



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

TRABAJO FINAL DE CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO: “Evaluación de la respuesta a la fertilización otoñal en la Estepa de halófitas de un pastizal de la Cuenca del Salado”.

ALUMNA: Micaela Seguí

LEGAJO: 28000/9 DNI: 39791526

CORREO ELECTRÓNICO: sequimicaela@gmail.com

TELÉFONO: +54 0221 15-5945799

DIRECTORA: Bárbara Heguy

CODIRECTOR: Luciano Lamarche

CARRERA: Ingeniería agronómica

FECHA: 12/11/2020

TÍTULO: "Evaluación de la respuesta a la fertilización otoñal en la Estepa de halófitas de un pastizal de la Cuenca del Salado".

MODALIDAD: "Investigación en cualquiera de los campos de las Ciencias Agrarias y Forestales."

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
MATERIALES Y MÉTODOS	7
	RESULTADOS
	11
	DISCUSIÓN
	15
	Bibliografía
	18

RESUMEN

La ganadería de la Cuenca del Salado se caracteriza por la predominancia de sistemas extensivos, sustentados en el aprovechamiento de pastizales naturales. La cuenca del Salado, a diferencia de otras regiones del país, tiene un gran potencial para generar mucho más forraje del que hoy se produce en condiciones sostenibles. Este trabajo se propone evaluar la respuesta a la fertilización otoñal en la PPNA de la comunidad de Estepa de Halófitas (EH) de un pastizal natural de la Cuenca del Salado. Para el diseño experimental se utilizó un Diseño de Bloques al Azar (DBA), se delimitó una superficie de 200 m² de la comunidad EH, y se dividió en subparcelas de 3x3 m, en las cuales se aplicó cada uno de los tratamientos al azar. Los tratamientos fueron Nitrógeno (N), Fósforo (P), Nitrógeno+Fósforo (NP) y Testigo, (n=12). Las dosis aplicadas de nitrógeno y fósforo fueron de 46 kg/ha y 10,5 kg/ha respectivamente. La PPNA se estimó por el método de los incrementos positivos. Se sumaron los incrementos positivos de biomasa verde de los grupos funcionales que componen el pastizal y, a su vez, se consideraron la senescencia y la descomposición como eventos simultáneos a la producción. Los datos de PPNA permitieron estimar la receptividad con la fórmula presentada por Golluscio (2009). La fertilización otoñal evaluada en este trabajo tuvo efectos positivos sobre la PPNA de la comunidad Estepa de halófitas. Los resultados de esta investigación muestran que la fertilización combinada de NP en la comunidad EH del pastizal natural aumentó la productividad primaria neta en un 78%, durante el período total del ensayo (otoño-invierno). Las TC durante el otoño estimadas fueron: T: 17,3 kgMS/ha/día; N: 15,31 kgMS/ha/día; NP: 19,52 kgMS/ha/día, P: 13,79 kgMS/ha/día, y no se encontraron diferencias significativas entre ellas. Durante el invierno las TC estimadas fueron ; T: 4,18 kgMS/ha/día; N: 7,15 kgMS/ha/día; P: 9,43 kgMS/ha/día; NP: 16,58 kgMS/ha/día siendo esta última significativamente mayor que el testigo. El aumento de la PPNA debido a la fertilización con NP en este período permitió incrementar la receptividad invernal de esta comunidad de 0.17 Ev/ha a 0.69 Ev/ha. Si bien los datos del presente trabajo son muy promisorios, se requiere profundizar en la investigación sobre fertilización de pastizales naturales, y en particular la respuesta en esta comunidad muy compleja por el tipo de suelo que presenta.

INTRODUCCIÓN

La ganadería de la Cuenca del Salado se caracteriza por la predominancia de sistemas extensivos, sustentados en el aprovechamiento de pastizales naturales y con una escasa participación de recursos implantados (Vázquez et al., 2008). Debido al proceso de agriculturización ocurrida en el país (Rearte, 2011), ha ocurrido un reordenamiento regional, donde la Cuenca del Salado se convirtió en el área con la mayor concentración de vacas de cría del país (Maresca, 2018) con la mitad del stock de la provincia de Buenos Aires y el 17% del stock nacional (SENASA, 2017). La cuenca del Salado, a diferencia de otras regiones del país, tiene un gran potencial para generar mucho más forraje del que hoy se produce en condiciones sostenibles. Sin embargo, se observa que en general el aumento de carga no es acompañado con adopción de tecnologías, como puede ser la fertilización, que favorece incrementos en la producción de forraje (Maresca, 2018).

La Cuenca del Salado, perteneciente a la región Pampa Deprimida, es una llanura extensa de escasa pendiente donde el agua de escurrimiento no alcanza a formar una red de drenaje desarrollada. Si bien el clima es templado sub-húmedo con distribución de lluvias a lo largo del año, son frecuentes los excesos de lluvia en el invierno y los déficits en verano (Lemcoff, 1992). El hidromorfismo y el halomorfismo son procesos característicos de los suelos de esta subregión y pueden presentarse de manera simultánea (Batista, 2005). Si bien la región es una llanura, su heterogeneidad topográfica, geomorfológica y edáfica es evidente. Como consecuencia, el pastizal tiene una notable heterogeneidad en la composición florística, compuesto por diferentes comunidades vegetales. Esta heterogeneidad del pastizal de la Pampa Deprimida fue descrita primero por Versvoorst (1967) y luego en una serie de estudios fitosociológicos conducidos por Rolando León y sus colaboradores (León, et al. 1979; Batista, et al., 1988; Burkart, et al., 1990, 1998, 2005). Los diferentes estudios fitosociológicos fueron luego sintetizados en una clasificación general de las

comunidades vegetales del pastizal en 5 grandes grupos. Una de estas unidades de vegetación es la Estepa de halófitas (Perelmant, et al., 2001; Burkart, et al., 2005).

