



DICYT



UAJMS

Revista

IYARAKUAA

Dueño del Conocimiento

Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología



(Impreso)

ISSN : 2707-4064

(En línea)

ISSN - L: 2790 - 0797

Número

8.0

Vol. 03

REVISTA CIENTÍFICA

Departamento de Investigación, Ciencia y Tecnología

DICIEMBRE 2022

IY



Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología

Consejo Editorial

Omar Amilkar Choque Gonzales

Editor Revista Científica “IYARAKUAA – Dueño del conocimiento”

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
ocho@uajms.edu.bo

Eysin Neri Artunduaga

Director Revista Científica “IYARAKUAA – Dueño del conocimiento”

Facultad Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

M. Sc. Sylvia Gomez Mamani

Revisión General

Facultad de Ciencias Empresariales
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Ing. Lady Diana Quiroz Benavides

Dirección de Diseño y Diagramación

Facultad Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

IYARAKUAA (Dueño del conocimiento)

Revista Facultativa de Divulgación Científica

(Línea)

ISSN - L: 2790 - 0797

(Impreso)

ISSN: 2707-4064

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho"

RECTOR: M. Sc. Lic. Eduardo Cortéz Baldiviezo

VICERRECTOR: M. Sc. Lic. Jaime Condori Ávila

DIRECTOR DICYT: M. Sc. Ing. Fernando Ernesto Mur Lagraba

AUTORIDADES FACULTATIVAS F.I.R.N.Y.T.

Decano de la Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología

M. Sc. Ing. Naval Illescas Gonzales

Director de Departamento de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

M. Sc. Ing. Ivar Reyes Vaca

EDITOR:

Omar Amilkar Choque Gonzales

DIRECCIÓN:

Eysin Neri Artunduaga

Sitio web:

dicyt.uajms.edu.bo

Correo Electrónico:

ocho@uajms.edu.bo

dicyt.uajms.edu@gmail.com

Publicación semestral financiada por el proyecto "Fortalecimiento de la Difusión y Publicación de Revistas Científicas en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho"

Del Consejo Editorial...

La revista científica "IYARAKUAA" (Dueño del conocimiento) con la edición de la revista No 8, es el resultado, el esfuerzo y la dedicación permanente organizada, para apoyar e impulsar la investigación científica y mejorar el conocimiento y la calidad investigativa en la Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Para desarrollar ciencia se necesita de la investigación científica, esta se debería encontrar en la universidad, es decir no basta con aprender sino hay que saber aplicar a otros contextos, no se trata de ser memoristas sino de comprender, hasta desarrollar competencias para emplear estas en otros escenarios, en otras palabras, lo importante no es lo que memorizó el alumno, sino cuánto puede aplicar en futuras experiencias vitales. Por ello, es imprescindible que el estudiante se inserte en el camino de la ciencia con sus métodos y técnicas para recorrer los caminos de la investigación científica.

Este número, reporta el interés y esfuerzo realizado por profesionales y docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica, con artículos dirigidos al desarrollo productivo y tecnológico, desde la experiencia profesional y docencia con la aplicación de la teoría a la práctica investigativa.

En torno a estos temas, la revista brinda un aporte al desarrollo de la ciencia a través de propuestas con enfoque teórico y epistemológico de la investigación, por un lado, y por otro también un enfoque práctico que se refiere a procedimientos que se abordan en cada uno de los artículos.

Estas razones permiten afirmar que la investigación en la educación superior está fundamentada en el "aprender a aprender". Sin duda que la investigación se aprende investigando, en este sentido los procesos pedagógicos deben orientarse a que los estudiantes se desarrollen como futuros investigadores y ellos puedan reflexionar sobre sus experiencias de construcción del conocimiento científico.

Es importante destacar la participación de los profesionales y docentes investigadores cuyos artículos fueron aprobados para la edición de este número, los mismos plasman la capacidad, talento, voluntad y entusiasmo con que emprendieron un nuevo reto y compromiso con la educación superior y la búsqueda permanente de la verdad, partiendo del problema para llegar a las soluciones como resultado de la investigación.

Esta edición de la revista IYARAKUAA va dedicada en memoria del Ing. Jorge Tejerina Oller como exdirector de la DICYT, por su desinteresado apoyo permanente y la dedicación a la investigación, un excelente amigo que lo recordaremos siempre.

Agradecemos profundamente al Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología, Ing. Naval Illescas Gonzales, al director y personal de la DICYT, quienes apoyaron permanentemente para lograr la edición de esta Revista.

LA CIENCIA **EXPLICA** EL MUNDO, LA TECNOLOGÍA, LO **TRANSFORMA** Y EL ARTE
EXPRESA LA HABILIDAD DEL SER HUMANO PARA ACTUAR ACERTADAMENTE.

Presentación

**Del Decano de la Facultad de Ingeniería en
Recursos Naturales y Tecnología**



Cuando se planea de manera adecuada la investigación, permite tener un proceso claro y objetivo, para recabar, registrar y analizar los datos obtenidos de las fuentes seleccionadas y consultadas, proporcionando los elementos indispensables para elaborar y sustentar un informe final que justifique la investigación. Es importante indicar que, para que una investigación sea objetiva, es necesario eliminar cualquier tipo de preferencias o sentimientos personales. Además, se debe considerar que la investigación es una actividad altamente creativa, y permite plantear una serie de nuevas interrogantes por resolver.

La responsabilidad de producir alimentos para una sociedad que crece, en un ambiente cada vez menos propicio para la producción, es la motivación principal para descubrir las causas de los sucesos que, por una parte, afectan la eficiencia de los vegetales en los procesos de transformación de la energía lumínica y, por otra, involucrar a la tecnología para hacer más eficientes las operaciones, tanto durante la etapa de producción primaria como, en todo el desarrollo de la cadena de valor, buscando los mejores beneficios económicos.

Tengo la satisfacción de poner en su conocimiento la revista "IYARAKUUA" (Dueño del conocimiento), No. 8, abordando la temática Producción Agropecuaria y la Agrotecnología, esta vez, con una serie de artículos que abordan el contexto regional, departamental y nacional, con diferentes temáticas y actualización tecnológica.

Mi agradecimiento a los autores de los diferentes artículos y al equipo de editores de "IYARAKUUA" que, con el único objetivo de difundir el conocimiento desarrollado en diferentes áreas de la agronomía, pone a disposición de ustedes este importante contenido.

La ciencia permite resolver un problema, pero también identificar nuevos desafíos

**M. Sc. Ing. Naval Illescas Gonzales
DECANO - FIRNYT**

Presentación

**Del Director de Departamento de Ciencias Agrícolas
y Pecuarias**



La Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología de la UAJMS, tiene el agrado de presentar diferentes artículos científicos de trabajos de investigación desarrollados con la participación de profesionales, docentes de la carrera y con el apoyo de instituciones, organizaciones y productores de la región. Los trabajos de investigación disponibles en la universidad, incluidos en la presente revista, responden a necesidades y problemas específicos del sector productivo mismos que fueron ejecutados con el esfuerzo de Estudiantes de último año en condición de tesis, Docentes y Autoridades Facultativas Universitarias. La información técnica científica presentada, es un aporte a la ciencia y tecnología esperando sea de gran utilidad y aplicabilidad y contribuyan al engrandecimiento de los sistemas productivos. Estamos seguros que la investigación es un instrumento indispensable para el desarrollo donde todos debemos participar de forma activa, efectiva y responsable, precautelando la salud, la vida, la conservación del medio ambiente y en adecuación al cambio climático.

M.Sc. Ing. Agr. Ivar Mario Reyes Vaca
Director del Departamento de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
FIRNYT UAJMS

CONTENIDO

Evaluación del rendimiento en biomasa y calidad nutricional de diez ecotipos de tuna (*Opuntia ficus*) como fuente de forraje y agua para el ganado en Algarrobal municipio de Yacuiba-Tarija-Bolivia 1

| 01 | Sara Farfán Acosta - Ivar Mario Reyes Vaca..... 1

Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas de producción de forraje para ganadería bovina: estudio de caso sistema agropecuario de finca en el Chaco Cruceño.

| 02 | Herbas Meneses José Gonzalo..... 20

Efecto de cuatro espaciamentos entre surcos en la producción de grano y biomasa seca con fines de cobertura en cereales de invierno en algarrobal municipio de Yacuiba.

| 03 | Sulca Rivera Franz Dany - Sulca Rivera Leonel Adán..... 42

Caracterización morfológica de 100 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) nativo del Chaco Boliviano.

| 04 | Herbas Meneses José Gonzalo..... 62

Composición mineralógica de los yacimientos rocosos con calidad nutricional para las plantas en los municipios Caraparí y Entre Ríos del departamento de Tarija.

| 05 | Herbas Meneses José Gonzalo..... 73

Tendencias de innovación tecnológica agroinformática para optimizar los procesos y resultados del sector agropecuario.

| 06 | Choque Gonzales Omar Amilkar..... 84

Normas de publicación de la revista "IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO".

| 07 | Choque Gonzales Omar Amilkar..... 96

1

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN BIOMASA Y CALIDAD NUTRICIONAL DE DIEZ ECOTIPOS DE TUNA (*Opuntia ficus*) COMO FUENTE DE FORRAJE Y AGUA PARA EL GANADO EN ALGARROBAL MUNICIPIO DE YACUIBA-TARIJA-BOLIVIA

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **Sara Farfán Acosta**

Co autor:

² **Ivar Mario Reyes Vaca**

^{1,2} Ingeniería Agronómica
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia de los autores:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

ivarreyesvaca@gmail.com

RESUMEN

En los últimos años el ganadero de la región busca una alternativa de alimentación para el ganado. La tuna (*Opuntia ficus*) es un cultivo interesante el mismo que tiene la ventaja de almacenar agua en sus tallos, se desarrolla en los desiertos y zonas áridas. Las plantaciones en el contexto local muestra un excelente estado vegetativo esto nos indica que las condiciones ambientales de la zona son aptas para este cultivo aspecto que traerá la producción de este recurso a las explotaciones ganaderas puesto que las pencas son utilizadas como fuente de forraje y agua, siendo un recurso muy valioso en épocas de sequía y baja disponibilidad forrajera para el ganado.

La problemática en estas zonas exige una solución propia basada en un paquete tecnológico de bajo costo y sencilla aplicación, en este marco se realizó el presente estudio con el objeto de evaluar el comportamiento de diez ecotipos de tuna en la localidad de Algarrobal. El ensayo se estableció en los predios de la Carrera de Ingeniería Agronómica de El Palmar en el mes diciembre del año 2012 a octubre del 2013 y se estableció bajo un diseño de bloques al azar con diez tratamientos y tres reiteraciones. Los materiales estudiados fueron: ecotipos Carapareña09, Dantuna, Aguarayence, Nativa, Tartagalence, Eugenia, Tolaba, Brasilera 122, Vallejas y Rengifa

Los resultados muestran que los ecotipos Aguarayence, Tolaba y Vallejas fueron los que más sobresalieron en cuanto al rendimiento de biomasa, el ecotipo Brasilera 122 es muy precoz en el momento de brotación mientras que Tolaba presenta mayor desarrollo en altura.

Palabras Claves: Biomasa, tuna (*Opuntia ficus*), Forraje y agua para el ganado.

INTRODUCCIÓN

La tuna (*Opuntia ficus*) es una especie vegetal de crecimiento rápido, resistente a condiciones adversas de clima y suelo, es decir **soporta períodos de sequía y altas temperaturas** y se puede establecer en suelos marginales adaptándose con gran facilidad a lugares donde cualquier otro tipo de cultivo no responde. El alto potencial productivo de la tuna bajo condiciones de déficit hídrico, coloca a esta especie como una importante fuente de forraje y agua para bovinos, ovinos y caprinos, principalmente, en zonas de clima árido.

Los cladodios puede utilizarse **para consumo animal** sea directo, **en paletas enteras o picadas en fresco o mezclado con alimentos concentrados, heno de alfalfa** y otros **que aporten fibra**.

La tuna (fruta) es producida en más de 32 países, siendo en la mayoría de ellos, un producto secundario que se obtiene de la producción de forraje para animales o de su utilización en la conservación de suelos.

En Bolivia es producida en varios departamentos, como: La Paz, Cochabamba, Tarija, Sucre, Potosí y otros pero no es aprovechada eficientemente, según afirma un estudio de biocomercio en Bolivia. Los frutos se destinan principalmente para consumo humano.

En el Chaco boliviano y particularmente en la Provincia Gran Chaco (actualmente Región Autónoma), a fines de la gestión 2010 se ha establecido un banco de germoplasma con 18 ecotipos de la región y en la gestión 2011 se estableció un ensayo con 9 ecotipos en la zona de la llanura chaqueña de la Primera Sección de la Provincia Gran Chaco con resultados alentadores por el buen comportamiento de algunos materiales, pero que se hace necesario continuar con evaluaciones por más periodos y realizar nuevos ensayos.

El cambio climático que experimenta nuestro planeta, está agudizando la sequía en algunas zonas e inundaciones en otras. En Bolivia, particularmente en el **Gran Chaco** se observa un periodo seco (abril a noviembre), y en la época de lluvias periodos prolongados de sequía (20 a 35 días sin precipitaciones) entre lluvia y lluvia lo que **afecta aún más el desarrollo de las especies forrajeras nativas y el almacenamiento de agua en los atajados, acentuando la mortandad de animales** menores y mayores con mayor intensidad en la época seca, **debido a la falta de forraje y agua**.

Si bien los productores cuentan con atajados y las instituciones regionales como las Gobernaciones y las Alcaldías Municipales realizan esfuerzos para construir y mejorar los atajados, como así también la perforación de pozos profundos, dotación de forrajes, semillas y otros, a la fecha los problemas no están solucionados definitivamente y de manera sustentable.

La tuna forrajera es una planta que puede almacenar agua y alimento para tiempos de sequía, constituyéndose así en una gran alternativa para el ganadero y sus animales, ya que les provee tanto de agua como de alimento hasta que lleguen las lluvias y crezca el pasto.

En ese sentido se planteó el presente estudio genuino y original de "Evaluación del comportamiento de 10 Ecotipos de tuna en Algarrobal Provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija en procura de contribuir en la solución de los problemas indicados con el objetivo de evaluar el rendimiento en biomasa de todos los materiales y la calidad nutricional de los ecotipos más sobresalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El **ensayo se estableció** en predios de la Estación Experimental El Algarrobal de propiedad de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la U.A.J.M.S. ubicada a 27 kilómetros de la ciudad de Yacuiba sobre la carretera nacional Yacuiba-Santa Cruz, a 21°50'5" de Latitud Sur y 63°38'0" de Longitud Oeste con una altitud de 609 metros sobre el nivel del mar.

Los suelos son profundos, de textura franca, con una topografía irregular y una pendiente de 2 a 3% .El pH es de 6,88; la Da de 1,51 g/cc y con 3,04 % de M.O. considerado de mediana fertilidad.

El material vegetal utilizado en el ensayo corresponde a 10 ecotipos provenientes del banco de germoplasma del Centro de Prácticas de San Francisco del Inti de la Carrera de Ingeniería Agronómica U.A.J.M.S. estos son los siguientes:

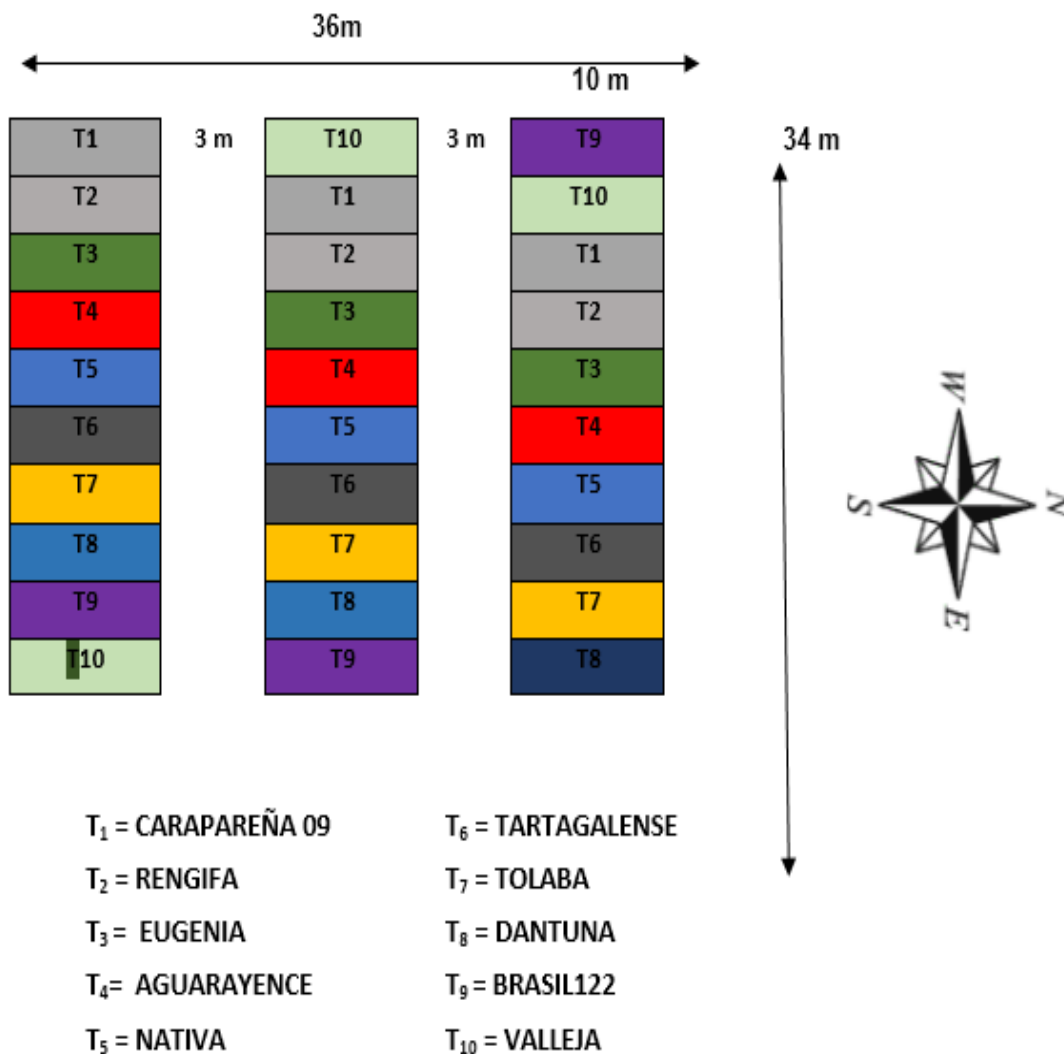
- *Carapareña 09, Rengifa Lg16, Eugenia L13, Tolaba, Nativa, Vallejas, Dantuna, Aguarayense, Tartagalense y Brasilera 122.*

Estos materiales vegetales fueron recolectados de la región del Chaco (6 ecotipos), de Tarija (1 ecotipo), del Norte Argentino (2 ecotipos) y una variedad se trajo desde la zona productora de Pernambuco Brasil respectivamente.

Se utilizó el diseño de bloques al azar con 10 tratamientos y tres reiteraciones (Figura 1), con las siguientes características:

- Número de tratamientos : 10
- Número de reiteraciones : 3
- Número de plantas por unidad experimental : 5
- Total de plantas por ecotipo : 15
- Total de plantas del ensayo : 150
- Superficie total del ensayo : 1260 m²

Figura 1. Croquis del campo



Fuente: Elaboración Propia.

Para el **establecimiento del ensayo en campo**, primeramente se procedió a la preparación del terreno en fecha 1ro de diciembre del 2012 con una arada profunda seguido del pase de rastra para nivelar el suelo, luego se formaron camellones con ayuda del arado distantes a 3 metros entre camellones. La plantación de los cladodios se realizó el 16 de diciembre de 2012 a una distancia de 2 metros entre plantas sobre los camellones. Los cladodios de cada ecotipo fueron cortados del banco de germoplasma, 6 días antes de la plantación y debidamente cicatrizados. Los **trabajos culturales** realizados consistieron en la aplicación de un riego localizado a los 5 días de la plantación para asegurar el establecimiento y una adecuada brotación, luego se

controlaron las malezas de forma manual y con el herbicida glifosato a razón de 2,5 l/ha, según las necesidades.

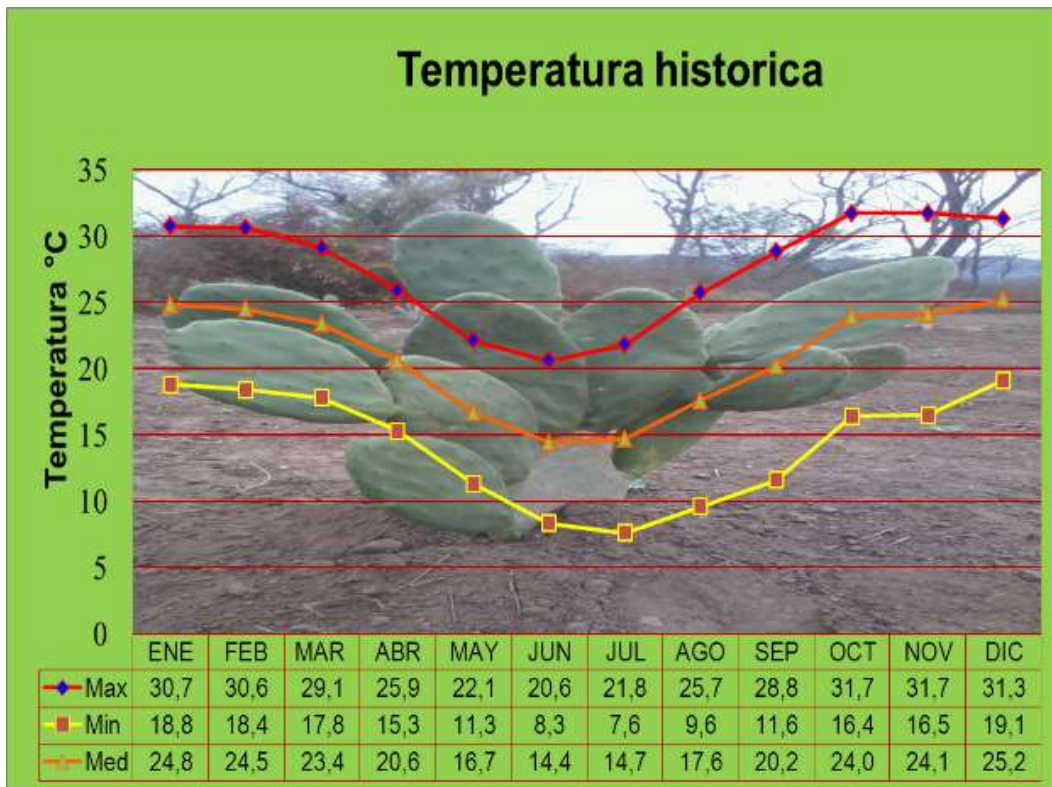
El **registro de la información** y de los datos correspondió a las siguientes variables:

- **Días de inicio de brotación**, fue el registro del número de días transcurridos desde la plantación hasta la aparición del primer brote que da origen al nuevo cladodio.
- **Largo, ancho, grosor y peso de los cladodios de los diferentes órdenes o pisos**, el registro corresponde al promedio de 5 cladodios por planta para cada indicador.
- **Número tamaño y disposición de espinas**, esta variable fue determinada a través de la medición del largo de las espinas y de la cantidad en número de las mismas con el fin buscar los materiales menos espinosos para la alimentación del ganado.
- **Identificación de plagas y enfermedades**, corresponde a la observación de la presencia de plagas y de las enfermedades a través de los síntomas.
- **Altura de planta**, se registraron los datos de las 15 plantas de cada ecotipo a intervalos de veinte días, promediando el valor tomado desde la base de la planta al ápice del último cladodio utilizando para ello una cinta métrica. Estos datos también permitieron graficar la curva de crecimiento de los diferentes ecotipos evaluados.
- **Número de cladodios por planta**, el registro corresponde al número de cladodios desarrollados por cada nivel de brotación con la denominación de primarios, secundarios y terciarios.
- **Rendimiento**, el corte de los cladodios se realizó a los diez meses de haber implantado el ensayo con el fin de identificar que materiales tienen mayor rendimiento en materia verde, el registro fue el promedio del peso de todas las plantas evaluadas.
- **Análisis bromatológico**, se tomaron muestras de los diferentes ecotipos y se enviaron al laboratorio del CIAT de Santa Cruz para el análisis de la composición nutricional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

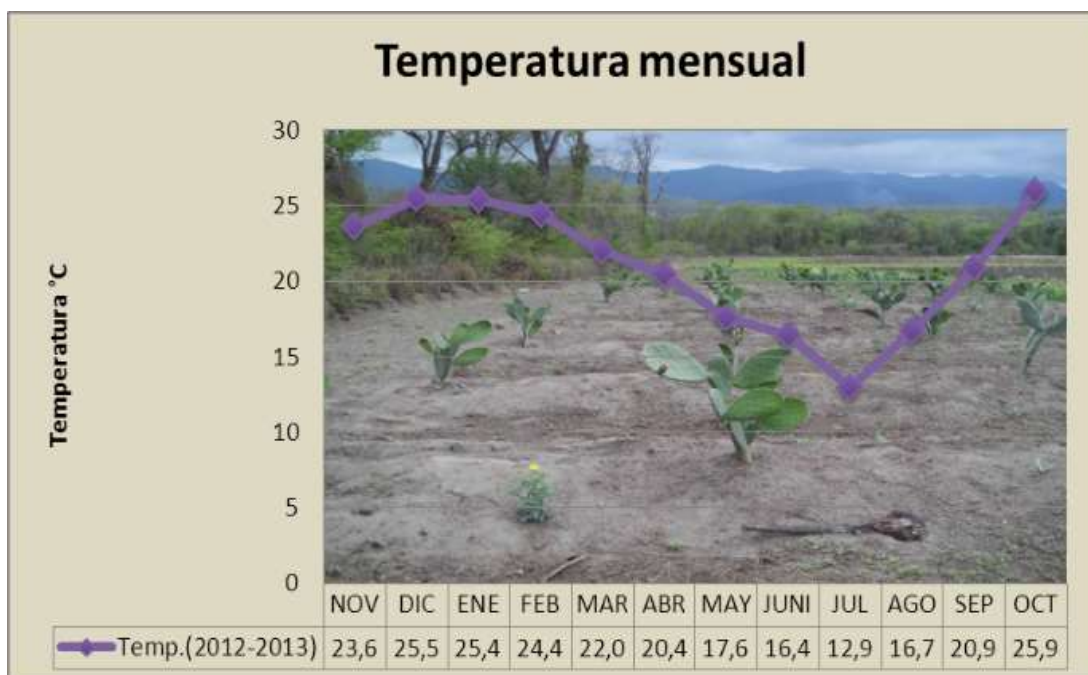
Los resultados del análisis de las temperaturas y precipitaciones anuales se presentan en la figura 2 y 3 para la zona de influencia donde se estableció el ensayo, se analizaron la media histórica de 10 años antes y durante el desarrollo del trabajo de investigación.

Figura 2. Temperatura promedio mensual histórica de los últimos 10 años en °C (2003 a 2012)



Fuente: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de El Palmar

Figura 3. Temperatura mensual registrada durante la evaluación del cultivo en °C (Nov-2012 q Oct-2013).

