

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE FORRAJE EN AGROPIRO ALARGADO  
(*Thinopyrum ponticum*) BAJO CONDICIONES HALOMÓRFICAS.**

Trabajo Final de Grado  
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 19 de Octubre de 2017

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE FORRAJE EN AGROPIRO ALARGADO  
(*Thinopyrum ponticum*) BAJO CONDICIONES HALOMÓRFICAS.**

Trabajo Final de Grado  
del alumno

**BARRETT, FACUNDO**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Susana Pistorale  
**Evaluador**

Omar Scheneiter  
**Evaluador**

Isabel Cattoni  
**Evaluador**

Mariela Acuña  
**Co-Director**

Jonatan Camarasa  
**Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 19 de Octubre de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi Director Jonatan Camarasa y Co- Directora Mariela Acuña por su constante apoyo y dedicación.

A EEA- INTA Pergamino por abrirme sus puertas para desarrollar esta tesina.

A la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por formarme profesionalmente y como persona.

Al grupo de trabajo de Forrajeras por su colaboración.

A mi familia por ser mi gran sostén.

A mis amigos de siempre y los que fui conociendo en esta maravillosa etapa.

**ÍNDICE GENERAL**

<b>Resumen</b>	<b>8</b>
<b>1. Introducción general</b>	<b>10</b>
1.1 Suelos salinos	10
1.2 Suelos sódicos	11
1.3 Suelos salino-sódicos	12
1.4 Efecto en las plantas	12
1.5 Agropiro alargado	13
1.6 Calidad nutritiva del forraje	14
<b>2. Hipótesis</b>	<b>17</b>
<b>3. Objetivo General</b>	<b>17</b>
3.1 Objetivos Específicos	17
<b>4. Materiales y Métodos</b>	<b>18</b>
4.1 Material vegetal y Tratamientos aplicados	18
4.2 Experimento 1: producción y calidad nutritiva del forraje	19
4.2.1 Material Vegetal	19
4.2.2 Mediciones	19
4.2.3 Diseño y análisis estadísticos	20
4.3 Experimento 2: cinética de la digestión ruminal	20
4.3.1 Material Vegetal	20
4.3.2 Condiciones generales, tratamientos y diseño experimental	21
4.3.3 Diseño y análisis estadísticos	23
<b>5. Resultados</b>	<b>24</b>
5.1 Experimento 1	24
5.1.1 Producción de materia seca por corte (PMS) y producción de materia seca total (PMST)	24
5.1.2 Calidad de forraje	26
5.2 Experimento 2	27
5.2.1 Fracción soluble	27
5.2.2 Fracción degradable	28
5.2.3 Lag Time	28
5.2.4 Tasa de digestión	29
5.2.5 Lignina	29
5.2.6 Degradabilidad efectiva	30
<b>6. Discusión</b>	<b>31</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>34</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO</b>	<b>40</b>

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación de suelos en sódico, salino y salino-sódico de acuerdo a los contenidos de conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y pH. ....	11
<b>Cuadro 2.</b> Tratamientos (tipos de sustratos) en los que se dispuso el material vegetal, según conductividad eléctrica (Ce) y pH.....	19
<b>Cuadro 3.</b> Tratamientos en el experimento 2, sustrato x comportamiento, de acuerdo a la producción de materia seca.....	21
<b>Cuadro 4.</b> Producción de materia seca promedio por corte de agropiro alargado en los distintos sustratos. ....	24
<b>Cuadro 5.</b> Valores promedio de la producción de materia seca (PMS), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad de la FDN (DFDN), digestibilidad verdadera <i>in vitro</i> de la materia seca (DVIVMS), para comportamientos de mayor rendimiento de cada tratamiento.....	27
<b>Cuadro 6.</b> Valores medios de la fracción soluble por tratamiento y por comportamiento productivo. ....	27
<b>Cuadro 7.</b> Valores medios de la fracción degradable por tratamiento y por comportamiento productivo.....	28
<b>Cuadro 8.</b> Valores medios del Lag Time por tratamiento y por comportamiento productivo. ....	28
<b>Cuadro 9.</b> Valores medios de la tasa de digestión por tratamiento y por comportamiento productivo. ....	29
<b>Cuadro 10.</b> Valores medios del contenido de Lignina por tratamiento y por comportamiento productivo.....	29
<b>Cuadro 11.</b> Valores medios de la degradabilidad efectiva de la materia seca por tratamiento y por comportamiento productivo.....	30

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**Figura 1.** Foto de la planta. *Thinopyrum ponticum*. Fuente INTA ..... 14