La Estepa de halófitas se asocia a una geomorfología de planicies deprimidas, a los bordes de depósitos eólicos o de lagunas, esta unidad ocupa un 16% de la Pampa Deprimida, particularmente en el área de la albufera atlántico-platense. La presencia de esta comunidad se corresponde a suelos de tipo Natracualf, suelos con horizonte superficial muy somero, en algunos casos concentración de sales en la superficie. Se trata de suelos muy pobres en carbono orgánico y con alto contenido de sodio que presentan problemas de anegamiento intercalados con déficits hídricos en el verano (Batista et al. 2005). Si bien esta unidad es muy fácilmente diferenciable de las otras desde el punto de vista florístico, reúne a una heterogeneidad bastante amplia de comunidades. Los rasgos más comunes son la alta dominancia de especies del género *Distichlis spp.* y, en los extremos más salino-sódicos, la dominancia de especies de los géneros *Spartina sp.* y *Salicornia sp.* Las especies acompañantes más frecuentes son *Sporobolus pyramidatus*, *Hordeum stenostachys*, *Puccinellia glaucescens*, *Pappophorum mucronulatum*, *Spergula sp.*, *Lepidium sp.* y *Acicarpa procumbens*. (Burkart et al., 2005).

Estos ambientes bajos de la Región Pampeana, presentan habitualmente baja PPNA y pocas especies de valor forrajero (Cauhépé y Hidalgo, 2005) como consecuencia de factores abióticos, bióticos y antrópicos que interactúan entre sí. Los principales factores son el alto grado de sodicidad de los suelos, la escasa disponibilidad de fósforo edáfico y el inadecuado manejo del pastoreo, que determina procesos de sobre o sub pastoreo. La interacción de estos factores resulta en la escasez o ausencia de especies de alto valor forrajero, entre ellas las leguminosas (Rodríguez y Jacobo, 2012).

La producción primaria neta aérea (PPNA) es la tasa de generación de alimento para el ganado y se vincula con la receptividad o capacidad de carga de los sistemas pastoriles (Oesterheld et al., 1999). La PPNA y la dinámica de nutrientes en el suelo de los pastizales son reguladas por diferentes factores bióticos y abióticos, que pueden afectar de manera diferente a las comunidades vegetales. La PPNA presenta alta variabilidad que se manifiesta en el tiempo (intra e inter anual) y en el espacio (sitios, potreros) a diferentes escalas (Lauenroth y Sala, 1992). Se ha demostrado que la PPNA está estrechamente relacionada con la precipitación anual media, el efecto del fuego, el pastoreo y la variabilidad climática con especial importancia de las

fluctuaciones en las precipitaciones. (Oosterheld et al., 1999). A nivel local, la producción primaria puede estar limitada por un conjunto de factores, como la interceptación de la luz, la disponibilidad de agua y el reciclado de nutrientes, que a su vez son mayormente regulados por la temperatura y las precipitaciones. (Chapin et al., 2002).

En el caso de la nutrición mineral, aunque es conocido que el enriquecimiento de nutrientes es ampliamente beneficioso para las plantas, las plantas silvestres pueden ser divergentes en su economía de los nutrientes (Grime, 1979). En muchos ecosistemas la adición de nutrientes ha beneficiado a algunos grupos de plantas y reducido la diversidad de especies. La fertilización modifica la composición botánica del pastizal, con la aplicación de nitrógeno se favorece las gramíneas en decremento de las leguminosas, y con fertilización fosforada la situación es a la inversa (Aydin y Uzún, 2005). Esto se debe a la alta eficiencia de la utilización de N por las gramíneas y a sus habilidades competitivas en relación a las leguminosas (Aydin y Uzún, 2005).

En los suelos sódicos el exceso el alto contenido de sodio es una de las principales limitantes de la PPNA. La disponibilidad de P en el suelo determina la concentración de P en los tejidos foliares y, a su vez, la cantidad de P que ingiere el ganado bovino. Por lo tanto, en estos ambientes es imprescindible aumentar la disponibilidad de P mediante la fertilización para promover el crecimiento de la vegetación en general y de las leguminosas en particular (Pacente, 2018). Asimismo, la fertilización nitrogenada en pastizales naturales de la Pampa Deprimida es una práctica escasamente adoptada, sin embargo, cubriendo los requerimientos de fósforo, la fertilización nitrogenada invernal generaría un impacto sobre el crecimiento, atenuando el déficit de forraje con lo cual sería posible sostener una mayor carga animal (Fernandez Grecco et al., 1995). Trabajos previos (Marino, 1996; Lattanzi, 1998), han demostrado que las especies de ciclo invernal ven limitado su crecimiento durante el período julio - septiembre como consecuencia de la severa deficiencia de nitrógeno. Uno de los pocos estudios realizados en la Estepa de halófitas, evidenció respuesta a la fertilización con N y P y por lo tanto mayor acumulación de biomasa. La respuesta muestra efectos con dosis medias de P (25) y altas de N (100). No obstante, al ser ambientes complejos los autores recomiendan continuar con la investigación e identificar las variables por las cuales la respuesta a la fertilización no fue mayor (Otondo et al., 2016).

