

Recuperación y valorización de cactáceas, para uso forrajero, como una forma de adaptación al cambio climático para apoyar la producción animal en zonas áridas y semiáridas de Bolivia

Recovery and Valuation of Cactus, for Forage Purposes, as a Way of Adaptation to Climate Change and to Support Animal Production in Arid and Semi-Arid Areas of Bolivia

CAMPOS – Hernán*, LAZARTE - Lorena, RAMÍREZ – Katia, MENESES – Ruddy, ESPINOZA – José & ACHÁ - Nilo

¹Universidad Mayor de San Simón, Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", email de contacto: h_campos2003@yahoo.com

Recibido Agosto 24, 2016; Aceptado Noviembre 21, 2016

Resumen

El año 2014, el CIF "La Violeta", inicio su trabajo con la tuna (*Opuntia* spp.) como una opción forrajera para zonas áridas y semi áridas del departamento de Cochabamba, "que sufren los efectos del cambio climático" específicamente comunidades del municipio de Pasorapa. La tuna al ser una cactácea prospera en condiciones de poca precipitación, produciendo forraje verde todo el año y aportando una cantidad importante de agua, siendo un cultivo poco valorado en Pasorapa, más aún como forraje, donde la principal fuente de alimentación del ganado es el monte nativo, el cual está seriamente afectado por la sequía y sobrepastoreo. El ganado carece de alimentación adecuada en gran parte del año, provocando desnutrición, mermas productivas y en casos extremos la muerte. En base a este panorama y debido a la escasa experiencia local y nacional con la tuna para forraje, la ejecución del presente trabajo sentó las bases para el uso forrajero de la tuna. Entre los resultados sobresalientes están, la recolección de 67 accesiones de tuna; implementación de dos parcelas de conservación *ex situ*, identificación preliminar de cuatro accesiones con potencial forrajero, determinación de la densidad de plantación óptima y niveles de fertilización orgánica y química adecuados para alcanzar los mayores rendimientos en forraje por unidad de superficie. Se destaca la implementación de dos huertos madre con material de alta calidad, que a la fecha se encuentran en desarrollo, las cuales llegarán a terrenos de agricultores, donde particularmente no prosperan otras especies forrajeras y/o tienen un desarrollo limitado, por efecto del cambio climático, constituyéndose la especie *Opuntia* spp. en una alternativa real para mitigar los efectos de éste.

Palabras Clave

Opuntia spp.; Adaptación al cambio climático; Forraje

Abstract

By 2014, the CIF "La Violeta" began working with prickly-pear plant (*Opuntia* spp.) as an alternative forage food for arid and semi arid areas of Cochabamba "suffering climate change effects", specifically some small villages of the Pasorapa Municipality. The prickly-pear plant is a species that survives under low rainfall conditions, producing green forage throughout the year, and contributing with a significant amount of water. The prickly-pear plant is an undervalued forage species in Pasorapa, where the main source of livestock feed is the native vegetation, which is seriously affected by drought and overgrazing. Cattle lacks adequate food supply during a long time of the year, causing cattle malnutrition, production losses and animal deaths. Under this considerations and acknowledging a poor regional and national experience on the utilization of the prickly-pear plant as a forage supply, the project activities were main guidelines for using that species as a forage food. The project's main results were: 67 types of prickly-pear plants collected in different areas of Bolivia, two *ex-situ* conservation field plots, identification of four potentially forage type plants among the collected types, determination of optimum plant population density, determination of optimum organic and chemical fertilization levels for yield improvement. It is also important to mention that two mother orchards with high quality type of plants were established; those field plots will provide high quality prickly-pear plants to farmers, in areas with limited forage production because of the climate change effects; in this case, *Opuntia* spp. becomes a real alternative to mitigate climate change negative effects.

Keywords

Opuntia spp.; Adapting to climate change; Forage

Citación: Campos H, Lazarte L, Ramirez K, Meneses R, Espinoza J, Acha N. Recuperación y valorización de cactáceas, para uso forrajero, como una forma de adaptación al cambio climático para apoyar la producción animal en zonas áridas y semiáridas de Bolivia. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación 2016, 13-14: 815-826

Introducción

Anaya (2003), indica que *Opuntia* es una planta típica del paisaje mexicano, la cual junto al maíz y el agave, han sido alimentos básicos para grupos étnicos del centro y norte de México. La tuna (*Opuntia ficus-indica*) pertenece a la familia Cactaceae, siendo las cactáceas especies endémicas del continente americano que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Flores *et al.* 1995).