**Figura 2.** Calidad nutritiva del forraje de agropiro alargado. Garciarena *et al.*, 1984. .... 15

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

**Gráfico 1.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato control .....25

**Gráfico 2.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato sódico. ....25

**Gráfico 3.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato salino. ....26

**Gráfico 4.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato salino-sódico.  
.....26

## Resumen

La expansión de la agricultura hacia suelos ganaderos obligó a que la producción ganadera, se desplace hacia suelos con mayores limitaciones (halomórficos), donde el agropiro alargado es una de las especies que mejor se adapta a estas condiciones. El objetivo principal del trabajo fue evaluar en agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) cómo afecta a la producción de materia seca y a la calidad nutritiva del forraje diferentes sustratos halomórficos (sódico, salino y salino-sódico) y no halomórfico (control). El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino. Se realizaron dos experimentos, el experimento 1 fue con el objetivo de obtener la materia seca producida para evaluar la calidad de forraje, de este modo se evaluó una población de agropiro alargado representada por 35 genotipos que fueron clonados y evaluados en diferentes sustratos: (i) sódico, (ii) salino, (iii) salino-sódico y (iv) control, se utilizó un diseño en bloques completos al azar ( $n=3$ ). La materia seca utilizada correspondió a dos cortes, de los genotipos más productivos en los cuatro sustratos, es decir los genotipos que se encontraban por encima de la media. Se realizaron las determinaciones: fibra detergente neutro, digestibilidad de la fibra detergente neutro y digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca. El experimento 2, se realizó en un novillo fistulado y se utilizaron bolsas dacrón ANKOM®, donde se determinó: fracción soluble, fracción degradable, tasa de degradación y Lag Time, con esta información se determinó la degradabilidad efectiva. Para este experimento, los tratamientos fueron tres: (i) control, (ii) sódico y (iii) salino + salino-sódico, este último debió agruparse de este modo por la poca disponibilidad de materia seca. En este caso se agruparon los genotipos por producción de materia seca en dos *pools*, genotipos con mayor y menor producción de materia seca (agrupados por producción por encima y por debajo de la media). El diseño experimental fue una estructura factorial en bloques completos al azar ( $n=3$ ). Para ambos experimentos, la comparación entre medias se realizó a través del test de Tukey ( $p<0,05$ ). La producción de materia seca fue inferior ( $p<0,05$ ) en todos los sustratos halomórficos respecto del sustrato control, siendo este último un 91, 139 y 219% más productivo que el sustrato sódico, salino y salino-sódico, respectivamente. El tratamiento control tuvo menor ( $p<0,05$ ) calidad nutritiva del forraje que el salino-sódico, debido a una menor DVIVMS y mayor contenido de FDN. La cinética de la degradación ruminal fue afectada por los sustratos sódico y salino + salino-sódico, ya que disminuyó ( $p<0,05$ ) la degradabilidad efectiva de la materia seca, con respecto al control. Se concluye que los sustratos halomórficos disminuyen la producción de materia seca y la degradabilidad efectiva de la



materia seca, y en algunos casos, aumenta la calidad nutritiva del forraje respecto de un control. Si bien estos resultados aportan al conocimiento de la calidad forrajera de la especie en distintos sustratos halomórficos, son resultados exploratorios, se sugiere continuar evaluando la especie en distintos años y en distintos tipos de suelos.

## 1. Introducción general

En Argentina durante los últimos años y específicamente en la región pampeana se incrementó la superficie agrícola hacia suelos donde históricamente se desarrollaba una parte de la actividad ganadera. Como consecuencia de lo anterior se acentuó la búsqueda de alternativas tendientes a incrementar la oferta forrajera en ambientes con limitaciones para la agricultura. Entre las mismas se pueden mencionar especies forrajeras con mayor adaptación, líneas de mejoramiento genético, tecnologías de insumos y de procesos, entre otras.

Los suelos que como consecuencia de su contenido de sales solubles y/o grado de sodicidad restringen o impiden el crecimiento y la producción de las plantas cultivadas se denominan suelos halomórficos. Estos se forman en áreas donde el drenaje deficiente impide la eliminación de las sales o donde la precipitación es insuficiente para lavar las mismas (Casas, 2007).

Se calcula que el 30% del territorio argentino es afectado por suelos halomórficos, de los cuales el 38% corresponden a suelos salinos y el 62% restante a suelos sódicos (Lavado, 2008). Argentina es el país con mayor superficie de suelos sódicos en relación con la superficie agrícola (Taboada y Lavado, 2008). Estos suelos son considerados marginales para la agricultura y con potencialidad para ser utilizados para la ganadería (Taleisnik, 2005).

En la Pampa Deprimida bonaerense, una gran llanura con escaso desarrollo de sistemas de drenaje superficial que abarca unas 8 M de ha, el 60% del suelo se encuentra ocupado por suelos halomórficos. La presencia de estos suelos obedece a la dificultad de evacuación de los excedentes hídricos (*i.e.* baja energía morfo-cinética del relieve) y a la presencia de aguas subterráneas con alta concentración de sales, que salinizan el fondo de los perfiles de los suelos y ocasionalmente también la superficie (Taboada, 2014).

### 1.1 Suelos salinos

Estos suelos ocupan aproximadamente unas 930 M de ha del área mundial (Szabolcs, 1994) y se estima que en 45 años esa superficie se incrementará en un 6% (Ghassemi *et al.*, 1995).

