosecha del humus de las camas de lombricultura es ir retirando el humus de las capas superiores hasta los últimos 10 a 5 cm, luego este se transporta sobre las otras camas de lombricultura con alimento nuevo, sin removerlo y se procede a retirar el humus, ya sin lombrices.

Resultados y discusiones

Características ecológicas Temperaturas (T°)

Figura 1.



Fuente: Propio

En las fosas de tratamiento de los residuos sólidos de excreta humano influye mucha en descomposición y reproducción de lombrices, que presento una mínima temperatura registrada durante el estudio fue de 10°C y la máxima de 25°C que muestra en la (Figura 1).

Según (Tineo, 1994), menciona la reproducción de lombrices se verá afectado inferior de 15 °C y mayor a 25 °C para su proceso de descomposición de residuos sólidos de excreta humana.

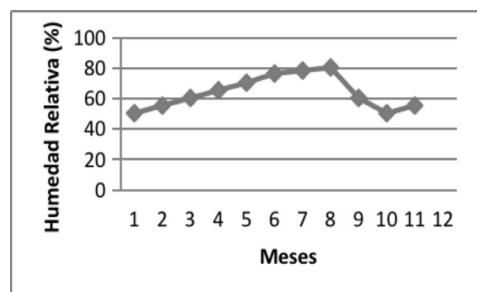
Según (Pineda, *et al.* 2002), mencionan durante el invierno, si los cambios de temperatura son muy bruscos, será necesario, durante las noches, cubrir las camas de lombricultura con pajas o chala, u otro material que evite los cambios bruscos de temperatura. Si el calor y la temperatura son muy elevados, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos.

Humedad relativa (HR)

El ambiente en las fosas de tratamiento presentó en su interior las fluctuaciones micro climáticas de acuerdo a las horas del día y la noche; esto en relación a los parámetros de temperatura y humedad, que influyen en la descomposición de residuos sólidos y reproducción de lombrices. El comportamiento de las variables se presenta en la siguiente figura.

Figura 2.

Humedad en el proceso de tratamiento de residuos sólidos de excreta humana



Fuente: Propio

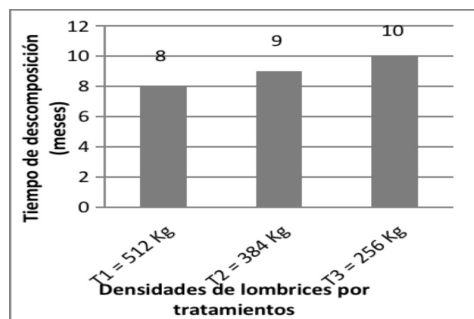
Se puede apreciar en la figura 2, que la fluctuación de la HR diaria no varía mucho durante el periodo del experimento, alcanzando una máxima de 70 a 80% HR es recomendable para el proceso de descomposición de residuos sólidos, reproducción de lombrices y adaptabilidad y también la mínima de 49 a 50% HR. La mayor humedad relativa puede causar a la descomposición y reproducción, por tanto es recomendable mantener la humedad adecuado de 60, 70, 80% de HR para mejor tratamiento de residuos.

Según (Salazar, 1983), menciona las variaciones de humedad relativa (HR) diaria en las fosas de lombricarios es medida en el avance de proceso de tratamiento, dependiendo mucho del medio exterior e interior de fosas para su manejo.

Descomposición de residuos solidos

Figura 3.

Tiempo de descomposición de residuos sólidos de excreta humana con diferentes densidades de lombrices



Fuente: Propio

En la (figura 3) se muestra las diferentes tiempos de descomposición de residuos sólidos de excreta humana con diferentes densidades de lombriz roja californiana para obtención de humus de lombriz, se muestra el en T1 con una densidad de lombriz de 512 Kg se alcanzó la descomposición de residuos sólidos en menor tiempo de 8 meses de tratamiento, en el T2 con 384 Kg de lombriz alcanzo el tiempo de descomposición de 9 meses y el T3 con 256 Kg de lombriz se logró en 10 meses, la descomposición de residuos sólidos de excreta humana, con estos densidades se recomienda que debe ser manejado con una densidad mayor de lombrices para obtención de humus.

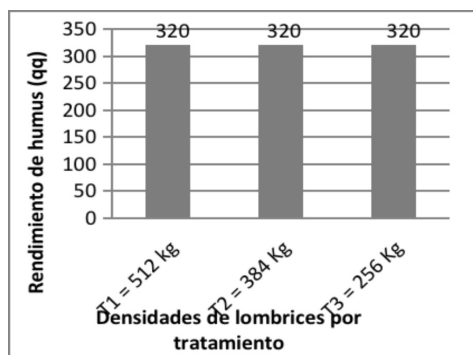
En el proceso de tratamientos mayorías de residuos sólidos de excreta humana se descompone, pero mayoría en los tratamientos lo que tarda de descomponerse es material secante (aserrín), cartón en todo proceso, por lo tanto, se muestra la diferencia de tiempo de descomposición.