El género *Opuntia* tiene particular interés por su capacidad de adaptación, desarrollo y multiplicación, en condiciones de mediana a extrema aridez, en zonas donde otras especies difícilmente se establecen y mucho menos producen biomasa en las proporciones que las cactáceas pueden hacerlo. Destaca su capacidad de conversión de agua en materia seca y por tanto en energía digestible, teniendo mayor capacidad de conversión que los pastizales en general y las plantas C4 de hoja ancha. Con esta ventaja comparativa, los cactus y en especial *Opuntia* spp. se constituyen en una fuente de forraje extremadamente útil, en especial en periodos de sequía.

Para el año 2003, se tiene el dato de unas 900000 hectáreas de *Opuntia* cultivada en el mundo, para producción de forraje (Reynolds y Jiménez, 2003).

En nuestra región, para el año 2013, se tiene los siguientes datos del uso de *Opuntia* como forraje: en Brasil se estiman 600000 hectáreas; 75000 hectáreas en otros países de América del Sur; 600000 hectáreas en Túnez; 70000 hectáreas en Italia (Salem, H., 2013).

Además de fuente de forraje para los animales, *Opuntia* spp. está siendo utilizada en programas para prevenir la erosión y combatir la desertificación.

También es importante para cubrir regiones áridas y semiáridas debido a que puede sobrevivir y extenderse bajo condiciones de escasa lluvia y altas temperaturas, ejerciendo así un importante papel ecológico en la medida de proteger y dar condiciones para la fauna y flora locales, en la medida de crear micro ambientes propicios para este fin (Reynolds y Jiménez, 2003).

El género *Opuntia*, es una especie sub-utilizada en nuestro medio, en especial como forraje, siendo que tiene una serie de ventajas, que van desde la eficiencia en la utilización de agua para su desarrollo, hasta su capacidad de sobrevivir y producir en condiciones extremas de aridez, donde otras especies no prosperan.

En nuestro medio, salvo casos muy aislados, no se tiene experiencias documentadas sobre la utilización de la tuna como forraje. Un antecedente es el germoplasma traído en la década de los años setenta, por cooperantes suizos ligados a COTESU, quienes establecieron variedades de tuna con escasa o nula presencia de espinas en los cladodios (pencas), aspecto importante para su manejo como forraje. Este material se encuentra en terrenos de la Facultad de Agronomía y del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", ambas instituciones dependientes de la Universidad Mayor de San Simón.

El contar con germoplasma específico, para que a partir del mismo se genere tecnología y capacidades, en este caso en torno a la utilización del género *Opuntia*, dará lugar a un importante impacto para hacer frente a la falta de alimento para la ganadería en zonas áridas y semiáridas, evitando mortandad de ganado a la vez de disminuir la presión de pastoreo/ramoneo sobre recursos forrajeros nativos, que desde ya son escasos y que se hallan en riesgo de desaparición, en especial en áreas del municipio de Pasorapa (cono sur de Cochabamba).

Finalmente, para el Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", es de suma importancia el contar con tecnología, respuestas y recursos técnicos, para encarar problemáticas de alimentación base para la producción animal y en el caso específico del proyecto, en la mayor parte posible de condiciones climáticas del país.

Objetivo general del Proyecto:

Recuperar y/o valorizar recursos genéticos forrajeros nativos y naturalizados, en este caso cactáceas en general y tuna (*Opuntia* spp.) en especial, con el fin de generar recursos y tecnología para hacer frente a la sostenida y cada vez mayor falta de alimento y agua para la ganadería en zonas áridas y semiáridas del país, además de enfrentar a la erosión y desertificación de suelos, en función a lograr capacidades de adaptación al cambio climático prevalente.

Objetivo específico:

- Recolectar accesiones de tuna en zonas áridas y semiáridas de los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija, Potosí y Santa Cruz, para conservar y utilizar germoplasma de *Opuntia* spp. (tuna), para uso forrajero.
- Determinar, la diversidad morfológica del germoplasma recolectado de *Opuntia* spp.
- Determinar la densidad de plantación y el nivel de fertilización óptimo, para alcanzar los rendimientos los máximos en producción de forraje.
- Establecer huertos madre de *Opuntia* spp. con germoplasma seleccionado y caracterizado, para la multiplicación y difusión de este material, a la conclusión del Proyecto.