La salinidad puede ser definida simplemente como la presencia excesiva de sales solubles en el suelo, que limitan el crecimiento de las plantas. Esta limitación es mayor a medida que aumenta la concentración de sales hasta provocar la muerte de la planta (Maas y Nieman, 1978). Los cloruros y los sulfatos son los responsables más frecuentes

de la formación de suelos salinos. El medio ambiente de la cama de siembra puede variar desde frío y saturado de agua hasta caliente y seco, con salinidad oscilando desde bajas a muy altas conductividades eléctricas (McKell, 1986). Los problemas de salinidad son usualmente encontrados en zonas áridas y semiáridas, donde las precipitaciones no son suficientes para transportar las sales solubles fuera de la zona explorada por las raíces (Carter, 1975).

Químicamente, los suelos salinos son aquellos en que la conductividad eléctrica del estrato saturado (CEes) es mayor de 4 deciSiemens por metro (dS/m), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menor a 15% y pH de 7 a 8,5 (USDA, 1977).

**Cuadro 1.** Clasificación de suelos en sódico, salino y salino-sódico de acuerdo a los contenidos de conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y pH.

Suelo	CE (dS/m)	PSI (%)	pH
<b>Sódico</b>	<4	>15	>8.5
<b>Salino</b>	>4	<15	<8.5
<b>Salino-Sódico</b>	>4	>15	>8.5

\*Según valores USDA, 1977

La principal vía de entrada de sales a los suelos es a partir del ascenso del agua subterránea, por lo que la superficie de los suelos sólo se salinizará cuando la capa freática se encuentra cerca de ella. Esta profundidad mínima llamada profundidad crítica depende principalmente de la textura de los suelos. En algunas ocasiones, donde se encuentra la napa freática cerca de la superficie, se trabaja durante mucho tiempo para disminuir las concentraciones de sales en superficie y frente a años húmedos o inundaciones se revierte la situación volviendo las sales a depositarse en superficie (Cisneros *et al.*, 2010).

## 1.2 Suelos sódicos

Químicamente, los suelos sódicos son aquellos en que la CEes < 4 dS/m, PSI > 15%, PH > 8,5 (Cuadro 1) y con alta relación de absorción de sodio (RAS). La presencia de sodio intercambiable es más estable en estos suelos que las sales solubles, cuya concentración es de naturaleza variable en función de los ciclos climáticos y de la profundidad de la napa freática. El sodio aparece como  $Na^+$  adsorbido en la superficie de las partículas de arcilla y siempre se encuentra rodeado de una capa compuesta por moléculas de agua. Estas moléculas están fuertemente retenidas al átomo de sodio, e

impiden que las arcillas saturadas con sodio floculen. Como el sodio impide la floculación no se genera en ellos una estructura de suelo estable. Cuando el suelo se humedece durante una lluvia, el golpe de las gotas de lluvia destruye los terrones superficiales del suelo sódico. El efecto dispersante del sodio promueve la fácil migración de las partículas de arcilla dispersa y de los micros agregados. Como resultado, se forma una costra superficial que impide la infiltración de agua en el suelo (Taboada y Lavado, 2008).

Otra característica distintiva de los suelos sódicos es la baja movilidad del agua. Ello se debe a que gran parte del agua está fuertemente retenida a las arcillas y permanece prácticamente inmóvil. Por otro lado, el sistema de poros se encuentra colapsado por la inestabilidad de los agregados (Taboada y Lavado, 2008). Esto hace que exista una relación directa e inversa entre la tasa de infiltración y el porcentaje de sodio intercambiable de un suelo. Del mismo modo sucede con la conductividad hidráulica saturada, que es la variable que caracteriza la permeabilidad o velocidad con que se mueve el agua a través del suelo (Abrego *et al.*, 1998).

### **1.3 Suelos salino-sódicos**

Los suelos salinos y los suelos sódicos no se encuentran absolutamente separados, pero en general los primeros tienden a predominar regiones áridas y semiáridas y los segundos en las regiones húmedas. Químicamente, los suelos salino-sódicos son aquellos en los que la CEes  $> 4$  dS/m, PSI  $> 15\%$  y el PH  $> 8,5$  (Cuadro 1).

### **1.4 Efecto en las plantas**

Existen principalmente tres componentes del estrés salino que afectan a las plantas: a) efecto osmótico, b) efecto nutricional y c) efecto tóxico. El primero está dado por una disminución del potencial osmótico del suelo que origina menor disponibilidad de agua para la planta. El segundo se considera cuando el vegetal tiene problemas para absorber ciertos nutrientes esenciales en presencia de elevadas cantidades de sales solubles en el suelo. El tercero está dado, especialmente, por ciertos iones como Cloro (Cl) y Sodio (Na). La toxicidad del Na puede ser directa, como en el caso de especies sensibles, que se caracteriza por la disminución en el crecimiento de la raíz y necrosis en las hojas; o indirecta, cuando existe un deterioro de la estructura del suelo ocasionada por el efecto dispersante del Na sobre los coloides. Esto último origina un crecimiento muy pobre de las plantas debido a una disminución de meso y micro poros lo que produce deficiencias de oxígeno y disminución de la conductividad hidráulica del suelo (Goodin, 1977). Los síntomas de la salinidad del suelo incluyen la germinación lenta de la semilla, marchitamiento repentino, crecimiento impedido, quemadura marginal en hojas

(especialmente las más viejas), amarillamiento y caída de la hoja, desarrollo escaso de la raíz y muerte repentina o gradual de plantas (Munns, 2009). En los genotipos sensibles a la salinidad, en los cuales la sal no se puede excluir con eficacia de la corriente transpiratoria, esta aumentará hasta niveles tóxicos en las hojas, y resultará en la muerte de hojas viejas y en la disminución del número de hojas verdes y sanas (Munns y James, 2003).