Por lo expuesto anteriormente, interesa conocer si la fertilización nitrogenada y/o fosforada produce cambios en la producción de biomasa de la comunidad Estepa de halófitas y cómo se ve afectada dicha producción con las variaciones estacionales.

Hipótesis

La fertilización fosforada y/o nitrogenada incide positivamente en la PPNA de la Estepa de halófitas y la respuesta está dada según el tipo de fertilizante aplicado.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y/o fosforada otoñal en la PPNA de la comunidad de Estepa de halófitas de un pastizal natural de la Cuenca del Salado.

Objetivos específicos

Evaluar la respuesta de la Estepa de halófitas a la fertilización durante el otoño.

Evaluar el efecto de distintos tipos de fertilizantes (nitrogenados y/o fosforados) en la PPNA de la Estepa de halófitas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El ensayo se realizó en el Establecimiento “El Amanecer” (Figura 1) perteneciente a la Universidad Nacional de La Plata, ubicado en la localidad de Vieytes, Partido de Magdalena.



Figura 1: Imagen extraída de GEOINTA, croquis del establecimiento El Amanecer y detalle del lugar donde se realizó el ensayo. Escala 1:50000

El ensayo se realizó en la comunidad Estepa de halófitas (EH) denominados comúnmente bajos alcalinos. El suelo donde se desarrolla esta comunidad ocupa las áreas bajas; con pendientes inferiores al 0,1%, y se clasifica como Natracualf típico, con reacción alcalina desde superficie y drenaje muy lento. El horizonte superficial (8 cm) es suelto y disperso (carece de estructura) y sus partículas finas entran en suspensión en el agua que se acumula. Luego ante un período de alta evaporación, la disminución del contenido de agua lleva a que el material se deposite formando una película (costra) que impide la normal emergencia de las plantas. Su cobertura es baja, menor al 60%, con presencia de especies como *Chloris berroi*, *Distichlis sp.*, *Sporobolus pyramidatus*, y *Nostoc sp.* (*). Los suelos presentan bajos niveles de materia orgánica, son poco provistos de fósforo, poseen elevados valores de pH por exceso de sodio, baja estabilidad estructural y baja disponibilidad de agua útil y nutriente para las plantas (Alconada et al. 1993).

Se trata de microdepresiones pobremente drenadas, alcalino sódicas y debilmente salinas entre los 12 cm a 54 cm de profundidad. Presenta moteados comunes desde el primer horizonte de 10 cm de profundidad y pH de 8,1. En este mismo horizonte posee un contenido de materia orgánica de 2,79% y contenido de nitrógeno estimado en 0,16%. El horizonte 2B_{tn}, que se extiende desde los 12 cm a los 23 cm de profundidad, presenta pH de 9,2. En este mismo horizonte tiene un contenido de materia orgánica del 1,67% y PSI de 44,9. La conductividad eléctrica es de 2,14 mmhos/cm y el contenido de nitrógeno es de 0,10%.

*Descripción de suelos realizada por el Ing. Agr. Jorge Lanfranco, Profesor Titular de la Cátedra de Edafología FCAYF. UNLP, material inédito.

Diseño experimental

Se llevó a cabo un reconocimiento del área, a fin de identificar tres comunidades del pastizal natural: Pradera húmeda de mesófitas, Pradera de hidrófitas y Estepa de halófitas. Los ensayos se llevaron a cabo en la Estepa de halófitas (Burkart et al., 2005).

Para el diseño experimental se utilizó un Diseño de Bloques al Azar (DBA), con el objetivo de minimizar el error por gradiente de fertilidad, teniendo como factores el tipo de fertilizante y el momento de aplicación. Se delimitó una superficie de 200 m² de la

comunidad EH, y se dividió en subparcelas de 3x3 m, en las cuales se aplicó cada uno de los tratamientos al azar. Las mismas estuvieron excluidas al pastoreo durante el período experimental.

En cuanto a los tratamientos, se fertilizó en otoño, el día 5 de abril, y se analizaron datos del período otoño-invierno. Se aplicaron distintos tipos de fertilizantes, más el tratamiento testigo, con tres repeticiones (n=12)- La diferencia entre los tratamientos radica en la dosis de fertilizante nitrogenado y fosforado utilizado en cada uno (Tabla 1). La dosis de fertilizante fue estimada teniendo en cuenta la descripción de suelos del establecimiento realizada por el Ing. Agr. Jorge Lanfranco y en particular las características de los suelos de la estepa de halófitas.

Tabla 1: Tratamientos del ensayo. Testigo (T), fertilización con nitrógeno (N) (kg.ha⁻¹.de Urea), con fósforo (P) (kg.ha⁻¹. de superfosfato triple) y con nitrógeno y fósforo (NP) (kg de urea y superfosfato triple) expresado en kg.ha⁻¹.

Tratamiento	T	N	P	NP
	(N- ; P-)	(N+ ; P-)	(N- ; P+)	NP (N+ ;P+)
Otoño	0 – 0	100 – 0	0 - 50	100 – 50

La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo en el mes de marzo (comienzo de otoño). Los fertilizantes utilizados fueron: Urea N-gradual (46-0-0) como fuente de nitrógeno (N) y superfosfato triple de calcio (0-21-0-9) como fuente de fósforo (P). Las dosis aplicadas de nitrógeno y fósforo por hectárea fueron de 46 kg/ha y 10,5 kg/ha respectivamente. La aplicación se realizó en forma manual, asignando un tratamiento al azar a cada sub parcela (Tabla 2).