Material y métodos

Recolección y conservación ex situ de accesiones de tuna (material vegetal).

Previo a los viajes de recolección, el equipo técnico del proyecto accedió a información bibliográfica e información secundaria de sitios a nivel nacional con presencia del cultivo de tuna. En base a esta información se realizaron los viajes de colecta, tomando en cuenta que las plantas se encontrarán en una etapa vegetativa (no reproductiva) para la recolección de cladodios (pencas). En campo, se tomaron datos pasaporte en un formulario de recolección preparado para este fin.

Se recolectaron seis pencas del tipo sin espinas y libres de enfermedades, en especial resistentes y/o tolerantes a la mancha negra.

Las zonas de recolección corresponden a diferentes localidades de los departamentos Cochabamba, Chuquisaca, Tarija, Potosí y Santa Cruz.

Caracterización morfológica de accesiones de tuna

Para la caracterización morfológica, se tomó como referente los descriptores para cactus desarrollados por Chessa y Nieddu (1997). La caracterización morfológica contempla tres estados fisiológicos de toma de datos: planta, cladodio, flor y fruto. Por el estado de desarrollo de las plantas se realizó únicamente la caracterización en planta.

Determinación de la densidad óptima de plantación y niveles de fertilización de tuna para la producción de forraje.

Ensayo 1

El estudio se realizó en la comunidad de Tabacal Municipio de Pasorapa, se estableció la parcela de investigación para la determinación de la densidad óptima para la producción de forraje de tuna.

El área de cada unidad experimental fue de 120 m² distribuida en bloques al azar con 4 repeticiones. Se manejaron 4 densidades de plantación que se describen en el siguiente cuadro:

Densidad (Plantas/ha)	Distanciamiento (m)
2500	2x2
3333	2x1.5
5000	2x1
10000	2x 0.5

Tabla 1 Densidades de plantación de tuna utilizados en el ensayo 1

La plantación fue realizada en surcos espaciados a 2 metros, modificándose la densidad únicamente en el espacio de plantas dentro el surco. Previa a la distribución de pencas, se procedió a la fertilización orgánica utilizando dos niveles (Nivel 1 = 0kg/ha y Nivel 2 = 10 tn/ha).

Se realizó una evaluación preliminar a los 7 meses de establecido el ensayo, la evaluación consistió en el corte y pesaje de la totalidad de las pencas desde el “primer piso”. La superficie evaluada fue de 6 metros lineales de surco (12 m²). Del total de pencas cosechadas, se obtuvo una sub muestra de 200 g para la determinación del rendimiento en forraje términos de materia seca, mediante el cálculo de diferencia, se obtuvo la cantidad de agua que tiene esta especie.

Ensayo 2

Se estableció un segundo ensayo en la comunidad de La Aguada del municipio de Pasorapa, con el fin de determinar el nivel de fertilización química óptimo en la parcela huerto madre (densidad de plantación 2m x 1.5m), los niveles de fertilización empleados fueron los descritos a continuación:

Nivel de fertilización	(kg/ha)
Nivel 1	0
Nivel 2	100
Nivel 3	150
Nivel 4	200

Tabla 2 Niveles de fertilización en tuna utilizados en el ensayo 2

La plantación fue realizada en hoyos. Previa a la distribución de pencas, se procedió a la fertilización orgánica de toda la parcela en un nivel de 10 tn/ha. La fertilización química fue realizada dos meses después de la plantación, la aplicación fue localizada en los niveles establecidos para el ensayo. Se realizó una evaluación preliminar a los 6 meses de desarrollo del cultivo, para la evaluación de este ensayo, se utilizó la metodología descrita en el ensayo 1. Los datos fueron analizados con la ayuda paquete estadístico MSTAT C.

Establecimiento de huertos madre de Opuntia spp. en el municipio de Pasorapa y en el CIF “La Violeta” Tiquipaya.

En la comunidad de La Aguada del municipio de Pasorapa, en un predio municipal, se estableció el huerto madre. La superficie implementada fue de 1.200 m² (0.12 ha), área donde se plantó 438 pencas de tuna (1,5 m entre plantas y 2 m entre líneas), el material vegetal fue aquel que se identificó como promisorio para su uso como forraje y libre de enfermedades. Para garantizar el prendimiento de las plantas (pencas), se aplicaron tres riegos localizados en una cantidad de diez litros (un balde con agua), el primer riego fue aplicado una semana después de la plantación, en tanto los dos siguientes riegos fueron aplicados en un intervalo de tres semanas uno después del otro.