### **1.5 Agropiro alargado**

El agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) es una de las especies más utilizadas en áreas salinizadas o alcalinizadas que afectan la producción de la mayoría de especies gramíneas forrajeras (Smith, 1996). Es una gramínea perenne de regiones templadas que se adapta a condiciones extremas de humedad y temperatura (Maddaloni y Ferrari, 2001), cespitosa aunque forma matas densas con muchos macollos; es alógama ( $2n=10x=70$ ) auto incompatible; sin rizomas; glabra de 0,70 a 1,40 metros de altura, hojas acuminadas muy largas y algo convolutadas, glaucas o verdosas y algo duras con nervaduras muy marcadas; macollos intravaginales; la inflorescencia es una espiga dística de 12-25 centímetros de longitud, el raquis es rígido y las espiguillas (5-10 floras) son sésiles; las glumas son rígidas; originaria de la región mediterránea europea; otoño invierno primaveral; de aceptable valor nutritivo (Ochoa, 1994; Abiusso, 1962) y tolerante a la salinidad (Robinson *et al.*, 2004). Se adapta a un amplio rango de suelos, soportando suelos franco arenosos hasta arcillosos, aunque prefiere suelos francos y fértiles (Maddaloni y Ferrari, 2001).

En Argentina el agropiro alargado fue introducido en la década del 50 (Covas e Itria, 1959) y se difundió en la región pampeana en suelos halomórficos con problemas de drenaje (Maddaloni y Bertín, 1990). En las regiones de clima templado húmedo y con condiciones favorables crece activamente en primavera, verano y otoño, mientras que en invierno su crecimiento es poco activo por efecto de las bajas temperaturas. Por su tendencia de crecimiento primavero-estival, dada en su gran medida por su fenología reproductiva, la especie tiene un gran potencial para incrementar el uso del agua durante ese período del año, formando una cubierta perenne que ayuda a reducir la evaporación de la superficie del suelo y la eventual concentración de sales en superficie. Esta dinámica también ayuda a mitigar la posterior saturación y anegamiento del perfil cuando el período otoño-invernal es lluvioso (Agnusdei y Castaño, 2011).

Varios autores mencionan que esta especie tiene la capacidad de reemplazar al pastizal natural cuando éste evidencia muy baja productividad logrando elevar la carga animal y por ende la productividad ganadera (Smith, 1996; Scheneiter *et al.*, 2011). Información generada en el norte de la provincia de Buenos Aires muestra una acumulación de forraje del pastizal natural en suelos con limitaciones severas por halo hidromorfismo de 3,6 t de materia seca por año (t MS.ha.año) y pasa a 5,2 t MS.ha.año cuando es reemplazado por una gramínea cultivada (Méndez, 2012).