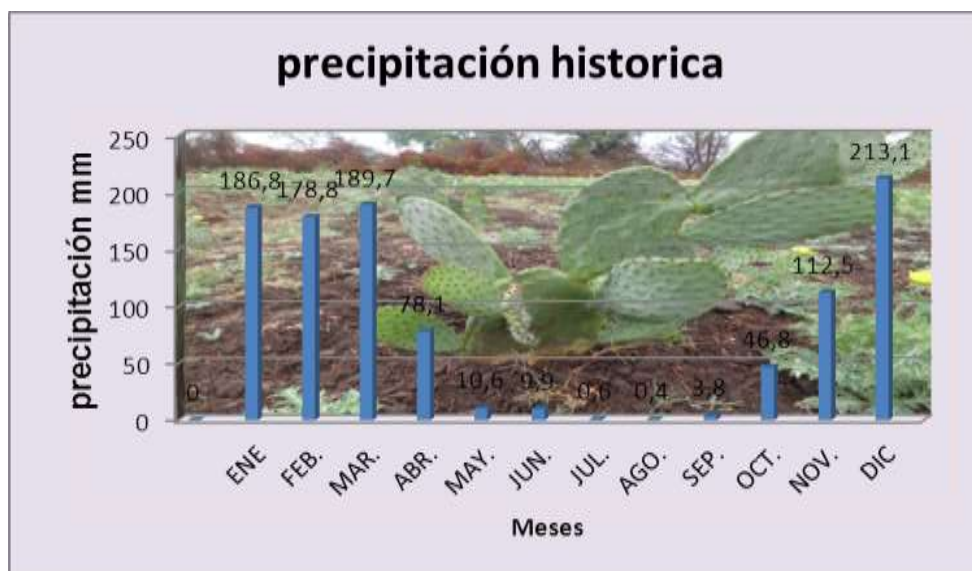


Fuente: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de El Palmar

Durante el ciclo del cultivo, la mayor temperatura registrada fue el mes de octubre con 25,9 °C y el mes con menor temperatura media mensual el mes de julio con 12,9 °C registrándose en fecha 25 del mismo mes la temperatura más baja con -4 °C, a respecto Cony et al., (2008), reporta que el rango óptimo de temperatura para el desarrollo de la tuna está entre 16 a 28 °C aunque soporta una máxima de 35 °C, fuera del cual la brotación se ve afectada. Por lo que este factor no afectó al cultivo además de resistir la helada de -4 °C, determinándose que la zona del chaco a pesar de las máximas y mínimas extremas son aptas para la producción de tuna.

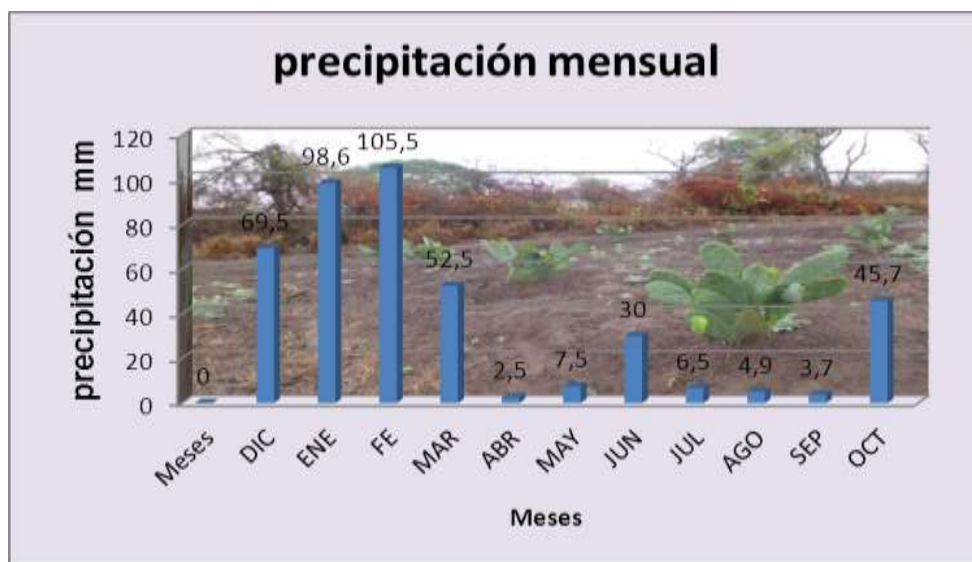
a. Precipitación

Figura 4. Promedio mensual de precipitación histórica de los 10 últimos años (2003 a 2013)



Fuente: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de El Palmar

Figura 5. Precipitación mensual ocurrida en 10 meses de evaluación del cultivo de la tuna



Fuente: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de El Palmar

La precipitación promedio registrada durante los diez meses de estudio del cultivo, diciembre 2012 a octubre 2013 figura 4, alcanzó una acumulada de 426,9 mm. Mientras que la histórica para el mismo periodo fue de 455 mm. Al respecto Sudzuki (1999), afirma que la tuna se desarrolla con bajos requerimientos de agua, e incluso puede vegetar con precipitaciones de 100 - 125 mm, lo ideal sería un aporte de 200 a 250 mm anuales. Si existe la posibilidad de realizar algún riego eventual, aumenta su producción de biomasa. A pesar de las bajas precipitaciones presentadas se consideran superiores a los requerimientos de agua para el cultivo, por lo que este factor climático es también favorable para el desarrollo de la tuna en el área de influencia del Gran Chaco. La plantación debe realizarse al inicio de la época de lluvias o sea a partir del mes diciembre hasta marzo, para asegurar el establecimiento del cultivo o en su caso proporcionar riego después de la plantación si la misma se realiza entre los meses de julio a noviembre

El terreno donde se realizó el ensayo presenta suelos con una topografía plana a moderadamente ondulada, ligeras pendientes de 2 a 3 %, se caracterizan por ser profundos; la textura que predomina en la zona es franco arenoso. Para el presente trabajo se realizó un muestreo del suelo y se lo envió al laboratorio con los siguientes resultados.

Según el análisis de suelo realizado por el Laboratorio de suelo y Agua Tarija –Bolivia, el suelo es apto para este u otro cultivo puesto que tiene todas las características necesarias por ser un suelo franco arenoso donde el cultivo de la tuna se adapta muy bien a este tipo de suelo, por considerarse también que es un suelo liviano.

Al respecto Sudzukiet *al.* (1993); Ríos y Quintana (2004); Álvarez (2007), nos indican que el cultivo de la tuna se adapta a suelos arenosos, pero no se establece adecuadamente en suelos de textura arcillosa. En suelos poco profundos el potencial de producción baja notoriamente. La especie es tolerante a la alcalinidad y puede establecerse en suelos con pH 8,2 a 8,5 pero no crece en suelos salinos.

De acuerdo al análisis del suelo el pH tiene un valor de 6,88 considerado óptimo para realizar este cultivo; con 3,02 % de MO y valores adecuados de macronutrientes.

De acuerdo a la bibliografía consultada el cultivo no se adapta a suelos anegadizos, razón por la que el establecimiento de este cultivo se realizó en camellones con el fin de disminuir el efecto del exceso de humedad en la parcela de estudio.

Respecto al largo, ancho, espesor y peso del cladodio del PRIMER ORDEN, se ha realizado la medición **del largo del cladodio** del primer orden de cladodios de la planta con una cinta métrica desde la base hasta la zona apical. Los resultados se muestran en el (Cuadro 1).

El análisis de varianza para esta variable indica que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos; la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad nos demuestra que el ecotipo Nativa, es diferente significativamente frente a los demás ecotipos.

Sin embargo, los ecotipos Carapareña 09, Tartagalence, Vallejas, Aguarayence y Dantuna, no difieren estadísticamente entre sí, aunque el largo medido de los Cladodios fluctúa entre 30,0 y 36,3 cm el ecotipo nativa tiene un promedio de 16,3 cm siendo este el de menor tamaño de los demás con una diferencia de 15 a 18 cm.

Cuadro 1. Largo de cladodios del primer orden en cm

Tratamientos	Promedios	Duncan
T ₅ Nativa	16,3	a
T ₉ Brasil122	24,0	b
T ₇ Tolaba	26,1	b c
T ₃ Eugenia	25,6	b c
T ₂ Rengifa	27,1	b c d
T ₁ Carapareña 09	30,0	b c d e
T ₆ Tartagalence	31,6	b c d e
T ₁₀ Vallejas	33,0	c d e
T ₈ Dantuna	34,6	d e
T ₄ Aguarayence	36,3	e
Promedio general	28,5	

Medias con letras diferentes difieren significativamente, (P < 0.05) Duncan

Sudzuki *et al.*, (1993), nos indica que tallos suculentos y articulados o cladodios, comúnmente llamados penca presentan forma ovoide o alargada alcanzando hasta 60-70 cm de longitud.

Esto va dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles cuando miden entre 10 -12 cm y se pueden consumir como verdura, el aumento el área del cladodio dura alrededor de 90 días sobre ambas caras.

Los tallos son suculentos y articulados, botánicamente llamados cladodios y vulgarmente pencas. En ellos se realiza la fotosíntesis, ya que los tallos modificados reemplazan a las hojas en esta función; se encuentran protegidos por una cutícula gruesa, que en ocasiones está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua. Estos tallos presentan, además, gran capacidad para almacenar agua (Nobel *et al.*, 1992).

Por otra parte, Sudzuki *et al.*, (1993), nos indica que en el cladodio presenta yemas llamadas aerolas que tienen capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores, e incluso raíces según las condiciones ambientales.

Resultado obtenido en el presente trabajo de investigación en promedio general es relativamente menor a otros trabajos, sin embargo, es importante mencionar este cultivo solo tiene 10 meses de vida.

El ancho fue medido con una cinta métrica ce tomo la medida de la parte central es decir la mita del cladodio (Cuadro 2 y Figura 6).

Figura 6: Largo del cladodio del primer orden en cm



Fuente: Elaboración propia (2013)

Cuadro 2. Ancho de cladodio del primer orden en cm

Tratamientos	Promedios	Duncan
T ₅ Nativa	9,1	a
T ₁ Carapareña 09	11,6	a b
T ₉ Brasileira 122	12,8	b c
T ₈ Dantuna	13,5	b c d
T ₇ Tolaba	14,1	b c d e
T ₂ Eugenia	14,1	b c d e
T ₃ Rengifa	14,5	b c d e
T ₆ Tartagalence	15,6	c d e
T ₁₀ Vallejas	17,0	d e
T ₄ Aguarayence	17,8	e
promedio general	14,1	

Medias con letras diferentes difieren significativamente, (P < 0.05) Duncan

Según el análisis de varianza existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, la prueba de Duncan con una probabilidad de 5 % nos indica que los ecotipos Tolaba, Eugenia, Rengifa, Tartagalence, Vallejas y Aguarayence no difieren estadísticamente. Aunque presentan un promedio de 14,1 a 17,8 cm en cambio el ecotipo nativa presenta un ancho de 9,1 cm con una diferencia entre 6 a 7 cm diferente a los demás tratamientos que tuvieron un promedio de 11,0 a 13,5 cm estos tuvieron un crecimiento intermedio similares entre sí.

Figura 7. Ancho del cladodio en cm



Fuente: elaboración propia (2013)

Según Ríos y Quintana (2004), indican que los cladodios miden de 20 a 40 cm de ancho cuando ya están maduros.

El resultado obtenido en el presente trabajo de investigación es relativamente menor a otros trabajos, encontrados en la bibliografía. Los cladodios no alcanzaron estos valores posiblemente por la edad de los mismos.

De manera general el largo de los cladodios está en la mayoría con un valor menor a lo indicado por el autor.

Figura 8. Espesor del cladodio en cm



Fuente: Elaboración propia (2013)

El **espesor** que fue medido con un calibrador, los datos se sometieron al análisis de varianza se verifico que en esta variable no hubo diferencia significativa puesto que la mayoría de los tratamientos tienen un promedio de 1,8 cm de espesor así nos muestra la (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedio de espesor del cladodio en cm

Tratamientos	Promedios
T ₈ Dantuna	2,8
T ₄ Aguarayence	2,3
T ₃ Eugenia	2,3
T ₉ Brasilera 122	2,0
T ₂ Rengifa	1,8
T ₇ Tolaba	1,8
T ₁ Carapareña 09	1,8
T ₁₀ Vallejas	1,7
T ₆ Tartagalence	1,5
T ₅ Nativa	1,0
Promedio general	1,9

Fuente: Elaboración propia

El **peso de los cladodios** fue determinado después de 10 meses, se realizó el corte del cladodio de primer orden para verificar cuanto de peso logro obtener.

El (Cuadro 4), no muestra que existe diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos siendo el promedio general 1,9 kg la prueba de comparación de medias de Duncan. Nos indica que los ecotipos Dantuna y Tartagalence con un peso con 2,0 kg seguidamente los ecotipos Vallejas, Aguarayence y Carapareña 09 con un promedio de 1,8 -1,6 kg no difieren estadísticamente el ecotipo Nativa con un promedio de 0,5 kg resultado ser el de menor peso y diferente a los demás tratamientos valores intermedios entre 1,1 y 1,5 que presentan los demás tratamientos resultando estadísticamente similares entre sí.

La penca que se planta de ahí se forma la estructura basal de la planta, tienen forma más o menos cilíndrica y han perdido el color verde, con una gruesa corteza que normalmente está provista de espinas (Acosta, 2010).

Los cladodios se conocen popularmente como pencas y están ubicadas en forma escalonada conformando los denominados pisos u órdenes.

Cuadro 4. Peso de cladodio del primer orden en kg

Tratamientos	Promedios	Duncan
T ₅ Nativa	0,5	a
T ₉ Brasileira 122	1,1	b
T ₂ Eugenia	1,3	b c
T ₃ Rengifa	1,3	b c
T ₇ Tolaba	1,5	b c d
T ₁ Carapareña 09	1,6	c d e
T ₄ Aguarayence	1,8	c d e
T ₁₀ Vallejas	1,8	d e
T ₆ Tartagalence	2,0	e
T ₈ Dantuna	2,0	e
Promedio general	1,9	

Fuente: elaboración propia (2013)

La altura de planta (cuadro 5), se presentan los resultados de altura de planta al cabo de los 10 meses de estudio. El análisis de varianza para esta variable nos muestra que existen diferencias altamente significativas, entre los tratamientos con un promedio general de 52,1 cm.

La prueba de Duncan indica que los tratamientos nativa presenta la menor altura de planta con un promedio de 24,0 cm estadísticamente diferente a los demás tratamientos que presentan una altura promedio entre 54,0 a 63,9 cm de la altura de planta siendo similares entre sí (figura 9).

Cuadro 5. Altura de planta en cm

Tratamientos	Promedios	Duncan
T ₅	24,0	a
T ₂	54,0	b
T ₉	54,2	b
T ₁₀	54,3	b
T ₆	56,4	b
T ₃	56,4	b
T ₁	57,9	b
T ₄	59,4	b
T ₈	62,0	b
T ₇	63,9	b
Promedio general	52,1	

Fuente: Elaboración propia (2013)

Bravo, et al, (2002), indica que la tuna es una planta arbustiva, rastrera o erecta que puede alcanzar 3,5 a 5 m de altura cuando llega a su mayor desarrollo (4 años).

Su sistema radicular es muy extenso densamente ramificado rico en raíces, también la tuna conforme pasa el tiempo tiene un tallo leñoso que mide aproximadamente entre 20 a 50 cm.

Figura 9. Altura de planta en cm



Fuente: Elaboración propia (2013)

Hay que tomar en cuenta que la altura alcanzada por las plantas de los ecotipos en estudio solo corresponde a los 10 primeros meses de vida de los mismos donde ya se puede observar ligeras diferencias que seguramente serán más notorias hasta alcanzar su plenitud del crecimiento de las plantas.

El **rendimiento de materia verde**, nos muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos estudiados, siendo el promedio general de producción de materia verde de 5884,85 kg/ha.

La prueba de comparación de medias de Duncan (Cuadro 6), nos refleja que el ecotipo Aguarápense obtuvo el mayor rendimiento en materia verde, con un peso promedio de 8998,4 kg/ha, segundo lugar por Tolaba con 8001,0 kg/ha. Siendo estadísticamente similares entre sí y diferente a los demás tratamientos. Los tratamientos con menor rendimiento fueron Nativa y Carapareña 09 con 790,8 y 3906,4 kg/ha.

Respectivamente siendo similares entre sí y diferentes a los demás tratamientos que presentaron valores intermedios entre 5223,2 kg/ha y 7890,0 kg/ha de materia verde.

Ortiz (2011), indica que el ecotipo con mayor rendimiento fue Vallejas en una llanura chaqueña, mientras que en el presente esta ocupa el tercer en rendimiento, el mejor Aguarayence y Tolaba.

En la zona semiárida de Santiago del Estero, los tunales rinden entre 50 y 100 toneladas de forraje verde por hectárea por año y de 10 a 20 toneladas de tunas (frutos) (Martilotti, "La tuna sin espinas como forraje de invierno").

Otros autores, también estiman como buen rendimiento 100 toneladas por M.V. por hectárea por año y 10 toneladas en frutos (Ríos, 1954).

Cuadro 6. Rendimiento de materia verde (biomasa) en kg/ha

Tratamientos	promedios	Duncan
T ₅ Nativa	790,8	a
T ₁ Carapareña 09	3906,4	a b
T ₉ brasilera 122	5223,2	b c
T ₆ Tartagalence	5645,0	b c
T ₈ Dantuna	5667,8	b c
T ₃ Eugenia	6167,9	b c
T ₂ Rengifa	6556,8	b c
T ₁₀ Vallejas	7890,0	b c
T ₇ Tolaba	8001,0	c
T ₄ Aguarayence	8998,4	c
Promedio general	5884,85	

Fuente: Elaboración propia

Los rendimientos están directamente relacionados con el manejo que se realizó a las plantaciones, predominando plantaciones dedicadas a la de forraje para alimentación de ganado, por ende, la obtención de fruta pasa a segundo término, lo que conlleva a una diversidad de rendimientos cuyas fluctuaciones van de 1 ton/ha. Hasta 8 ton/ha, destacando fuera de este rango Bolivia con un rendimiento de 15 ton/ha, seguido por Italia con 8,5 ton/ha, Sudáfrica 8,3 ton/ha, y Grecia 6,7 ton/ha, España 6,7 ton/ha, México 6,3 ton/ha, y Jordania 6,0 ton/ha., donde estos seis países obtienen rendimientos muy similares (Flores et al, 1995).

Indica también que los países del hemisferio sur presentan rendimientos variables altos en plantaciones bien atendidas y con apoyo de riego y bajas en las plantaciones de temporal menciona dicho autor.

Por los resultados obtenidos al cabo de los 10 meses se puede considerar como adecuados esperando que la capacidad de rebrote de las plantas también sea el adecuado para poder pensar en una cosecha posterior sostenida en intervalos de 10 a 12 meses que permitan además asegurar una cierta provisión de alimento a base de esta especie forrajera para la región.

Figura 10. Rendimiento de materia verde en kg/ha



Fuente: Elaboración propia (2013)

El análisis bromatológico sobre la calidad nutritiva del forraje de paletas de tuna depende del tipo de planta (especie, variedad), edad de las paletas, estación del año, condiciones agronómicas clima, tipo de suelo, fertilidad del suelo, condiciones de crecimiento (Azócar y Rojo1991).

Análisis bromatológico en laboratorio del CIAT Santa Cruz

Remitente	Sara Farfan Acosta	Departamento	Tarija	Fecha de muestreo	10/11/2013
Institución	U.A.J.M.S.	Provincia	Gran Chaco	Años de de desmonte	
Nº Teléfono	46136086	Procedencia	Yacuiba	Cultivo anterior	Maiz
Proyecto	Tesis de grado	Nombre de propiedad	San Francisco del Inti	Cultivo actual	Tuna forrajera
Latitud		Dirección de propiedad	San Francisco del Inti	Otra información	
Longitud		Lugar de muestreo	San Francisco del Inti	Fecha de entrega	11/12/2013

Lab.	IDENTIFICACIÓN	% SOBRE MATERIA SECA								Ppm SOBRE MATERIA SECA				
		N	P	Ca	Mg	Na	K	S	M.O	Fe	Mn	Cu	Zn	B
									0,27					
5986	Agurayence		0,13	6,0	1,3	0,03	3,2	0,22		222	682	4,2	43	84
5987	Tolaba		0,15	5,4	1,03	0,03	4,0	0,26		216	589	4,7	47	58
5988	Vallejas		0,13	5,0	1,0	0,02	2,6			145	694	4,4	44	118

Nº de Laboratorio	IDENTIFICACION	% SOBRE MATERIA SECA					MATERIA SECA PARCIA	MATERIA SECA TOTAL
		CENIZA	FIBRA	GRASA	PROTEINA	CE		
3415	aguarayence	20,5			2,2	6,7	13,20	
3416	Tolaba	20,6			2,0	8,6	14,80	
3417	Vallejas	18,8			2,2	6,5	13,20	

Los resultados del análisis bromatológico de los cladodios de los mejores ecotipos indican que son materiales de alto valor nutricional con alto contenido de calcio, hierro y otros, además, muy adecuados para la alimentación de los animales.

CONCLUSIONES

Según los resultados de campo y los análisis realizados en las diferentes variables se arriba a las siguientes conclusiones:

- Los diferentes ecotipos presentaron un comportamiento muy aceptable puesto que se presentaron todas las climáticas tanto de temperatura y precipitación adecuadas para el desarrollo de este interesante cultivo.
- En cuanto al largo, ancho y espesor de los cladodios tanto del primer y el segundo orden se destacan los ecotipos Aguarayence Vallejas, Tartagalence y Rengifa, al igual que el peso de los cladodios.
- En rendimiento de materia verde sobresalen los ecotipos Aguarayence, Tolaba y Vallejas.
- En altura de planta se destacan los ecotipos Tolaba, Dantuna, Aguarayence, Carapareña 09 y Eugenia
- Se concluye que los ecotipos que sobresalen en espesor, largo, ancho y peso de los cladodios alcanzan también el mayor rendimiento de materia verde.
- También se puede decir que los diferentes tratamientos como ser los ecotipos Vallejas, Tolaba y Tartagalence, sufrieron estrés por la sequía en los meses de mayo y junio, los demás tratamientos no manifestaron estrés por la sequía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, F. M. (8 DE DICIEMBRE DE 2010). Monografias.com S.A. Recuperado el 24 de agosto de 2010, de Monografias.com S.A.: <http://www.monografias.com/trabajos52/exportaciontuna/exportaciontuna.shtml>
- ÁLVAREZ, B. (2007). Análisis de Factibilidad del cultivo de la Tuna en la Localidad de caño, Departamento La Paz. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo. Ministerio de Producción y Desarrollo. Gobierno de la Provincia de Catamarca. Argentina
- AYERDE, L. D. (1989). Diagnóstico de la actividad forestal en el estado de Guerrero. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
- BONAMICI, I. (20 de enero de 2011). Netfirms. Recuperado el 14 de Julio de 2011, de etfirms: <http://www.microemprendimientos.netfirms.com/MI000001tu.htm>

- CONY, M; J.C. GUEVARA; S. O. TRIONE Y O. R. ESTEVEZ. (2008). "Response to freezing and high temperatures of detached cladodes from Opuntia species". J. PACTD: 36-48.
- MONDRAGÓN-JACOBO, C Y PÉREZ-GONZÁLEZ, S. (eds.). El nopal (opuntia spp.) como forraje. pp. 57-62.
- RÍOS RAMOS, J. Y QUINTANA, V.; (2004); "Manejo general del cultivo de nopal"; instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas – México, Puebla, San Luis, Potosí, Tabasco, Veracruz, Córdoba.

2

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE PARA GANADERIA BOVINA: ESTUDIO DE CASO SISTEMA AGROPECUARIO DE FINCA EN EL CHACO CRUCEÑO

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **Herbas Meneses José Gonzalo**

¹ Ingeniería Agronómica

Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

gonzalo.herbas1971@gmail.com

(+591) 71865077

RESUMEN

La ganadería bovina chaqueña, es una actividad económica productiva importante para la región del Chaco Boliviano, sistema que se maneja a través de un sistema extensivo tradicional, mediante ramoneo del monte nativo, sin control de la carga animal y poca inversión en infraestructura y tecnología, aspecto que ha provocado la degradación de los recursos naturales, haciendo al sistema más vulnerable, debido a que el monte nativo en algunos meses del año presenta reducción en cantidad y calidad de alimento para el ganado que afecta de manera directa a la productividad, motivo por el cual no se llega a alcanzar buenos niveles de rentabilidad. Se realizó un diagnóstico rural participativo en una finca piloto de un productor ganadero con la finalidad de caracterizar el agroecosistema tradicional, a la vez, la evaluación de sustentabilidad social, económica y ambiental del mismo agroecosistema luego de la incorporación de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forrajes para el ganado bovino, mediante la ejecución de un proyecto de innovación tecnológica aplicada ejecutado durante dos años en el municipio de Cuevo del departamento de Santa Cruz, para ello, y con la finalidad de comparar el grado de sustentabilidad se planteó el objetivo de evaluar la sustentabilidad de un agroecosistema de producción de forraje para ganado bovino, en función a la introducción de innovaciones tecnológicas para mejorar el sistema tradicional, por lo que se construyeron indicadores a partir de la metodología marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), evaluando un total de 30 indicadores para estimar la sustentabilidad del agroecosistema, de los cuales, 4 en la dimensión social, 16 en la dimensión económica y 10 en la dimensión ambiental. De los resultados obtenidos se destaca que el agroecosistema mejorado presentó altos niveles de sustentabilidad en la dimensión ambiental, producto de la introducción de tecnologías de producción y conservación de forraje que hizo más robusto al sistema por la oferta de forraje como alimento del ganado para la época seca, mayor cobertura en el monte nativo y aplicación de prácticas sustentables de conservación de suelos, habiendo disminuido los riesgos de erosión, prácticas de desmonte y el quemado de restos de desmonte, aspectos que permitieron hacer al sistema más sustentable. Por otro lado, las dimensiones social y económica, presentaron un nivel medio de sustentabilidad por efecto del manejo más responsable de los recursos naturales, la integración de las familias en las actividades productivas de la finca, como también se han fortalecido organizacionalmente y en términos económicos, además, el agroecosistema se hizo más eficiente, por otro lado, el análisis beneficio/costo ha reportado mayores ingresos que costos, lo que hace al sistema más sustentable que el agroecosistema tradicional.

Palabras Claves: Agroecosistema, sustentabilidad, innovaciones tecnológicas.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ha desarrollado el estudio de la sustentabilidad de agroecosistemas de producción de forraje para ganado bovino, mediante un estudio de caso en un sistema agropecuario de finca en el Chaco Cruceño en función al seguimiento post ejecución de un proyecto de Innovación Tecnológica denominado "Transferencia de tecnologías apropiadas para el mejoramiento de la producción ganadera con pequeños productores del municipio de Cuevo, departamento de Santa Cruz", en dicho proyecto, se han incorporado innovaciones tecnológicas a dicho agroecosistema para la producción y conservación de forraje para ganado bovino, por esta razón, fue necesario llevar adelante esta investigación, para poder medir el impacto y sustentabilidad de las tecnologías introducidas, respecto a la tradicional, a través de una metodología que permita lograr los objetivos del presente estudio.

En este sentido hay distintas formas de encarar la evaluación de la sustentabilidad, dependiendo de los objetivos o tipo de preguntas a responder. De acuerdo a Masera et al (1999), hace referencia que, para estudiar la sustentabilidad, se utilizan distintos indicadores como ser: ambientales, económicos y sociales, concebidos para su aplicación a nivel nacional, macro regional o en un contexto local, a veces en proyectos muy específicos. A su vez indica, que se han implementado evaluaciones basadas en los llamados índices de sustentabilidad (sintetizando la información relevante en valores numéricos). Por otro lado, están los autores que han propuesto un índice de sustentabilidad por productor, tomando en consideración las acciones o estrategias de cada productor frente a distintas situaciones que se dan en su predio.

Los argumentos más comunes para sostener que los sistemas productivos son sustentables, se basan en que la producción agropecuaria, se lleva a cabo a través de una relación más armónica con la naturaleza, como consecuencia de una coevolución entre sociedad y medio ambiente. Se considera un elemento importante al conocimiento tradicional que conlleva un manejo integrado y múltiple de los recursos disponibles. El consumo de insumos externos es bajo y los mecanismos de solidaridad comunitaria son esenciales para dar estabilidad a los sistemas, sin embargo, aún han sido pocos los esfuerzos para evaluar qué tan sustentables son estos sistemas y que tanto la incorporación de innovaciones tecnológicas mejora el perfil de sustentabilidad.