El segundo huerto madre fue establecido en el CIF “La Violeta” (Tiquipaya), siguiendo la misma metodología que en el municipio de Pasorapa.

Resultados

Recolección y conservación ex situ de accesiones de tuna (material vegetal).

Se recolectaron un total de 67 accesiones de tuna del tipo “sin espinas” en diferentes localidades de 5 departamentos de Bolivia, Para este fin se realizaron dos viajes.

El primer viaje se efectuó entre el 28 de julio al 01 de agosto de 2015 (35 accesiones colectadas), en los departamentos Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Santa Cruz. El segundo viaje de colecta se realizó entre el 18 y 22 de agosto de 2015 (30 accesiones colectadas), en los departamentos de Chuquisaca, Potosí y Tarija. El resto de las accesiones fueron colectadas localmente.

Previo al trabajo realizado en el marco del presente proyecto, el CIF “La Violeta” en convenio con el Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO) de la Cooperación Alemana GIZ, realizó trabajos de colecta de accesiones de tuna en diferentes localidades de los departamentos de Cochabamba y La Paz, el número de accesiones colectadas fue de 89, en esta colección se tienen siete accesiones donadas por la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

La colecta realizada en el marco del proyecto, además de considerar el uso forrajero de la tuna (sin espinas), tomó en cuenta la sanidad del material colectado, debido a que los tunales en diferentes lugares del país están siendo afectados severamente por la mancha negra, cuyo agente causal es la *Pseudocercospora* sp. que ocasiona la pudrición de la penca causando pérdidas considerables en la producción de tuna para fruta y/o forraje.

Tal como se aprecia en la figura 1, *Opuntia* spp., se encuentra distribuida en su mayoría en la zona de los valles interandinos de Bolivia, se hace notar que esta especie tiene un rango de adaptación significativo, ya que en la colecta de accesiones de tuna realizados por el proyecto, se encontraron accesiones de tuna en zonas contrastantes tan altas como Tecoya (3319 msnm) en Potosí y zonas tan bajas como Yacuiba (577 msnm) en Tarija.

Al respecto Castro *et. al.* (2009) indican que para el óptimo desarrollo de la tuna la altitud tiene un margen de 800 - 1800 msnm, sin embargo la especie, prolifera fuera de estas características.

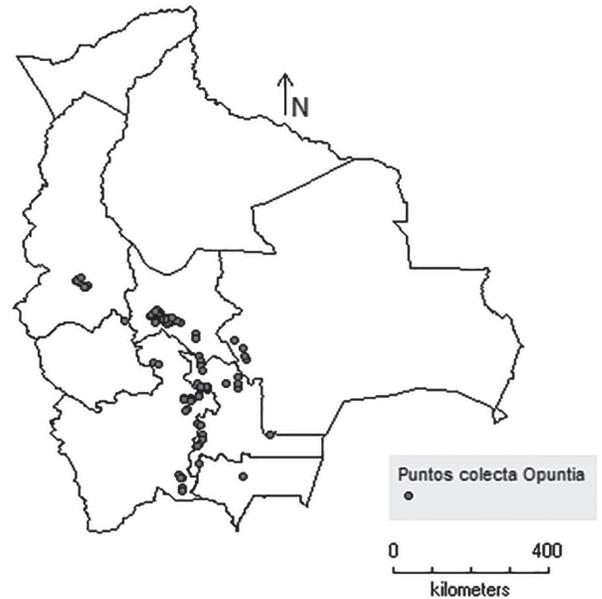


Figura 1. Mapa de puntos de colecta de *Opuntia* spp.

Con las accesiones recolectadas, se implementaron dos parcelas de conservación *ex situ*, una en el CIF “La Violeta” y otra en el municipio de Pasorapa.

Departamento	Nº de accesiones colectadas
Cochabamba	5
Chuquisaca	27
Potosí	15
Santa Cruz	4
Tarija	16
Total	67

Tabla 3 Número de accesiones de tuna Colectadas por departamentos



Fotografía 1. Julio de 2015 – Colecta de la accesión N° 5 comunidad de Ovejerías – Chuquisaca



Fotografía 4. Agosto de 2015 – Colecta de la accesión N° 52 Facultad de Agronomía Universidad Juan Misael Saracho, San Francisco de Inti - Yacuiba – Tarija



Fotografía 2. Julio de 2015 – Colecta de la accesión N° 30 comunidad de Huanca Huasi – Villa Serrano – Chuquisaca



Fotografía 5. Vista general de la parcela de conservación ex situ implementada en Pasorapa



Fotografía 3. Agosto de 2015 – Colecta de la accesión N° 39 municipio de Pocoata – Potosí



Fotografía 6. Vista general de la parcela de conservación ex situ implementada en el CIF " La Violeta"

Determinación en términos agronómicos de la variabilidad fenotípica del germoplasma recolectado de Opuntia spp.