**Figura 1.** Foto de la planta. *Thinopyrum ponticum*. Fuente INTA

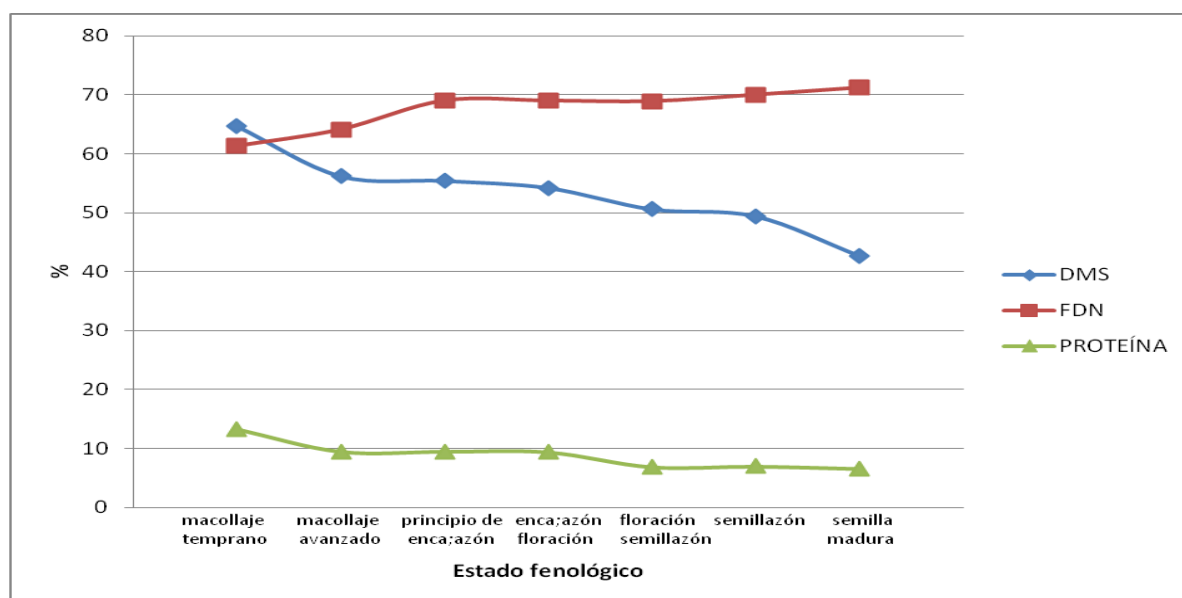
### 1.6 Calidad nutritiva del forraje

En Argentina la pastura es el recurso más económico por kilogramo de materia seca para la alimentación bovina y la producción de carne (Camarasa *et al.*, 2016). Se estima que los recursos forrajeros aportan un 85% de la energía metabolizable (EM) que demanda la producción de carne desde la cría hasta el engorde (Agnusdei y Di Marco, 2013). Si bien las condiciones edáficas en estos ambientes halomórficos son limitantes, las pasturas perennes como agropiro alargado, en comparación con el recurso forrajero existente que en general es *Distichlis spicata*, pueden tener un gran impacto en la producción ganadera porque usan eficientemente el agua, los nutrientes y la energía

solar, lo cual incrementa la producción ganadera de los suelos bajos. En estas circunstancias, la productividad animal en estos ambientes depende primariamente de la disponibilidad seguida de la calidad del forraje ofrecido.

Los términos calidad, valor nutritivo o calidad nutritiva, se usan indistintamente como sinónimos. La calidad nutritiva del forraje se evalúa por medio de indicadores de laboratorio como la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) que estima la proporción del alimento que es aprovechada a través del tracto digestivo, la proteína bruta (PB), la fibra detergente neutro (FDN) que es un estimador de los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) y en algunos casos también la lignina que nos indica el grado de lignificación que poseen los tejidos vegetales. Se considera que el principal estimador de la calidad del forraje es la DIVMS ya que afecta el consumo, la concentración y la eficiencia de utilización de la energía metabolizable (Di Marco, 2011).

En líneas generales la calidad de los forrajes se incrementa cuando la FDN tiene valores bajos (< 40%), la digestibilidad de la FDN (DFDN) aumenta (> 50%) y la DIVMS aumenta (> 60%; Robinson *et al.*, 2004). Como la mayoría de las gramíneas perennes, el agropiro alargado tiene buena calidad (alta digestibilidad y proteína bruta y bajo contenido de FDN; figura 2) durante el período otoño- invernal en estado vegetativo (Ochoa, 1994).



**Figura 2.** Calidad nutritiva del forraje de agropiro alargado. Garciarena *et al.*, 1984.

Como se mencionó anteriormente la calidad nutritiva del forraje puede ser determinada por la digestibilidad, la cual depende en gran parte de la degradabilidad, que es la proporción del material ingerido que es degradada en el rumen en un tiempo dado por acción microbiana. Debido a que el 60-70% o más de la digestión de los nutrientes

ocurre en el rumen, conocer la degradabilidad a través de la cinética de la digestión toma relevancia sobre todo en alimentos fibrosos y es determinante del balance energético de los rumiantes. Un alimento puede concebirse como formado por tres fracciones (Di Marco y Aello, 2000):

1. Fracción rápidamente fermentecible o soluble (%), se localiza en el contenido celular y es prácticamente 100% aprovechada por los microorganismos del rumen.
2. Fracción degradable (%), que depende de la tasa de digestión y de la tasa de pasaje.
3. Fracción no degradable o indegradable (%), la cual no es atacada por los microorganismos y abandona el rumen según la tasa de pasaje.
4. Lag Time (hs): tiempo que requieren los microorganismos ruminales para colonizar los tejidos vegetales que luego van a degradar.
5. Tasa de degradación ( $\% \cdot \text{hs}^{-1}$ ): cantidad de material vegetal degradado por unidad de tiempo.

Son escasos los antecedentes de trabajos donde se compare en función del contenido y tipo de sales en el suelo, la producción de materia seca y la calidad nutritiva del forraje de agropiro alargado. Por lo expuesto es posible considerar al agropiro alargado como una especie apta de estudio por su alto potencial forrajero, para producir en ambientes con limitaciones, pero resulta necesario poder discriminar el comportamiento entre distintos sustratos para una mejor apreciación de su respuesta.



## 2. Hipótesis

La concentración y el tipo de sales en el sustrato modifican la producción de forraje y la calidad nutritiva del forraje de agropiro alargado.

## 3. Objetivo General

Evaluar la producción de materia seca y la calidad nutritiva de forraje en una población de agropiro alargado, que crece en diferentes sustratos halomórficos.

### 3.1 Objetivos Específicos

- Evaluar la producción y calidad nutritiva del forraje de dos cortes de biomasa de una población de agropiro alargado en diferentes sustratos halomórficos en hidroponía (Experimento 1).
- Evaluar el efecto de los diferentes sustratos halomórficos en la cinética de la degradabilidad ruminal de la materia seca (Experimento 2).
- Evaluar la calidad nutritiva del forraje de dos grupos asociados al rendimiento de materia seca, *i.e.* grupo de mayor rendimiento de materia seca vs grupo de menor rendimiento de materia seca (Experimento 2).

