

Producción y calidad de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en el Chaco Semiárido

Cavallero, M.I.; Rignonatto, G.M.; Bono, G.R. y Pinto J.J.



INTA EEA Ing. Juárez, 2022



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Introducción

En las zonas áridas y semiáridas, las limitantes más importantes son la sequía, las altas temperaturas y los suelos pobres, a lo que se suma la baja oferta de forraje, la mala calidad de éste y las grandes fluctuaciones de la producción entre años, todo esto en un contexto de cambio climático y aumento poblacional, que hacen imprescindible diversificar la oferta con especies adaptadas a estas condiciones.

A nivel mundial existe un creciente interés en las cactáceas, en particular la tuna (*Opuntia ficus-indica*) debido a sus características únicas, las cuales le proveen resiliencia a las condiciones limitantes existentes en las zonas áridas y semiáridas (Inglese, 2018). Es una planta con metabolismo tipo MAC (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas) que incluye la apertura estomática nocturna cuando la demanda evaporativa es baja, promoviendo de esta manera una alta eficiencia en el uso del agua (Díaz, 2017) y otorgándole resistencia a la sequía, ya que además, almacena cantidades considerables de agua en sus cladodios (Nobel, 1994, 1995). Posee una densa trama de raíces capaces de absorber con gran velocidad la humedad del suelo (Díaz, 2017), y desarrolla características xeromórficas que le permiten sobrevivir períodos prolongados de sequía.

Existe alta variabilidad en el valor nutricional de los cladodios de diferentes especies y variedades. Según Inglese (2018) el valor nutritivo también varía con la estación del año, las condiciones agronómicas y el paquete tecnológico adoptado (textura de suelo, lluvia, fertilización, control de maleza, etc.). En general, los cladodios de tuna son ricos en agua, azúcares, cenizas y vitaminas A y C, pero son deficientes en proteína cruda y fibra (Ben Salem et al., 1996; Le Houerou 1996; Batista et al., 2003a y b).

En contraste con otros forrajes y cultivos forrajeros los cuales necesitan ser almacenados (heno o ensilado), la tuna es un cultivo siempreverde y puede ser usado todo el año. El modo natural y probablemente el más eficiente de usar es cortar los cladodios y suministrarlos sin ningún proceso (Inglese, 2018).

La productividad del cultivo de la tuna en la zona semiárida de Santiago del Estero, es entre 50 y 100 toneladas de forraje verde por hectárea por año (Rossi, 1985). Flores-Ortiz y Reveles-Hernández (2010), clasifican a las plantaciones de tuna en tres niveles de acuerdo a la producción de forraje y frutos, expresados en materia verde; así tenemos plantaciones pobres que producen 25.000 kg/ha/año, medianas de 50.000 a 75.000 kg/ha/año y plantaciones de muy buena condición que producen hasta 125.000 kg/ha/año.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción anual y la calidad nutricional de dos cultivares de tuna (*Opuntia ficus indica*) con cuatro años de implantación.

Materiales y métodos:

El ensayo se realizó en el predio de la Federación de Asociaciones de Productores del Extremo Oeste (F.A.P.E.O.), ubicado en la localidad de Ingeniero Juárez, Departamento Matacos, Formosa, sobre un suelo franco-limoso. El clima es subtropical continental semiárido con época seca definida, correspondiendo a la región climática BSh (Peel, et al., 2007). La precipitación media anual es de 650

Producción y calidad de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en el Chaco Semiárido

mm, concentrando el 80% de las mismas en los meses de noviembre a abril. La temperatura media anual es de 23°C con máximas que superan los 47°C y mínimas de -5°C en invierno. La evapotranspiración potencial media anual es superior a 1.300 mm, ocasionando un balance hídrico negativo a lo largo del año (Zurita et al., 2014). La precipitación durante el periodo evaluado fue de 606 mm, un 7% inferior al promedio anual.

La plantación se realizó en el año 2016, con un marco de 2m X 1m, y una densidad de 5.000 plantas/ha. La unidad experimental fue cada planta de 4 años de edad de los cultivares doble propósito Italiana Anaranjada y AR8, con 7 repeticiones para cada cultivar. En el mes de octubre del 2020 se realizó la poda de emparejamiento, dejando todas las plantas con tres niveles de cladodios (Fig. 1a y b).