Según (Legall, 1993), menciona en el manejo de vermicompotaje no se debe descuidarse la humedad (H°), temperatura (T°), pH, aireación de sustrato que se maneja y volteo. Y también es muy importante control de plagas y enfermedades en las camas de tratamiento de residuos sólidos.

Rendimiento de humus (qq)

Figura 4.

Rendimiento de humus con diferentes densidades de lombrices



Fuente: propio

En la (figura 4), muestra los rendimientos y las diferentes densidades de lombrices en el T1 512 kg lombrices se tiene un rendimiento mejor de 320 qq de humus en durante 8 meses de tratamiento, seguido en T2 con 384 kg de lombrices con un valor de rendimiento de 320 qq de humus en 9 meses y T3 con 256 kg de lombrices alcanzo un rendimiento de 320 kg humus en 10 meses de proceso. Por tanto estas diferencias que nos muestra en el tiempo de descomposición de residuos dependen de cantidad de lombrices que se pudo manejar en los diferentes tratamientos con mayor lombriz menor tiempo de proceso de tratamiento y menor lombriz mayor tiempo de proceso.

Según (Restrepo, 2000), menciona el humus se obtiene luego de un proceso, cercano a un año, en que la lombriz recicla a través de su tracto intestinal la materia orgánica, comida y defecada, por otras lombrices.

Según (Tineo, 1994), menciona al utilizar 5 a 10 kg de lombrices (1 kg = 1200 a 1750 lombrices/m³ aproximadamente) se obtiene humus a los 4 ó 5 meses de excretas de animales.

Según (Rodríguez, 2002), realizó estudios en diferentes substratos como vacaza, gallinaza, porcina, pulpa de café, hojarasca, pseudotallo de huerta; encontrándose que la vacaza es el mejor sustrato para la reproducción con una relación de 50:1.

Conclusiones

La excreta humana constituye una fuente de abono de alta disponibilidad y fácil manejo para la producción de humus de lombriz ECOSAN.

Se recomienda para el proceso de descomposición de residuos sólidos de excreta humana y reproducción de lombrices, a una temperatura máxima de 20 a 25 °C en los tratamientos.

Se recomienda para el proceso de tratamiento de residuos sólidos de excreta humana y reproducción de lombrices, a una humedad relativa de 70 a 80%.

Con las diferentes densidades de cultivo de lombrices presentan en el T1 512 kg lombrices se tiene un rendimiento mejor de 320 qq de humus en durante 8 meses de tratamiento.

Con 256 kg de lombrices alcanzo un rendimiento de 320 kg humus en 10 meses, esto nos indica que menor

cantidad de lombrices alarga la descomposición de residuos sólidos de excreta humana.

Para cosechar el humus es necesario pasarlo por un tamizador fino separando humus como lombriz.

Referencias bibliográficas

- Alcazar, J. (2005). Manual básico de la producción ecológica de hortalizas en Ambientes atemperados y manejo de lombricultura Lima Perú. p 30.
- Chacón, G. (2005). Manual Práctico para la fabricación de Abono Orgánico utilizando lombrices. Roja californiana Pp 95.
- Enríquez, A. (1997). Manejo integrado de los residuos agroindustriales en Costa Rica. In Memoria XVIII simposio Latinoamericano de caficultura. IICA /PROMECAFE. San José, Costa Rica. Pp. 461- 468.
- Guerrero, B. (2007). Abonos Orgánicos – Tecnología para el manejo ecológico del suelo. RRAA, Lima/Perú.
- Pineda, *et al.* (2002). Producción de viveros de café con pulpa de café proveniente de lombricompostaje. In memoria del XX simposio latinoamericano de caficultura, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, Pp. 40.
- Legall, R. (1993). Taller de investigación participativa en lombricultura. Escuela de agricultura y ganadería "Francisco Luis Espinoza Pineda". Managua, Nicaragua Pp. 1- 20.

- Rodriguez, R. (2002). Evaluación del abono orgánico de pulpa de café proveniente de vermicultivo combinado con fertilizante químico en la producción de café. In memoria del XX simposio latinoamericano de caficultura, San Pedro Sula, Cortes, Honduras, Pp. 35.
- Restrepo, J. (2000). Abonos orgánicos fermentados. CEDECO, San José, Costa Rica.
- Salazar, N. (1983). La pulpa de café es un excelente abono, CENICAFE, avances técnicos, Boletín Técnico 111, Chinchiná, Caldas, Colombia, Pp. 225.
- Tineo, L. (1994). Crianza y manejo de lombrices de tierra con fincas agrícolas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, programa de manejo integrado de recursos naturales; Área de manejo de cuencas. CATIE, Turrialba, Costa Rica, Pp. 17- 25.