Tabla 2: Asignación de tratamientos al azar en comunidad Estepa de halófitas, el subíndice indica el número de repetición.

P ₁	N ₁	NP ₁	T ₁
N ₂	T ₂	P ₂	NP ₂

P□	NP□	N□	T□
----	-----	----	----

Se efectuaron cortes de material vegetal al azar en todas las repeticiones. Los cortes coincidieron con tres momentos, correspondientes al inicio, mitad y fin de otoño e invierno. Se realizaron en las fechas: corte inicial (5 de abril), corte otoño (25 de mayo) y corte invierno (26 de septiembre) Los mismos se realizaron con tijera al ras del suelo en una superficie de 0.25 m².

Análisis del material recolectado

El material vegetal cosechado se separó en el laboratorio en tres fracciones: (1) biomasa verde, (2) muerta en pie y (3) broza. La biomasa verde se dividió en los diferentes grupos funcionales definidos para este tipo de pastizales (Jacobó et al., 2006): gramíneas anuales y perennes invernales (C3), gramíneas anuales y perennes estivales (C4), dicotiledóneas, monocotiledóneas no gramíneas y leguminosas. Esta tarea se llevó a cabo sólo con el objetivo de tener una apreciación que contribuya a la comprensión de la composición del pastizal, pero los resultados se presentarán en trabajos posteriores. Luego de la separación, el material recolectado fue llevado a estufa para su secado a 60°C hasta peso constante. Con los datos obtenidos se determinó la materia seca (kgMS.ha⁻¹).

La PPNA se estimó por el método de los incrementos positivos (Sala & Austin, 2000). Se sumaron los incrementos positivos de biomasa verde de los grupos funcionales que componen el pastizal y, a su vez, se consideraron la senescencia y la descomposición como eventos simultáneos a la producción. De este modo, se sumaron los incrementos positivos del material muerto en pie cuando éstos eran menores a la disminución de biomasa verde. De la misma forma se sumaron los incrementos positivos de broza cuando éstos eran menores que la disminución de material muerto en pie. Se calcularon las tasas de crecimiento (TC) (kgMS.ha⁻¹día⁻¹) para cada tratamiento, utilizando los valores de PPNA estacional y dividiéndolos por el número de días transcurridos entre cortes para cada estación.

Los datos de PPNA permitieron estimar la receptividad con la fórmula presentada por Golluscio (2009), donde la receptividad ganadera es el resultado del producto entre la PPNA (kgMs.ha⁻¹.año⁻¹) y el índice de cosecha (IC) (kg consumidos. kg producidos⁻¹), valorado en este trabajo como 0,5 (Golluscio, 2009); dividido por el consumo individual anual del animal (CIA): 12 kgMS. animal⁻¹.año⁻¹ (Cocimano et al., 1975).

RESULTADOS

PPNA Otoño

La PPNA estimada en la estación otoño fue similar en todos los tratamientos, no se observaron diferencias significativas por efecto del fósforo, nitrógeno, o su combinación. (Tabla 3).

Tabla 3. Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) (kgMS/ha) de la Estepa de halófitas durante el otoño para cada tratamiento (T: testigo, N: nitrógeno, P: fósforo, NP: nitrógeno-fósforo). Letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$)

Tratamiento	PPNA Otoño kgMS/ha
T (N- P-)	866 ^a
N (N+P-)	765 ^a
P (N- ; P+)	689 ^a
NP (N+ ;P+)	976 ^a

PPNA Invierno

La PPNA estimada durante el período invernal (Tabla 4), fue diferente según el tratamiento utilizado. La fertilización con P fue un 125% mayor con respecto al tratamiento testigo, pero sin diferencia significativa (1169 kgMS/ha vs 518 kgMS/ha).

En el caso del tratamiento combinado NP se estimó un incremento del 297% (2056 kgMS/ha vs 518 kgMS/ha) respecto al testigo.

Tabla 4. Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) (kgMS/ha) de la Estepa de halófitas correspondiente al corte de invierno para cada tratamiento (T: testigo, N: nitrógeno, P: fósforo, NP: nitrógeno-fósforo). Letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$)

Tratamiento	PPNA Invierno
-------------	---------------

	kgMS/ha
T (N- ; P-)	518 ^a
N (N+ ; P-)	886 ^{ab}
P (N- ; P+)	1169 ^{ab}
NP (N+ ;P+)	2056 ^b

PPNA otoño invernal de la Estepa de halófitas

La PPNA estimada para todo el período otoño invernal de la Estepa de halófitas fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el tratamiento con combinación de dos nutrientes (N+P) (Tabla 5). En el caso de la fertilización combinada (NP) el incremento obtenido fue de 78% con respecto al testigo (4008 kgMS/ha vs 2252 kgMS/ha). En los tratamientos con fertilización nitrogenada (N) y en los tratamientos con fertilización fosforada (P) no se observaron diferencias significativas con respecto al testigo, sin embargo se evidencia una tendencia a mayor producción de materia seca que en el testigo sin la aplicación de nutrientes (Figura 2).