Una vez analizados los datos de caracterización de las accesiones de tuna recolectadas, se obtuvieron los siguientes resultados, que se aprecian en la figuras 2 y 3.

La figura 2, muestra tres componentes principales, hábito de crecimiento, tamaño de planta y alternancia, que se constituyen en las variables de discriminación para la determinación de la variabilidad existente en cuanto a características de planta se refiere.

Se observa también, que existe una mayor correlación entre las variables hábito de crecimiento y tamaño de planta, esta relación es obvia, ya que plantas de hábito de crecimiento postrado, son más bajas que las plantas que tienen un hábito de crecimiento erecto.

Del total de accesiones recolectadas, se ha observado, que la mayor cantidad de accesiones presentan hábitos de crecimiento de los tipos extendido, postrado, arbustivo, semi erecto y en una menor cantidad erecto y arborescente.

La presencia de individuos, que corresponden a todas las variables de los descriptores de planta, corrobora la existencia de variabilidad genética para estos atributos en las accesiones caracterizadas, lo que obedece al polimorfismo genético resultante de las mutaciones y recombinaciones genéticas que permiten la evolución y adaptación de la especie.

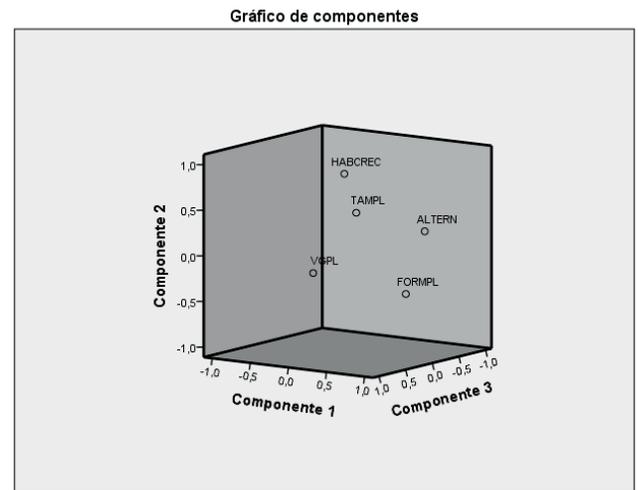


Figura 2. Componentes principales para la caracterización morfológica de acciones de Opuntia spp

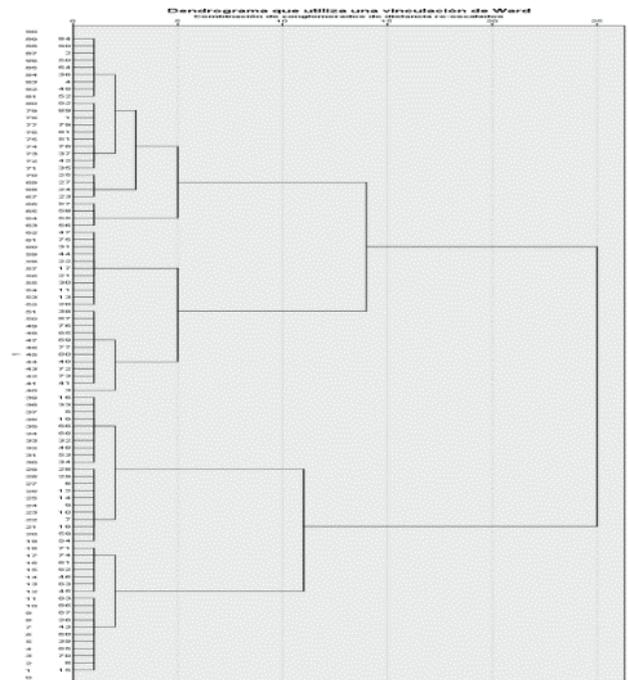


Figura 3. Dendrograma del análisis de correspondencia múltiple para 67 accesiones de Opuntia spp. Caracterizadas morfológicamente

El análisis de conglomerados de caracterización morfológica de planta (figura 3), mostró una división en dos grupos, ambos con dos sub grupos establecidos, el primer grupo, representa a las accesiones cuyo hábito de crecimiento es del tipo erecto, semi erecto y arborescente.

