

Evaluación de la producción de forraje de tuna (*Opuntia ficus indica*) como respuesta a densidades de plantación y fertilización química en Pasorapa

Litza Lorena Lazarte Camacho ¹; Hernán Campos Garvizu ²

¹ Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias - UMSS

² Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" - UMSS

E mail: cifUMSS@yahoo.com

Resumen. 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. Por tal razón el Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", trabaja con la tuna como alternativa de uso forrajero desde el año 2013, habiendo iniciado su trabajo, con colectas de material vegetal de diferentes lugares del país. Es de suma importancia el contar con tecnología en el manejo agronómico de la tuna para forraje, por ello se realizó el presente trabajo de investigación, cuyo objetivo es realizar la evaluación de producción de forraje de tuna, como respuesta a cuatro densidades de plantación con la incorporación de urea y 18-46-00, en una parcela de tuna de la comunidad de Tabacal, municipio de Pasorapa. La parcela de investigación se estableció bajo un diseño de parcelas divididas. Durante el año agrícola 2018, se aplicó 200 kg/ha de urea comparando con 200 kg/ha de fosfato di amónico (18-46-00). Previamente a la fertilización química, se realizó la incorporación de tierra vegetal, a razón de 10 t/ha y una poda de uniformización de las plantas de la parcela. Con la mayor densidad empleada (10000 plantas/ha) se obtuvo 1.56 t/ha de materia seca en condiciones de Tabacal, al incorporar urea o fosfato di amónico, después de un año de aplicación del fertilizante; con el fosfato diamónico se obtuvo el mayor rendimiento de materia seca.

Palabras clave: Tuna forrajera; Fertilización química; Población de plantas

Abstract: Evaluation of the forage production of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) as an answer to planting densities and chemical fertilization in Pasorapa. The *Opuntia* genus presents a particular interest for its capacity for adaptation, development, and multiplication from medium to extreme arid conditions, in areas where other species are difficult to settle or produce biomass, in the same proportions that cacti can. For this reason, "La Violeta" Forage Research Center has been working with the prickly pear as an alternative for forage using, since 2013. They have started his work, with plant material collections from different parts of the country. It is very important to have appropriated technology in agronomic management of prickly pear for forage, therefore, this research has been conducted, with the objective to carry out the evaluation of prickly pear forage production, in response to four planting densities with application of urea and 18-46-00, in a parcel of prickly pear in the community of Tabacal, municipality of Pasorapa. The parcel researched was established under a divided design. During the 2018 agricultural year, 200 kg/ha of urea has been applied, compared to 200 kg/ha of phosphate d'ammonium (18-46-00). Before chemical fertilization, the topsoil incorporation was carried out, at a rate of 10 t/ha, and the plants in the parcel had a uniformization pruning. With the highest

density of plants used (10,000 / ha), a 1.56 t/ha of dry matter was obtained under Tabacal conditions. By incorporating urea or phosphate d'ammonium, after one year of application of the fertilizer; the highest yield of dry matter has been obtained.

Keywords: Forage tuna; Chemical fertilization; Plant population

Introducción

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 (Reynolds y Jiménez, 2003). Por otra parte, la producción de ganado permanece como la principal fuente de ingreso de las poblaciones rurales de las zonas secas. Es un componente clave de los sistemas de producción resilientes y es un indicador de riqueza. Sin embargo, el sector enfrenta numerosos retos incluyendo la disponibilidad de alimento y el cambio climático. La productividad de los pastizales es usualmente baja (<5 t/año en materia seca) con bajos rendimientos de materia consumible (<1 t/ha/año), conduciendo a una baja capacidad de carga animal (12-15 ha para sostener una vaca adulta) (Dubeux *et al.*, 2017).