Tabla 5: Datos de biomasa acumulada ($\text{kgMS}\cdot\text{ha}^{-1}$) por corte (inicial, otoño e invierno) y tratamiento (T, N, P y NP) en la comunidad EH y cálculo de PPNA total. Letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tratamiento	Corte Inicial kgMS/ha	Corte Otoño kgMS/ha	Corte invierno kgMS/ha	PPNA Total kgMS/ha
T (N- ; P-)	121.33	988	1506	2252.00 ^a
N (N+ ; P-)	121.33	886	1773	2417.33 ^{ab}
P (N- ; P+)	121.33	810	1980	2548.00 ^{ab}
NP (N+ ;P+)	121.33	1097	3153	4008.00 ^b

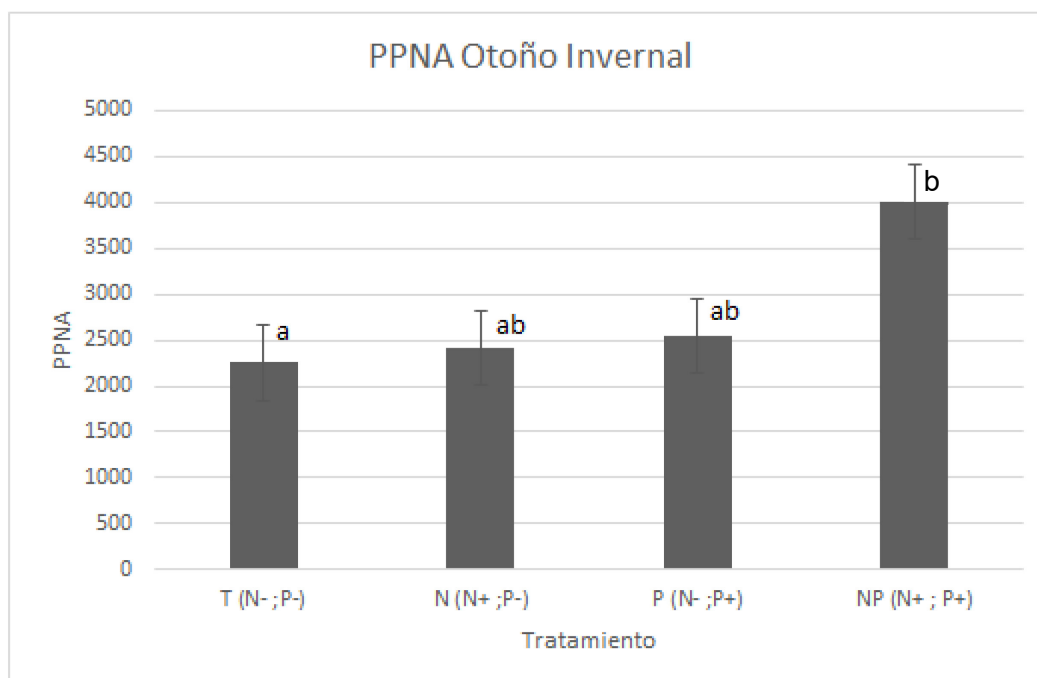


Figura 2: Productividad Primaria Neta (kgMS/ha) para el período otoño invernal para cada uno de los tratamientos (T, N, P y NP) en la comunidad EH. Letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tasa de crecimiento

Se calcularon las tasas de crecimiento (TC) diarias del pastizal (kgMS/ha.día) (Tabla 6) en la comunidad Estepa de halófitas. Para el cálculo de la TC de otoño se tomó la PPNA del período dividido los 50 días transcurridos entre el corte inicial y el corte de otoño, y la TC de invierno se calculó con el período correspondiente a los 124 días transcurridos entre el corte de otoño y el corte de invierno.

Tabla 6: Tasa de crecimiento diaria estacional (kgMS/ha.día) estimada para la comunidad Estepa de halófitas durante el otoño e invierno. Letras diferentes en una misma columna muestran diferencia significativa ($p > 0.05$).

Tratamiento	TC Otoño	TC Invierno
T (N- ; P-)	17,33 ^a	4,18 ^a
N (N+ ; P-)	15,31 ^a	7,15 ^{ab}
P (N- ; P+)	13,79 ^a	9,43 ^{ab}
NP (N+ ;P+)	19,52 ^a	16,58 ^b

En la comunidad EH del pastizal los valores de TC estimados fueron mayores en la estación otoñal que en la invernal. La mayor TC calculado para el período otoño se obtuvo en el tratamiento NP, cuyo valor es de 19,52 kgMS/ha.día, en comparación con valores de 17,33, 15,31 y 13,79 kgMS/ha.día de los tratamientos T, N y P respectivamente. El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas para ninguno de los tratamientos.

Las mayores TC obtenidas durante el período invernal corresponden al tratamiento que contienen fertilización con fósforo y nitrógeno, se estimó una TC de 16,58 kgMS/ha.día para el tratamiento NP. Los tratamientos con P y N tuvieron resultados intermedios con valores de 9,43 kgMS/ha.día y 7,15 kgMS/ha.día respectivamente. El testigo tuvo la menor TC calculada, 4,18 kgMS/ha.día. El único tratamiento con diferencia significativa fue NP, que presentó un incremento del 296% con respecto al testigo.

Receptividad ganadera

Para estimar la receptividad ganadera ($\text{EV}\cdot\text{ha}^{-1}$) se consideró un índice de cosecha de 0,5 y un consumo individual de $12 \text{ kgMS}\cdot\text{cabeza}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ para la categoría vaca de cría con ternero al pie (Golluscio, 2009; Cocimano et al., 1975).

La receptividad de la EH en el otoño sin fertilizar fue de $0,72 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ y en los demás tratamientos con fertilizante se estimó una receptividad de $0,63 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el caso del tratamiento N, $0,57 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el tratamiento P y $0,81 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el tratamiento NP.