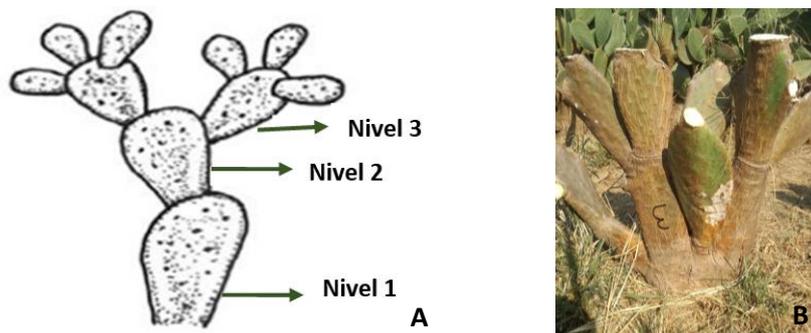


Fig. 1: A- Esquema de planta de *Opuntia* con 3 niveles de cladodios. B- Foto de planta de *Opuntia* luego de la poda de emparejamiento.

En octubre del 2021 se cortó todo el material producido durante el año y se registró la cantidad y peso, separando los cladodios maduros de los brotes de cada planta. Una alcuota de cladodios maduros y otra de brotes tiernos de cada planta fue llevada a estufa a 65°C hasta llegar a peso constante. Se realizaron determinaciones de materia seca (%MS), proteína bruta (%PB), fibra detergente neutra (%FDN) y fibra detergente ácida (%FDA), tanto para los cladodios maduros como para los brotes. La digestibilidad de la materia seca (%DMS) y la energía metabolizable (EM) se estimaron mediante las siguientes fórmulas: $DMS (\%) = 88,9 - (FDA * 0,779)$ y $EM (Mcal/kgMS) = 3,61 * DMS$ (Di-Marco, 2011). El análisis de datos se realizó con el programa INFOSTAT versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar cada cultivar, y en las variables de interés se realizó un ANOVA para comparar entre los cultivares y entre cladodios maduros y brotes dentro de cada cultivar.

Resultados y discusión

No hubo diferencias significativas en el rendimiento entre cultivares ($p > 0,05$) con valores de peso fresco (PF) promedio de 65.874 kg/ha (13,17 kg/planta) para AR8 y 86.313 kg/ha (17,26 kg/planta) para Italiana Anaranjada, presentando una gran variabilidad dentro de cada cultivar. Los valores obtenidos por planta en la variedad italiana resultaron levemente menores a lo reportado por Urbitea (2005) quien obtuvo 20,5 kg/planta, con un rendimiento por ha considerablemente más bajo (12.785 kg/ha), ya que la densidad de plantas/ha fue menor (625 plantas/ha).

Los valores de peso seco (PS) promedio fueron de 6.076 kg/ha para AR8 y 7.517 kg/ha para Italiana Anaranjada. Esta importante diferencia entre los valores de PF y PS es resultado de la gran cantidad de agua que posee esta especie (91% en ambos cultivares) (Fig. 2) y fue mayor en los brotes con respecto a los cladodios maduros, coincidiendo con Inglese (2019).