El segundo grupo corresponde a las accesiones con hábito de crecimiento extendido y arbustivo, llama la atención que en el agrupamiento no se encuentran accesiones recolectadas en latitudes cercanas, mostrando que la diversidad en cuanto a características de planta se refiere, se encuentra ampliamente distribuido en las zonas de colecta.

Fruto del trabajo de caracterización, se ha identificado cuatro accesiones (9, 38, 51 y 55) con características forrajeras deseables y libres de enfermedades.

Determinación de la densidad óptima de plantación de tuna para la producción de forraje (Ensayo 1).

El análisis de varianza para la variable densidad de planta, mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las densidades evaluadas, así como en la adición de materia orgánica. Del mismo modo la interacción entre densidades de plantación y aplicación de materia orgánica, mostró diferencias significativas.

La figura 4, muestra el efecto de la aplicación de materia orgánica (MO), siendo el nivel de 10 tn/ha el que reporta un mayor rendimiento de materia seca (MS) que alcanzó un valor de 2878.6 kg/ha, frente al testigo que tuvo un rendimiento de 2275.7 kg/ha, al respecto (Velazco y Lara, 1994) indican que la fertilización, tiene una función importante en la producción vegetal; en particular, el género *Opuntia* responde rápidamente a la aplicación de abono orgánico.

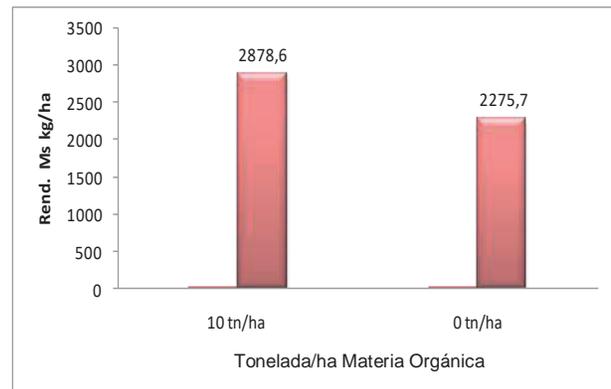


Gráfico 1. Incremento del rendimiento de MS (kg/ha) por la adición de MO.

Los resultados en las diferentes densidades de plantación utilizadas, se atribuyen, a que a una mayor cantidad de plantas por unidad de superficie, mayor será el rendimiento en términos de forraje, estos resultados se corroboran con el estudio realizado por Santos *et. al.* 2006, que indican que al aumentar la densidad de 5000 a 45000 plantas por hectárea, el rendimiento en forraje aumentó en 45%.

En el gráfico 2, se puede apreciar que la densidad de 10000 plantas por hectárea reportó el mayor rendimiento de forraje en términos de materia seca (MS), alcanzando un valor 4922.3 kg/ha, cuadruplicando el rendimiento con relación a la densidad de plantación más baja (2500 plantas/ha), esta tendencia muestra claramente que al aumentar la densidad de plantación, los rendimientos en MS también sufren un incremento de manera lineal de forma muy consistente.

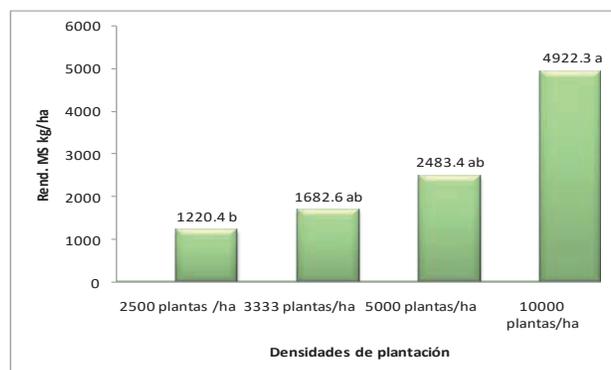


Gráfico 2. Densidades de plantación y rendimiento de materias seca de forraje de tuna (kg/ha)

Efecto de los niveles de fertilización química en producción de forraje de tuna (Ensayo2).