Por lo tanto, estos sistemas también presentan problemas en su operación, estudios recientes han identificado que: uno de los principales problemas que enfrenta el sistema ganadero es la necesidad de contar con una mejor fuente de alimentación para los animales, que no implique costos adicionales. La etapa crítica es la época seca, cuando la disponibilidad de forrajes es escasa, en esta etapa los animales son sometidos a altas cantidades de rastrojo y subproductos agrícolas de bajo nivel energético, lo que representa problemas nutricionales (Altieri, 2002).

La dinámica del sistema contribuye al sobrepastoreo del monte nativo y a la pérdida de cobertura del suelo, propiciando procesos de erosión; de igual manera, el mal manejo de los pastos nativos trae consigo la desnutrición de los animales, debido a la baja calidad nutritiva de estos (Gutiérrez et al, 2000).

La propuesta tecnológica contempló la introducción de innovaciones tecnológicas a dichos sistemas agropecuarios, buscando solucionar el problema de la falta de forraje para la época crítica. Estas innovaciones se dividen en dos componentes principales, que se citan a continuación:

- Producción de forraje a través de la implementación de sistemas silvopastoriles o también denominado monte mejorado y el diferimiento de monte nativo con cercas eléctricas.
- Conservación de forraje: henificación y ensilaje

Las innovaciones tecnológicas, introducidas en la zona de estudio durante un periodo de dos años para mejorar los sistemas de producción agropecuaria de pequeña escala, donde productores de escasos recursos realizan una producción diversificada, generalmente destinada al autoconsumo con miras a solucionar los problemas identificados en la ganadería chaqueña del municipio de Cuevo. Básicamente lo que se pretendió fue solucionar el problema de falta de alimento para el ganado bovino en la época crítica, es decir durante los meses de agosto a octubre, donde prácticamente no existe disponibilidad de alimento para el mantenimiento de los animales, en estos meses se registran un número muy alto de bajas en las propiedades ganaderas trayendo como consecuencia pérdidas económicas para el productor. Sin embargo, aún han sido pocos los esfuerzos para evaluar qué tan sustentables son estos sistemas y que tanto las innovaciones tecnológicas propuestas mejoran el perfil de sustentabilidad (Joaquín, et al 2006).

Por lo tanto, el presente estudio ha realizado la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas en función a las innovaciones tecnológicas introducidas al sistema tradicional para mejorar la oferta forrajera de la ganadería bovina chaqueña, mediante la aplicación de una metodología que permita obtener juicios de valor para emitir conclusiones y recomendaciones a cerca de la sustentabilidad de ambos sistemas, información que será de mucho beneficio para productores, investigadores y profesionales que trabajan en el área.

Sobre la base de las consideraciones anteriores la pregunta de investigación planteada fue: ¿De qué manera, la introducción de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forraje al sistema de producción tradicional ganadero, contribuye a la sustentabilidad del agroecosistema?

En este propósito, el objetivo general planteado fue evaluar la sustentabilidad de un agroecosistema de producción de forraje para ganado bovino en función a la introducción de innovaciones tecnológicas para mejorar el sistema tradicional y como objetivos específicos se tuvo:

- Caracterizar los agroecosistemas de producción ganadera en función a la producción tradicional y mejorada.
- Definir atributos, puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad para evaluar los agroecosistemas de producción ganadera.
- Determinar el nivel de sustentabilidad de ambos agroecosistemas de producción ganadera, desde el punto de vista social, económico y ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada en el presente artículo es descriptiva, donde se presenta cómo se desarrolló el trabajo de investigación en el Municipio de Cuevo, Provincia Cordillera del Departamento de Santa Cruz, en una finca ganadera seleccionada por el proyecto como centro piloto para la implementación de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forraje. Cuevo está ubicado a 360 Km. desde la Ciudad de Santa Cruz en dirección Norte-Sur, geográficamente está situado, a 20° 27' 21" de latitud sur y 63° 31' 7" de longitud oeste, a una altura de 1018 m.s.n.m.

Descripción general de la metodología

Con base en el propósito del presente trabajo, se optó por aplicar el tipo de investigación descriptivo, con un enfoque no experimental mixto; no experimental porque permite observar a un fenómeno (cambios del sistema tradicional hacia un sistema mejorado) sin alterar de manera intencional las variables; y mixto porque de este modo se logran recabar y analizar tanto datos cualitativos como cuantitativos, indispensable para dar respuesta a la pregunta de investigación.

La Metodología utilizada en el presente estudio fue la denominada MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad), misma que fue desarrollada por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable GIRA, aplicada por primera vez en el año 1996 en México y esta metodología aporta una herramienta para evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo, con énfasis en el contexto de los productores campesinos, en el ámbito local, comunal o finca individual.

El MESMIS es un marco metodológico que captura la complejidad del manejo de recursos naturales. Permite derivar indicadores que, por un lado, reflejen el comportamiento de los

aspectos más relevantes de un sistema de manejo y por otro, muestren las tendencias del sistema para alcanzar los diferentes objetivos de los sistemas sustentables (Masera *et al.*, 1996), es decir:

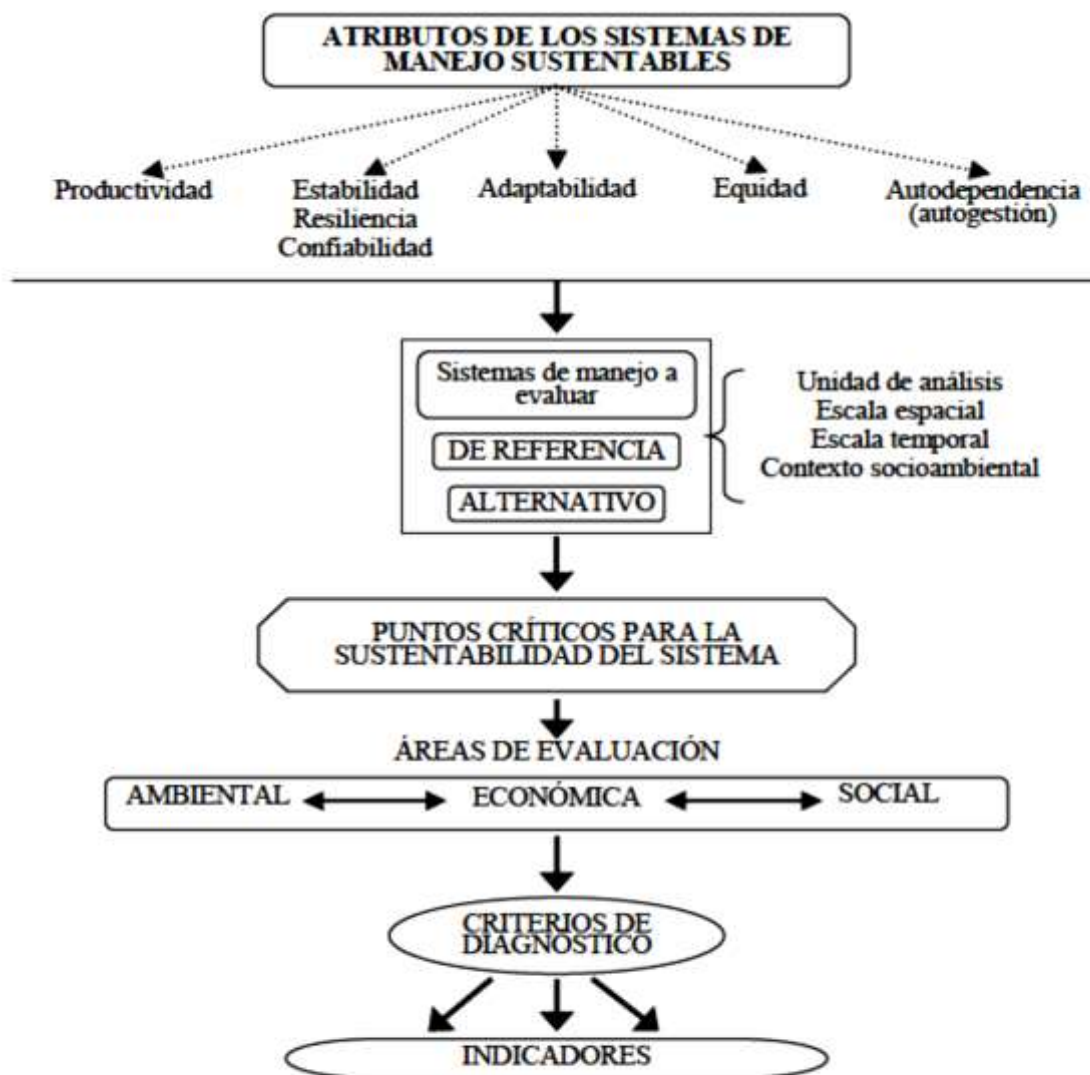
- Que mantengan o mejoren la productividad y reduzcan los riesgos.
- Que aumenten los servicios ecológicos y socioeconómicos.
- Que protejan la base de recursos y prevengan la degradación de suelos, agua y biodiversidad.
- Que sean viables económicamente.
- Que sean socialmente aceptables y culturalmente compatibles.

La evaluación de sustentabilidad es de carácter comparativo, es decir se basa en el análisis simultáneo del sistema de manejo de referencia o tradicional y de un sistema alternativo o mejorado o el análisis de un mismo sistema a lo largo del tiempo. Este procedimiento permite: a) examinar en qué medida los sistemas alternativos son efectivamente más sustentables, y b) identificar los puntos críticos para la sustentabilidad, con el fin de impulsar cambios. Este último, combinado con la estructura cíclica propuesta, convierte al proceso de evaluación en una valiosa herramienta de planeación, ya que sienta las bases para diseñar, implementar y evaluar de forma dinámica estrategias que tiendan a mejorar las características socioambientales de los sistemas de manejo, así como para afinar la metodología utilizada para la evaluación (Masera *et al.*, 1996).

La presente metodología, define el concepto de sustentabilidad a partir de cinco atributos generales de los agroecosistemas o sistemas de manejo, mismas que se describen a continuación:

- Productividad:** Se refiere a la capacidad del agroecosistema para brindar un cierto nivel de bienes y servicios
- Estabilidad, confiabilidad y resiliencia:** Esta propiedad tiene que ver con la capacidad del agroecosistema para recuperarse, mantenerse y/o llegar a un nuevo estado de equilibrio, luego de sufrir perturbaciones graves, ya sea de corte social, económico o ambiental.
- Adaptabilidad:** Con esta propiedad se hace referencia a la flexibilidad del agroecosistema para adaptarse a nuevos niveles de equilibrio ante cambios importantes en el entorno económico o en las condiciones ambientales.
- Equidad:** Hace referencia a la capacidad del agroecosistema para distribuir de manera justa los beneficios y los costos, tanto productivos como ambientales.
- Autodependencia (autogestión):** Se refiere a la capacidad del agroecosistema de controlar sus interacciones con el exterior.

Figura 1. Esquema general del MESMIS: Relación entre atributos e indicadores



Fuente: Masera et al. 1999

Para ello, la metodología considera algunos aspectos importantes, que a continuación se detallan:

1. La evaluación de sustentabilidad se lleva a cabo, y es válida solamente para: a) sistemas de manejo específicos en un determinado lugar geográfico y bajo un determinado contexto social y político b) una escala espacial (parcela, unidad de producción, comunidad o cuenca), previamente determinada, y c) una escala temporal también previamente determinada.

2. La sustentabilidad, no puede evaluarse per se, sino de manera comparativa o relativa. Para esto existen dos vías fundamentales: a) comparar la evolución de un mismo sistema a través del tiempo (comparación longitudinal), o b) comparar simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo o innovador con un sistema de referencia (comparación transversal).
3. La evaluación de sustentabilidad es un proceso cíclico que tiene como objetivo central el fortalecimiento tanto de los sistemas de manejo como de la metodología utilizada.

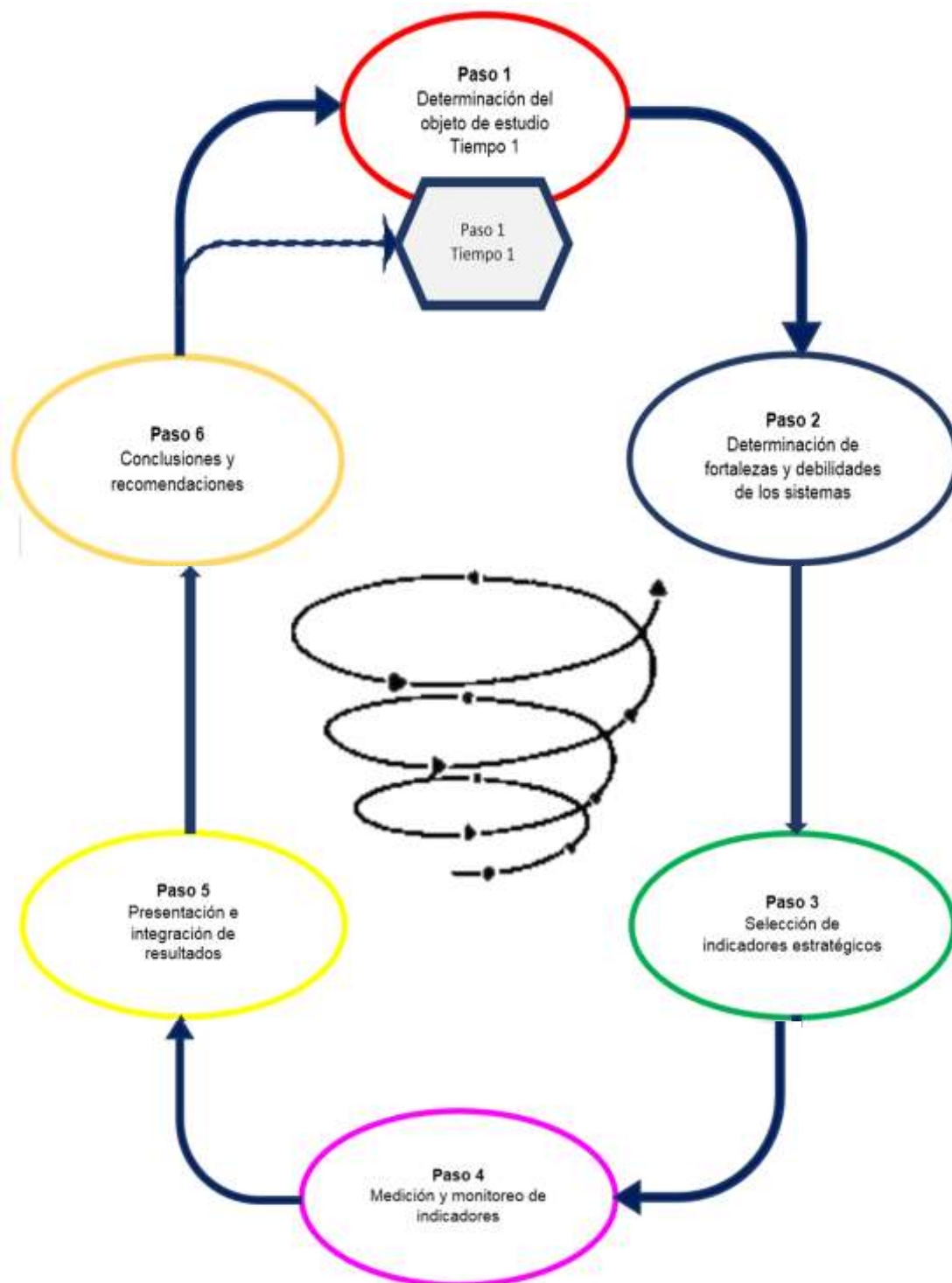
Operativamente para dar concreción a los atributos generales, se definen una serie de puntos críticos para la sustentabilidad del agroecosistema que se relacionan con tres áreas de evaluación (ambiental, económica y social). En cada área de evaluación se definen criterios de diagnóstico e indicadores. Este mecanismo asegura una relación clara entre los indicadores y los atributos de sustentabilidad del agroecosistema.

La información obtenida mediante los diferentes indicadores se integra finalmente utilizando técnicas de análisis de resultados, con el fin de emitir un juicio de valor sobre la evaluación del agroecosistema.

Para aplicar la metodología, se ha desarrollado un ciclo de evaluación, que comprende los siguientes elementos y pasos (Maser *et al*, 1996):

- **Determinación del objeto de evaluación:** En este paso se definen los agroecosistemas que se evaluarán, sus características y el contexto socioambiental de la evaluación.
- **Determinación de los puntos críticos:** Se determinan los puntos críticos que pueden incidir en la sustentabilidad de los agroecosistemas que se van a evaluar.
- **Selección de indicadores:** Se determinan los criterios de diagnóstico y se derivan los indicadores estratégicos para llevar a cabo la evaluación.
- **Medición y monitoreo de los indicadores:** Este paso incluye el diseño de los instrumentos de análisis y la obtención de la información deseada.
- **Presentación e integración de resultados:** Se compara la sustentabilidad de los agroecosistemas analizados y se indican los principales obstáculos para la sustentabilidad, así como los aspectos que más la favorecen.
- **Conclusiones y recomendaciones.** Finalmente, en este paso se hace una síntesis del análisis y se proponen sugerencias para fortalecer la sustentabilidad de los agroecosistemas, así como para mejorar el proceso mismo de evaluación.

Figura 2. El ciclo de evaluación MESMIS: Diagnóstico y Caracterización de los Agroecosistemas



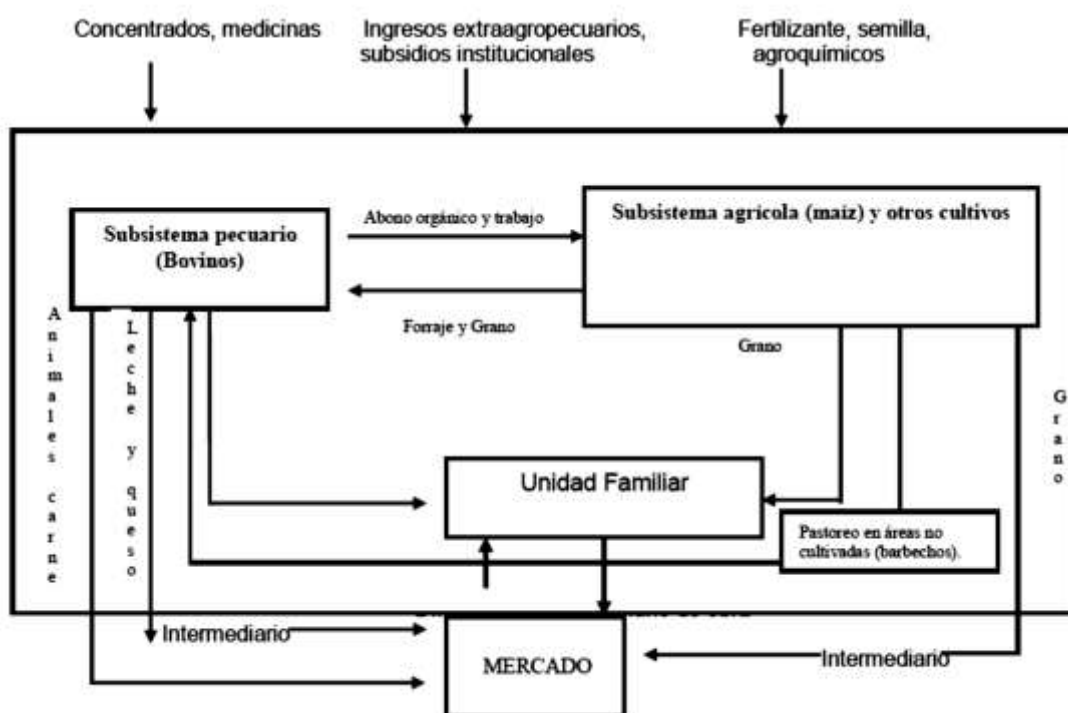
Fuente: Masera et al. 1999

Dicho proceso se llevó a cabo mediante un Diagnóstico Rural Participativo (DRP), el mismo que fue elaborado para el caso del cooperante Sr. Willman Galarza en la finca denominada Yaguacua

en el Municipio de Cuevo, por lo tanto, la descripción como tal de este agroecosistema, comprende la identificación de los componentes de los sistemas, los insumos que reciben, los flujos internos y los productos que generan, tanto en términos biofísicos como socioeconómicos.

El sistema tradicional presenta el esquema técnico y social más comúnmente practicado en la región. De acuerdo al levantamiento de información en la zona de estudio se pudo distinguir lo siguiente: El agroecosistema tradicional se identifica como maíz-grano-ganado por las interacciones entre los subsistemas agrícola y pecuario, y concuerda en términos generales con los sistemas identificados como ganadería campesina o de pequeña escala, propios de la región de estudio, las interrelaciones de dicho agroecosistema se muestran en la siguiente figura:

Figura 3. Diagrama de interacciones e interrelaciones del agroecosistema de referencia



Fuente: Elaboración propia en base a Brunett L, et al 2004.

Este agroecosistema opera con mano de obra familiar, la misma no recibe salario, aunque participa de los beneficios de la finca familiar. La comercialización de los productos es a través de intermediarios, mientras que la adquisición de insumos es de forma individual y lo hacen en la ciudad de Camiri distante a 45 km. desde Cuevo o la ciudad de Santa Cruz a 315 Km.

El sistema se caracteriza por pequeños establos ubicados a lado de la casa del productor, a fin de aprovechar paredes, servicio, y de facilitar la participación de los miembros de la familia en

las diferentes tareas. Las unidades de producción agrícola tienen una superficie de entre 2 a 5 hectáreas dedicadas principalmente al cultivo de maíz.

El tamaño del hato va de 1 a 80 animales en promedio, las madres llegan a alcanzar crías durante una edad promedio de 10 años, por lo que aportan en toda su vida la producción de 6 crías, la producción media de leche es de 2.5 litros/vaca/día y producción de carne de 160 Kgr. Por animal en 4 años, el periodo de ordeña es de 60 días solamente. El ganado bovino con el que cuentan es criollo en un 95%, el restante 5% son mestizos producto de cruces de la raza criolla con razas introducidas como Pardo Suizo, Gir lechero y Santa Gertrudis.

Así mismo, es común encontrar bueyes y equinos utilizados como animales de trabajo (actividades agrícolas, acarreo de insumos y rastrojo), además de cerdos, ovinos de pelo, chivas y aves de corral (gallinas, patos, pavos) como reservas alimenticias para las familias durante el año.

La alimentación de los bovinos es a base de rastrojos y maíz, en algunos casos molido complementado en su dieta con pastoreo en monte nativo o áreas de barbecho o terrenos cultivables que no se utilizan. El estiércol es utilizado no sólo como fertilizante en los predios sino también como fuente de energía combustible a través de la elaboración de "tortas" de estiércol, que son secadas y utilizadas en fogones para la cocción de alimentos, al igual que leña que se recolecta del monte nativo.

La ordeña es manual y se realiza por lo general dos veces al día. La producción es estacional ya que se reduce en épocas de estiaje, mientras que en época de lluvias se incrementa al contar el ganado con forraje verde y abundante.

El sistema es practicado en áreas rurales, la producción de leche generalmente se transforma en quesos frescos, los cuales se destinan al autoconsumo y a la venta. La paga que recibe el productor, es en su predio por el rescatista en forma periódica. El precio que recibe cada productor puede variar en función del volumen entregado.

Al interior de las unidades de producción se presentan relaciones de colaboración y solidaridad (ayudas) para la realización de actividades agropecuarias o de construcción. Es común la existencia de ingresos provenientes de trabajos no agropecuarios (taxista, trabajadora doméstica, albañil, etc.) realizados por miembros de la familia que trabajan fuera de la unidad de producción (Camiri y Santa Cruz).

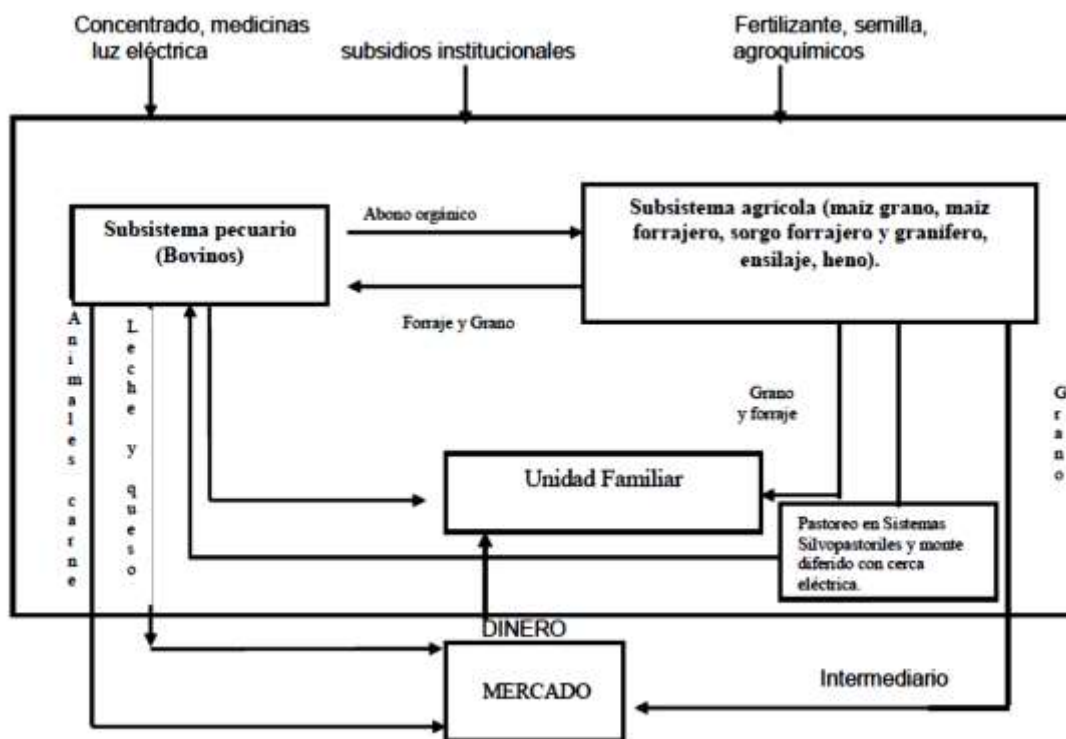
Sin embargo, es propio de estos agroecosistemas la escasa incorporación de tecnologías, ya que son pocas las diseñadas para ellos. Por lo tanto, quienes han estudiado a estos sistemas concluyen que puede mejorarse tecnológicamente. La actividad de producción de carne y leche a pequeña escala para la elaboración de queso, ha tomado una mayor importancia dentro de

las estrategias productivas de los campesinos, como consecuencia de la pérdida de la rentabilidad del cultivo del maíz.

Agroecosistema mejorado

El agroecosistema de manejo alternativo o mejorado, es aquel en el que se han incorporado innovaciones tecnológicas con respecto al sistema tradicional. El agroecosistema mejorado (AM) se deriva de una serie de innovaciones tecnológicas que se introdujeron al sistema tradicional, como un medio para mejorar la productividad ganadera (carne y leche) ante la problemática de baja rentabilidad ganadera debido principalmente a la falta de forraje en la época seca y la baja rentabilidad del maíz. Las modificaciones consisten en dos componentes importantes de interés de evaluación en el presente estudio: a) Producción de forraje: Implementación de sistemas silvopastoriles y diferimiento de monte nativo con divisiones a través de cercas eléctricas y b) Conservación de forrajes: henificación y ensilaje. Las interacciones e interrelaciones determinadas para este agroecosistema, se detallan a continuación:

Figura 4. Diagrama de interacciones e interrelaciones del agroecosistema mejorado



Fuente: Elaboración propia en base a Brunett L. et al 2004

A continuación, se detalla cada una de las innovaciones tecnológicas para la producción y conservación de forraje introducidas al agroecosistema tradicional, cuyas características se explican a continuación:

PRODUCCIÓN DE FORRAJE

a. Diferimiento de monte nativo con el uso de cercas eléctricas

El monte diferido consiste en hacer descansar un área determinada durante el período de lluvias. Este procedimiento permite que las plantas forrajeras lleguen a producir semillas. (Saravia, 1995).