La tuna es bien conocida en Bolivia, donde tiene múltiples usos. La producción se concentra en Cochabamba, Chuquisaca, Sucre, Tarija, Potosí y La Paz, en áreas con 350-640 mm de lluvia anual

y altitudes de 1500 a 3000 msnm. En años recientes, la tuna ha sido promovida con especial énfasis, en el Municipio de Pasorapa, por el Gobierno Autónomo Municipal de esa localidad, apoyado por el Centro de Investigación en Forrajes (CIF) de la Universidad San Simón, que trabaja con la tuna como alternativa forrajera desde el año 2013, iniciando con colectas de material vegetal de diferentes lugares del país. Teniendo la base genética, en este caso de tuna como forraje, es de suma importancia el contar con tecnología en el manejo agronómico de este material. Por ello se realizó el presente trabajo de investigación cuyo objetivo es realizar la evaluación de producción de forraje de tuna, como respuesta a cuatro densidades de plantación y la incorporación de urea o 18-46-00, durante un ciclo de producción, en una parcela de tuna de la comunidad de Tabacal, Municipio de Pasorapa.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la comunidad de Tabacal (comunidad cercana a Pasorapa) cuya latitud Sud es de 18°23'14.1", longitud Oeste: 64° 37'42.8", a una altitud de 2037 msnm. Se registra una precipitación promedio de 300 mm/año, que además es dispersa y de irregular distribución; es de clima seco (AGRECOL Andes, 2021).

La parcela de investigación se estableció en un diseño de parcelas divididas, con arreglo factorial de 4 * 2 (densidades * fuente química de fertilización), con 4 repeticiones.

La fecha de plantación fue el 18 de marzo de 2015 (figuras 1 y 2 en Tabacal).



Figura 1. Aplicación de materia orgánica en surco, al momento de plantación



Figura 2. Plantación de tuna en Tabacal en marzo de 2015, en una parcela que ya tenía maíz en crecimiento

La parcela del cooperante para la implementación del ensayo, al momento de la plantación, estaba cultivada con maíz en una primera etapa de desarrollo. La plantación de la tuna no interfirió en el maíz, más al contrario, fueron complementarios, al ofrecer el maíz, la suficiente cantidad de sombra para evitar el daño a las pencas plantadas, por golpe de sol.

Para la determinación de la densidad óptima en la producción de forraje de tuna, se emplearon las siguientes densidades:

Código	Densidad (plantas/ha)	Distanciamiento (m)
1	2500	2 * 2
2	3333	2 * 1.5
3	5000	2 * 1
4	10000	2 * 0.5

La plantación fue realizada en surcos espaciados a 2 metros, modificándose la densidad únicamente en el espacio de plantas dentro el surco.

En febrero de 2019, se aplicó 200 kg/ha de urea, comparando con 200 kg/ha de fosfato di amónico (18-46-00), para conocer la influencia en la producción de forraje de tuna, en la parcela de Tabacal.

Previamente a la fertilización química, se realizó la incorporación de tierra vegetal a razón de 10 t/ha para mantener humedad en las plantas y para que existan condiciones para una mejor adsorción de los nutrientes de los fertilizantes, por parte de las raíces de tuna. Se realizó también una poda de uniformización de las plantas de la parcela, dejando en *primer piso* (Figura 3). Se realizó la evaluación de rendimiento en materia seca, después de 10 meses desde la aplicación de los fertilizantes químicos.



Figura 3. Poda de uniformización antes del establecimiento del ensayo en Tabacal, en febrero de 2019.

La evaluación en forraje se hizo el 3 de diciembre de 2019.

Resultados y discusión

Fertilización química

El rendimiento en materia seca de forraje de tuna producido en la zona de Tabacal, municipio de Pasorapa durante la gestión 2019 con incorporación de urea y 18-46-00, después de realizado el análisis de varianza, no presenta diferencia estadística significativa (Figura 4).

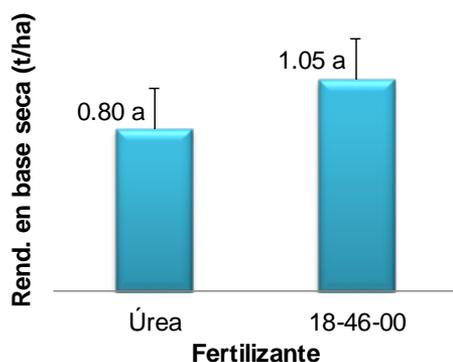


Figura 4. Rendimiento promedio en materia seca de tuna, como respuesta a la aplicación de urea y 18-46-00

Suassuna (2019) indica que no hay producción racional de tuna, sin una debida corrección del suelo y por consiguiente su fertilización.