El análisis de varianza realizado para los niveles de fertilización química mediante la adición de fosfato diamónico, mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los niveles de fertilización evaluados. En la figura 7, se muestra un mayor rendimiento al nivel más alto de fertilización empleado (200kg/ha) con un rendimiento de 1431.9 kg/ha de MS, en tanto los niveles de 100 y 150 kg/ha reportan rendimientos similares, pero que de todas formas son significativamente superiores al testigo, al respecto Velazco y Lara (1994), indican que la tuna (*Opuntia* spp.) responde favorablemente a la aplicación de nitrógeno y fósforo o a la combinación de estos.

La fertilización se realiza con el fin de que la planta disponga de los nutrimentos que necesita para desarrollarse de la mejor forma posible.

Existe un reconocimiento generalizado entre productores e investigadores, en el sentido de que a pesar que la tuna se le ubica como una planta rústica, responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos o químicos (Pimienta, 1990; Mondragón y Pimienta, 1990a).

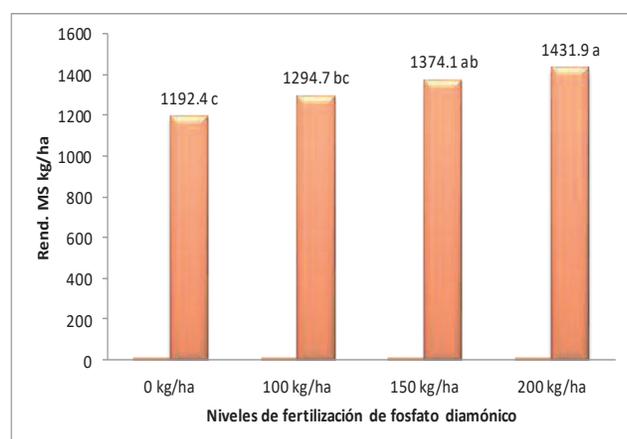


Gráfico 3. Densidades de plantación y rendimiento de materia seca de forraje de tuna (kg/ha)

Establecimiento de huertos madre de *Opuntia* spp. en el municipio de Pasorapa y en el CIF “La Violeta” Tiquipaya.

El porcentaje de prendimiento de las plantas en Pasorapa, fue de un 98%. Normalmente la aplicación de agua de riego, no es necesaria cuando la plantación es realizada en una época oportuna, vale decir durante los meses de septiembre, octubre y la primera quincena de noviembre, donde ya se tienen las primeras precipitaciones, que garantizan el prendimiento de las plantas.

A la fecha el huerto madre en el municipio de Pasorapa se encuentra en pleno estado de desarrollo, produciendo una buena cantidad de brotes, que después de realizar un conteo de pencas “hijas”, se estimó, que para el mes de febrero de 2016, se tendría un total 1660 pencas maduras, aptas para el establecimiento de parcelas de producción de tuna para forraje en terrenos de agricultores.

El huerto madre en el CIF “La Violeta” (Tiquipaya), fue establecido el 13 de octubre de 2015, a la fecha se ha verificado que se tiene un prendimiento del 95%.



Fotografía 7. 12 de agosto de 2015 – Vista general de huerto madre a los 92 días de su establecimiento



Fotografía 8. 18 de septiembre de 2015 – Importante número de brotes en huerto madre a los 128 días después de la plantación



Fotografía 9. 10 de octubre de 2015 – Vista general de huerto nótese el número de brotes y el desarrollo de las mismas



Fotografía 10. 13 de octubre de 2015 – Establecimiento huerto madre en el CIF “La Violeta”

Capacitación

Por intermedio de Unidad de Desarrollo Productivo del Municipio de Pasorapa, productores de diferentes comunidades, solicitaron a los investigadores del Proyecto, la realización de un curso de capacitación sobre el manejo agronómico de la tuna para su uso como forraje, es así que en fecha 16 de octubre de 2015, se llevó a cabo la capacitación de 56 productores, que recibieron información teórica en aula y capacitación práctica en campo, complementando con la visita a las parcelas de investigación y huerto madre implementados por el proyecto.



Fotografía 10. Octubre de 2015 Participantes del curso de capacitación en ambientes del GAM de Pasorapa



Fotografía 11. Octubre de 2015: Vista a parcela de investigación para la determinación de la densidad de plantación de tuna para la producción de forraje



Fotografía 12. Octubre de 2015: Identificación de las principales enfermedades que afectan a la tuna (Principalmente la mancha negra).