El diferido se aplica a potreros de pastos cultivados y de monte nativo cuando se quiere incrementar la población de las especies forrajeras deseadas. Para aplicar la técnica, necesariamente se debe evitar el ingreso de animales, por lo que la superficie a recuperar debe cerrarse, significando un costo considerable para el productor al utilizar cerramientos convencionales. Sin embargo, los últimos avances de aplicación tecnológica a nivel del Chaco, demuestran que con el uso de "cercas eléctricas", es posible reducir alrededor del 70% los costos en relación a la alambrada tradicional. (Saravia, 1995).

Figura 5. Diferimiento de monte nativo con el uso de cerca eléctrica



Fuente: Elaboración propia.

b. Sistemas silvopastoriles o monte mejorado

Los sistemas silvopastoriles se refieren a la combinación de especies leñosas perennes (árboles y arbustos) con hierbas en general, ya sean estas nativas o introducidas.

La metodología "tradicional" de implantación de pastos consiste en eliminar totalmente los árboles, ya sea con maquinaria o en forma manual, para después realizar la siembra de una especie forrajera seleccionada por el ganadero. Este sistema representa la permanente extracción de nutrientes a través de la cosecha del forraje, además de tener sometida a la pastura a altas temperaturas y un alto grado de evaporación de la poca humedad del suelo

proporcionada por las lluvias, también con altas probabilidades de ser afectada por las heladas por la no disponibilidad de humedad. (Saravia, 1995).

En forma general, podría decirse que los objetivos principales de la integración de animales (rumiantes) con los sistemas silvopastoriles son: producir carne y leche sin provocar cambios considerables a un ecosistema natural, se reducen los costos de limpieza de malezas por menor incidencia de plantas invasoras.

En los modelos de sistemas silvopastoriles propuestos para la zona chaqueña, el pasto cultivado, los árboles y arbustos, acumulan en sus flores y hojas, la materia orgánica que retornará al suelo según su ciclo vegetativo (floración y caída de hojas). A este material se suma el estiércol y orina de los animales durante el pastoreo.

Mediante el proceso de descomposición (mineralización), los elementos de origen orgánico vuelven a su estado mineral por el permanente proceso de descomposición de la materia orgánica (hojarasca, frutos, ramas, estiércol, orina). Adicionalmente, hay una mejora en la estructura del suelo a través del aporte que hacen las raíces de los árboles en cuanto a materia orgánica, aireación e infiltración del agua de lluvia (Saravia, 1995).

Figura 6. Sistemas silvopastoriles o monte mejorado



Fuente: Elaboración propia.

CONSERVACIÓN DE FORRAJE

a. Ensilaje

Es el proceso de picar el forraje en estado verde, acumularlo en un lugar determinado y apisonarlo para luego cubrirlo con un material impermeable. Para obtener un buen ensilado, primeramente, se debe ubicar el lugar donde se construirá el silo, el cual debe estar cerca a

los comederos donde se alimentará a los animales. Para definir qué tipo de silo se construirá, depende de la topografía del terreno y de los recursos con que cuenta el productor. El más económico es el silo tipo "montón", porque no requiere de infraestructura. (Gómez, 2005).

Figura 7. Proceso de elaboración del ensilaje



Fuente: Elaboración propia.

b. Henificación

Es el resultado de la deshidratación natural o artificial del forraje, esto hace que no tenga riesgo de deteriorarse. Se llama así al proceso de corte, secado y almacenamiento de diferentes especies forrajeras conservando sus cualidades nutritivas que tienen al momento del corte. La henificación es una alternativa para aprovechar durante la época de lluvias, uno o dos cortes de la planta forrajera.

Casi todas las especies de pastos son aptas para henificar, pero los más apropiados son los que tienen tallos delgados y contienen menos humedad, lo que facilita que el secado sea rápido.

La parte más nutritiva y útil de la planta para el heno son las hojas, tallos y granos en el caso del sorgo, por consiguiente, se debe evitar la pérdida de ellas a tiempo de henificar. Los pastos más comunes en la zona son el pasto Búfalo, *Panicum máximum*, cultivar Gatton, Tanzania y otros menos difundidos. (Gómez *et al.* 2005).

Figura 8. Proceso de henificación



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los siguientes resultados obtenidos en la presente investigación:

De acuerdo a la caracterización del sistema de referencia o tradicional, se pudo determinar que opera con mano de obra familiar y es una actividad desarrollada mediante conocimientos empíricos, transmitidos por las diferentes generaciones en la familia, lo que repercute en una baja productividad del sistema, como también la comercialización de los productos es a través de intermediarios.

El sistema de referencia presenta el esquema técnico y social más comúnmente practicado en la región. De acuerdo al levantamiento de información en la zona de estudio, se pudo distinguir que el agroecosistema de referencia se identifica como maíz-grano-ganado por las interacciones entre los subsistemas agrícola y pecuario y concuerda en términos generales con los sistemas identificados como ganadería campesina o de pequeña escala, propios de la región de estudio. La actividad de producción de carne y leche a pequeña escala para la elaboración de queso, ha tomado una mayor importancia dentro de las estrategias productivas de los campesinos, como consecuencia de la pérdida de la rentabilidad del cultivo del maíz.

Sin embargo, es propio de estos agroecosistemas la escasa incorporación de tecnologías, ya que son pocas las diseñadas para ellos. De acuerdo a lo indicado por Brunett (2004), quien ha estudiado a estos agroecosistemas concluye que pueden mejorarse tecnológicamente buscando la sustentabilidad.

En función a la definición de puntos críticos, criterios e indicadores de sustentabilidad se pudo determinar el grado de sustentabilidad de ambos agroecosistemas en las dimensiones social, económica y ambiental, cuyos resultados se detallan a continuación:

Figura 9. Evaluación de sustentabilidad para la dimensión social



Fuente: Elaboración propia.

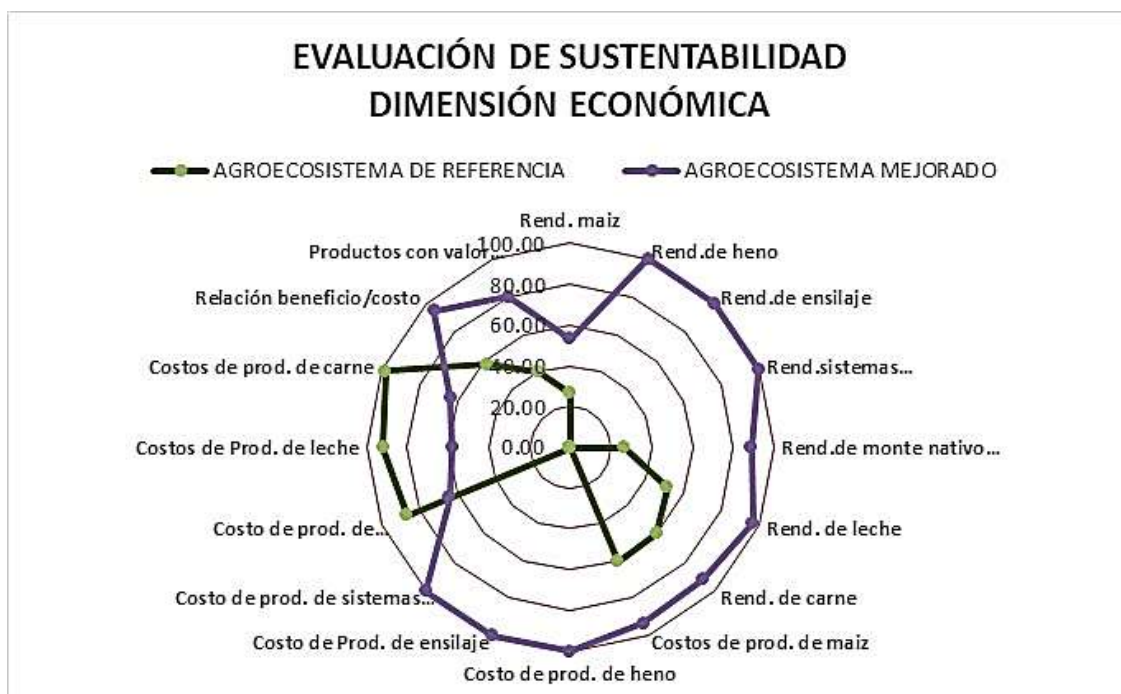
El diagnóstico rural participativo realizado reportó que los indicadores estratégicos de evaluación: Integración familiar y grado de participación de los integrantes en cada una de las actividades productivas, fortalecimiento organizacional e innovaciones tecnológicas adoptadas, pertenecientes a los atributos equidad, autogestión/autodependencia y adaptabilidad, tenían un bajo grado de sustentabilidad, ya que antes de iniciado el proyecto con la introducción de innovaciones tecnológicas al sistema, no estaban organizados, los bajos ingresos del sistema generó la desintegración familiar, el grado de participación de los miembros de la familia en las actividades productivas del sistema era bajo y la adopción de innovaciones tecnológicas era nula.

Al contrario, los resultados de evaluación del agroecosistema mejorado, nos señala que los indicadores que reportaron una alta sustentabilidad, fueron las *innovaciones tecnológicas adoptadas*, debido a que el 100% de los productores adoptaron las innovaciones tecnológicas introducidas por el proyecto, los beneficiarios indicaron que dicha adopción, la realizaron por ser de fácil aplicación, bajos costos y de mucho beneficio para solucionar el problema de falta de forraje en la época seca, en comparación con el sistema convencional que no disponían de

estas innovaciones para solucionar el problema anteriormente mencionado. Por otro lado, el fortalecimiento organizacional ha reportado también un alto grado de sustentabilidad, debido a que el proyecto contemplaba un componente de fortalecimiento organizacional, lo que permitió organizarlos como asociación de ganaderos de Cuevo mediante la elaboración y aprobación los reglamentos correspondientes.

Respecto al grado de participación de los miembros de la familia en actividades productivas del sistema, ha reportado un alto grado de sustentabilidad, debido a que se introdujeron innovaciones tecnológicas, se generaron nuevas actividades donde los miembros de la familia participaron, debido a que estas les generaría ingresos adicionales, por último el indicador referido a la integración familiar, reportó un grado de sustentabilidad media, tomando en cuenta que, el fortalecimiento del sistema ha promovido la integración familiar.

Figura 10. Evaluación de sustentabilidad para la dimensión económica



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de evaluación en la dimensión económica, se pudo evidenciar que los indicadores de rendimiento de heno, ensilaje, sistemas silvopastoriles, monte nativo, leche y carne, presentaron alto grado de sustentabilidad, al ser todos estos indicadores parte del componente principal de incorporación de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forraje, que permitieron disponibilidad de forraje, por ende, mayor producción de leche y carne, a diferencia del agroecosistema de referencia, que no podría reportar indicios de sustentabilidad, al ser totalmente deficiente en este aspecto. Una característica particular es

el rendimiento del maíz, que no ha mejorado su productividad, ya que el proyecto no ha incidido en la mejora del manejo, pero ha contribuido mediante capacitaciones en el uso de semilla de calidad y manejo agronómico.

Respecto a los indicadores de costo de producción de maíz, heno, ensilaje, sistemas silvopastoriles y monte nativo, si bien son nuevos en el sistema, tienen su relevancia en la sustentabilidad del mismo, pero se justifica debido a que los costos reportados permiten el manejo e incorporación de tecnologías innovadoras de producción y conservación de forraje, que permiten el incremento de productividad, por ende, mayores ingresos al sistema. Por otro lado, los indicadores de costos de producción de leche y carne son bajos y reportan un alto grado de sustentabilidad, debido a que, al existir oferta de forraje para la producción de leche y carne, y no depender de insumos externos, los costos de producción se redujeron.

Referente a la relación beneficio/costo (B/C), los valores reportados nos indican que el sistema mejorado genera mayores beneficios que costos, lo que nos indica, que la incorporación de las innovaciones tecnológicas al sistema, hizo más eficiente al sistema, aprovechando los recursos locales y dejando de lado la dependencia de insumos externos que encarecían el sistema de referencia. Finalmente, el indicador productos con valor agregado, también tiene un alto grado de sustentabilidad, ya que, al existir disponibilidad de forraje para la producción de leche, sobre todo, permite darle valor agregado en queso, que tiene alta demanda y buen precio en el mercado local, regional y nacional.

Para la evaluación de sustentabilidad de ambos sistemas en función a la dimensión ambiental, se pudo evidenciar que durante los dos años de duración del proyecto la mayor parte de los indicadores evaluados reportaron alto nivel de sustentabilidad, estos indicadores son: Disponibilidad de forraje para la época seca, como el principal, debido a que la contribución de la disponibilidad de forraje repercute en la productividad del sistema ganadero y la cobertura del suelo, por otro lado el indicador de incorporación de tecnologías de producción y conservación de forraje para la época seca, altamente sustentable por su gran aporte de oferta segura de forraje al sistema, por su lado el indicador porcentaje de cobertura del monte nativo, también es sustentable debido al diferimiento (clausura) del monte nativo por un lapso de dos años ha permitido la regeneración de especies nativas que otorgaron un incremento en el porcentaje de cobertura, lo cual evita procesos erosivos de origen hídrico, haciendo al sistema cada vez más sustentable.

Figura 11. Evaluación de sustentabilidad para la dimensión ambiental



Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores, porcentaje de cobertura en monte nativo y porcentaje de riesgo de erosión en monte diferido, reportaron alta sustentabilidad mediante las innovaciones tecnológicas introducidas, en conjunto promovieron la cobertura del suelo mediante la diversidad de especies que regeneraron, por ende, menos vulnerable a procesos erosivos.

Mientras que los indicadores: aplicación de prácticas sustentables de conservación de suelos y cantidad de especies forrajeras introducidas y establecidas en la finca, reportaron un grado medio de sustentabilidad, como resultado de las capacitaciones para la aplicación de prácticas de conservación de suelos en el proyecto, lo que permitió la aplicación de prácticas sustentables en el sistema, a la vez la cantidad de especies forrajeras introducidas y establecidas, ha contribuido a fortalecer el sistema, al tener nuevas especies que garanticen oferta forrajera y cobertura del suelo.

Por su lado, los indicadores: quemado de restos de desmorte y desmontes para la siembra de pasturas a campo abierto, reportaron una mejora sustancial por efecto de las capacitaciones en el manejo de las innovaciones tecnológicas introducidas, lo que repercutió en el cambio de actitud y costumbre de parte de los productores a no realizar el desmorte total para la siembra de pasturas, ni el quemado de restos del desmorte, ya que ambas prácticas tradicionales afecta de forma negativa al medio ambiente haciendo no sustentable al agroecosistema.

Finalmente, los resultados de la evaluación de sustentabilidad de la dimensión ambiental, indica que los indicadores que componen esta evaluación, reportaron alto y medio nivel de sustentabilidad, mientras el sistema de referencia no demuestra indicios de sustentabilidad.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se arribó a las siguientes conclusiones:

- La evaluación de sustentabilidad en la dimensión social, nos indica que tres de los indicadores, reportaron alta sustentabilidad, mientras que uno de ellos reportó sustentabilidad media y todos los indicadores del agroecosistema de referencia son insustentables. La dimensión social es sustentable debido a que la adopción de las innovaciones tecnológicas, permitió mayor integración familiar, mayor grado de participación de los miembros de la familia en actividades productivas de la finca y el fortalecimiento organizacional.
- La evaluación de sustentabilidad en la dimensión económica, reportó que 10 indicadores son altamente sustentables, 6 medianamente sustentable, esto debido a que los costos de producción de carne y leche reportaron alto grado de sustentabilidad en función a las innovaciones tecnológicas que incorporaron costos de producción, pero son sustentables por generar mayores ingresos que costos, lo que hace más robusto al agroecosistema. Mientras que todos los indicadores evaluados en el agroecosistema de referencia son de menor nivel de sustentabilidad
- La evaluación de sustentabilidad en la dimensión ambiental, indica que 4 indicadores reportaron sustentabilidad alta y 5 de ellos sustentabilidad media, por su parte todos los indicadores evaluados para el sistema de referencia, demostraron ser insustentables, debido a que hacen un manejo inadecuado de los recursos en el agroecosistema desde el punto de vista productivo, contrariamente la incorporación de innovaciones tecnológicas al agroecosistema de referencia mejoraron considerablemente la sustentabilidad en función al manejo mejorado de las actividades productivas con la oferta segura de forraje producido para el ganado aprovechando los recursos naturales de manera eficiente.
- En función a la evaluación de ambos agroecosistemas desde el punto de vista de las dimensiones social, económica y ambiental, se concluye que el agroecosistema mejorado es altamente sustentable desde el punto de vista ambiental, pero medianamente sustentable en las dimensiones social y económica, estos resultados son producto de la incorporación de innovaciones tecnológicas que fortalecieron el manejo mejorado de los recursos naturales

dentro el agroecosistema, que permitió reducir riesgos y vulnerabilidad, haciendo más resiliente al agroecosistema.

- El estudio ha demostrado que la finca productiva ganadera o agroecosistema, incorpora alternativas productivas que mejoran en su conjunto, la sustentabilidad del sistema y la condición de las familias.
- Esta sustentabilidad se debe a que tienden a adecuar las actividades productivas a la capacidad de uso del suelo y de los recursos naturales en general, aprovechando su máximo potencial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. y NICHOLLS C. 2002 Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie textos básicos para la formación ambiental. PNUMA. Red de formación ambiental para América Latina y el Caribe. México. 235 p.
- ASTIER M. y MASERA O. 1996. Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando Indicadores de sustentabilidad. México. 29 p.
- BRUNETT, L, GARCIA, H, GONZALES C. 2004. Indicadores de sustentabilidad económica de la producción de leche en dos agroecosistemas campesinos del Valle de Toluca. En: La Ganadería de México: Globalización, políticas, regiones y transferencia de tecnología. UACH, CUESTAAM, CONACYT.
- GOMEZ, Mario, 2005. Técnicas de conservación de forraje.
- MASERA, O et. al. 1999. Sustentabilidad y sistemas campesinos: Cinco experiencias de evaluación en el México Rural. Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada – GIRA. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- MASERA O; ASTIER M, LOPEZ RIDAURA S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA-Mundiprensa, México. 109 p.
- SARANDON, SJ, 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En "AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable", SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. Cap 20: 393-414. ISBN: 987-9486-03-X.
- SARAIVIA TOLEDO, Carlos et. al. 1995. Manual de ganadería del Chaco Boliviano.175 p.

3

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

EFECTO DE CUATRO ESPACIAMIENTOS ENTRE SURCOS EN LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y BIOMASA SECA CON FINES DE COBERTURA EN CEREALES DE INVIERNO EN ALGARROBAL MUNICIPIO DE YACUIBA

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **Sulca Rivera Franz Dany**

Co autor:

² **Sulca Rivera Leonel Adan**

^{1,2} Ingeniería Agronómica

Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia de los autores:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

RESUMEN

El departamento de Tarija y principalmente la región del Gran Chaco, es la principal productora de soya, maíz y en los últimos años de trigo; Sin embargo, se observan bajos rendimientos y mala calidad del grano debido a factores climatológicos adversos como a la degradación física y química del suelo. El presente trabajo tiene el objetivo de evaluar el efecto de cuatro espaciamientos de siembra entre surcos en la producción de grano y biomasa seca con fines de cobertura en cereales de invierno en las condiciones edafoclimáticas de la zona de Algarrobal. El ensayo fue establecido bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres reiteraciones donde se utilizó 4 especies y 4 espaciamientos (15, 20, 25 y 30 cm) entre surcos.

Según los resultados el mayor rendimiento de biomasa seca para fines de coberturas se logró con las especies triticale y trigo sembradas a 30 y 20 cm entre surcos con 7,51 y 5,06 t/ha, mientras que para grano comercial la mayor producción presentó el trigo y cebada con rendimientos de 3,10 y 2,79 t/ha en el espaciamiento de 20 cm entre surcos. De manera general el triticale mostró el mejor rendimiento en biomasa seca y el trigo en producción de grano, expresando además un B/C de 3,35 con una ganancia de 2,35 adicionales por cada boliviano invertido.

Palabras Claves: grano y biomasa seca, espaciamiento de surcos, cereales.

INTRODUCCIÓN

Los cereales constituyen la fuente de alimentación más importante de la humanidad, son la base del nacimiento de la agricultura e históricamente han estado asociados al origen de la civilización y cultura de todos los pueblos. Los cereales forman un conjunto de plantas herbáceas, cuyos granos o semillas se emplean para la alimentación humana y animal. Se estima que un tercio de los cereales producidos en el mundo se destinan a la alimentación de los animales, constituyéndose en uno de los componentes esenciales dentro de una planificación estratégica de alimentación.

Según la (FAO 2018), la producción mundial de cereales en el año 2018 ascendió a 2 609 millones de toneladas (incluido el arroz elaborado), es decir, 2,8 millones de toneladas menos respecto del informe anterior.

Gómez et al (2014), menciona que en un ensayo sobre efecto del espaciamiento entre surcos sobre el rendimiento en dos cultivares (LYN y BIO) de trigo (*Triticum aestivum L.*) realizado en la EEA INTA Marcos Juárez de Córdoba – Argentina el año 2013, la variedad BIO alcanzó el mayor rendimiento con 3700 kg/ha, a espaciamientos de 20 y 25 cm; y el menor rendimiento (2500 kg/ha) se logró con los espaciamientos 40 y 52 cm.

Según Quiroz (2010), el rendimiento y producción de biomasa del trigo, cebada y triticale bajo riego y secado en la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), fue de 10,5; 10,9 y 12,8 t/ha respectivamente.

Los cereales de invierno son cultivos extensivos que se presentan como alternativa en Bolivia, esto es debido a su potencial productivo, su adaptación a las condiciones climáticas, rusticidad, facilidad de almacenamiento, los granos pueden ser consumidos en forma por las personas y animales, directa o procesados, también se emplean como forraje verde o seco.

Venegas (2016), en un trabajo sobre evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en la Estación Experimental de Cota Cota, en La Paz – Bolivia, observó que la variedad Sw-Kerstin para una densidad de 100 kg/ha, presentó el mayor rendimiento en grano con 4811 kg/ha, la misma variedad sembrada con 80 kg/ha llegó a producir 3167 kg/ha. En tanto la variedad Sang para la densidad de 100 kg/ha obtuvo 4204 kg/ha; para la densidad de 80 kg/ha produjo 3705 kg/ha. Finalmente, la variedad Urano (testigo) para la densidad de 100 kg/ha obtuvo un rendimiento de 4126 kg/ha y para la densidad de 80 kg/ha rindió 3956 kg/ha; el resto de las variedades presentaron rendimientos menores.

En la Región del Gran Chaco, el cultivo de avena, cebada y triticale en la época de otoño - invierno, no es una práctica utilizada por los agricultores para la producción de grano ni para cobertura del suelo; en cuanto a trigo se cultivan aproximadamente 1400 ha con destino a semilla y grano.

Debido a la demanda que existe por nuevos cultivos para la producción de grano y biomasa tanto en el ámbito nacional como regional, es necesario contar con nuevas alternativas para el sector agrícola y una de estas es el cultivo de cereales de invierno.

Es por eso que el presente trabajo, tiene el objetivo de identificar los espaciamientos de siembra que permitan mejorar los rendimientos tanto de grano como de biomasa con fines de cobertura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el diseño bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con 16 tratamientos y 3 reiteraciones, el factor A corresponde a las especies y el factor B a los espaciamientos entre surco; este diseño tiene el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_a + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \epsilon_b$$

Donde:

Y_{ijk} : Una observación cualquiera

μ : Media poblacional

β_j : Efecto del j-ésimo bloque

α_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Variedad)

ϵ_a : Error de la parcela principal

γ_k : Efecto del k-ésimo nivel del factor B (Espaciamientos)

$(\alpha\gamma)_{ik}$: Interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor B

ϵ_b : Error de sub-parcela, error experimental.

Los factores de estudio fueron los siguientes: Factor A compuesto por los cereales como el C1=Trigo, C2=Avena, C3=Cebada, C4=Triticale. Factor B compuesto por los espaciamientos E1=15 Cm, E2=20 Cm, E3=25 Cm, E4=Cm.

Para el procedimiento de campo se realizó; preparación del suelo, siembra, prácticas culturales (raleo, control de plagas y enfermedades, control de malezas) y cosecha. Las variables evaluadas fueron, días a emergencia, número de macollos por planta, relación hoja/tallo, altura de planta, número de espigas por planta, longitud de espiga, número de granos por espiga, días a cosecha, rendimiento de biomasa seca, rendimiento de grano, análisis económico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a emergencia

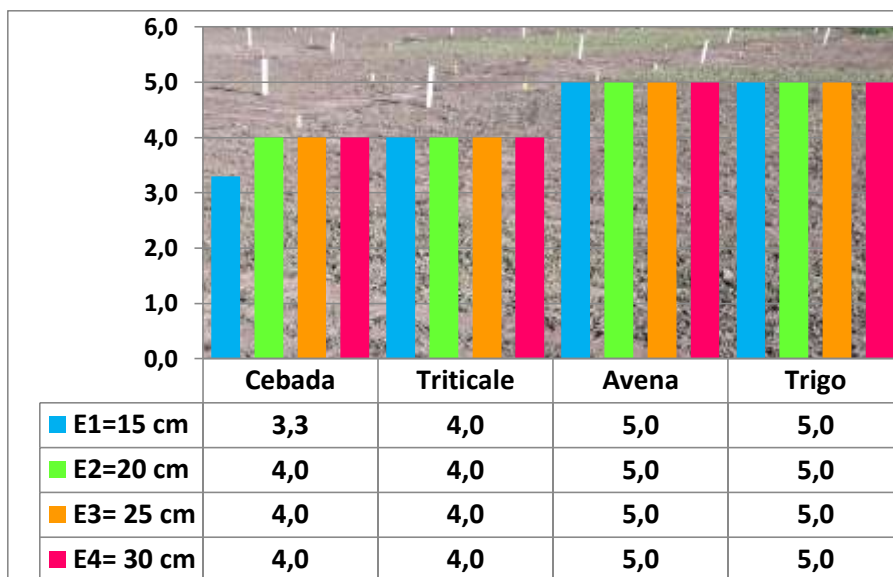
Se observa que la emergencia de las plántulas para los distintos espaciamientos entre surco en las cuatro especies evaluadas, se presentó entre los 3 y 5 días después de la siembra.

El análisis de varianza para esta característica, indica que existen diferencias estadísticas muy altamente significativas entre especies, no así entre espaciamientos ni en la interacción.

Según la prueba de comparación de valores promedio de Duncan al 0,05 de probabilidad del error, el trigo y la avena presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias altamente

significativas con triticale y cebada, mismas que entre si también presentan diferencias altamente significativas.

Figura 1. Número de días a emergencia



Fuente: Elaboración propia (2019)

Se observa, que el espaciamiento entre hileras no influyo en los días a emergencia en las especies evaluadas. Sullca (2016), Indica que en diferentes líneas de trigo evaluadas las plántulas emergieron entre los 7 y 9 días después de la siembra.

Cuadro 1. Comparación de medias para días a emergencia

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Cebada	3,3	4,0	4,0	4,0	3.8	a
Triticale	4,0	4,0	4,0	4,0	4.0	b
Avena	5,0	5,0	5,0	5,0	5.0	c
Trigo	5,0	5,0	5,0	5,0	5.0	c
Media	4,3	4,5	4,5	4,5		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Delgadillo (2017), observó que las plántulas de avena emergieron a los 5 días después de la siembra.