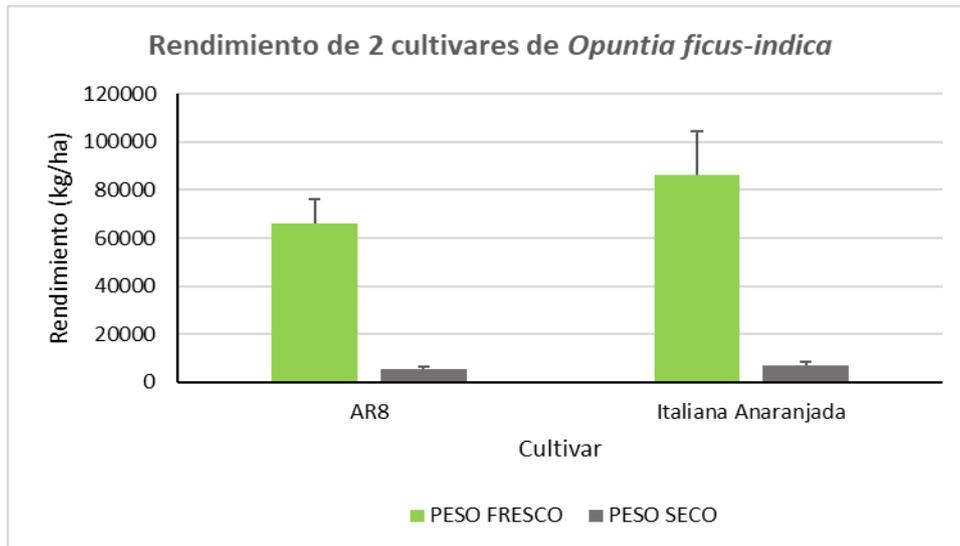


Fig. 2: Rendimiento en peso fresco y peso seco, expresado en kg/ha, para dos cultivares de *Opuntia ficus-indica*. Las barras indican el E.E.

Durante el periodo de un año, todas las plantas, independientemente del cultivar evaluado, aumentaron 2 niveles, generando cladodios maduros en un nivel y brotes en el nivel siguiente. El mayor porcentaje de la biomasa producida se debió a los cladodios maduros, que representaron el 91% del peso fresco en el cv. AR8 y el 90% en el cv. Italiana Anaranjada, correspondiendo el valor restante a los brotes (Fig. 3).

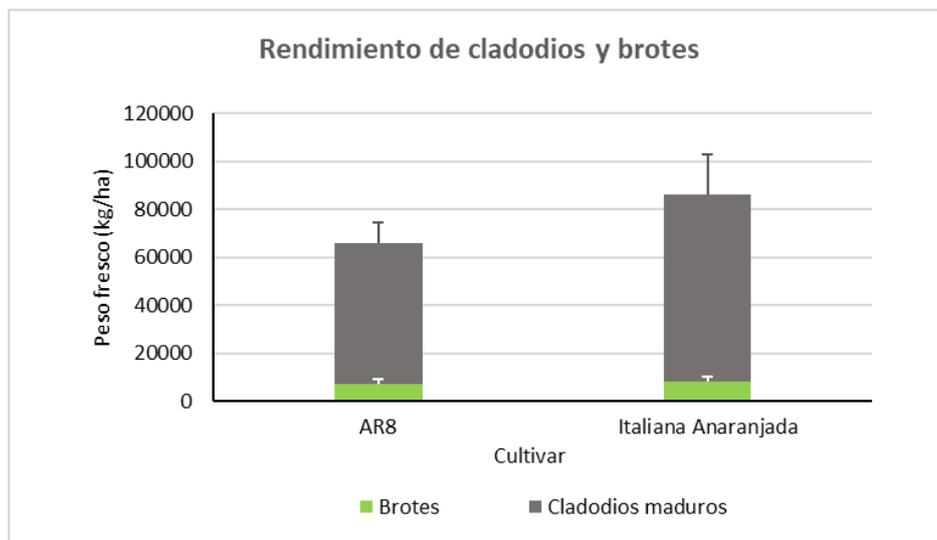


Fig. 3: Rendimiento en peso fresco, expresado en kg/ha, para cladodios maduros y brotes de dos cultivares de *Opuntia ficus-indica*. Las barras indican el E.E.

Se observó una gran variabilidad entre plantas del mismo cultivar con respecto a la cantidad total de cladodios generados en un año (tanto maduros como brotes), variando entre 31 y 142 cladodios

totales para Italiana Anaranjada y entre 29 y 96 para AR8, sin observarse diferencias significativas entre cultivares ($p > 0,05$). Sin embargo, fue posible encontrar diferencias ($p < 0,05$) en la cantidad de brotes nuevos producidos por cada cultivar, siendo mayor en el cv. Italiana Anaranjada (40,6 brotes promedio/planta), con respecto al cv. AR8 (17,4 brotes promedio/planta) (Fig. 4). El peso fresco promedio de cada cladodio fue de 240 gr para el cv. AR8 y de 280 gr para el cv. Italiana Anaranjada. Los brotes tuvieron un peso fresco considerablemente menor, siendo 70 gr para el cv. AR8 y 40 gr para el cv. Italiana Anaranjada.