#### 4. Materiales y Métodos

Los experimentos 1 y 2, que se explicarán a continuación se realizaron con material vegetal obtenido del siguiente ensayo.

##### 4.1 Material vegetal y Tratamientos aplicados

Las muestras utilizadas para ambos experimentos se obtuvieron de dos cortes de forraje (19/10 y 17/11), correspondientes a una población de agropiro alargado la cual fue colectada en la depresión del salado (Pistorale *et al.*, 2008). Esta población estuvo representada por 35 genotipos, evaluados en un ensayo hidropónico efectuado en la EEA Pergamino durante el periodo de mayo a diciembre de 2013 (Acuña *et al.*, 2014; Foto 1).

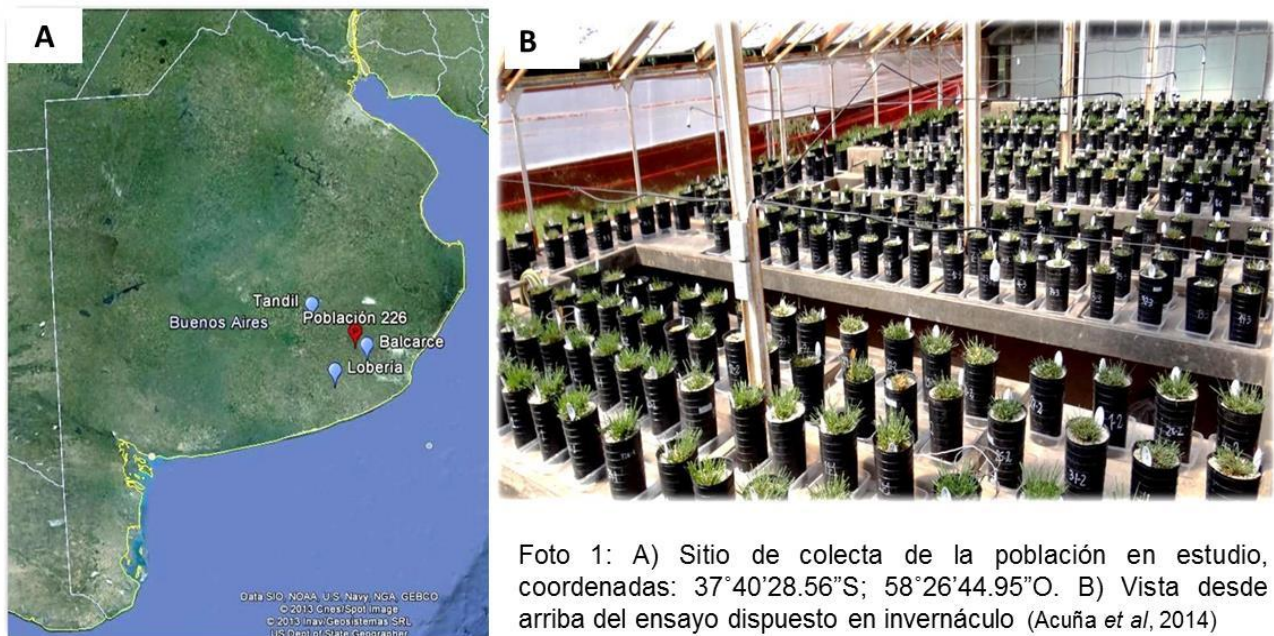


Foto 1: A) Sitio de colecta de la población en estudio, coordenadas: 37°40'28.56"S; 58°26'44.95"O. B) Vista desde arriba del ensayo dispuesto en invernáculo (Acuña *et al.*, 2014)

Durante el mencionado ensayo se evaluó la población en estudio que estuvo representada por 35 genotipos los cuales fueron clonados y expuestos en diferentes tipos de sustratos a través de hidroponía (Hoagland y Arnon, 1950). Las plantas se dispusieron en macetas de 4 dm<sup>3</sup>, cuyo sustrato fue mezcla de perlita:arena lavada, estas macetas fueron regadas cada 48 a 72 horas con 250 mililitros de las soluciones correspondientes para cada tipo de sustrato (Cuadro 2). De este modo, los tratamientos aplicados fueron los cuatro sustratos que se detallan en el cuadro 2 y que emularon distintos tipos de suelos. El diseño utilizado fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Cada tratamiento se logró mediante la combinación de sales: cloruro de sodio (ClNa), carbonato

de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ), en hidroponía con solución Hoagland 2,5X en sustrato inerte perlita:arena; según metodología de trabajo de Acuña *et al.* (2014).

**Cuadro 2.** Tratamientos (tipos de sustratos) en los que se dispuso el material vegetal, según conductividad eléctrica (Ce) y pH.