En base a esta información y al hecho de que la tuna mejora significativamente como alimento cuando está bien nutrida con nitrógeno y fósforo (Felker, 1999), una combinación de fertilizantes orgánicos y minerales, puede ser la mejor opción cuando la disponibilidad de estiércol es baja.

Dubeux y Santos (2005), estimaron que el déficit de nutrientes que ocurre en una plantación de nopal, con altas densidades de plantación (40 mil plantas/ha), y alta productividad (20 t/ha/año en base seca) si se aplican únicamente 20 t/ha de estiércol vacuno.

El nopal frecuentemente responde mejor a la fertilización orgánica que a la fertilización mineral (Mendez y Martinez, 1988 y Santos *et al.*, 1996, citados por Dubeux y Santos, 2005).

Densidades de plantación

Después de realizado el análisis de varianza para el factor *densidades de plantación*, se observó diferencias altamente significativas en el rendimiento de materia seca de forraje de tuna. Como era de esperarse, la densidad de 10000 plantas por hectárea, es la que mayor cantidad de biomasa produjo (1.56 t/ha de MS) y con la menor densidad (2500 plantas por hectárea) se obtuvo el menor rendimiento: 0.45 t/ha en base seca (Figura 5).

Al ser la densidad de plantación un factor numérico, los resultados encontrados se los debe visualizar como una tendencia - en este caso- productiva de biomasa. Así, la Figura 5, muestra también la respuesta lineal creciente, con un Coeficiente de Correlación (r) altamente significativo, que permite estimar que el incremento de biomasa forrajera de tuna, tiene una respuesta directamente proporcional al incremento de la población plantada, por lo menos en una fase de tiempo donde no hay competencia por nutrientes y espacio entre las plantas de tuna, dado el espaciamiento de 2 m entre líneas y el relativamente lento crecimiento de la especie, en condiciones climáticas y edáficas del lugar del ensayo.

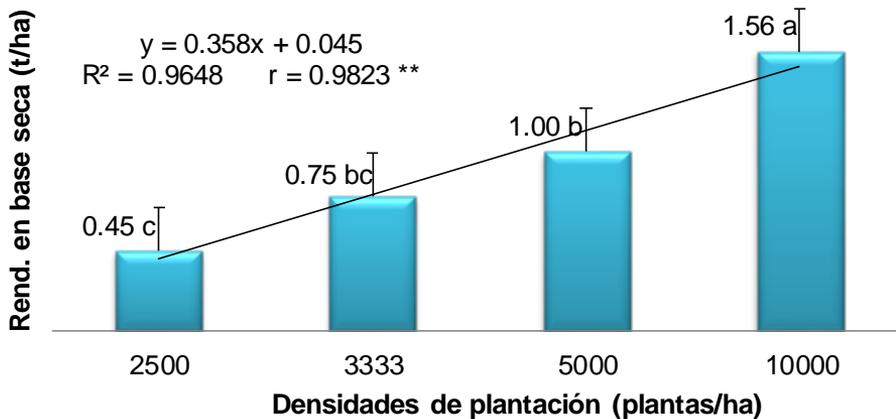


Figura 5. Rendimiento en materia seca (t/ha) de tuna y tendencia productiva, como respuesta a cuatro densidades de plantación en Tabacal (Pasarapa)

Para la plantación son variados los espaciamientos que se pueden aplicar a los cladodios. La densidad de la plantación a ser utilizada, dependerá de las condiciones de suelo y del clima (Nobel, 1994 citado por Suassuna, 2019).

En la interacción fuente de fertilizante con densidad de plantación, no existe diferencia estadística significativa, la densidad de 10000 plantas por hectárea fue la que presentó mayor rendimiento combinado con el fertilizante 18-46-00, con 1.76 t/ha de materia seca por año, en contraste, con la aplicación de 18-46-00, en una densidad de 2500 plantas por hectárea, se obtuvo el menor rendimiento con solo 0.38 t/ha de materia seca.