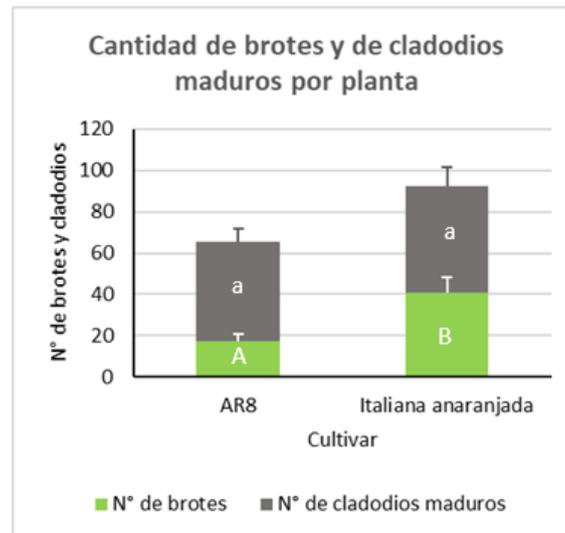


Fig. 4: Cantidad de brotes y de cladodios maduros generados en un año en dos cultivares de *Opuntia ficus-indica*. Las barras indican el E.E. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas: brotes y letras minúsculas: cladodios maduros.

La altura de las plantas luego de un año no difirió significativamente entre cultivares ($p > 0,05$), registrándose valores promedio de 1,45 m. Ambos cultivares aumentaron su altura con respecto a la situación inicial (poda de emparejamiento) en un 41%.

El porcentaje de proteína bruta del material cosechado (brotes y cladodios maduros) fue significativamente diferente ($p > 0,05$) entre los cultivares (Tabla 1), siendo superior en Italiana Anaranjada (5,20%) y menor en AR8 (4,35%). Estos valores de PB coinciden con lo reportado por Inglesse (2018) y son superiores a los de Arroquy y Ochoa (2005), aunque son menores a los informado por Urbitea (2005) para esta especie en el NO de Córdoba. Por otra parte, y coincidiendo con lo esperado, los brotes de ambos cultivares presentaron valores promedio de PB superiores a los cladodios maduros (11,50% y 4,24%, respectivamente) debido a que las partes más jóvenes de las plantas presentan mayores concentraciones de nitrógeno. Si bien los valores de PB de los brotes resultan interesantes, al representar éstos una baja proporción dentro de la planta, su contribución a la PB total es baja.

Los valores de FDN obtenidos en este estudio presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre cultivares (Tabla 1), siendo superiores al promedio reportado por Inglesse (2018) para diferentes especies de *Opuntia* (18-30%) y similar al 46,6% obtenido por Arroquy y Ochoa (2005). Sin embargo, la FDA, DMS y EM no difirieron significativamente entre cultivares, presentando valores de 18,7%, 75,8% y 2,7 Mcal/kg MS, respectivamente (Tabla 1), indicando una calidad levemente inferior a la

reportada por Urbitea (2005). Con respecto a estos parámetros de calidad, los valores de *Opuntia ficus-indica* resultaron mejores que los de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic en diferido (Cavallero et al., datos no publicados).

Tabla 1: Parámetros de calidad de dos cultivares de *Opuntia ficus-indica*: Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Digestibilidad de la Materia Seca (DMS) y Energía Metabolizable (EM) \pm error estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p > 0,05$).

Cultivar	AR8	Italiana Anaranjada
MS (%)	9,36 \pm 0,27 A	8,93 \pm 0,40 A
PB (%)	4,35 \pm 0,14 A	5,20 \pm 0,24 B
FDN (%)	43,48 \pm 1,88 A	53,05 \pm 2,81 B
FDA (%)	16,82 \pm 0,87 A	16,91 \pm 1,10 A
DMS (%)	75,80 \pm 0,68 A	75,73 \pm 0,86 A
EM (Mcal/kg MS)	2,74 \pm 0,02 A	2,73 \pm 0,03 A

En función de los valores obtenidos en este ensayo, se evalúa el aporte nutricional de *Opuntia ficus-indica* en la dieta de caprinos y bovinos.