Tratamientos	CE (dS/m)	pH
Control	<4	6,5-7,5
Sódico	<4	>8,5
Salino	>4	<8,5
Salino-Sódico	>4	>8,5

## 4.2 Experimento 1: producción y calidad nutritiva del forraje

### 4.2.1 Material Vegetal

Se realizaron dos cortes para determinar la producción de materia seca y la calidad nutritiva del forraje. El corte 1 se realizó el 19 de octubre y el 2 el 17 de noviembre.

### 4.2.2 Mediciones

**Producción de materia seca por corte (PMS) y producción de materia seca total (PMST= corte 1 + corte 2):** la biomasa cosechada por genotipo para ambos cortes se manejó por separado, luego fueron colocadas en bolsas de papel y se secaron a 60 grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) en estufa de aire forzado por un período de 48 horas, hasta lograr un peso seco constante. Posteriormente se procedió al pesaje en balanza de 3 decimales, obteniendo el peso de materia seca por genotipo expresado en gramos.

**Calidad nutritiva del forraje:** las muestras para cada corte fueron molidas en un molino Willey con malla de 1 milímetro. Se realizó un *pool* (mezcla) de los genotipos más productivos (producción por encima de la media) tanto para el primer corte como para el segundo corte dentro de cada sustrato. Esta mezcla se efectuó debido a la que la cantidad de materia seca producida por genotipo no era suficiente para realizar los análisis correspondientes. Una vez obtenidas las muestras se realizaron las siguientes determinaciones en el Laboratorio Regional de la EEA Pergamino CRBAN:

1. **Digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca** (DVIVMS) durante 30 horas con equipo Daisy II (Método: Goering y Van Soest, 1970 mediante el uso del Incubador Daisy II ANKOM).
2. **Fibra detergente neutro** (FDN), con equipo ANKOM 200 (Método: Goering y Van Soest 1970, mediante Analizador de Fibra 200/220 ANKOM).
3. **Digestibilidad de la FDN (DFDN)** durante 30 horas con equipo Daisy II. (Método: Goering y Van Soest, 1970 mediante Incubador Daisy II ANKOM)

#### 4.2.3 Diseño y análisis estadísticos

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 3 repeticiones (n=3), el bloqueo fue en función de la disposición en invernáculo.

El modelo estadístico empleado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = es la observación correspondiente al i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

$\mu$  = media general del ensayo.

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento (i: 1 a 4).

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque (j: 1 a 3).

$\varepsilon_{ij}$  = error aleatorio experimental.

Una vez obtenidos los resultados se efectuaron los análisis para corroborar el cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza (ANOVA), mediante la prueba de normalidad, no aditividad y homogeneidad de varianza. Las comparación entre medias fue a través del test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

### 4.3 Experimento 2: cinética de la digestión ruminal

#### 4.3.1 Material Vegetal

De la PMST se realizaron dos *pooles* (agrupamientos), separando los genotipos más productivos (producción por encima de la media) y de los menos productivos (producción por debajo de la media) dentro de cada sustrato. De este modo se obtuvieron

seis tratamientos (Cuadro 3), asociados al sustrato y al comportamiento de la producción de materia seca.

**Cuadro 3.** Tratamientos en el experimento 2, sustrato x comportamiento, de acuerdo a la producción de materia seca.

TRATAMIENTO SUSTRATO	COMPORTAMIENTO SEGÚN RENDIMIENTO
Control	Mayor
Control	Menor
Sódico	Mayor
Sódico	Menor
Salino + Salino-Sódico <sup>1</sup>	Mayor
Salino + Salino-Sódico <sup>1</sup>	Menor

<sup>1</sup> Debido al escaso material obtenido del experimento 1 de los tratamientos salino y salino-sódico, se unificaron las muestras respetando el comportamiento.

#### 4.3.2 Condiciones generales, tratamientos y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en los corrales de la EEA Pergamino. Se utilizó un novillo fistulado de 500 kg, donde se realizó la incubación *in situ*. El animal fue alojado en un corral individual donde tuvo acceso al agua a voluntad. La dieta estuvo compuesta por 80% de heno de alfalfa, 10% de grano de maíz molido y 10% de pellet de soja. Esta fue formulada para obtener un porcentaje de proteína bruta (PB) no inferior al 14%. El nivel de consumo se fijó al 2% del peso vivo del animal (mantenimiento) y la ración se ofreció fraccionada en partes iguales dos veces al día (9 y 15 horas). El ensayo constó de un período de acostumbamiento a la dieta de 14 días y un período de medición e incubación de 3 días.

Previo a la incubación ruminal se secaron las bolsas dacrón ANKOM® en estufa a 60°C durante 48 horas para eliminar la humedad de las mismas. De cada tratamiento, se tomaron 5 gramos de material cosechado y se molió a 1 milímetro y se incubaron en distintos horarios (0, 1, 3, 6, 12, 24, 36 y 72 horas) por triplicado en bolsas dacrón ANKOM® 10x20 (10x20 centímetros; con poros de 50 micrómetros) en novillo fistulado (Vanzant *et al.*, 1998). La incubación se realizó del último (72 horas) al primer (0 horas) día, o sea, las bolsas ruminales se sacaron el mismo día (día 0). Las bolsas con muestras correspondientes al horario 0 de incubación se colocaron en batea con agua a 37-38°C

durante 15 minutos (Nocek y Russell, 1988), de modo de no generar un disturbio y perturbar el rumen por un corto período de tiempo.