La receptividad del pastizal durante el invierno fue de $0,17 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el tratamiento testigo, $0,30 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el tratamiento N, $0,40 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el tratamiento P y $0,69 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el tratamiento NP.

El mayor resultado de receptividad ganadera se obtuvo durante el otoño con el tratamiento que fue fertilizado con NP, con un valor de $0,81 \text{ EV}\cdot\text{ha}^{-1}$. (Tabla 7).

La receptividad ganadera durante el invierno tuvo su mayor valor en el tratamiento NP, con un valor de $0,69 \text{ EV}\cdot\text{ha}$

Tabla 7. Receptividad ganadera estimada (EV.ha⁻¹) para cada tratamiento

Tratamiento	Receptividad otoño EV.ha ⁻¹	Receptividad invierno EV.ha ⁻¹
T (N ⁻ - P ⁻)	0,72	0,17
N (N ⁺ - P ⁻)	0,63	0,30
P (N ⁻ - P ⁺)	0,57	0,40
NP (N ⁺ - P ⁺)	0,81	0,69

DISCUSIÓN

La fertilización otoñal evaluada en este trabajo tuvo efectos positivos sobre la PPNA de la comunidad Estepa de halófitas. Los resultados de esta investigación muestran que la fertilización en la comunidad EH del pastizal natural en otoño con la combinación NP tiene como resultado incrementos en la productividad primaria neta durante el período total del ensayo (otoño-invierno). El aumento de la PPNA total dada por efecto del tratamiento con NP coincide con el meta-análisis de tratamientos de corrección de la fertilidad edáfica realizado por Pacente (2014), estudio que se llevó a cabo en pastizales de la Región Pampeana, y abarcó la totalidad de comunidades que existen en ella. Pacente analizó el incremento de biomasa producido y se destaca en primer lugar el tratamiento con combinación N+P, que en todos los experimentos mostrados en el análisis incrementaron la productividad respecto al pastizal control.

Los tratamientos con P en este trabajo no tuvieron incrementos significativos en la PPNA total e invernal. Sin embargo, otros trabajos han reportado que este nutriente aumenta la proporción de leguminosas en el pastizal. Pero este efecto en las leguminosas solo es observado con bajos niveles de fertilización de N o sin esta, dada la alta competitividad y eficiencia en el uso del nitrógeno por parte de las gramíneas (Aydin et al, 2004).

En este trabajo, no hubo diferencias significativas en el tratamiento con N, pero sí las hubo en su combinación con P. La magnitud de la respuesta a la fertilización nitrogenada expresada en productividad, depende de los niveles de disponibilidad de N en el suelo para ser absorbido y utilizado por las plantas (Houston & Hyder, 1975). Según Marino & Berardo, 2000, la respuesta a la aplicación de N exógeno está condicionada por la disponibilidad de P en el suelo

Los resultados obtenidos corroboran la idea ya generalizada de que el invierno es una etapa de menor producción forrajera en relación al otoño en los pastizales naturales de la región, dadas las condiciones ambientales desfavorables principalmente las menores temperaturas. (Rubio et al, 1995; Sala et al, 1981). La fertilización no logró revertir este descenso en las TC invernales con respecto a las de otoño, sin embargo, la producción se vio incrementada mayormente con respecto al testigo en los tratamientos P y NP.

Los resultados permitieron estimar valores de TC para la Estepa de halófitas y calcular su receptividad durante el período total del ensayo. La receptividad ganadera es una herramienta de utilidad para la utilización sustentable del recurso pastizal, que nos permite compatibilizar la oferta forrajera con los requerimientos nutricionales del ganado. Su utilización debe ser tenida en cuenta para no deteriorar el recurso y permitir el máximo aprovechamiento del mismo.

Si bien los datos del presente trabajo son muy promisorios, se requiere profundizar en la investigación sobre fertilización de pastizales naturales, y en particular la respuesta en esta comunidad muy compleja por el tipo de suelo que presenta. Asimismo es necesario continuar con la evaluación de la composición florística de la comunidad por posibles cambios que puede provocar la introducción de nutrientes en el sistema.

El conocimiento sobre la PPNA y su respuesta a la fertilización en las comunidades que componen el pastizal natural, es fundamental para realizar un uso racional del recurso pastizal. Estas estimaciones permiten el uso de herramientas que estiman la capacidad de carga del pastizal y asisten al uso de estrategias de manejo sustentable y asignación de forraje. Este manejo tiene mayor relevancia para una comunidad frágil como lo es la Estepa de halófitas, cuyas capacidades y limitaciones pueden ser modificadas con el empleo de tecnologías como la fertilización. El aumento de la PPNA mediante la fertilización, que permite aumentar la receptividad, significan un cambio potencial en el rol que cumplen estas comunidades dentro de los sistemas pastoriles ganaderos de la Cuenca del Salado.

CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo de este trabajo era evaluar el empleo de la fertilización como tecnología con valor potencial para utilizarse en la Estepa de halófitas con el fin de obtener aumentos en la productividad.

Es conocido que el manejo sustentable de los pastizales debe basarse en la disponibilidad de forraje y la tasa de crecimiento del mismo (Rodríguez y Jacobo, 2012), por lo cual el estudio de este último parámetro adquiere una gran relevancia para determinar la utilización del pastizal sin producir su deterioro. La incorporación de prácticas como la fertilización que signifiquen aumentos en la tasa de crecimiento del pastizal es, por lo tanto, una metodología que merece ser estudiada en profundidad.