El requerimiento de proteína bruta para mantenimiento de una cabra de 40 kg de PV, se puede estimar, según Roig (2003) como: 4,15 g PB x (PV)^{0,75}, resultando en **66 gr PB/día**. Mientras que el requerimiento de energía metabolizable de mantenimiento (EM_m) según diferentes autores (Elizondo-Zalazar, 2008; Giraud, 2009; Pitacas, 2015), se obtiene mediante: 120 Kcal x (PV)^{0,75}. Utilizando el mismo ejemplo, para una cabra de 40 kg de PV se necesitarían **1,91 Mcal EM/día**. En sistemas intensivos, se debe considerar un 20% adicional de EM_m y un 50% en los extensivos, cuando recorren una distancia de 4 a 5 km/día. Otros factores que afectan el requerimiento de EM_m son la condición corporal y el estado fisiológico de la cabra (seca, preñada o en lactancia), entre otros.

Según García et al. (2001), el consumo de tuna varía entre 3 a 5 kg/cabra/día. En la tabla 2 se puede observar que, con un consumo diario de 5 kg de tuna fresca, no se llegan a cubrir los requerimientos diarios de PB ni de EM_m. Esto indica que, la tuna puede ser utilizada como un componente dentro de la ración, pero no como único forraje. Su principal aporte es el agua, pudiendo ayudar a cubrir dichas necesidades en épocas de déficit hídrico.

Tabla 2: Aporte de Agua, Materia Seca (MS), Energía Metabolizable (EM) y Proteína Bruta (PB) de dos cultivares de *Opuntia ficus-indica*, correspondiente a un consumo de 5 kg de materia fresca/día.

Cultivar	AR8	Italiana Anaranjada
Agua (kg)	4,53	4,55
MS (kg)	0,47	0,45
EM (Mcal)	1,29	1,23
PB (g)	20,45	23,40

Para cubrir el requerimiento de EM_m de una vaca de cría de 400 kg, que según Balbuena (2003) es de 12 Mcal EM/día, se necesitarían **49,7 kg/día** de materia fresca del cv. Italiana Anaranjada, siendo una cantidad que el animal podría ingerir (Pitacas, 2015). Con respecto al requerimiento de PB para mantenimiento, Wilkerson, et al. (1993) la estiman mediante la proteína metabolizable (PM), como: 3,8 gr PM x (PV)^{0,75}, resultando en 340 gr PM/día. Realizando la conversión a PB según Mac Loughlin

(2007), el requerimiento diario para el mantenimiento, sería de 453 gr, lo que representa **97,4 kg/día** de materia fresca del cv. Italiana Anaranjada. Esto indica que, una dieta basada en el cv. Italiana Anaranjada, permitiría cubrir los requerimientos de energía, pero sería necesario suplementar con algún concentrado proteico.

Conclusiones

- ✓ Los cultivares Italiana Anaranjada y AR8 tuvieron un comportamiento similar en la mayoría de los parámetros evaluados, a excepción de la cantidad de brotes, el total de cladodios por planta, la proteína bruta y la fibra detergente neutra, que fueron superiores en el cv. Italiana Anaranjada.
- ✓ Una plantación de tuna con una densidad de 5.000 plantas/ha, ofrece entre 65 y 86 tn/ha/año de forraje fresco.
- ✓ Su bajo contenido de fibra hace que supere en DMS y EM al diferido de *M. maximus* cv. Gatton panic.
- ✓ Dado su elevado contenido de agua, el uso de tuna como forraje permitiría disminuir el consumo de agua de los animales, cobrando mayor importancia en épocas de sequía.
- ✓ De acuerdo a los valores de materia seca, proteína y energía metabolizable, la tuna puede ser utilizada como un componente dentro de la ración, pero no como único forraje.

Agradecimientos

Proyecto Local Diversificación de la Oferta Forrajera en el Chaco Semiárido, FAPEO, participantes de Entrenamientos Laborales y personal de campo de INTA EEA Ing. Juárez.