Condori (2017), encontró que la emergencia de las plántulas en cebada se presentó en un rango de 11 a 13 días después de la siembra

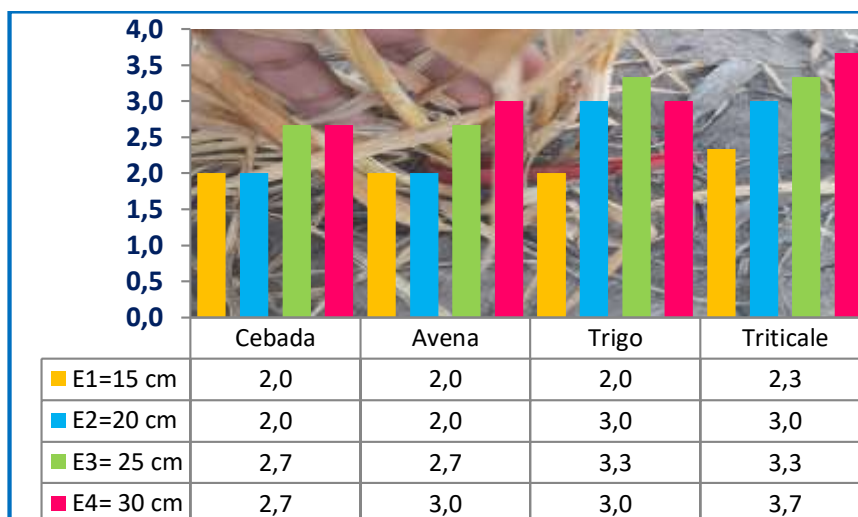
Chambi (2005), en un trabajo de investigación realizado en la Provincia Omasuyos La Paz – Bolivia, encontró que las plántulas del triticale de la variedad Renacer emergieron a los 22,8 días después de la siembra.

Conde 2003, citado por Chambi (2005), señala que las diferencias en el número de días a la emergencia en cereales esta mayormente influenciado por las condiciones de humedad del suelo y no tanto por las características genéticas.

Número de macollos por planta

En las cuatro especies evaluadas sembradas a espaciamientos de 15; 20; 25 y 30 cm entre surcos, se observaron entre 2,0 a 3,7 macollos por planta.

Figura 2. Número de macollos por planta



Fuente: Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza practicado para esta variable, existe diferencia estadística significativa entre especies, diferencia estadística muy altamente significativa para los espaciamientos, y no así en la interacción.

De acuerdo a la prueba de comparación de valores promedio de Duncan al 0,05 de probabilidad del error, el triticale y trigo que tienen el mayor número de macollos por planta, presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias altamente significativas con cebada y avena, mismas que entre si presentan diferencias no significativas.

Cuadro 2. Comparación de medias para número de macollos por planta.

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Cebada	2,0	2,0	2,7	2,7	2,3	a
Avena	2,0	2,0	2,7	3,0	2,4	a
Trigo	2,0	3,0	3,3	3,0	2,8	b
Triticale	2,3	3,0	3,3	3,7	3,1	b
Media	2,1 a	2,5 b	3,0 c	3,1 d		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Se observa que los 4 espaciamientos entre hileras evaluados, presentan diferencias altamente significativas entre sí.

Delgadillo (2017), en un trabajo de investigación realizado en Algarrobal - Yacuiba, observó que la avena presentó de 7 a 8 macollos por planta.

Condori (2017), evaluando el efecto de seis espaciamientos de siembra entre surcos sobre el rendimiento de biomasa seca en cebada, encontró valores entre 5 a 6 macollos por planta.

Sullca (2016), en un trabajo de investigación realizado en Algarrobal – Yacuiba, indica que el cultivo de trigo; variedad motacú presentó 4 macollos por planta sembrando a 20 cm entre surcos.

Benavidez (2005), indica que en un trabajo realizado en el altiplano central La Paz – Bolivia, el triticale presentó un valor de 3,4 macollos por planta.

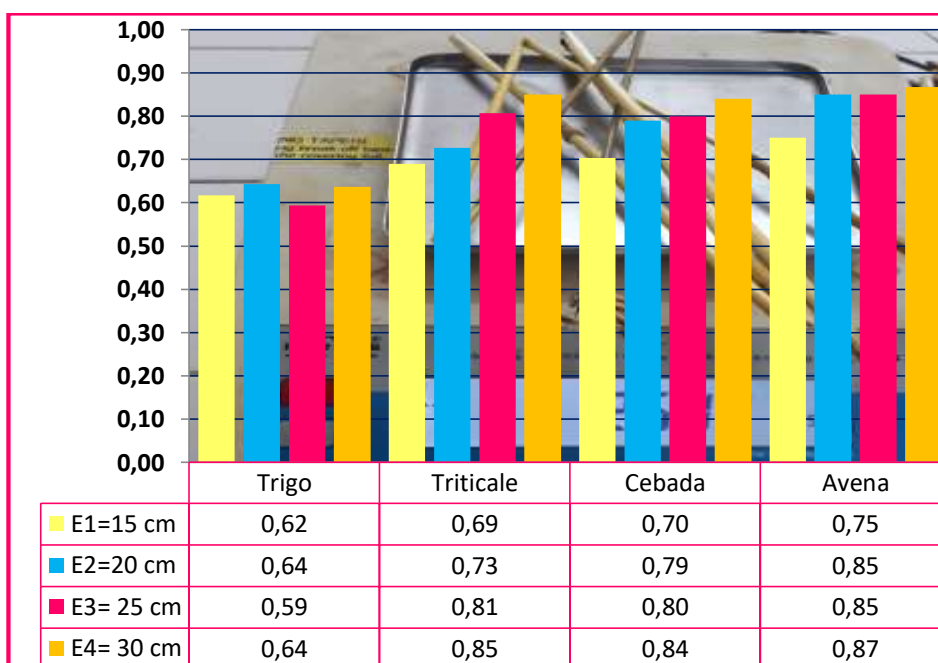
Relación hoja/tallo

En todos los tratamientos evaluados, la relación hoja/tallo se presentó en un rango de 0,59 a 0,87. Según el análisis de varianza para esta variable (anexo 10), existen diferencias estadísticas altamente significativas entre especies y espaciamientos, no así en la interacción.

La prueba de Duncan para la relación hoja/tallo indica que la avena presenta diferencias altamente significativas con la cebada, triticale y trigo mismas que entre si presentan diferencias no significativas.

Se observa que el espaciamiento entre hileras de 15 cm, presenta diferencias altamente significativas con los espaciamientos de 20, 25 y 30 cm mismos que presentan diferencias no significativas entre sí.

Figura 3. Relación hoja/tallo



Fuente: Elaboración propia (2019)

Cuadro 3. Comparación de medias para la relación hoja/tallo

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Trigo	0,62	0,64	0,59	0,64	0,62	a
Triticale	0,69	0,73	0,81	0,85	0,77	a
Cebada	0,70	0,79	0,80	0,84	0,78	a
Avena	0,75	0,85	0,85	0,87	0,83	b
Media	0,69 b	0,75 a	0,76 a	0,80 a		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Según Alatraste (2012), la relación hoja/tallo en cereales de invierno está en un rango de 0,64 a 0,78. En Xalapa, Veracruz se han realizado pruebas de genotipos en cereales de grano pequeño

observándose una relación hoja/tallo entre 0,36 a 1,22 (Cruz, 2009). Chambi (2005), determino que la relación hoja/tallo en avena, cebada y triticale está en un rango de 0,20 a 0,54 de relación hoja tallo.

Altura de planta

En todos los tratamientos evaluados la altura de planta se presentó entre los 45,1 a 91,3 cm.

Figura 4. Altura de planta



Fuente: Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza realizado para esta variable, existe diferencia estadística altamente significativa entre especies, y no así entre los espaciamientos ni la interacción.

Cuadro 4. Comparación de medias para altura de planta

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Avena	46,5	46,2	48,1	45,1	46,5	a
Cebada	66,6	68,0	69,8	68,9	68,3	b
Trigo	70,7	73,5	73,9	73,3	72,8	b
Triticale	83,9	91,3	87,8	89,0	88,0	c
Media	66,9	69,7	69,9	69,1		

Fuente: Elaboración propia (2019)

La prueba de Duncan para altura de planta indica que cebada y trigo presenta diferencias no significativas entre sí, pero diferencias altamente significativas con avena y triticale que entre si igualmente presentan diferencias altamente significativas entre sí.

Según Núñez et al (2010), en un trabajo sobre cereales de grano pequeño encontraron alturas de planta en un rango de 115,9 a 136,96 cm con el trigo, cebada, triticale y avena en el espaciamiento de 20 cm entre surcos.

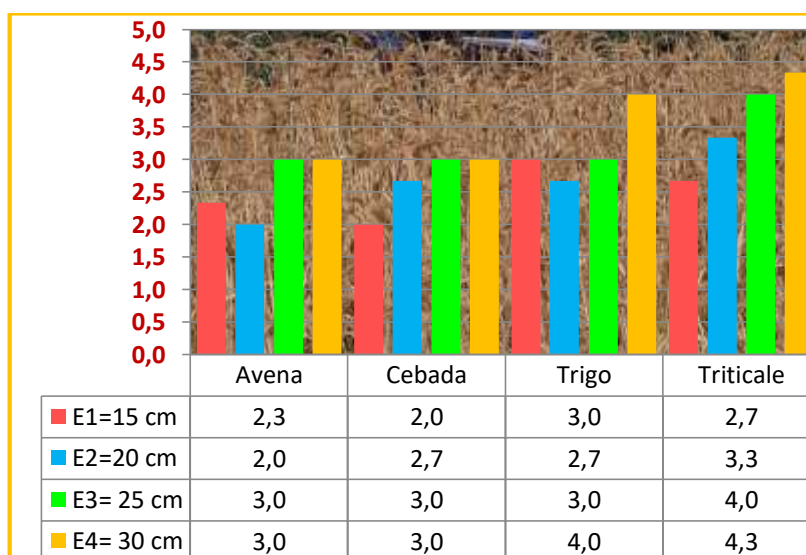
Guzmán (2008), indica que los cereales forrajeros (triticale, avena, trigo y cebada) presentan alturas comprendidas en un rango de 79 a 96,67 cm sembrando a un espaciamiento entre surcos de 20 cm.

Chambi (2005), trabajando con avena, cebada y triticale sembrando a 20 cm entre hileras, encontró alturas de planta entre 92,7 y 64,2 cm.

Número de espigas por planta

En las cuatro especies evaluadas se observaron entre 2,0 a 4,3 espigas por planta.

Figura 5. Número de espigas por planta



Fuente: Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza practicado para esta variable, existe diferencias estadísticas altamente significativas entre especies, diferencia estadística muy altamente significativa para los espaciamientos, y no en la interacción.

La prueba de Duncan para número de espigas por planta, indica que el triticale y trigo presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias significativas con cebada y avena mismas que presentan diferencias no significativas entre sí.

Para el espaciamiento entre hileras se presentan diferencias altamente significativas entre todos los casos.

Cuadro 5. Comparación de medias para número de espigas por planta

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Avena	2,3	2,0	3,0	3,0	2,6	a
Cebada	2,0	2,7	3,0	3,0	2,7	a
Trigo	3,0	2,7	3,0	4,0	3,6	b
Triticale	2,7	3,3	4,0	4,3	3,6	b
Media	2,5 b	2,9 d	3,4 a	3,6 c		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Silva (2015), indica que en promedio las gramíneas presentan un máximo de 5 y un mínimo de 3 espigas por planta en condiciones del altiplano central.

Guerrero 1999, citado por Lara (2012), señala que el número de espigas por planta en los cereales de invierno depende de la especie o variedad y el medio en que se desarrollan, varían en un rango de 2 a 5.

Longitud de espiga

En todos los tratamientos evaluados la longitud de espiga se presentó en un rango de 7,5 a 15 cm.

Figura 6. Longitud de espiga



Fuente: Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza realizado para esta variable, existe diferencia estadística muy altamente significativa entre especies, y no así entre los espaciamientos ni la interacción.

Cuadro 6. Comparación de medias para longitud de espiga

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Cebada	7,5	7,5	7,5	8,4	7,7	a
Trigo	7,6	8,3	8,6	8,8	8,3	a
Triticale	10,5	10,2	11,4	11,9	11,0	b
Avena	15,0	14,2	14,8	14,9	14,7	c
Media	10,2	10,1	10,6	11,0		

Fuente: Elaboración propia (2019)

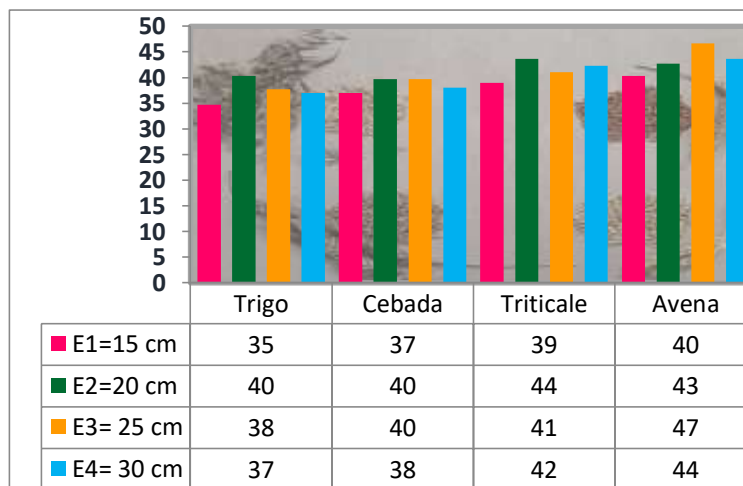
Según la prueba de comparación de valores promedio de Duncan al 0,05 de probabilidad del error, la avena y triticale, presentan diferencias muy altamente significativas entre sí, diferencias significativas con trigo y cebada, mismas que entre si presentan diferencias no significativas

Juárez (2011), trabajando con trigo a tres densidades de siembra encontró valores en un rango de 7,9 a 8,9 cm de longitud de espiga, también, según Gómez C. (2011), en un trabajo sobre líneas de triticale, observó que la longitud de espiga se presentó en un rango de 9,6 a 14,3 cm.; Venegas (2016), en cinco variedades de avena encontró longitudes de espiga entre 27,8 a 35,8 cm y Salvatierra (2008), menciona que las variedades de cebada sembrados a 30 cm entre surcos presentan longitudes de espiga en un rango de 7,54 a 9,22 cm.

Número de granos por espiga

En todos los tratamientos evaluados el número de granos por espiga se presentó en un rango de 35 a 47.

Figura 7. Número de granos por espiga



Fuente: Elaboración propia (2019)

El análisis de varianza practicado a esta variable, indica que existen diferencias estadísticas muy altamente significativas entre especies y espaciamientos, no así en la interacción.

Cuadro 7. Comparación de medias para número de granos por espiga

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Trigo	35	40	38	37	37	a
Cebada	37	40	40	38	39	a
Triticale	39	44	41	42	42	a
Avena	40	43	47	44	43	b
Media	38 b	41 a	42 a	40 a		

Fuente: Elaboración propia (2019)

La prueba de comparación de Duncan para número de granos por espiga indica que la avena presenta diferencias altamente significativas con las especies triticale, cebada y trigo mismas que presentan diferencias no significativas entre sí.

Se observa que el espaciamiento entre hileras de 15 cm, presenta diferencias altamente significativas con los espaciamientos de 20, 25 y 30 cm mismos que presentan diferencias no significativas entre sí.

Venegas (2016), indica que las variedades de avena forrajera presentan promedios entre 78,2 a 81,3 granos por espiga.

Gómez (2011), en un trabajo con líneas de triticale encontró un promedio de 66 granos por espiga.

Gutiérrez (2015), trabajando con cultivares de trigo duro en condiciones semiáridas, que el número de granos por espiga está en un rango de 21 a 70.

Ramírez - Novoa et al (2014), mencionan que la cebada maltera para semilla, alcanza de 44 a 51 granos por espiga.

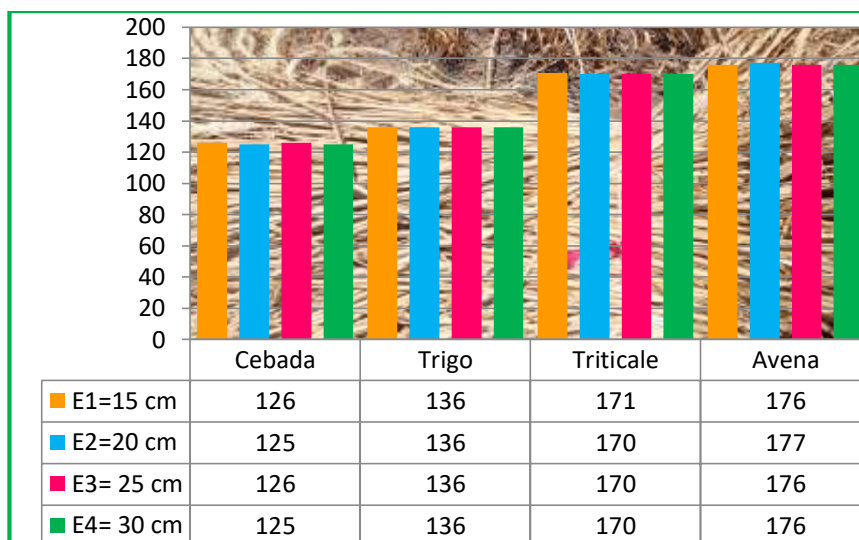
Días a cosecha

En todos los tratamientos evaluados, la cosecha se realizó en un rango de 125 a 177 días después de la siembra.

Según el análisis de varianza correspondiente a esta variable, existe diferencia estadística muy altamente significativa entre especies, no así entre espaciamientos ni en la interacción

La prueba de Duncan para días a cosecha indica que las cuatro especies evaluadas presentan diferencias muy altamente significativas entre sí.

Figura 8. Días a cosecha



Fuente: Elaboración propia (2019)

Cuadro 8. Comparación de medias para días a cosecha

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Cebada	126	125	126	125	126	a
Trigo	136	136	136	136	136	b
Triticale	171	170	170	170	170	c
Avena	176	177	176	176	176	d
Media	152	152	152	152		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Según Benavidez (2005), en las especies gramíneas el ciclo del cultivo fluctúa entre 90 a 180 días a la cosecha, dependiendo del propósito al cual será destinada la producción.

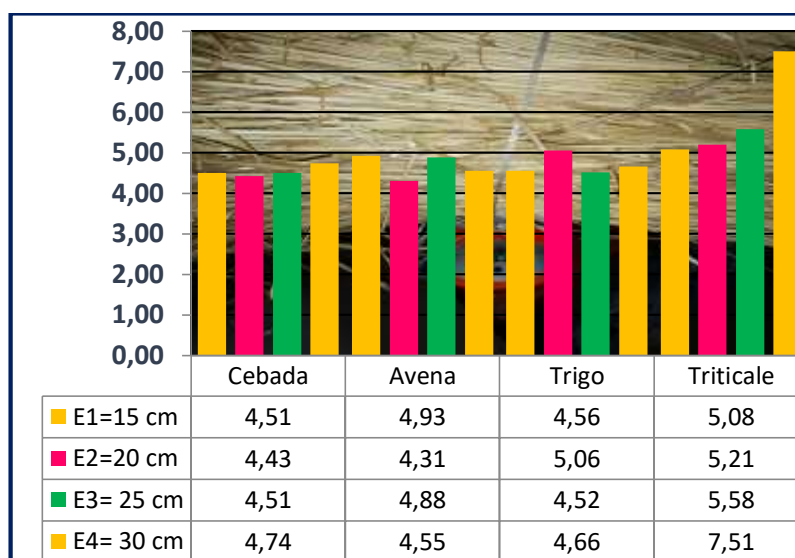
En los cereales invernales de crecimiento medio, la cosecha se realiza entre 120 a 210 días (avena, cebada, etc.), pero no se puede afirmar que sus exigencias sean similares porque el desarrollo del sistema radicular y las posibilidades de producción no son comparables <https://freal.webs.ull.es/BTema19.pdf> (consultado 22/03/2019).

Rendimiento de biomasa seca

Los rendimientos de biomasa seca para los distintos tratamientos evaluados están en el rango de 4,31 a 7,51 t/ha.

El análisis de varianza realizado para esta variable, indica que existe diferencia estadística altamente significativa entre interacciones, diferencias estadísticas significativas entre especies y espaciamientos.

Figura 9. Rendimiento de biomasa seca en t/ha.



Fuente: Elaboración propia (2019)

Cuadro 9. Comparación de promedios para rendimiento de biomasa seca

FACTOR A	FACTOR B				Media
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm	
Cebada	4,51 a	4,43 a	4,51 a	4,74 a	4,54
Avena	4,93 a	4,31 a	4,88 a	4,55 a	4,67
Trigo	4,56 a	5,06 a	4,52 a	4,66 a	4,70
Triticale	5,08 a	5,21 a	5,58 a	7,51 b	5,84
Media	4,76	4,75	4,87	5,36	

Fuente: Elaboración propia (2019)

Los tratamientos (interacciones) C₄E₄ que tiene el rendimiento más alto de biomasa seca, con 7,51 t/ha, presenta diferencia altamente significativa con todos los demás tratamientos que presentan diferencias no significativas entre sí, siendo los rendimientos menores al mencionado.

La diferencia estadística altamente significativa en la interacción, muestra que los factores A y B no son independientes, es decir que los espaciamientos entre surcos influyen en el rendimiento de biomasa seca de cada especie evaluada.

Delgadillo (2017), indica que sembrando avena variedad Gaviota a 15 cm entre surco se llega a obtener 10,06 t/ha de biomasa seca.

Según Condori (2017), la cebada en sus distintas variedades presenta rendimientos comprendidos en un rango de 6,92 a 8 t/ha de biomasa seca, para espaciamientos de 15 a 25 cm entre surcos.

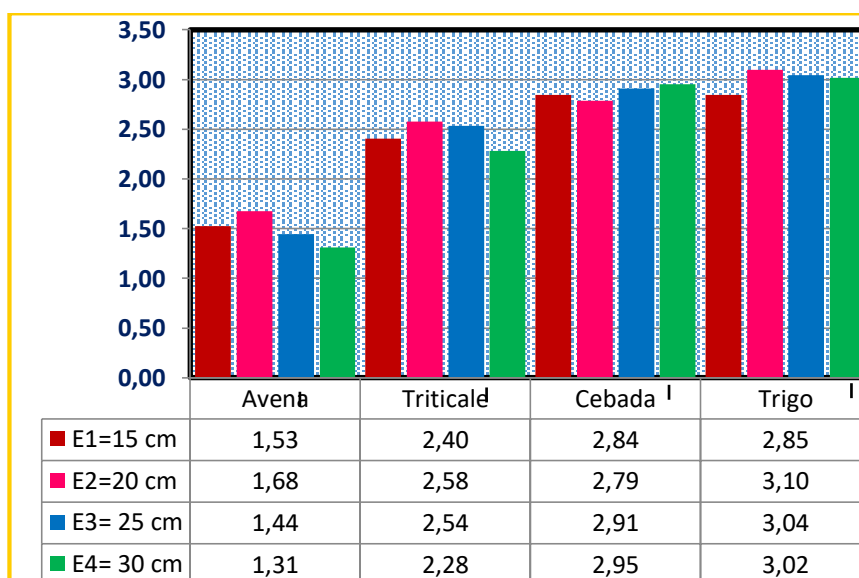
Amigone et al, (2012), en un ensayo de producción de forraje y grano en cultivares de triticale encontró un rendimiento en promedio de 6,61 t/ha de biomasa seca sembrando a 20 cm entre hileras.

Quiroz (2010), evaluando el rendimiento y producción de biomasa seca en trigo, cebada y triticale bajo riego y secado, encontró un promedio de 5,57 t/ha de biomasa seca sembrando a un espaciamiento de 20 cm entre surcos.

Rendimiento de grano en t/ha

Los rendimientos de grano para todos los tratamientos evaluados, están entre 1,31 a 3,10 t/ha.

Figura 10. Rendimiento de grano en t/ha.



Fuente: Elaboración propia (2019)

El análisis de varianza realizado para esta variable, indica que existe diferencia estadística muy altamente significativa entre especies, no así entre espaciamientos entre hileras ni en la interacción.

Cuadro 10. Comparación de medias para rendimiento de grano

FACTOR A	FACTOR B				Media	Duncan
	E1=15 cm	E2=20 cm	E3=25 cm	E4=30 cm		
Avena	1,53	1,68	1,44	1,31	1,49	a
Triticale	2,40	2,58	2,54	2,28	2,45	b
Cebada	2,84	2,79	2,91	2,95	2,87	c
Trigo	2,85	3,10	3,04	3,02	3,00	c
Media	2,41	2,53	2,48	2,40		

Fuente: Elaboración propia (2019)

La prueba de comparación de Duncan para rendimiento de grano, indica que el trigo y cebada presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias muy altamente significativas con triticale y avenas mismas que igualmente presentan diferencias altamente significativas entre sí.

Según Delgadillo (2017), el rendimiento de grano en avena de la variedad Gaviota se encuentra en un rango de 1,70 a 2,26 t/ha sembrado a una distancia de 20 cm entre surcos.

Gómez (2014), evaluando el efecto del espaciamiento entre surcos sobre el rendimiento en dos cultivares de trigo (LYN y BIO), encontró el mayor rendimiento (5,22 t/ha) con la variedad LYN sembrada a 20 cm entre surcos.

Donaire et al (2011), en un ensayo comparativo de producción de 11 variedades de triticale en el INTA - Córdoba, encontró rendimientos comprendidos en un rango de 1,15 a 2,6 t/ha de grano.

Según Montenegro (2015), el rendimiento de grano en cebada se encuentra en un rango de 1,04 a 2,56 t/ha, en un ensayo de selección de unas líneas promisorias en la Sierra Sur Ecuatoriana.

CONCLUSIONES

Análisis económico para rendimiento en grano

La relación beneficio/costo más alto se obtuvo con el trigo en los espaciamientos 30 y 25 cm entre surco con 3,35 y 3,24; la avena con relación B/C de 0,74 y triticale con 0,85 en el espaciamiento de 15 cm, tienen los valores más bajos.

De acuerdo al análisis de B/C el trigo en los espaciamientos de 30 y 25 cm entre surcos obtuvo el valor más alto (3,35 y 3,24), es decir que por cada boliviano invertido se obtiene una ganancia de Bs. 2,35 y 2,24 adicionales.

Cuadro 11. Análisis de la relación beneficio/costo

Especies	Espaciamiento (cm)	Rend. grano/ha	Peso en qq/ha	N° qq/ha	Precio por qq	Ingreso bruto	Costo de prod.	Ingreso neto	Relación B/C
Avena	15	1530	46	33	51	1696	2291	-595	0,74
	20	1680	46	37	51	1863	1991	-128	0,94
	25	1440	46	31	51	1597	1811	-214	0,88
	30	1310	46	28	51	1452	1691	-238	0,86
Triticale	15	2410	46	52	48	2515	2958	-443	0,85
	20	2580	46	56	48	2692	2491	202	1,08
	25	2540	46	55	48	2650	2211	440	1,20
	30	2280	46	50	48	2379	2023	356	1,18
Cebada	15	2840	46	62	61	3766	2158	1608	1,75
	20	2790	46	61	61	3700	1891	1809	1,96
	25	2910	46	63	61	3859	1731	2128	2,23
	30	2950	46	64	61	3912	1624	2288	2,41
Trigo	15	2850	46	62	70	4337	1651	2686	2,63
	20	3100	46	67	70	4717	1511	3207	3,12
	25	3040	46	66	70	4626	1427	3200	3,24
	30	3020	46	66	70	4596	1371	3225	3,35

Fuente: Elaboración propia (2019)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALATRISTE 2012. Comportamiento Productivo y Crecimiento de Cereales de Invierno con Fines Forrajeros en Zonas Semiáridas en San Luis Potosí – Mexico. Pag. 4, 5, 6 y 7.
- AMIGONE M. A. Y KLOSTER, A.M. 2003. Verdeos de invierno. Cap. II, pp 56-79. En: Invernada Bovina en Zonas Mixtas. Latimori, N. J. y Kloster, A.M. (eds). Agro 12 de Córdoba. INTA, CRC. Argentina. ISSN: 0329-0077.
- BENAVIDEZ 2005. Evaluación de tres gramíneas forrajeras a diferentes niveles de asociación con veza velluda (*vicia villosa roth*) en el altiplano central. La Paz – Bolivia.
- CHAMBI 2005. Comportamiento agronómico de variedades forrajeras introducidas de avena, cebada y triticale en la sub-cuenca media del río keka provincia omasuyos. La Paz – Bolivia
- CONDORI 2017. Efecto de seis espaciamientos de siembra entre surcos sobre el rendimiento de biomasa verde y seca en tres variedades de cebada forrajera en Algarrobal Municipio de Yacuiba.
- Cruz, C.S. (2009). Triticale, una alternativa real de producción forrajera de calidad en el ciclo otoño –invierno. <http://www.engormix.com/MAagricultura/pasturas/articulos/triticales-alternativa-real-produccion-t2280/089p0.htm>. [8/12/2012].
- DELGADILLO (2017), evaluando el efecto de seis espaciamientos entre surco sobre el rendimiento de tres variedades de avena forrajera en Algarrobal municipio de Yacuiba.
- GOMEZ (2014), Efecto del espaciamiento entre surcos sobre el rendimiento en dos cultivares (LYN y BIO) de trigo (*Triticum aestivum* L.). INTA EEA Marcos Juárez. gomez.dionisio@inta.gob.ar.
- GUTIÉRREZ, I. M.; MARZA, F.; BUTRÓN, R.; QUISPE, F.; GUTIERREZ, G. INIAF (Programa Nacional de Trigo, Instituto de Innovación Agropecuaria y 123 Forestal). 2015. Evaluación de quince cultivares de trigo duro en condiciones semiáridas. Trigo generando tecnología de producción. Año 3, número 6, vol. 1. pp. 37 - 42.
- GUZMAN 2008. Producción de biomasa, relación hoja-tallo y correlaciones en líneas de cebada forrajera imberbe (*hordeum vulgare* L.). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- JUÁREZ, J. R. 2011. Comportamiento agronómico de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo tres densidades de siembra en zona de cabecera de valle del departamento de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz – Bolivia. pp. 39 – 61
- LARA 2012. Producción de Materia Seca y Contribución de los Componentes (Tallos, Hojas y Espigas) en Trigos Imberbes y otros Cereales de Invierno. Saltillo, Coahila, Mexico.