El cálculo de la receptividad ganadera del pastizal es un elemento fundamental para conservar la riqueza florística de la comunidad en estudio y contribuir así a la sustentabilidad ganadera de la región (Golluscio, 2009). Con el desarrollo de tecnologías que permitan el aumento de la receptividad ganadera, se podría aumentar la eficiencia de los sistemas ganaderos pastoriles mediante ajustes en la carga animal que no signifiquen detrimentos en la calidad de la Estepa de halófitas.

Los resultados de este trabajo pueden estimular a investigar y desarrollar las tecnologías de fertilización en esta comunidad. La Estepa de halófitas considerada muchas veces una comunidad marginal, puede incrementar su aporte a los sistemas ganaderos gracias al empleo de tecnologías apropiadas y un manejo sustentable. El aumento de la PPNA mediante la fertilización que permite aumentar la receptividad significan un cambio potencial en el rol que cumplen estas comunidades dentro de los sistemas pastoriles ganaderos de la Cuenca del Salado.

Bibliografía

Alconada, M et al. 1991. Cambios físicos y químicos del suelo como consecuencia de distintos sistemas de manejo en pastizales del Norte de La Pampa Deprimida. Tesis de Magíster Scientiae, Área: Ciencias de Suelo. Escuela para Graduados. Facultad de Agronomía. UBA. Argentina. 140

Aydin, I., Uzun, F. 2005. Nitrogen and phosphorus fertilization of rangelands affects yield, forage quality and the botanical composition. *European Journal of Agronomy* 23- pp 8-14

Batista, WB; Taboada, MA; Lavado, RS; Perelman, SB; León, RJC. 2005. Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida. pp 113-129

Burkart, S.E., León, J. C. L. y Movia, C. P. 1990. Inventario fitosociológico del pastizal de la depresión del salado (Prov. Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes, Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Burkart, S.E., M.F Garbulsky, C.M. Ghersa, J.P. Guerschman, R.J.C. Leon, M. Oosterheld, J.M. Paruelo & S.B. Perelman. 2005. Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. Pp. 379-399.

Cartas de suelos de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en:
http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/3557/Magdalena/des_unidades.htm Última visita: 8/11/2020

Cauhépé, M.A. y Hidalgo, L. 2005. La Pampa Inundable, el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. Págs. 401-411.

Chapin F. S., Matson, P. A. & Mooney, H. A. (2002) *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer-Verlag

Cocimano, M., Lange, A. y Menvielle, E. 1975 Estudio sobre equivalencias ganaderas. *Producción Animal*, Bs. As., Argentina, 4:161-190.

Fernández Grecco, R. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada invernal sobre la acumulación de forraje de un pastizal natural de la Pampa Deprimida, Argentina. *Agricultura Técnica*, 61(3), 319-325.

GeoINTA - Página web: <http://www.geointa.inta.gob.ar/> Última visita: 8/11/2020

Golluscio, R. 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas.

Grime J. P. 1979 *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, New York.

Houston, W. R. & Hyder, D. N. 1975. Ecological effects and Fate of N following massive N fertilization of Mixed-Grass plains. *Journal of Range Management* 28(1).

León, R. J. C., S. Burkart & C. Movia. 1979. Relevamiento fitosociológico del pastizal del Norte de la Depresión del Salado. Serie Fitogeográfica. INTA Buenos Aires. Pp. 17-90.

León, R. J. C. y Bertiller, M. 1982. Aspectos fenológicos de dos comunidades del pastizal de la Depresión del Río Salado (Pcia. de Buenos Aires). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 20 (3-4): 329-347.

León, R. J. C., Agnusdei, M., Burkart, S., Fernández Grecco, R., Movia, C., Osterheld, M., Perelman, S. y Rusch, G. 1985. Las comunidades herbáceas al sur del Río Salado. XIII Reunión Argentina de Ecología. A-45.

Lauenroth, W.K. and Sala, O.E., 1992. Long-Term Forage Production of North American Shortgrass Steppe. *Ecological Applications* 2:397-403.

Lattanzi, A.F. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento de festucas de tipo templado y mediterráneo. 115 p. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Lemcoff, J.H. 1992. Río de la Plata Grasslands. Climate. In Coupland, R.T. (ed.). *Ecosystems of the World 8A: Natural Grasslands*, Elsevier, Amsterdam. 376-377.

Maresca, S. 2018. Situación actual y perspectivas de la ganadería en Cuenca del Salado. INTA. EEA Cuenca del Salado. 4 pp.

Marino, M.A. y Berardo, A. 2000. Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la respuesta a fósforo. Revista Argentina de Producción Animal Vol 20 N°2: 113-121

Marino, M.A. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento inverno-primaveral, la composición química y calidad del forraje de Avena sativa y Lolium multiflorum Lam. 104 p. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Oesterheld, M; Aguiar, MR; Ghersa, CM; Paruelo, JM, editores. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires

Oesterheld, M., Loreti, J., Semmartin, M. and Paruelo, J.M., 1999. Grazing, fire and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas. In L. Walker (edi.). Ecosystems of disturbed ground. Elsevier, Amsterdam. Pp: 287-306.

Otondo, J., Melani, E., Heguy, B. Fertilización de Estepas de Halófitas en la Cuenca del Salado. 39° Congreso de la Asoc. Argentina de producción Animal-RAPA 2016. pp 77-79.

Pacente, E.M. 2011. Fertilización o reemplazo de especies. Revisión bibliográfica de los efectos sobre la productividad del pastizal natural. Escuela para Graduados "Alberto Soriano", FAUBA-UBA.