Bibliografía

- Arroquy, J.I. y Ochoa, J. (2005). Estudio exploratorio del valor nutritivo de especies de *Opuntia* en Santiago del Estero (Argentina). Aprovechamiento integral de la tuna. Cactusnet Número Especial 2005; 10:9-11.
- Batista, A.M.; Mustafa, F.A.; McAllister, T.; Wang, Y.; Soita, H. y McKinnon, J.J. (2003a). Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. J. Sci. Food Agric., 83:440–445.
- Batista, A.M.V.; Mustafa, A.F.; Santos, G.R.A.; De Carvalho, F.F.R.; Dubeux, J.C.B.; Lira, M.A. y Barbosa, S.B.P. (2003b). Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. J. Agron. Crop Sci., 189:123–126.
- Ben Salem, H.; Nefzaoui, A.; Abdouli, H. y Ørskov, E.R. (1996). Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. inermis) on intake and digestion by sheep fed straw-based diets. Anim. Sci., 62:293–299.

- Díaz, R. F. (2017). Calidad nutritiva del forraje de *Opuntia ficus indica* (L.) Mill sometida a fertilización en condiciones de secano (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Rioja sede Universitaria Chamental).
- Di-Marco O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. Sitio Argentino de Producción Animal. En: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L, Tablada, M. y Robledo, C.W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2008). Requerimientos Nutricionales de Cabras Lecheras. I. Energía Metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 19(1):115-122.
- Flores-Ortiz, M.A., y Reveles-Hernández, M. (2010). Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal". Nuevo León, México: RESPYN, 198-210.
- Giraudó, C.G. (2011). Suplementación de ovinos y caprinos. 1a ed. Ediciones INTA, Bs. As. 53pp.
- Inglese, P. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. Roma, 229 pp.
- Le Houérou, H.N. (1996). The role of cacti (*Opuntia spp.*) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *J. Arid Environ.*, 33:135–159.
- Mac Loughlin, R.J. (2007). Proteína metabolizable y la nutrición de bovinos para carne. En: *Bovinos para carne; sección: Fisiología digestiva y manejo del alimento*, N° 112.
- Nobel, P.S. (1994). Remarkable agaves and cacti. New York, USA, Oxford University Press. 180 pp.
- Nobel, P.S. (1995). Environmental biology. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agroecology, cultivation and uses of cactus pear*, pp. 36–48. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO.
- Peel, M.C.; Finlayson, B.L. y McMahon, T.A. (2007). Mapa mundial actualizado de la clasificación climática de Köppen-Geiger. *Hidrología y ciencias del sistema terrestre*, 11 (5):1633-1644.
- Pitacas, F.I.D.O. (2015). Avaliação nutricional e utilização de *Opuntia spp.* na alimentação de pequenos ruminantes (Tesis doctoral), pp 61.
- Roig, C.A. (2003). Alimentación del Ganado Caprino. Sitio argentino de producción animal. INTA-EEA Colonia Benítez, 22 pp.

- Rossi, C.A. (1985). Utilización de la penca (*Opuntia spp*) en los sistemas de producción de carne en zonas áridas y semiáridas cálidas. IV Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas, Salta, Argentina, 521-536.
- Urbitea, A. (2005). Nutrición en las cabras: la penca como forrajera. Proyecto Regional Caprino, E.E.A INTA Manfredi, Boletín Técnico N° 1:24-28.
- Wilkerson V.A., Klopfenstein, T.J., Britton, R.A. Stock, R.A y Miller, P.S. (1993). Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. J. Anim. Sci. 71:2777 – 2784.
- Zurita, J.J.; López, A. E. y Brest, E. F. (2014). Carta de Suelos de la República Argentina. Los Suelos del área piloto Ing. Guillermo Nicasio Juárez. Ediciones INTA, 188 pp.

Anexo fotográfico



Foto 1. Corte de emparejamiento.



Foto 2. Crecimiento de un año.



Foto 3. Corte de cladodios maduros y brotes.



Foto 4. Pesaje de cladodios.



Foto 5. Muestras secándose en estufa.