- MONTENEGRO 2015. Selección de una línea promisorio de cebada (*Hordeum vulgare*) BI – fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en área vulnerable de la sierra sur Ecuatoriana.
- NÚÑEZ, H. G., PAYÁN G. J., PEÑA, R.A., GONZÁLEZ, C. F., RUIZ, B.O., ARZOLA A.C. (2010). Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1 (2). 123 p.
- QUIROZ (2010), Rendimiento y producción de biomasa de trigo, cebada y triticale bajo riego y secado durante el llenado de grano en el sur de Chile. Valdivia – Chile.
- RAMÍREZ-NOVOA (2014). Manejo Agronómico de Cebada Maltera. Rendimiento de Semilla y Componentes. Cuadro 3. Pag. 27.
- SULLCA (2016), Evaluación del Comportamiento Agronómico de trece líneas avanzadas de trigo (*triticum aestivum*) en Algarrobal – municipio de Yacuiba. Pag. 55.
- VENEGAS (2016), Evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en el centro experimental de Cota Cota La Paz – Bolivia. Pag. 59, 69 y 72.
- <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/02401.pdf>
- <[http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/573A3BBA6EF828E903256960006DCFC7](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/573A3BBA6EF828E903256960006DCFC7)>. [Consultado: 10 de abril del 2019]

4

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 100 ACCESIONES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) NATIVO DEL CHACO BOLIVIANO

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **Herbas Meneses José Gonzalo**

¹ Ingeniería Agronómica
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

gonzalo.herbas1971@gmail.com

(+591) 71865077

RESUMEN

La producción de maíz nativo en el Chaco Boliviano es la actividad más importante de las familias de agricultores campesinos e indígenas por su aporte nutricional y riqueza en variabilidad genética. La investigación comprendió la caracterización morfológica de 100 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de la región del Chaco Boliviano. Los descriptores utilizados fueron del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIMMYT-IBPGR) a través de los cuales se caracterizó de manera morfológica mediante la observación, análisis y características con mayor poder discriminante, aplicando 28 descriptores cuantitativos y 11 cualitativos, ambos evaluados en planta, mazorca y grano. De acuerdo al análisis de correspondencia de factores y correlación, se pudo determinar, que las variables cuantitativas de mayor poder discriminante fueron las relacionadas a mazorca y grano. Las variables cualitativas de mayor poder discriminante fueron: forma de mazorca cónica cilíndrica, disposición de hileras regular, tipo de grano semi dentado, forma y superficie de grano dentado, color de grano amarillo y textura de grano harinoso. El dendograma obtenido reporta que el grupo I aglutina 12 accesiones con características de plantas más bajas, con un promedio de 188 cm y las más precoces de todo el estudio, con 57 y 61 días a floración femenina. En el grupo III se encuentran las accesiones 48 y 50 que forman la asociación más importante de todo el análisis, debido a la cercanía detectada en función a la distancia euclidiana.

Palabras Claves: Recalcitrante, ortodoxa, euclidiana, dendograma, ex situ, in situ.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que ha motivado esta investigación, es la falta de información respecto a la caracterización de variedades de maíz nativo para encarar programas de mejoramiento genético en base a las características fenotípicas y genotípicas importantes que tienen estas variedades, ante factores adversos provocados por el cambio climático. La producción de maíz en la región del Chaco Boliviano es una de las actividades más importantes de las familias de pequeños agricultores campesinos e indígenas guaraníes desde el punto de vista de su seguridad alimentaria y variabilidad genética.

Por su importancia, los tipos de maíz nativo que mayormente se producen en la región son: blando harinoso, perla y maíz duro, de colores variados con predominancia de amarillos, blancos, negros y morados considerados como variedades nativas cuya pureza genética se está deteriorando debido al alto grado de contaminación que estas adquieren por influencia de polen de variedades mejoradas e híbridos (Ávila, G. 1998).

Claire, T. (2006). Indica que la producción de maíz nativo en estas zonas está destinada, en su mayoría al consumo humano en diferentes formas, como choclo, mote, tostado, pito, chicha, sopas, masitas, witimimo y tortillas; por tanto, articulada a sus formas de vida ya que es la base de alimentación y para sus fiestas de convite, en un relacionamiento inter comunal y familiar. Los maíces nativos se siembran asociados a otros cultivos como las cumandas, (*vigna sinensis*), jocos y zapallos (*cucúrbita sp.*) que son parte del sistema de producción y garantizan la seguridad alimentaria, además las variedades nativas constituyen una fuerte base genética para producir variedades mejoradas.

La tendencia que sigue la agricultura en el Chaco Boliviano, es la del monocultivo, sobre todo aquella enfocada a la producción para el mercado como maíz grano, actividad que los medianos agricultores campesinos realizan con la utilización de variedades mejoradas e híbridos de maíz, mientras que en el caso de los agricultores indígenas esta situación no se da, más bien cada año se ve agravada su situación de vulnerabilidad alimentaria.

Los sistemas productivos tradicionales que involucran el manejo de la biodiversidad expresada en especies, variedades y semillas nativas, no están siendo debidamente valorados. En lo social, esta situación involucra la marginalidad de un importante sector de la población rural y la pérdida de un conglomerado cultural ligado al manejo de variedades nativas con fines de alimentación humana, en este caso, el maíz como el cultivo más importante en la región del Chaco Boliviano.

La importancia de la conservación, mantenimiento y recuperación de las variedades nativas de maíz se resume en que éstas garantizan a las familias campesinas e indígenas su alimento, debido a que las semillas se pueden almacenar por largos periodos de tiempo, aspecto que no se puede hacer con las semillas de maíz híbrido que son más susceptibles al ataque de plagas de poscosecha. Los maíces nativos están adaptados a nuestro ambiente y toleran factores adversos del cambio climático, muchos de ellos son precoces, y se adaptan a suelos pobres, los alimentos tradicionales y sus recetas son producto del conocimiento que se tiene de los maíces nativos, estos están relacionados con el saber ancestral y la cultura. Si bien, en Bolivia se han emprendido importantes esfuerzos para la conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos nativos en el cultivo del maíz, es evidente que aún han sido insuficientes y es necesario retomar estos trabajos.

De acuerdo a lo planteado, es necesario generar programas que permitan la conservación *ex situ* e *in situ*, de manera paralela, programas de mejoramiento genético que permitan generar nuevas variedades con características resilientes a los efectos adversos del cambio climático (Claure, T. 2006).

El objetivo general de la investigación fue desarrollar la caracterización morfológica de 100 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de la región del Chaco Boliviano y los objetivos específicos fueron:

- Determinar el nivel de diversidad morfológica presente en las 100 accesiones de maíz nativo.
- Identificar las variables cuantitativas y cualitativas con mayor capacidad discriminante.
- Establecer semejanzas entre las accesiones de maíz nativo a través del análisis de agrupamiento o clúster.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Experimental de la Carrera de Ingeniería Agronómica, dependiente de la Facultad de Ciencias Integradas del Gran Chaco de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, ubicado en la comunidad de Algarrobal, municipio de Yacuiba; primera sección de la Región Autónoma del Gran Chaco del departamento de Tarija, a 22 Km carretera Yacuiba – Santa Cruz. Geográficamente está situado a 21° 50'53" de latitud sur y 63° 36' 28" de longitud oeste, a una altura de 606 m.s.n.m.

• Procedimiento experimental

De acuerdo a las características del trabajo de investigación, el procedimiento experimental aplicado, corresponde a la clasificación de estadística descriptiva multivariada de clasificación o agrupamiento. Las herramientas de análisis utilizadas fueron: Estadísticos simples, métodos de análisis multivariado, como el análisis de correspondencia de factores y análisis de agrupamiento Clúster.

Se utilizaron 100 accesiones de maíz nativo provenientes de la unidad de conservación de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal Chaco.

Se utilizaron descriptores de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, (IBPGR), caracterizadores cuantitativos y cualitativos que se evaluaron en tres etapas: En planta, en mazorca y en grano (IBPGR, 1991).

Los tratamientos fueron conformados por las accesiones de maíz nativo, los mismos se distribuyeron en parcelas experimentales de 3 surcos, cada uno de 5 metros de largo con

una distancia entre surcos de 70 cm y 25 cm planta a planta, donde al menos el 30% de las plantas fueron caracterizadas y auto polinizadas con la finalidad de evitar contaminación con polen de otras accesiones, a la vez incrementar semilla, para el efecto, cada una de las entradas fueron identificadas con etiquetas plásticas de color.

Las principales actividades que se ejecutaron para el desarrollo de la investigación, se detallan a continuación:

- **Preparación del material genético**

Como actividad preliminar a los trabajos de campo, se realizó la preparación de cada una de las accesiones de maíz nativo, el trabajo consistió en retirar semillas de cada accesión de los correspondientes frascos y luego retirar una cantidad de 120 semillas por cada accesión y colocar en sobres de papel, luego de realizar el tratamiento con un cura semilla con su respectiva identificación.

Figura 1. Preparación de accesiones para la implementación de los ensayos experimentales



Fuente: Fotografía propia.

- **Identificación de parcelas y plantas a evaluar**

Con la finalidad de tener un esquema de investigación ordenado para cada una de las entradas y de acuerdo a normas básicas se procedió con la identificación de cada una de las entradas con una cinta de identificación plástica de color rojo, las mismas que tenían una identificación BOCHAZM, dicho código significa Bolivia correspondiente a las dos primeras letras (BO), seguido del lugar (CHA) y a continuación las iniciales del nombre científico de la especie Zea mays (ZM) y la numeración desde la accesión 1 a la 100. Por otro lado, con la finalidad de realizar las evaluaciones correspondientes a la caracterización se identificaron dentro de cada entrada 15 plantas para la correspondiente evaluación.

Figura 2. Identificación de parcelas y plantas a evaluar.



Fuente: Fotografía propia.

- **Auto polinizaciones**

Al manejar 100 accesiones diferentes de maíz nativo, y considerando que el maíz es una especie alógama o de polinización cruzada, el riesgo de contaminación con polen entre accesiones era alto, si no se toma alguna medida para controlarlo, por esta razón y para controlar dicho riesgo, se aplicó la técnica de auto polinización, aislando previamente tanto el órgano masculino como femenino de la planta de maíz, para posteriormente realizar las correspondientes autopolinizaciones.

Figura 3. Autopolinización



Fuente: Fotografía propia.

- **Cosecha y evaluación**

A la madurez fisiológica, se procedió con la cosecha de todo el ensayo, en primer lugar, las mazorcas autopolinizadas de cada una de las accesiones, manteniendo cada mazorca en el sobre correspondiente, luego las mazorcas que no fueron autopolinizadas.

Figura 4. Cosecha y evaluación.



Fuente: Fotografía propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados alcanzados a través del análisis de correspondencia de factores y correlación, nos indica que, las variables cuantitativas de mayor poder discriminante entre las accesiones evaluadas son las relacionadas a mazorca y grano, altura de planta, precocidad, longitud de espiga, longitud de hojas y número de hojas. Para las variables cualitativas en función al análisis estadístico realizado a través de la prueba de Chi Cuadrado (X^2), se pudo determinar que las variables de mayor poder discriminante entre las accesiones evaluadas son: forma de mazorca cónica cilíndrica en un 69%, disposición de hileras regular, también en un 69% tipo de grano semi dentado en un 30%, forma y superficie de grano dentado 62%, color de grano amarillo 22%, textura de grano harinoso 34%, orientación de las hojas colgantes en su mayoría y tipo de espiga primaria secundaria; las mismas reportaron valores altamente significativos, mientras que las variables color de tallo, acame de raíz y acame de tallo no presentaron significancia. Resultados similares fueron reportados como importantes en otro estudio de diversidad en maíz por Diego (2012), donde se reconocen como relevantes para valorar la diversidad presente entre poblaciones de esta especie a nivel de una región.

De acuerdo al dendograma determinado por el análisis de agrupamiento "clúster" y en función a la distancia euclidiana, se determinó que en el Grupo 3 se encuentra el par de las accesiones 48-50 (maíz cubano criollo y maíz criollo colombiano) presentando 2.25 unidades de distancia euclidiana, este par forma la asociación más importante de todo el análisis, seguido de los pares 73-81, 53-78, 84-95 y 67-100 cuyas unidades de distancia euclidiana se encuentran en un rango de 2.25 a 3.0 estas son las siguientes: 2.51, 2.53, 2.70 y 2.78 respectivamente, lo que demuestra que también todos estos pares de accesiones tienen una estrecha asociación y relación de dependencia por tener características en común.

Como se puede ver, el análisis de agrupamiento, pudo determinar a las accesiones de maíz 48 y 50, como las más emparentadas, por su cercanía en función a características morfológicas que determinan diferencias muy marcadas, respecto a las demás accesiones estudiadas.

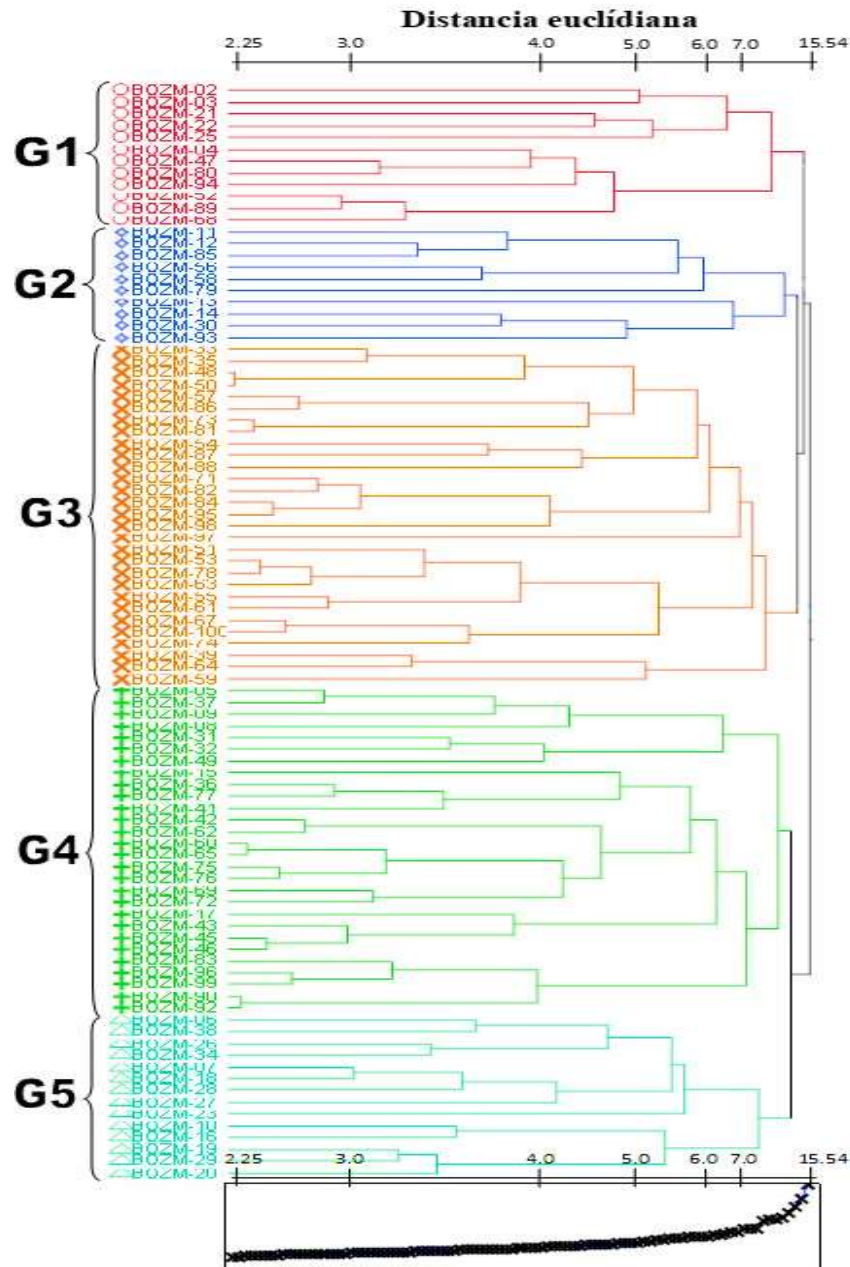
De acuerdo al diagrama de dispersión entre los 5 diferentes grupos formados a través del dendograma y comparando el comportamiento de los diferentes factores principales, en base a sus variables que la componen, se observa de manera general, que la asociación de los grupos 3 y 4 mostraron mucha más variabilidad y diferencias muy marcadas del grupo 1, básicamente debido a que cuenta con plantas de porte bajo y precoces, seguido de los grupos 2 y 5 que cuentan con plantas de porte mediano y alto, de ciclo tardío y medio tardío.

Este resultado, ha generado una información valiosa, que permitió conocer las accesiones con cualidades importantes al momento de seleccionar los materiales con caracteres deseables, como la precocidad y plantas de porte bajo que caracterizan a las accesiones del grupo 1, mismas que podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético de maíz, utilizando como base genética a las accesiones de dicho grupo.

Por otro lado, el Análisis de Componentes Principales (ACP), mostró que, con los cinco primeros componentes, explicó el 60% de la variación observada, análisis que permitió identificar las variables que explicaron de manera eficiente la variabilidad existente entre las poblaciones evaluadas y estas podrían emplearse para estimar variabilidad entre poblaciones de maíz. De igual forma, Tapia (2015), en un estudio similar, observó que las características morfológicas y del ciclo biológico de la planta fueron de mayor importancia para describir la variación entre accesiones de maíz nativo.

El análisis de distribución de las accesiones considerando los factores departamento y municipio, presentaron una distribución uniforme, no reportando patrones específicos, mientras que para el factor localidad presentaron valores extremos que permitió concluir que las accesiones colectadas contribuyeron de alguna manera a la formación de los cinco grupos tomando en cuenta la localidad y formados a través del dendograma siguiente:

Figura 5. Dendrograma de agrupamiento de accesiones en grupos homogéneos-método Ward.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente destacar que la variabilidad morfológica encontrada en este estudio se ve reflejada en que, el fenotipo de las diferentes accesiones, es producto de la diversidad genética expresada en multiplicidad de frecuencias alélicas presentes. Esta diversidad en áreas relativamente pequeñas y contiguas, hace que exista mayor segregación, expresión genética, adaptaciones específicas y alta variabilidad que es de utilidad como fuente importante de nuevos alelos para utilizar en programas de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

- El estudio de caracterización de accesiones de germoplasma de maíz nativo, ha puesto en evidencia la gran variabilidad genética existente para el conjunto de caracteres morfológicos estudiados.
- La aplicación del análisis de conglomerados por agrupamiento jerárquico de Cluster (método Ward), ha permitido clasificar las accesiones de maíz nativo en cinco grupos relativamente homogéneos.
- La formación de los 5 grupos es visible solo a partir de 9.0 unidades de distancia euclidiana, evidenciándose el clado final de cada cluster, donde nace el ancestro común para cada grupo según las accesiones que lo conforman.
- De acuerdo al análisis de estadística descriptiva, se obtuvieron valores de coeficiente de variación (CV) de 87,99% para la variable índice de macollamiento (IM) para caracterización en planta. La variable peso de mazorca (PMAZ) con un CV= 57,65 % para caracterización en mazorca. Un valor de CV= 32,92 % para grosor de grano (GRGRAN) para caracterización en grano. Todos estos valores significan que son las variables más discriminantes con mayor variabilidad entre todas las accesiones evaluadas.
- De acuerdo al análisis de correspondencia de factores y de correlaciones se pudo determinar las variables cuantitativas con mayor poder discriminante: características de mazorca y grano, altura de planta, precocidad, longitud de espiga, longitud de hojas y número de hojas.
- En función al análisis estadístico realizado a través de la prueba de Chi Cuadrado (χ^2) para las variables cualitativas, permitió determinar las variables de mayor poder discriminante: Forma de mazorca cónica cilíndrica, disposición de hileras regular, tipo de grano semi dentado, forma y superficie de grano dentado y color de grano amarillo.
- De acuerdo al análisis de similitud y en función a la distancia euclidiana, se observa, que en los Grupos 3 y 4 se encuentran las accesiones más emparentadas, el par de accesiones más importante fue el 48-50, seguido de los pares 90-92, 60-65, 73-81 y 53-78, lo que indica que estas, representan las asociaciones o similitud más importante de todas las accesiones.
- El diagrama de dispersión analizado, ha permitido la comparación de grupos de conglomerados, mostrando diferencias entre las accesiones por sus características evaluadas, sobre todo la precocidad, altura de planta y otros caracteres favorables evaluados, mismos que han permitido definir las variables que se podrían utilizar para un programa de mejoramiento genético y generar materiales promisorios resilientes a factores adversos provocados por el cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, G. et al, (1998). Catálogo de recursos genéticos de maíces bolivianos conservados en el banco de germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. Fundación Simón I. Patiño, Cochabamba, Bolivia.
- Clure, T. y Maita, R. (2006). El cultivo de maíz en la macro región del chaco boliviano. Informe Compendio 2005-2006. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp 59-63
- Franco, T. e Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico nº 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- IBPGR, (1991). Descriptors for Maize and Wheat Improvement Center, México City International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Tapia, C. (2015). Identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíz en la sierra del Ecuador. Tesis Dr. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 184 p.
- Diego, F. P., (2012). Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la región Mixteca Baja Oaxaqueña, México. Revista FCA Uncuyo. 171 p.

5

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS CON CALIDAD NUTRICIONAL PARA LAS PLANTAS EN LOS MUNICIPIOS CARAPARI Y ENTRE RÍOS DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **ING. JAIME EDUARDO RAMIREZ**

¹ Ingeniería Agronómica
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

jr665599@gmail.com

(+591) 74555470

RESUMEN

Los suelos dedicados a la producción agrícola, por lo general tienen escasa cantidad de elementos minerales útiles a las plantas, esto repercute en bajos rendimientos de los cultivos hasta el extremo de no llegar a cubrir ni los costos de producción, el uso de fertilizante químicos, además de su elevado costo, ocasionan problemas de contaminación de los suelos y el agua; la utilización de harina de roca como fertilizantes, libre de un proceso químico de alto costo, es una alternativa para resolver el problema de la reducción de la fertilidad de los suelos.

Por esta razón surgió la necesidad de llevar adelante esta investigación denominada "Composición mineralógica de los yacimientos rocosos con calidad nutricional para las plantas en los municipios Carapari y Entre Ríos del departamento de Tarija", siendo el total de muestras 10, las cuáles sólo fueron recolectados de la provincia O'Connor ya que la provincia Gran Chaco es un área protegida debido a la gran importancia del Cerro Aguara Güe.

Los objetivos propuestos fueron, identificar de manera preliminar los yacimientos de rocas con cualidad nutricional a través de su georreferenciación, realizar la valoración química de las muestras desde el punto de vista de su uso en agricultura y realizar una estimación de los costos de procesamiento de los minerales identificados.

Palabras Claves: Harina, roca, yacimiento, georreferenciación, nutricional, plantas.

INTRODUCCIÓN

La harina de roca es el nombre dado a las rocas molidas o trituradas para uso agrícola. Pueden estar formadas por una o más rocas, como ser: los serpentinitos, los micaxistos y los basaltos, son rocas de alta calidad para la elaboración de harinas de rocas, estas son ricas en más de 70 elementos necesarios para la fertilización y el mantenimiento del equilibrio nutricional de las plantas.

Algunas rocas aportan los siguientes elementos: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Mn, Cu, Co, Zn, P y S. La nutrición de la planta no solo depende de sus peculiaridades biológicas y del resultado de la fotosíntesis, sino también de la intensidad del crecimiento de su sistema radical, estructura, aireación, humedad y reacciones del suelo, contenido de sustancias nutricionales, formas y correlaciones entre los elementos minerales en el propio suelo, de la actividad de la microflora edáfica y de las segregaciones o exudados radiculares (GUTIERREZ, 2014).

En Bolivia, existe poca información geológica que permita conocer el potencial minero metálico del país; ante la demanda de los sectores productivos se requiere de investigaciones de detalle en este campo. No existe un programa de exploración y evaluación de yacimientos no metálicos a nivel nacional lo cual significa, que aun cuando se ha constatado la ocurrencia del recurso, su importancia económica real queda sin ser confirmada. Casos como éstos pueden citarse varios entre ellos las exploraciones de los salares, depósitos de calizas del altiplano (VALENZUELA, 2017).

Tarija no sólo es una región agropecuaria o gasífera, sino, además cuenta con un potencial en rocas industriales, información científica obtenida por estudios desarrollados por el Servicio Geológico Minero (SERGEOMIN) permiten la identificación de esa característica en el departamento (ROBERTO, 2018).

La productividad de la tierra y el suelo se encuentra en un proceso constante de degradación, especialmente en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El deterioro ambiental acelerado a nivel mundial por el uso indiscriminado de agroquímicos para suplir necesidades nutricionales de los cultivos, situación que está obligando a buscar nuevas formas o alternativas de producción,

Por esta razón, se ejecutó el presente trabajo titulado "Composición mineralógica de los yacimientos rocosos con calidad nutricional para las plantas en los municipios de Caraparí y Entre Ríos del departamento de Tarija" con el objetivo de determinar la composición química de los yacimientos mineralógicos de rocas con calidad nutricionales para las plantas en dos municipios del Departamento de Tarija para tal efecto se debe realizar un diagnóstico para caracterizar las áreas potenciales de yacimientos mineralógicos en el área de estudio, realizar el análisis de la composición mineralógico de las diez muestras de harina de roca e identificar los yacimientos de mejor composición mineralógica con valor nutricional para las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación es descriptivo; parte de muestreo de identificación de los yacimientos de roca. Estos yacimientos fueron identificados realizando un recorrido desde Yacuiba hasta Entre Ríos, sobre la base de aquellos que presentaron los más grandes volúmenes de roca con calidad nutricional para las plantas tomando en cuenta algunas características como el color de roca y corteza, dureza de cada muestra, y la accesibilidad para el transporte.