Perelman, S. B., León, R. J. C. y Oesterheld, M. 2001. Cross-scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. Journal of Ecology 89: 562-577.

Rearte, D. 2011. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Vol 19, número 3-4: 46-49.

Rearte, D. 2010. Situación actual y prospectiva de la situación de carne vacuna. INTA.

Rodríguez, A. M., and E. J. Jacobo. 2012. Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la Pampa Deprimida. Buenas Prácticas para una Ganadería Sustentable de Pastizal. Fundación Vida Silvestre Argentina - Aves Argentinas, Buenos Aires, Argentina.

SENASA. 2018. Estadísticas. Bovinos y bubalinos Sector Primario. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/bovinos/bovinos-y-bubalinos-sector-primario>. Último acceso: Abril 2020.

Pacente, E. 2018. Manejo sitio-específico de un pastizal natural del norte de la provincia de Buenos Aires. M. Sc. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 75 pp.

Perelman S. B., R. J. C. León, & M. Oesterheld. 2001. Cross-Scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. J Ecology 89:562-577.

Vázquez P., Rojas M.C., Burges, J.C. 2008. Caracterización y tendencias de la ganadería bovina en la Cuenca del Salado. Veterinaria argentina. Año XXV N°248. PP. 572-584.

Voorst, F. B. 1967. La vegetación de la República Argentina. VII. Las comunidades de la Depresión del Salado (Prov. Buenos Aires). INTA. Serie Fitogeográfica N° 7: 173-189.

ANEXO

PPN 12 0,63 0,50 23,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5908036,00	3	1969345,33	4,60	0,0375
N	1981281,33	1	1981281,33	4,63	0,0637
P	2669633,33	1	2669633,33	6,24	0,0371
N*P	1257121,33	1	1257121,33	2,94	0,1250
Error	3425098,67	8	428137,33		
Total	9333134,67	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=871,14612

Error: 428137,3333 gl: 8

N Medias n E.E.

N- 2400,00 6 267,13 A

N+ 3212,67 6 267,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=871,14612

Error: 428137,3333 gl: 8

P Medias n E.E.

P- 2334,67 6 267,13 A

P+ 3278,00 6 267,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1710,86203

Error: 428137,3333 gl: 8

N P Medias n E.E.

N- P- 2252,00 3 377,77 A

N+ P- 2417,33 3 377,77 A B

N- P+ 2548,00 3 377,77 A B

N+ P+ 4008,00 3 377,77 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable N R² R² A_j CV
EPNA Otoño 12 0,13 0,00 41,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	139502,67	3	46500,89	0,40	0,7588
N	25761,33	1	25761,33	0,22	0,6316
P	833,33	1	833,33	0,01	0,9348
N*P	112908,00	1	112908,00	0,96	0,3549
Error	936864,00	8	117108,00		
Total	1076366,67	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=455,60947

Error: 117108,0000 gl: 8

N Medias n E.E.

N- 778,00 6 139,71 A

N+ 870,67 6 139,71 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=455,60947

Error: 117108,0000 gl: 8

P Medias n E.E.

P- 816,00 6 139,71 A

P+ 832,67 6 139,71 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=894,78093

Error: 117108,0000 gl: 8

N P Medias n E.E.

N- P+ 689,33 3 197,58 A

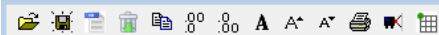
N+ P- 765,33 3 197,58 A

N- P- 866,67 3 197,58 A

N+ P+ 976,00 3 197,58 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Resultados



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TC OTOÑO	12	0,13	0,00	41,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55,80	3	18,60	0,40	0,7588
TRATAMIENTO	55,80	3	18,60	0,40	0,7588
Error	374,75	8	46,84		
Total	430,55	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=17,89562

Error: 46,8432 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
P (N- ; P+)	13,79	3	3,95 A
N (N+ ; P-)	15,31	3	3,95 A
T (N- ; P-)	17,33	3	3,95 A
NP (N+ ; P+)	19,52	3	3,95 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FPNA Invierno	12	0,63	0,49	46,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3866702,67	3	1288900,89	4,51	0,0392
N	1180641,33	1	1180641,33	4,13	0,0765
P	2484300,00	1	2484300,00	8,70	0,0185
N*P	201761,33	1	201761,33	0,71	0,4251
Error	2285280,00	8	285660,00		
Total	6151982,67	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=711,58072

Error: 285660,0000 gl: 8

N	Medias	n	E.E.
N-	844,00	6	218,20 A
N+	1471,33	6	218,20 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=711,58072

Error: 285660,0000 gl: 8

P	Medias	n	E.E.
P-	702,67	6	218,20 A
P+	1612,67	6	218,20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1397,48822

Error: 285660,0000 gl: 8

N	P	Medias	n	E.E.
N-	P-	518,67	3	308,58 A
N+	P-	886,67	3	308,58 A B
N-	P+	1169,33	3	308,58 A B
N+	P+	2056,00	3	308,58 B

Resultados

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
TC INVIERNO	12	0,63	0,49	46,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	251,58	3	83,86	4,51	0,0393
TRATAMIENTO	251,58	3	83,86	4,51	0,0393
Error	149,74	8	18,59		
Total	400,32	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,27441
 Error: 18,5926 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T (N- ; P-)	4,18	3	2,49 A
N (N+ ; P-)	7,15	3	2,49 A B
P (N- ; P+)	9,43	3	2,49 A B
NP (N+ ; P+)	16,58	3	2,49 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANAVA ANAVA ANAVA