El nopal (*Opuntia* y *Nopalea*) tiene un alto potencial productivo, el cual es alcanzado únicamente cuando se provee de fertilización adecuada (Silva, 2012 citado por Dubeux *et al.*, 2017).

Un aspecto que es muy importante y que no puede dejarse de lado, es el nivel de extracción de nutrientes por el nopal forrajero, el cual es muy alto debido a la

extracción de cladodios al momento del corte para su aprovechamiento como fuente forrajera. Para ello, se debe tener en cuenta la concentración de nutrientes en los cladodios de nopal, la cual varía con el cultivar, condiciones ambientales y el manejo.

En este sentido, una estimación general, permite considerar una concentración promedio (en base seca), de 0.9% de N; 0.16% de P; 2.58 de K y 2.35% de Ca (Santos *et al.*, 1990, citados por Dubeux, y Santos, 2005) con una productividad anual de 20 t/ha de MS, los nutrientes exportados (kg/ha/año) vía el material cosechado, podría ser de:

- 180 kg de N
- 32 kg de P
- 516 kg de K
- 470 kg de Ca

sin considerar otros macro y micronutrientes (Dubeux y Santos, 2005). Por lo tanto, esta demanda de nutrientes debe ser mantenida para que el sistema sea sustentable en el tiempo (Dubeux *et al.*, 2017).

Conclusiones

- La mayor densidad de plantas es la que mayor cantidad de biomasa produce, al aplicar fertilizante químico, ya sea urea o fosfato di amónico. Así, en condiciones del Municipio de Pasorapa específicamente en la comunidad de Tabacal, al emplear una mayor densidad, se obtiene mayores rendimientos en materia seca de forraje de tuna.
- El utilizar como fuente de fertilizante químico, ya sea urea o 18-46-00, no tiene incidencia significativa, sobre la producción de forraje en tuna. Se obtuvo un mayor rendimiento con 18-46-00 en condiciones de la comunidad de Tabacal, sin diferencia significativa frente a la producción con urea.
- La densidad de plantación de 10000 plantas/hectárea, junto a una fertilización química de 200 kg/ha de fosfato di amónico, y la incorporación de 10 t/ha de abono de origen orgánico, producen 1.56 t/ha de materia seca en condiciones de Pasorapa, después de 10 meses de incorporado el abono orgánico y el fertilizante químico.
- Existe una interacción entre la dosis de fertilización, espaciamiento entre plantas y condiciones ambientales; así, entre más alta sea la densidad de plantación, mayor será la necesidad de fertilizantes.

Referencias citadas

- AGRECOL Andes. 2021. Pasorapa promulga su ley municipal de gestión integral de recursos hídricos. *En línea*. Disponible en: www.agrecolandes.org/pasorapa-promulga-su-ley-municipal-de-gestion-integral-de-recursos-hidricos/ Consultado en junio de 2021.
- Dubeux J., Santos M. 2005. Exigencias nutricionais da palma forrajeira. **In:** R. Menezes, D. Simoes, E. Sampaio (eds). A palma no Nordeste do Brasil: Conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Editora Universitaria UFPE. Recife, Brazil. p. 105-128.
- Dubeux, J. Ben Salem H., Nefzaoui, A. 2017. Forage production and supply for animal nutrition. **In:** Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear. Advanced draf prepared for the IX International Congress on Cactus Pear and Cochineal Cam Crops for a Hotter and Drier World. Coquimbo, Chile, 26-30 March 2017. FAO-ICARDA. Rome. 248 p.
- Felker P. 1999. Producción y utilización de forraje. **En:** Agroecología, cultivo y usos del nopal. Editado por G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta Barrios. FAO-CACTUS-NET. Roma. 222 p.
- Reynolds S., Jiménez E. 2003. Introducción. **En:** El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. p. 1-5. Candelario, M. y Peres, J. (eds.). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal Nro. 169. FAO. Roma. Italia. 172 p.
- Suassuna P. 2019. Tecnología del cultivo intensivo de la tuna. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Argentina. p. 2-3.

Trabajo recibido el 16 de junio de 2021 - Trabajo aceptado el 7 de julio de 2021