- **Volumen de los yacimientos**

Durante el recorrido se identificaron una gran variedad de yacimientos rocosos a ambos márgenes de la carretera muchos de ellos de gran volumen y otros con muestra de fragmento rocoso de coloraciones blanca, rojiza, plomos, amarillos y mezcla de colores y

otros. Sin embargo, se seleccionaron aquellos de mayor volumen y se geo referenciaron dichos yacimientos.

- **Recolección de muestras**

Se realizó la toma de muestra de 16 yacimientos rocosos, tomando en cuenta el color de la roca, estimado visualmente de las cuales sólo 10 muestras fueron seleccionadas, debido a su uniformidad en color, gran diámetro y fácil acceso y tomando en cuenta que no se encuentran situados dentro de áreas protegidas.

Las muestras (rocas) se recolectaron manualmente con ayuda de una camioneta de la facultad Ciencia Integrada del Gran Chaco y herramientas manuales como: pala, picota, espátulas, brochas, bolsas, sobres, cintas y grampas.

- **Molienda y preparación de cada una de las muestras**

Se realizó la molienda de cada muestra extraída de los yacimientos identificados con la ayuda de combos, martillos, espátulas, brochas, colador, para la obtención de harina de roca, se colocaron las muestras en bolsas plásticas y sobres manila para que no se contaminen, para luego ser enviadas al laboratorio Alex Stewart Ltd. de Argentina.

Envío de muestras al laboratorio Análisis de los componentes

Para la determinación de la composición química de las rocas seleccionadas se enviaron muestras al laboratorio de geoquímica "Alex Stewart International" de la ciudad de Mendoza república argentina enviados vía la misma empresa con base en la ciudad de Santa Cruz – Bolivia.

- **Análisis de los componentes**

Se realizó la comparación de los elementos esenciales para las plantas comparando entre macronutrientes y micronutrientes para una determinación de los mejores yacimientos geo referenciados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales de la zona

- **Precipitaciones**

En la gráfica 1, se observa que la precipitación histórica anual de enero a diciembre alcanza a 832 mm en la zona de Entre Ríos. Siendo el mes de febrero donde se presenta la mayor precipitación con 165 mm y la menor precipitación con 2 mm en el mes de agosto.

- **Temperaturas**

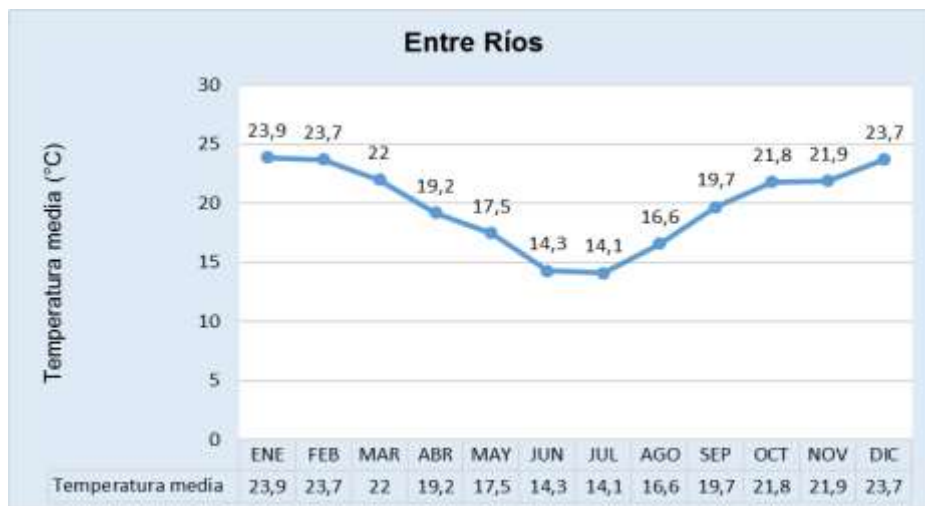
En la gráfica 2, se observa que Los meses de mayor temperatura son; enero, febrero y diciembre, con 23,7 °C, mientras que las temperaturas más bajas se presentan en los meses de julio y junio con 14,3 y 14,1 °C respetivamente.

Figura 1. Precipitación anual en mm de Entre Ríos



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Temperatura anual en mm de Entre Ríos



Fuente: Elaboración propia.

Elementos químicos presentes en las rocas en estudio

Se realizó una comparación de cada una de las muestras identificadas y se comparó los tipos de componentes químicos que contiene cada una de ellas y los que requieren ciertos cultivos para una recomendación en la dosis de aplicación posterior se determinara cuál de las 10 muestras contiene los 16 elementos esenciales para las plantas.

- **Disponibilidad de los macro nutrientes en la harina de roca**

En el cuadro 1, se observa la disponibilidad de los macronutrientes requeridos por las plantas disponibles en la harina de roca de los diez yacimientos en estudio (banco de roca

mineral) se considera a macronutrientes al siguiente nitrógeno, fosforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, boro.

Tabla 1. Disponibilidad de los macronutrientes en la harina de roca en cada uno de los yacimientos rocosos

Macronutrientes					
Elementos	P	K	Ca	S	Mg
Nº MUESTRA	%	%	%	%	%
Gareca	0,009	0,89	0,04	0,06	0,13
San Francisco	0,022	1,09	0,05	0,02	0,28
San Diego	0,0073	0,80	0,03	<0,01	0,12
San Simón Colorada	0,0074	0,85	0,28	<0,01	0,15
San Simón Blanca	0,0029	0,57	0,02	<0,01	0,08
Zapallar	0,0283	1,45	0,76	0,02	0,42
Berety	0,0164	1,14	0,93	0,01	0,75
Lagunita	<0.01	0,05	>10.00	>10,00	0,02
Palos Blancos 9	0,0218	0,82	0,16	0,09	0,55
Choere	0,0074	1,32	0,35	0,01	0,46

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de análisis del laboratorio Alex Stewart International, 2019

- **Disponibilidad de Fósforo en la harina de roca**

En cuanto a la disponibilidad de fosforo, la mayor cantidad se presenta en el yacimiento de Zapallar con 0,0283 %, seguido de los yacimientos 2 con 0,0220 % y como tercero Palos Blanco 9 con 0,0218 % de fosforo.

El menor contenido de fosforo se presenta en la comunidad de Lagunita con <0,01 %, mientras que, en las comunidades de San Diego, San Simón Colorada y Choere obteniendo un promedio de 0,0078 %.

- **Disponibilidad de Potasio en la harina de roca**

La mayor cantidad de potasio se presenta en el yacimiento de Zapallar con 1,45 %, seguido de los yacimientos de Choere, con 1,32 %, y la muestra de la comunidad de Berety con 1,14 % de Potasio (K); el menor porcentaje de potasio se presenta en el yacimiento de Lagunita

con 0,05 %; y los yacimientos de las comunidades de Gareca, San Diego Colorada y Palos Blancos 9 con 0,84 %.

- **Disponibilidad de Calcio en la harina de roca**

La mayor cantidad de calcio se presenta en Lagunita, con 10,00 %, seguido del yacimiento del municipio de Berety con 0,93 %, y la muestra de Zapallar con 0,76 %.

El menor porcentaje de Calcio se presenta en San Simón Blanca, con 0,02 % los yacimientos de las Comunidades de Gareca, San Francisco San Diego con un promedio de 0,04 %.

- **Disponibilidad de Magnesio en la harina de roca**

La mayor cantidad de Magnesio se presenta en el yacimiento Berety con 0,75 %, seguido de la misma localidad el yacimiento número 9 con 0,55 % y como tercero Carapari con un 0,46% de magnesio (Mg).

El menor porcentaje de magnesio se presenta en Lagunita, con 0,02 % los yacimientos de Comunidad Gareca, San Diego, San Simón Blanca con un promedio de 0,11 %.

- **Disponibilidad de Azufre en la harina de roca**

La mayor cantidad de Azufre presenta el yacimiento Lagunita con 10,00 %, seguido de Comunidad Gareca con 0,09 % siguiendo de igual manera el yacimiento de Zapallar con un 0,06 % de Azufre (S).

El menor porcentaje de Azufre se presentó con un mismo valor en los yacimientos de San Diego, San Simón Colorada y San Simón Blanca con un promedio similares de <0,01 %.

- **Disponibilidad de Micronutrientes en la harina de roca**

Se considera micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en plantas es menor a 0,1 % en peso seco. Actualmente se considera micronutrientes de uso agrícola a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno, Cloro, Níquel sin embargo en los yacimientos en estudio no se encontraron boro y cloro.

Los micronutrientes metálicos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni) tienen algunas características en común: Las funciones de los micronutrientes metálicos en planta son más bien metabólicos anticipando en la regulación enzimática, formando parte constitutiva de la enzima o actuando como coenzima o en funciones redox -Ver Tabla 2-.

- **Disponibilidad de micronutrientes de Hierro en la harina de roca**

La mayor cantidad de hierro presenta el yacimiento Berety con 1,36 %, seguido del yacimiento de Palos Blancos 9 con 1,11 % y con menor cantidad el yacimiento de San Francisco con 1,07 % de Hierro (Fe).

El menor porcentaje de Hierro se presenta en Lagunita, con 0,02 % los yacimientos de Comunidades de Gareca, San Diego y San Simón con 0,76 %.

Tabla 1: Los micronutrientes

Micronutrientes								
Elementos	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo	Cl	Ni
Nº MUESTRA	%	%	?	%	%	%	?	%
Gareca	0,77	0,0069	0	0,0013	0,0044	0,0001	0	0,0002
San Francisco	1,07	0,0102	0	0,0012	0,0002	0,0001	0	0,0005
San Diego	0,73	0,0057	0	0,001	0,0001	0	0	0,0004
San Simón Colorada	0,79	0,0106	0	0,001	0,0006	0	0	0,0005
San Simón Blanca	0,60	0,0064	0	0,0009	0,0003	0	0	0,0004
Zapallar	0,94	0,0198	0	0,002	0,0003	0,0002	0	0,0008
Berety	1,36	0,0275	0	0,0021	0,0011	0	0	0,0008
Lagunita	0,07	0,0009	0	0,0021	0,0031	0	0	0,0002
Palos Blancos 9	1,11	0,0222	0	0,001	0,0004	0	0	0,0005
Choere	0,97	0,0095	0	0,0025	0,0011	0,0001	0	0,0006

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de Alex Stewart International, 2019

- **Disponibilidad de micronutrientes de Manganeso en la harina de roca**

La mayor cantidad de manganeso presenta el yacimiento Berety con 0,0275 %, seguido del yacimiento de Palos Blancos 9 con 0,0222 % y como tercer yacimiento la comunidad de Zapallar con 0,0198 % de manganeso (Mn).

El menor porcentaje de manganeso se presenta en Lagunita, con 0,0009 % los yacimientos de las comunidades de Gareca, San Diego, San Simón Blanca y Choere con un promedio de 0,0071 %.

- **Disponibilidad de micronutrientes de Zinc en la harina de roca**

La mayor cantidad de zinc presenta el yacimiento de la comunidad de Choere con 0,0025 %, seguido de los yacimientos de Berety y Lagunita obteniendo una igualdad de 0,0021 % de zinc (Zn).

El menor porcentaje de zinc se presentó en los yacimientos de San Simón Colorada, San Simón Blanca y Palos Blancos 9 con un resultado igual a 0,001 %.

- **Disponibilidad de micronutrientes de Cobre en la harina de roca**

La mayor cantidad de cobre presenta el yacimiento de la comunidad de Gareca con 0,0044 %, seguido el yacimiento Lagunita con 0,0031 % y como terceros Berety y Choere con 0,0011 % de cobre (Cu).

El menor contenido de cobre se presenta en el yacimiento de San Diego con 0,0001 %, mientras que los de San Francisco, San Simón Blanca y Zapallar tienen un promedio de 0,0003 %.

• **Disponibilidad de micronutrientes de Molibdeno en la harina de roca**

La mayor cantidad de molibdeno presenta el yacimiento de Zapallar con 0,0002 %, seguido de los yacimientos de Comunidad de Gareca, San Francisco y Choere con 0,0001 % de molibdeno (Mo).

Los menores contenidos de molibdeno se presentaron en los yacimientos de San Diego, 4, 5 y Berety, Lagunita y Palos Blancos 9 con un resultado igual a <0,0001 %.

Georreferenciación de los 4 mejores yacimientos de harina de roca

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio y posterior descripción de los macro y micronutrientes necesario para las plantas, los yacimientos con mayor concentración de nutrientes fueron de: San Diego, San Simón y Choere. La ubicación de los mismos se indica en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Ubicación geográfica de los mejores yacimientos de roca con nutrientes de uso agrícola

	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS MEJORES YACIMIENTOS DE HARINA DE ROCA		
	Elementos	Coordenadas	
	Nº	MUESTRA	X
1	San Diego	384887,2	7626050
2	San Simón Colorada	388837,6	7627968
3	Choere	419384,2	7615455

Fuente: Elaboración propia, 2020.

CONCLUSIONES

- Todas las muestras tienen muchos elementos nutritivos para las plantas y otros que no son de uso agrícola en diferentes concentraciones.
- El mayor de contenido de macro nutrientes como el Fosforo lo tienen los yacimientos San Simón Blanca, San Simón Colorada y Palos Blanco 9; en K los yacimientos de Gareca, San Francisco, San Simón Colorada y Choere; los yacimientos ricos en calcio son los de San Francisco, San Diego y Choere; ricos en azufre son los yacimientos Gareca, San Francisco, San Simón Colorada y el yacimiento San Simón Blanca es rico en magnesio.

- Mayor contenido de micro nutrientes como Fe son los yacimientos de Gareca, San Francisco, San Simón Blanca, San Simón Colorada y Palos Blancos 9; con mayor contenido en Mn las muestras San Francisco, San Simón Blanca, San Simón Colorada; las muestras Gareca, San Diego, San Simón Blanca, San Simón Colorada son ricas en Zn; los yacimientos Gareca, San Diego, San Simón Colorada y Choere son ricos en Cu y las muestras Gareca, San Simón Blanca, Palos Blanco 9 y Choere son ricos en Mo.

RECOMENDACIONES

- Sobre la base de las conclusiones y considerando el objetivo propuesto en el siguiente estudio se recomienda lo siguiente:
- Aprovechar los yacimientos rocosos de la comunidad de San Simón Colorada para elaborar harina de roca de uso agrícola por tener el mayor aporte de macro y micronutrientes y en mayor concentración seguida a los yacimientos de San Simón Blanca y Choere.
- Se recomienda el yacimiento de San Diego por tener la mayor concentración de azufre en caso de requerir mayor cantidad para el cultivo.
- También se recomienda utilizar la harina de roca recomendadas anteriormente por cuanto el análisis de la relación beneficio - costo es igual a 1,4 ($B/C=1,4$) esto significa que por cada boliviano invertido se obtiene 0,4 Bolivianos
- Realizar estudios de dosificaciones con cada una de las harinas de roca como así también en mezclas para los cultivos tradicionales de cada región productora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUSTÍN SANZANO (2019). Los factores de formación de los suelos, Facultad de Agronomía la Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán
- ARASOL (2011). Estudio y clasificación de los suelos Aragón, El suelo es un recurso natural imprescindible para la vida en la Tierra, <http://www.suelosdearagon.com/contenido.php>
- CARLOS SIERRA (2016). El manganeso suelo y plantas - El Mercurio, <https://www.elmercurio.com/campo/noticias/analisis/2016/03/09/elmanganeso-el-suelo-y-las-plantas.aspx?disp=1#:~:text=El%20contenido%20m%C3%ADnimo%20en%20el,dwww.elmercurio.com > noticias > analisis > 2016/03/09>
- GUTIERREZ, C. G. (2014). Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Mexico.

- HENSEL, D. (2009). La harina de rocas como fertilizante de la sociedad y la agricultura. Guatemala, Mexico.
- INFOAGRO (2020) El calcio en el suelo – Revista Infoagro México <https://mexico.infoagro.com/el-calcio-en-el-suelo/#:~:text=El%20contenido%20medio%20de%20calcio,el%20quinto%20elemento%20m%C3%A1s%20abundante,mexico.infoagro.com> › el-calcio-en-el-suelo
- INTAGRI S.C. (2020). Manejo en el suelo y efectos en las raíces, [HYPERLINK "https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices"](https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices) <https://www.intagri.com> , www.intagri.com › artículos › el-magnesio-en-el-suelo.
- JORGE ANTONIO ARMIJOS SOTO (2016) Evaluación de biofertilizante mineralizado con harina de rocas en el cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L., variedad toa, en la hoya de Loja, Pág. 12.
- MENDAÑA. (24 de Septiembre de 2012). <http://www.fqponferrada.com/LASROCAS%20.PDF>. Obtenido de Manual para producción de abonos orgánicos.
- RIVAS, V. M. (2017). Minerales no metálicos, rocas industriales y gemas de Bolivia [salomón Rivas geological and mining services for Bolivia](http://www.salomonrivas.com).
- ROBERTO, P. (15 de Abril de 2018). <https://www.tarija.com.bo/potencial-minero-mas-alla-de-los-hidrocarburos> . Obtenido de <https://www.tarija.com.bo> -176668.html.
- VALENZUELA, M. S. (2017). Minerales no metálicos, rocas industriales y gemas de Bolivia. Potosí, Bolivia: [Salomón Rivas geological and mining services for Bolivia](http://www.salomonrivas.com).
- WITH, N. S. (2009). [hpd://www.hpd.com](http://www.hpd.com). Aprende viendo con Microsoft Student. Obtenido de [hpd://www.hpd.com](http://www.hpd.com). en carata premium 11 de Febrero de 2009.
- ZAMORA, J. I. (2009). Resultados de cultivos tratados con harina de rocas. Tamaulipas, Mexico: El ABC de la agricultura orgánica, fosfatos y panes de piedra.

6

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

TENDENCIAS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA AGROINFORMÁTICA PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS Y RESULTADOS DEL SECTOR AGROPECUARIO.

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **CHOQUE GONZALES OMAR AMILKAR**

¹ Ingeniería Informática
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

ocho@correo.uajms.edu.bo

(+591) 60290002

RESUMEN

La escases de alimentos por el crecimiento de la población, causan grandes problemas en nuestra sociedad; problemas como la pobreza extrema, los altos niveles de hambruna, las enfermedades pandémicas y otros; generando la necesidad de estrategias para mejorar los procesos y resultados al sector agropecuario.

Ante esto, la agroinformática, muestra diversas tendencias de innovación tecnológica y su descripción teórica, conceptual y procedimental se convierten en el objetivo del presente artículo.

Con este fin, se realizó una revisión bibliográfica actualizada, para determinar su definición formal, sus características, ventajas desventajas, usos y aplicaciones sobre esta tendencia; aplicando un tipo de investigación documental para obtener los datos, un nivel aplicativo en un contexto regional y de acuerdo al alcance de la investigación se desarrolló una investigación descriptiva, que permite mostrar a la agroinformática cómo es y cómo se manifiesta en beneficio del sector agropecuario.

Como resultado se estructuró los conceptos base de la agroinformática, se identificó métodos procedimentales sobre cómo se aplica esta ciencia en diferentes contextos; lo que permitió diseñar un modelo tecnológico para su aplicación en la realidad actual utilizado en los procesos y resultados de producción agrícola en regiones con condiciones productivas mecánicas.

Palabras Claves: Agroinformática, innovación tecnológica, procesos agropecuarios.

INTRODUCCIÓN

Nos preocupa el agua, los alimentos, el medio ambiente, pero por sobre todo el crecimiento poblacional ya que la organización de las naciones unidas ONU (2022) estima que en 2050 la población estimada será de 9.700 millones de personas y con ello el aumento en el crecimiento de la demanda por alimentos.

Por ello, muchas regiones han marcado tendencias que rediseñaran a la agricultura ante la necesidad de la población y los gobiernos por el desarrollo de la agrícola verde, además de la preferencia de los consumidores por los productos orgánicos.

Ante esta situación, planteamos la inquietud de ¿cómo se puede gestionar la información generada en la producción agrícola a partir de la inclusión de la ingeniería informática como una

estrategias para mejorar los procesos y resultados al sector agropecuario?; aspecto que pretende responder la presente investigación.

El objetivo del presente trabajo de investigación es describir las tendencias de innovación tecnológica agroinformática para optimizar los procesos y resultados del sector agropecuario.

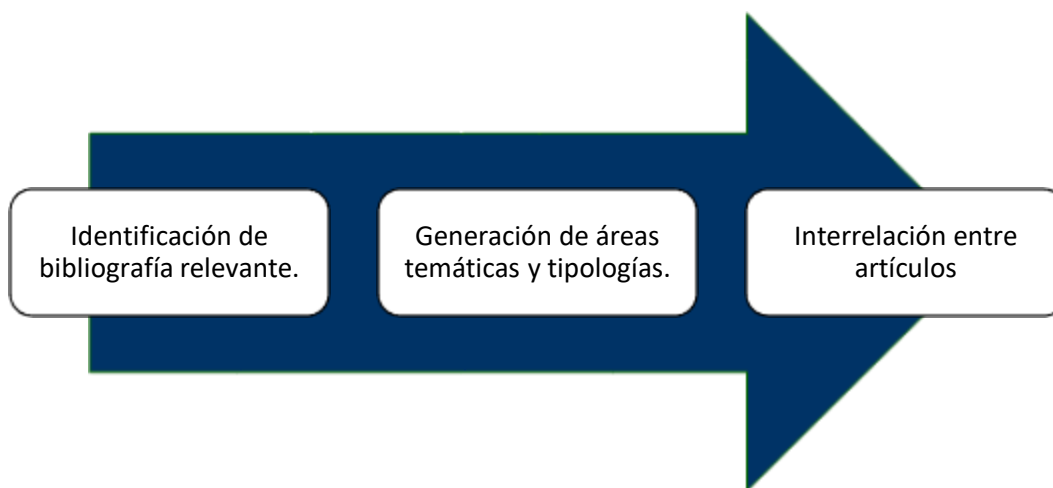
En este sentido, se pretende analizar la situación actual sobre el uso y aplicación de la agroinformática, identificando los elementos metodológicos, procedimentales y tecnológicos que componen esta disciplina a través del diseño de un modelo informático relacionado al contexto regional del sector agropecuario del sur de Bolivia.

En este contexto como investigador se encontraron diversas posturas de los autores que plantean soluciones alternativas que van desde la tecnificación del agro, el control de los datos y la información producida en las haciendas, la aplicación de sensores en los cultivos, las técnicas de mejorar los procesos de producción aplicando tecnología y otros que son resultado de la revisión bibliográfica que se muestran en el presente artículo.

MÉTODOS

El presente trabajo es una investigación teórico descriptiva de tipo documental, basado en el proceso de revisión bibliográfica (Figura 1), que implica la búsqueda, organización y análisis de un conjunto de documentos electrónicos, sobre las tendencias agroinformáticas en un periodo comprendido de los últimos cinco años. La estructura metodológica del artículo se fundamenta en el establecimiento de tres fases; en la primera, la búsqueda de los documentos, en la segunda la organización de los mismos y en la tercera la identificación de sus interrelaciones (Sánchez, 2011).

Figura 1. Proceso estructurado de revisión bibliográfica.



Fuente: (Arevalo, Bayona, & Rico, 2015, pág. 47)

La primera fase, comprende la búsqueda de los documentos, en bases de datos académicos, para luego preseleccionar los artículos, de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión.

En una segunda fase, se organizó los documentos relacionados al objeto de estudio; para luego identificar interrelaciones a partir de un análisis de las similitudes, diferencias y contraposiciones teórico conceptuales y procedimentales con respecto al tema investigado. Finalmente, se realizó el análisis viendo convergencias y divergencias sobre los aspectos más relevantes de la agroinformática.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Definiciones conceptuales

Para una mejor comprensión de la investigación, es necesario definir los siguientes elementos teóricos conceptuales:

1. Agronomía

La agronomía es la ciencia que se encarga "...de utilizar los recursos naturales como lo son el suelo, el agua y las plantas, para poder generar alimentos que consumirá toda la población... uno de sus principales objetivos es cuidar y proteger los recursos de la tierra" (Euroinnova, 2022).

Según la Real Academia Española, RAE (2022), agronomía es el estudio científico y técnico del cultivo de la tierra; sin embargo, las condiciones de producción en los países del tercer mundo o en vías desarrollo, se realizan en grandes extensiones de tierra a través de métodos rudimentarios, basados muchas veces en los conocimientos adquiridos de generación en generación.

Según es Flores-Cobeñas, Córdova-Floriano , & Carbajal-Llauce (2022), para mejorar esta situación, se requiere considerar las diversas técnicas para mejorar la producción de los cultivos, incorporar tecnologías, equipos y/o maquinarias que ayuden a minimizar muchos procesos productivos y a generar una mayor ganancia económica.

Como conclusión se puede inferir que la agronomía es la ciencia encargada de lograr mejores condiciones de producción agrícola para cubrir la demanda de alimentación de la población.

2. Hacienda o finca

El Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá (2022), define como finca, hacienda, huerto, monte, entre otros como una extensión de tierra utilizada total o parcialmente para actividades agrícolas, pecuarias o forestales, su particularidad dentro de la agricultura es de secano (Terreno de cultivo que no tiene riego y solamente se beneficia del agua de la lluvia), regadío, frutales, viñedos y olivares.

La noción de hacienda que se utilizará en este artículo, se refiere a un inmueble que abarca cierto terreno delimitado utilizado para actividades agrícolas, pecuarias o forestales.

3. Productos orgánicos

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del gobierno de México (2019), define como productos orgánicos a los productos vegetales, animales o derivados, que se cultivan o crían con sustancias naturales sin utilizar plaguicidas ni fertilizantes artificiales, entre otros químicos. En la producción orgánica de alimentos, interactúan los ciclos biológicos naturales de la producción, de la flora y fauna del suelo, las plantas y animales; lo que permite mantener la diversidad genética del sistema productivo y de su entorno, promoviendo la sustentabilidad y progresando hacia una cadena de producción y procesamiento socialmente justa y ecológicamente responsable.

4. Agroinformática

La "Agroinformática es una incipiente área de investigación que ofrece herramientas - hardware y software- para optimizar los procesos y resultados del sector agropecuario" (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-CONICET, 2022).

Así mismo, para Camargo, Pinho, & Saibene (2018), la agroinformática es entendida como la colaboración del área de informática aplicada al sector agropecuario, agroindustrial y medio ambiental, abarcando desde instancias experimentales a comerciales.

Las investigaciones en el sector agroinformático, rescatan el conocimiento de la producción regional, permitiendo adaptar la tecnología local propietaria en Agricultura de Precisión para mejorar la producción y los resultados de los productos agrícolas.

Modelo propuesto

El modelo que muestra las tendencias de innovación tecnológica agroinformática para optimizar los procesos y resultados del sector agropecuario es mostrado en la figura 2, integrado por los siguientes componentes:

1. Sistemas de Información Geográfica -SIG

Un sistema de información Geográfica (SIG, GIS), es un "Conjunto de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar y transferir datos espacialmente referidos a la tierra" (Troitiño, 2014).

Así mismo, el colegio de México (2019), señala que un SIG está compuesto por hardware, software y procedimientos para modelar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación para entender y presentar hechos que ocurren sobre la superficie terrestre.

Dentro de la agronomía los SIG, ayudan a crear mapas sobre las características del terreno, visualizar las condiciones reales de los cultivos, permitiendo la detección temprana de problemas como plagas y efectos de la sequía entre otros.

En conclusión, y apoyado en la definición expresada por Sarria (2022), se puede señalar que un SIG, visualiza una modelización cartográfica a partir de imágenes satelitales reales que permiten analizar las condiciones de los cultivos. Temperatura, altitud, orientación, condiciones del terreno, la gestión territorial y las condiciones medio ambientales y otros.

Figura 1. Modelo de aplicaciones agroinformáticas



Fuente: Elaboración propia.

2. Sistemas SCADA.

El sistema SCADA es una **herramienta de automatización y control industrial** utilizada en los procesos productivos que puede controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes **a distancia** mediante una aplicación informática. Su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores.