Fotografía 13 Octubre de 2015: Explicación de las variables morfológicas utilizadas para la caracterización de accesiones de tuna

Conclusiones

- La utilización del género *Opuntia*, es una alternativa, que puede constituirse en un recurso importante en la economía rural de las zonas áridas y semi áridas en general, por los altos rendimientos que se pueden obtener en términos de forraje y además promover el uso grandes superficies de terreno, que no cuentan con una precipitación pluvial adecuada para la siembra de otras especies más exigentes en agua y suelo, que la *Opuntia* spp. Esta especie es muy eficaz para adaptarse y crecer donde confluyen mayor número de factores limitantes que no son favorables para la mayoría de especies vegetales.

Es por esto que se asevera que la tuna se constituye en una alternativa real para combatir los efectos del cambio climático, cuyo efecto se traduce en sequías prolongadas y un aumento en la temperatura.

- Se han recolectado 67 accesiones de tuna del tipo “sin espinas” en cinco departamentos de Bolivia (Cochabamba, Chuquisaca, Potosí, Tarija y Santa Cruz), e implementadas en Pasorapa y “La Violeta”, para su conservación ex situ.

- Existe variabilidad morfológica en las accesiones caracterizadas. Las accesiones poseen características morfológicas para ser tomadas en cuenta al seleccionar atributos agronómicos deseables en futuros programas de mejoramiento genético, como son las de hábito de crecimiento semi erecto y extendido.

- Se determinó que la densidad óptima de plantación para obtener un mayor rendimiento en términos de MS/ha en condiciones de Pasorapa es de 10000 plantas/ha.

- La aplicación de materia orgánica en la plantación de tuna, tiene una respuesta altamente favorable, incidiendo directamente en el rendimiento en forraje.

- El nivel de fertilización química de 200 kg/ha de fosfato diamónico reporto el mayor rendimiento en la producción de forraje en condiciones de la comunidad La Aguada del Municipio de Pasorapa.

- A mediano plazo la provisión de material vegetal para futuras plantaciones de tuna forrajera en el municipio de Pasorapa y otras regiones de similares condiciones edafoclimáticas se encontrará garantizada por el establecimiento de los huertos madre.

Referencias

- Anaya, M. 2003. Historia del uso de Opuntia como forraje en México. En: El nopal (Opuntia spp.) como forraje. pp. 7-15. Candelario, M. y Peres, J. (eds.). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal Nro. 169. FAO. Roma. Italia. 172 p.
- Castro, J., Paredes C. y Muñoz D. 2009. "Opuntia ficus indica". Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo – Perú 18 p.
- Chessa I. y Nieddu G. 1997. Descriptor para cactus Opuntia spp. Istituto Coltivazioni Arboree Università degli Studi di Sassari. FAO. 338 p.
- Flores, C., de Luna, J., Ramírez, P. 1995. El mercado mundial de la tuna. Informe final. Programa Nopal del CIESTAAM de la Universidad de Chapingo, México.
- Mondragón, J.C. y E. Pimienta B. 1990a. Corrección del "amarillamiento" del nopal tunero: Una posible deficiencia nutrimental. In: Memorias del IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional Sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. SOMECH, A. C., INCA-Rural-CECCAM. Zacatecas, Zac. México. pp. 26-27.
- Reynolds, S., Jiménez, E. 2003. Introducción. En: El nopal (Opuntia spp.) como forraje. pp. 1-5. Candelario, M. y Peres, J. (eds.). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal Nro. 169. FAO. Roma. Italia. 172 p.
- Salem, H. 2013. Merits of cactus in livestock-based production systems and its potential to empower farmers' livelihoods. National Institute of Agricultural Research of Tunisia (INRAT), Túnez. En: III Reunión Internacional de Aprovechamiento Integral de la tuna: Tuna para forraje, Producción de Grana cochinilla y Teñido con tintes naturales, subproductos. Termas de Río Hondo-Santiago del Estero, 17 al 19 de septiembre de 2013.
- Santos, M.V.F., Dubeux Jr., J.C.B., Melo, J.N., dos Santos, D.C., Farias, I. and Lira, M.A. 2006. Fertilization and plant population density effects on the productivity of Opuntia ficus indica in northeast Brazil. Acta Hort. 728:189-192 http://www.actahort.org/books/728/728_26.htm
- Velasco, E., Lara G. 1994. Nutrición y metabolismo de los macronutrientes en nopal (Opuntia ficus indica) Investigación de suelos áridos y rehabilitación 8(3): 235. 246.