Según IONOS (2019) y LOGICALIS (2017), empresas de desarrollo de sistemas SCADA, señalan que son herramientas de gestión empresarial para medir la evolución de las actividades, sus objetivos estratégicos y sus resultados; mostrando los cambios y consecuencias, positivas o negativas, de forma visual.

La implementación de este tipo de sistemas, en la agronomía, permite controlar a distancia y por gestión remota la apertura de compuertas de riego, administración de la producción,

comercialización, datos e información de la hacienda y otros mediante aplicaciones tecnológicas móviles.

3. Biometría del ganado

Los problemas que enfrentan las haciendas en cuanto al ganado van desde el registro biométrico hasta el seguimiento y ubicación del ganado dentro del territorio destinado a su alimentación y a su hidratación.

Ante esta situación, una solución tecnológica viene dada por la biometría, que según Gillis (2021); Biometría es la ciencia y la tecnología dedicada a medir y analizar datos biológicos; en esta línea Giz & Tolosa (2018), señalan que proviene de las palabras bio (vida) y metría (medida), por lo tanto con ello se infiere que todo equipo biométrico mide e identifica alguna característica propia de la persona o animal; mostrando las características fisiológicas y de comportamiento que pueden ser utilizadas para verificar la identidad de cualquier ser vivo. En conclusión se puede señalar que la biometría del ganado ayuda a la identificación, reconocimiento y registro automático del ganado contemplando un rasgo distintivo del mismo.

4. Tractores inteligentes

Si la semana pasada hablábamos de tractores clásicos, hoy todo lo contrario. Con la aparición de tractores inteligentes, basados en la automatización es ya una realidad.

El uso de tractores inteligentes busca mayor eficiencia productiva en la siembra, pulverización y cosecha. Cuentan con sensores, cámaras y es totalmente autónomo. Es un nuevo concepto, el vehículo autónomo, que puede ser aplicado para tractores, cosechadoras, pulverizadores, segadoras autopropulsadas y cualquier tipo de equipo de propulsión. (Santos, 2019)

Las características más distintivas de esta maquinaria, contempla el uso de GPS, reconocen las trayectorias con precisión, son controlados a distancia, es guiado por sensores láser y cámaras, define rutas y las siguen de forma autónoma, brindan alternativas de solución ante obstáculos buscando la mejor solución de posibles variantes de trazados.

5. Drones.

Un Dron es un vehículo aéreo pequeño no tripulado, que hasta ahora su utilidad se limitaba a la vigilancia y la seguridad de la hacienda; cambiando radicalmente con la incorporación de cámaras y sensores.

Actualmente, son muy útiles en el sector agrícola; su capacidad va desde identificar la salud del cultivo a través del campo, la detección y control de incendios, el seguimiento de movimientos migratorios de los animales, la detección de bancos de pesca; el control de cosecha y cultivos, ayudando a pulverizar fertilizantes, pesticidas y agua para los cultivos en momentos adecuados.

Para Viz (2016), sirven tanto para explotaciones agrícolas como ganaderas. En el caso de las agrícolas, pueden usarse para control de plagas o de malezas. Permiten visualizar la zona y localizar las zonas afectadas rápidamente. Incluso, se usan en ciertas zonas para esparcir pesticidas.

Así mismo, para las explotaciones ganaderas, son muy útiles para controlar los rebaños detectar con la vista o a través de cámaras térmicas que detectan el calor que desprenden los seres vivos

6. Agribots

Con el advenimiento de las arquitecturas de sistemas autónomos, en la agricultura, se brinda una oportunidad única de desarrollar una gama completa de equipos agrícolas basados en pequeñas máquinas inteligentes que ayuden al proceso de producción y resultados agronómicos (Blackmore, Stout, Maohua, & Runov, 2015).

Se puede entender, Agribot es un robot diseñado para fines agrícolas; está diseñado para minimizar el trabajo de los agricultores, además de aumentar la velocidad y la precisión de su trabajo.

Entre sus características esenciales destacan la precisión que tienen a la hora de realizar una acción o movimiento, su capacidad de carga, el grado de libertad que tienen con sus movimientos y el manejo autónomo basada en un geoposicionamiento global con el fin de cuidar la producción y ayudar en las tareas del agro.

7. Sensores en los cultivos.

Debido a la gran área de cultivos y al largo ciclo de crecimiento, las personas no pueden comprender la situación de crecimiento en tiempo real. La mayoría de los sistemas tradicionales de monitoreo de cultivos utilizan el monitoreo manual. Este método no solo consume mucha mano de obra, sino que también tiene poca eficiencia. La información de parámetros obtenida a simple vista no puede ser monitoreada (Zhuanli, 2018).

Una solución posible a esta situación, es la incorporación de tecnologías controladas que permiten manejar adecuadamente los sistemas de producción, mejorando el uso de los recursos e incrementar la productividad de los cultivos (Fernandez-Prieto, 2016)

Los sensores más utilizados en la agronomía incorporan la obtención de datos como la humedad, la temperatura del medio, conductividad eléctrica, el pH del suelo y agua, así como, accionar bombas para fertirrigación en determinadas horas; todas estas mediciones se pueden realizar con sensores remotos y estos a su vez conectados por medio de una red de información (Rodriguez, Stefanelli, & Trincherro, 2014).

8. Agricultura de precisión.

La agricultura de precisión es muy conocido en los círculos agrícolas; incorpora el uso de “.. de sensores para medir el nivel hídrico del terreno e incluso la utilización de drones con

cámaras multiespectrales para crear mapas con diferentes índices de vegetación se han convertido en tecnologías presentes en el sector” (Bejerano, 2018).

Para Ibarra (2012) la agricultura de precisión se define como el proceso de poner el producto adecuado, la cantidad adecuada, en el lugar adecuado y en el momento adecuado.

Mejorar la productividad y calidad de los productos, así como para obtener una diferenciación respecto a la competencia, requiere de incorporar las denominadas Redes de Sensores Inalámbricas que permiten monitorizar, predecir y optimizar la gestión y los recursos de la actividad agrícola en tiempo real. (Fernández, 2015)

9. Control de los datos y la información de la hacienda.

El control de datos y la información generada en una hacienda mediante la agricultura, comprende por lo general diversas etapas, como la siembra o plantación de las especies vegetales; el cultivo o riego y alimentación de las plantas una vez germinadas; la cosecha, recolección o extracción, dependiendo de si se trata de frutos, tubérculos, flores, etc.; y la posterior distribución y comercialización, o simplemente consumo del producto agrícola.

El proceso de producción agrícola inicia con el arado, abono, siembra, riego, cultivo, cuidado del sembradío, cosecha, la rotación de cultivos, la distribución y venta del producto.

Otra actividad relevante en la hacienda es la ganadería comprendida como la actividad humana que consiste en la cría selectiva de animales para su aprovechamiento y explotación. Su posible clasificación atiende a los métodos y procedimientos empleados en la explotación ganadera, distinguiendo entre ganadería intensiva y extensiva, donde:

- La ganadería extensiva, es la que permite el libre pastoreo de los animales en una superficie extensa, en la cual los animales se reproducen de manera libre. Por ejemplo: ganadería de camélidos, ganadería de avestruces.
- Ganadería intensiva., persigue fines económicos y productivos de la explotación animal, incorporando tecnología, espacios cerrados en donde contener a los animales y fomentar su reproducción, engorde y aprovechamiento conforme a las reglas de la demanda alimenticia. Por ejemplo: cría avícola, porcicultura.

CONCLUSIONES

Sobre la base de los datos y artículos analizados sobre el **proceso de producción agrícola y ganadero**, se presenta las siguientes alternativas tecnológicas como conclusión:

- Para el arado, o la preparación del terreno para recibir la semilla; se incorporan los sistemas de información Geográfica, para determinar las dimensiones del terreno, sus elevaciones y características del suelo, apoyados con drones, y sobre todo los tractores inteligentes.

- Para el abono, es necesario enriquecer el terreno con nutrientes, pasa por el apoyo de los tractores inteligentes, la agricultura de precisión y la incorporación de los sensores en los cultivos que determinan desde ya las condiciones del terreno.
- La Siembra y el riego, tienen alternativas tecnológicas en la agricultura de precisión, apoyado con los sistemas SCADA para el control automático de las compuertas de riego y el uso de agribots para la siembra y el cuidado de los brotes y semillas.
- Para el cultivo y el cuidado del sembradío, se realizan actividades de poda y estimulación del requerimiento se hace uso de los sensores de cultivos que brindan los datos y la información sobre las condiciones de los cultivos, humedad, calor, condiciones climatológicas y otros.
- La cosecha y la rotación de cultivos, requiere apoyo a los procedimientos mecánicos que se realizan con el uso de equipos y maquinaria inteligente como cosechadoras, sensores y agribots. Una vez cosechado se debe hacer un análisis de suelos para determinar las mejores condiciones para hacer la rotación de cultivos.
- La venta de los productos agrícolas utilizará medios digitales para su comercialización sobre la información generada de calidad y los productos naturales obtenidos como resultado.
- El ganado, requiere ser identificado mediante la incorporación de sensores y dispositivos de geoposicionamiento global GPS y controlados mediante la vigilancia tecnológica de los sistemas SCADA y los sistemas de información geográfica-SIG-.

Este artículo, muestra teorías y conceptos base de la agroinformática, denotando un modelo que describe los métodos procedimentales sobre cómo se aplica esta ciencia en diferentes contextos para su aplicación en la realidad actual, dónde se desarrolla la agronomía y se tienen tendencias de innovación tecnológica agroinformática para optimizar los procesos y resultados del sector agropecuario.

REFERENCIAS

- Arevalo, J., Bayona, R. A., & Rico, D. (2015). Redes sociales digitales: una aproximación a los riesgos en sistemas de información gerencial. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(25), 46-55. doi:10.24054/16927257.v25.n25.2015.2370
- Bejerano, P. G. (10 de septiembre de 2018). *Tractores: el siguiente vehículo autónomo*. Obtenido de Blogthinkbig: <https://blogthinkbig.com/tractores-siguiente-vehiculo-autonomo>
- Blackmore, B., Stout, B., Maohua, W., & Runov, B. (2015). *Robotic agriculture - the future of agricultural mechanisation?* s.a: Precision Agriculture 2005, ECPA.
- Camargo, S. d., Pinho, L. B., & Saibene, Y. B. (2018). Congreso Argentino de Agroinformática: Un análisis bibliométrico. *X Congreso de AgroInformática (CAI - 2018)*(ISSN: 2525-0949), 434-445. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71517>

COLMEX. (20 de abril de 2019). *Colegio de México*. Obtenido de Arquitectura de un SIG:
<https://siaps.colmex.mx/documentos/Arquitectura%20de%20un%20SIG.pdf>

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-CONICET. (10 de Diciembre de 2022).
Centro Científico Tecnológico de Rosario- Gobierno Argentino. Obtenido de
Agroinformática: <https://www.rosario-conicet.gov.ar/ciencia-y-desafios/agroinformatica>

Euroinnova. (10 de Diciembre de 2022). *Educación Internacional en línea*. Obtenido de Qué es la agronomía y para qué sirve: <https://www.euroinnova.bo/blog/que-es-la-agronomia-y-para-que-sirve>

Fernández, J. F. (21 de septiembre de 2015). *IAGUA-Gestión Integral del Agua en los Municipios -España*. Obtenido de Blog: Uso de sensores en agricultura: <https://www.iagua.es/blogs/iriego/uso-sensores-agricultura>

Fernandez-Prieto, L. (2016). *Caminos del cambio tecnológico en las agriculturas españolas contemporáneas*. Obtenido de Caminos del cambio tecnológico en las agriculturas españolas contemporáneas: 6. <https://doi.org/10.13140/2.1.3227.1363>

Flores-Cobeñas, G., Córdova-Florian , W. M., & Carbajal-Llauce , C. T. (2022). Reconversión productiva para mejorar la cedula de cultivos: caso de estudio. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 7(1), 1620-1641. doi:DOI: 10.23857/pc.v7i1.3569

Gillis, A. (10 de Mayo de 2021). *Computerweekly*. Recuperado el 04 de Agosto de 2020, de Biometría: <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Biometria>

Giz, A., & Tolosa, C. (25 de Septiembre de 2018). *Sistemas Biometricos*. Recuperado el 04 de Agosto de 2020, de Sistemas Biometricos: https://www.dsi.uclm.es/personal/MiguelFGraciani/mikicurri/Docencia/Bioinformatica/web_BIO/Documentacion/Trabajos/Biometria/Trabajo%20Biometria.pdf

Ibarra, M. L. (3 de Diciembre de 2012). *Tesis: Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos con sensores: 808H5V5, MCP9700A, WATERMARK, MPX4115A, SQ-110, comunicación mediante protocolo ZIGBEE Y MySQL, para un cultivo de tomate en Sutamarchán, Boyacá*. Obtenido de Repositorio Universidad Santo Tomas- Boyaca: <https://hdl.handle.net/11634/2288>

Instituto Nacional de Estadística y Censo - Panamá. (10 de Diciembre de 2022). *Instituto Nacional de Estadística y Censo - Panamá*. Obtenido de https://www.inec.gob.pa/Aplicaciones/AGROPECUARIO_FINAL/definiciones.htm

IONOS. (06 de marzo de 2019). *IONOS-Consultora de expertos en proyectos*. Obtenido de El cuadro de mando integral: ¿cómo saber si tu estrategia funciona?: <https://www.ionos.es/startupguide/productividad/cuadro-de-mando-integral/>

- LOGICALIS. (22 de mayo de 2017). *12 Claves para la Definición de un Cuadro de mando integral*. Barcelona: LOGICALIS. Obtenido de <https://blog.es.logicalis.com/analytics/cuadro-de-mando-integral-todo-lo-que-debes-saber>
- Naciones Unidas. (24 de 03 de 2022). *Sitio oficial de la Organización de Naciones Unidas*. Obtenido de Perspectivas de Población mundial 2022: <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Est%C3%A1%20previsto%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,y%2010.400%20millones%20en%202100>.
- RAE. (10 de Diciembre de 2022). *Real academia Española*. Obtenido de Asociación de Academias de la lengua española: <https://dle.rae.es/agronom%C3%ADa>
- Rodriguez, A., Stefanelli, R., & Trincherro, D. (2014). A Wireless Sensor Network Platform Optimized for Assisted Sustainable Agriculture. *IEEE 2014 Global Humanitarian Technology Conference*, 159-166. Obtenido de Global: <https://doi.org/10.1109/GHTC.2014.6970276>
- Sánchez, A. A. (2011). *Manual de redacción académica e investigativa: cómo escribir, evaluar y publicar artículos*. Medellín, Antioquia, Colombia: Fundación Universitaria Católica del Norte.
- Santos, A. (2019). tractores y máquinas. *Ingeniería y Ciencia Agronómica*, 3.
- Sarría, F. A. (10 de Diciembre de 2022). *SIG y Teledetección en la Universidad de Murcia*. Obtenido de Sistemas de Información Geográfica: <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural - Gobierno de México . (07 de Octubre de 2019). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-Blog-*. Obtenido de Productos orgánicos, naturalmente importantes: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/productos-organicos-naturalmente-importantes>
- Troitiño, S. (16 de Octubre de 2014). *SIG-Aplicado al Medio Ambiente*. Obtenido de Clase de Introducción a los GIS: <https://www.youtube.com/watch?v=K1He9NzZxWk>
- Viz, M. J. (05 de septiembre de 2016). *El Periodico entre todos*. Obtenido de <https://www.elperiodico.com/es/entre-todos/participacion/ventajas-inconvenientes-los-drones-85233>
- Zhuanli. (14 de agosto de 2018). *Un método de producción y seguimiento del crecimiento de cultivos*. Obtenido de xjishu: <http://www.xjishu.com/zhuanli/52/201810301373.html>



NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA “IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO”

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **CHOQUE GONZALES OMAR AMILKAR**

¹ Ingeniería Informática
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

ocho@correo.uajms.edu.bo

(+591) 60290002

1. MISIÓN Y POLÍTICA EDITORIAL

La Revista "IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO", es una publicación semestral que realiza la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho con el objeto de difundir la producción de conocimientos de la comunidad universitaria, académica y científica del ámbito local, nacional e internacional, provenientes de investigaciones de distintas áreas del conocimiento de la ingeniería en recursos naturales y tecnología en la provincia Gran Chaco. "IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO" es una publicación arbitrada con principios de ética y pluralidad que utiliza el sistema de revisión de por lo menos dos pares de expertos académicos nacionales y/o internacionales, que en función de las normas de publicación establecidas procederán a la aprobación de los trabajos presentados.

2. TIPO DE ARTÍCULOS Y PUBLICACIÓN

La Revista "IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO" realiza la publicación de distintos artículos de acuerdo a las siguientes características:

Artículo de investigación científica y tecnológica: Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones concluidas. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartados importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

Artículo de reflexión: Documento que presenta resultados de investigaciones terminadas desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Artículo de revisión: Documento resultado de investigaciones terminadas donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Revisión de temas académicos: Documento que muestra los resultados de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, o también versa sobre la parte académica de la actividad docente.

Son comunicaciones concretas sobre el asunto a tratar por lo cual su extensión mínima es de 5 páginas.

Cartas al editor: Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité Editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

3. NORMAS DE ENVÍO Y PRESENTACIÓN

- a La Revista "IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO" recibe trabajos originales en idioma español. Los mismos deberán ser remitidos en formato electrónico en un archivo de tipo Word compatible con el sistema Windows y también en forma impresa.
- b Los textos deben ser elaborados en formato de hoja tamaño carta (ancho 21,59 cm.; alto 27,94cm.). El tipo de letra debe ser Arial 10 dpi, interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser para el superior, inferior y el derecho de 2,5 cm. y para el izquierdo 3 cm.
- c Los artículos deben redactarse con un alto nivel de corrección sintáctica, evidenciando precisión y claridad en las ideas.
- d En cuanto a la extensión: Los artículos de investigación científica y tecnológica tendrán una extensión máxima de 15 páginas, incluyendo la bibliografía. Los artículos de reflexión y revisión una extensión de 10 páginas. En el caso de temas académicos un mínimo de 5 páginas.
- e Los trabajos de investigación (artículos originales) deben incluir un resumen en idioma español y en inglés de 250 palabras.
- f En cuanto a los autores, deben figurar en el trabajo las personas que han contribuido sustancialmente en la investigación.; reconociéndose al primero como autor principal. Los nombres y apellidos de todos los autores se deben identificar apropiadamente, así como las instituciones de adscripción (nombre completo, organismo, ciudad y país), dirección y correo electrónico.
- g La Revista "IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO", solo recibe trabajos originales e inéditos, esto es que no hayan sido publicados en ningún formato y que no estén siendo simultáneamente considerados en otras publicaciones nacionales e internacionales. Por lo tanto, los artículos deberán estar acompañados de una Carta de Originalidad, firmada por todos los autores, donde certifiquen lo anteriormente mencionado.
- h Cada artículo se someterá en su proceso de evaluación a una revisión exhaustiva para evitar plagios, que en caso de ser detectado en un investigador, este será sujeto a un proceso interno administrativo, y no podrá volver a presentar ningún artículo para su publicación en esta revista.

4. DIRECCIÓN DE ENVÍO DE ARTÍCULOS

La recepción de los artículos se realiza a través del correo: ocho@uajms.edu.bo.

5. FORMATO DE PRESENTACIÓN

Para la presentación de los trabajos se debe tomar en cuenta el siguiente formato para los artículos científicos:

5.1. TÍTULO DEL ARTÍCULO

El título del proyecto debe ser claro, preciso y sintético, con un texto de 20 palabras como máximo.

5.2. AUTORES

Un aspecto muy importante en la preparación de un artículo científico, es decidir, acerca de los nombres que deben ser incluidos como autores y en qué orden. Generalmente está claro que quién aparece en primer lugar es el autor principal, además es quien asume la responsabilidad intelectual del trabajo. Por este motivo, los artículos para ser publicados en la Revista, adoptarán el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos:

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigadores, e investigadores junior, posteriormente los asesores y colaboradores si los hubiera. La forma de indicar los nombres es la siguiente: en primer lugar deben ir los apellidos y posteriormente los nombres, finalmente se escribirá la dirección del Centro o Instituto, Carrera a la que pertenece el autor principal. En el caso de que sean más de seis autores, incluir solamente el autor principal, seguido de la palabra latina "et al.", que significa "y otros" y finalmente debe indicarse la dirección electrónica (correo electrónico).

5.3. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El resumen debe dar una idea clara y precisa de la totalidad del trabajo, incluirá los resultados más destacados y las principales conclusiones, asimismo, debe ser lo más informativo posible, de manera que permita al lector identificar el contenido básico del artículo y la relevancia, pertinencia y calidad del trabajo realizado.

Se recomienda elaborar el resumen con un máximo de 250 palabras, el mismo que debe expresar de manera clara los objetivos y el alcance del estudio, justificación, metodología y los principales resultados obtenidos.

Hay que recordar que el resumen sintetiza economizando en espacio y tiempo, de tal manera que prescinde de las reiteraciones y de las explicaciones que amplían el tema. Pero debe poseer, todos los elementos presentes en el trabajo para impactar a los lectores y público en general.

En el caso de los artículos originales, tanto el título, el resumen y las palabras clave deben también presentarse en idioma inglés.

5.4. INTRODUCCIÓN

La introducción del artículo está destinada a expresar con toda claridad el propósito de la comunicación, además resume el fundamento lógico del estudio. Se debe mencionar las referencias estrictamente pertinentes, sin hacer una revisión extensa del tema investigado. No hay que incluir datos ni conclusiones del trabajo que se está dando a conocer.

5.5. MATERIALES Y MÉTODOS

Debe mostrar, en forma organizada y precisa, cómo fueron alcanzados cada uno de los objetivos propuestos.

La metodología debe reflejar la estructura lógica y el rigor científico que ha seguido el proceso de investigación desde la elección de un enfoque metodológico específico (preguntas con hipótesis fundamentadas correspondientes, diseños muestrales o experimentales, etc.), hasta la forma como se analizaron, interpretaron y se presentan los resultados. Deben detallarse, los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas utilizadas para la investigación. Deberá indicarse el proceso que se siguió en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos. Una metodología vaga o imprecisa no brinda elementos necesarios para corroborar la pertinencia y el impacto de los resultados obtenidos.

5.6. RESULTADOS

Los resultados son la expresión precisa y concreta de lo que se ha obtenido efectivamente al finalizar el proyecto, y son coherentes con la metodología empleada. Debe mostrarse claramente los resultados alcanzados, pudiendo emplear para ello cuadros, figuras, etc.

Los resultados relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y métodos empleados.

No deben repetirse en el texto datos expuestos en tablas o gráficos, resumir o recalcar sólo las observaciones más importantes.

5.7. DISCUSIÓN

El autor intentará ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se insistirá en los aspectos novedosos e importantes del estudio y en las conclusiones que pueden extraerse del mismo. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados. En esta sección se abordarán las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, además de las consecuencias para la investigación en el futuro. Se compararán las observaciones con otros estudios pertinentes. Se

relacionarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones poco fundamentadas y conclusiones avaladas insuficientemente por los datos.

5.8. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía utilizada, es aquella a la que se hace referencia en el texto, debe ordenarse en orden alfabético y de acuerdo a las normas establecidas para las referencias bibliográficas (Punto 5).

5.9. TABLAS Y FIGURAS

Todas las tablas o figuras deben ser referidas en el texto y numeradas consecutivamente con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. No se debe utilizar la abreviatura (Tab. o Fig.) para las palabras tabla o figura y no las cite entre paréntesis. De ser posible, ubíquelas en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la referencia en el mismo y asegúrese que no repitan los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo.

El texto y los símbolos deben ser claros, legibles y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de la tabla o figura. En caso de emplearse en el artículo fotografías y figuras de escala gris, estas deben ser preparadas con una resolución de 250 dpi. Las figuras a color deben ser diseñadas con una resolución de 450 dpi. Cuando se utilicen símbolos, flechas, números o letras para identificar partes de la figura, se debe identificar y explicar claramente el significado de todos ellos en la leyenda.

5.10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del trabajo aparecerán al final del documento y se incluirán por orden alfabético. Debiendo adoptar las modalidades que se indican a continuación:

5.10.1. Referencia de Libro

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro en cursiva, las palabras más relevantes y las letras iniciales deben ir en mayúscula. Editorial y lugar de edición.

Tamayo y Tamayo, M. (1999). *El Proceso de la Investigación Científica, incluye Glosario y Manual de Evaluación de Proyecto*. Editorial Limusa. México.

Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Ediciones Aljibe. España.

Referencia de Capítulos, Partes y Secciones de Libro

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del capítulo de libro en cursiva que para

el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Colocar la palabra, en, luego el nombre del editor (es), título del libro, páginas. Editorial y lugar de edición.

Reyes, C. (2009). *Aspectos Epidemiológicos del Delirium*. En M. Felipe. y O. José (eds.). *Delirium: Un gigante de la geriatría* (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas.

5.10.2. Referencia de Revista

Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, en: Nombre de la revista, número, volumen, páginas, fecha y editorial.

López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio en Ventana Científica, Nº 2. Volumen 1. pp 26 – 35. Abril de 2002, Editorial Universitaria.

5.10.3. Referencia de Tesis

Autor (es). Año de publicación (entre paréntesis). Título de la tesis en cursiva y en mayúsculas las palabras más relevantes. Mención de la tesis (indicar el grado al que opta entre paréntesis). Nombre de la Universidad, Facultad o Instituto. Lugar.

Salinas, C. (2003). *Revalorización Técnica Parcial de Activos Fijos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho*. Tesis (Licenciado en Auditoría). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. Tarija – Bolivia.

5.10.4. Página Web (World Wide Web)

Autor (es) de la página. (Fecha de publicación o revisión de la página, si está disponible). Título de la página o lugar (en cursiva). Fecha de consulta (Fecha de acceso), de (URL – dirección).

Puente, W. (2001, marzo 3). *Técnicas de Investigación*. Fecha de consulta, 15 de febrero de

2005, de <http://www.rrppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>

5.10.5. Libros Electrónicos

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Fecha de publicación. Título (palabras más relevantes en cursiva). Tipo de medio [entre corchetes]. Edición. Nombre la institución patrocinante (si lo hubiera) Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Ortiz, V. (2001). *La Evaluación de la Investigación como Función Sustantiva*. [Libro en línea]. Serie

Investigaciones (ANUIES). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en:
<http://www.anuies.mx/index800.html>

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.
(1998). Manual Práctico sobre la vinculación Universidad – Empresa. [Libro
en línea]. ANUIES 1998. Agencia Española de Cooperación (AECI). Fecha de
consulta: 23 febrero 2005. Disponible en:

<http://www.anuies.mx/index800.html>

5.10.6. Revistas Electrónicas

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Título del artículo en
cursiva. Nombre la revista. Tipo de medio [entre corchetes]. Volumen.
Número. Edición. Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Montobbio, M. *La cultura y los Nuevos Espacios Multilaterales*. Pensar
Iberoamericano. [En línea]. Nº 7. Septiembre – diciembre 2004. Fecha de
consulta: 12 enero 2005. Disponible en:
<http://www.campusoei.org/pensariberoamerica/index.html>

5.10.7. Referencias de Citas Bibliográficas en el Texto

Para todas las citas bibliográficas que se utilicen y que aparezcan en el texto
se podrán asumir las siguientes formas:

- a. De acuerdo a Martínez, C. (2004), la capacitación de docentes en
investigación es fundamental para.....
- b. En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe
una actitud positiva de los docentes hacia la investigación.....
(Martínez, C. 2004).
- c. En el año 2004, Martínez, C. Realizó el curso de capacitación en
investigación para docentes universitarios.....

6. DERECHOS DE AUTOR

Los conceptos y opiniones de los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores. Dicha responsabilidad se asume con la sola publicación del artículo enviado por los autores. La concesión de Derechos de autor significa la autorización para que la Revista "IYARAKUAA - DUEÑO DEL CONOCIMIENTO" pueda hacer uso del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica y tecnológica.

En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as).



Universidad Autónoma
Juan Misael Saracho



DICYT

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