Para la determinación del pH se sacaron muestras representativas del rumen: adelante arriba, adelante abajo, atrás arriba, atrás abajo y del medio del rumen. El contenido ruminal se filtró en doble tela de queso y sobre el filtrado se determinó el pH mediante pH-metro digital portátil. Se midió pH del líquido ruminal durante los tres días de duración de la incubación, resultando con un PH de  $6,91 \pm 0,36$  (promedio  $\pm$  desvío estándar).

Las bolsas una vez extraídas del rumen se colocaron en agua fría para limpieza, eliminación de restos de alimentos y detener el proceso de fermentación. Luego fueron lavadas en agua de canilla hasta que la misma salía transparente (sin residuos), después se colocaron las bolsas por horario de incubación a secar en bandejas a 60°C durante 48 horas a estufa con aire forzado. Pasadas las 48 horas, las bolsas con el residuo fueron pesadas y se registró el peso de cada bolsa (peso seco). El porcentaje de desaparición fue calculado como:  $1 - (\text{peso de la muestra post-incubación} - \text{el peso de la muestra pre-incubación}) / \text{el peso de la muestra post-incubación} * 100$ . Los porcentajes de desaparición en cada horario de incubación fueron utilizados para calcular los parámetros de la cinética de degradación ruminal y la degradabilidad efectiva ruminal (Orskov y McDonald, 1979), a través del cálculo de la fracción soluble (FS), la fracción degradable (FD), la tasa de degradabilidad y el Lag Time. Los parámetros del modelo fueron estimados mediante el método libre de derivadas (DUD) para modelos no lineales (NLIN) de SAS (2003). Los valores obtenidos de la cinética de degradabilidad ruminal se utilizaron para estimar la degradabilidad efectiva mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Degradabilidad efectiva (\%)} = A + B * kd / (kd + kp).$$

A= Fracción soluble

B= Fracción degradable

Kd= Tasa de degradación

Kp= Tasa de pasaje

Además se utilizaron 10 g de cada tratamiento y comportamiento para la determinación de lignina en el Laboratorio Regional de la EEA Pergamino CRBAN. Se determinó la lignina en detergente ácido con ácido sulfúrico en base seca sin cenizas residuales (Van Soest, 1963, mediante Analizador de Fibra 200/220 ANKOM).

### 4.3.3 Diseño y análisis estadísticos

El diseño experimental fue estructura factorial en bloques completos al azar con 3 repeticiones ( $n=3$ ), los bloques fueron la ubicación de las mesadas dentro del invernáculo. Donde el factor principal fue tratamiento y el factor secundario el comportamiento. El modelo se detalla a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\tau\beta)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = respuesta observada en el k-ésimo bloque, el j-ésimo comportamiento e i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = media general del ensayo.

$\alpha_i$  = efecto que produce el i-ésimo tratamiento (i: 1 a 3).

$\tau_j$  = efecto que produce el j-ésimo comportamiento (j: 1 y 2).

$(\tau\beta)_{ij}$  = efecto de interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo comportamiento.

$\beta_k$  = efecto que produce el k-ésimo bloque (k: 1 a 3).

$\varepsilon_{ijk}$  = error aleatorio experimental.

Obtenidos los resultados de las variables asociadas a la cinética de la digestión ruminal de las distintas fracciones de la materia seca y de la degradabilidad efectiva se efectuaron los análisis para corroborar el cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza (ANOVA), mediante la prueba de normalidad, no aditividad y homogeneidad de varianza. La comparación entre medias fue a través del test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## 5. Resultados

### 5.1 Experimento 1

#### 5.1.1 Producción de materia seca por corte (PMS) y producción de materia seca total (PMST):

Al comparar los tratamientos dentro de cada corte realizado, se observó que la PMS promedio en el corte 1 (Cuadro 4), fue mayor ( $p < 0,05$ ) para el tratamiento control en un 39% que el sódico; y este fue mayor ( $p < 0,05$ ) en un 29% a los tratamientos salino y salino-sódico. Mientras que para la PMS en el corte 2, fue mayor ( $p < 0,05$ ) para el tratamiento control en un 60% con respecto al sódico y salino, y estos dos fueron un 43% mayor ( $p < 0,05$ ) al tratamiento salino-sódico.

**Cuadro 4.** Producción de materia seca promedio por corte de agropiro alargado en los distintos sustratos.

	Tratamientos	Media (g)
<b>Corte 1</b>	<b>Control</b>	7,2 A
	<b>Sódico</b>	4,4 B
	<b>Salino</b>	3,4 C
	<b>Salino-Sódico</b>	2,9 C
<b>Corte 2</b>	<b>Control</b>	8,1 A
	<b>Sódico</b>	3,6 B
	<b>Salino</b>	3,0 B
	<b>Salino-Sódico</b>	1,9 C

*Letras diferentes dentro de cada corte indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ )*

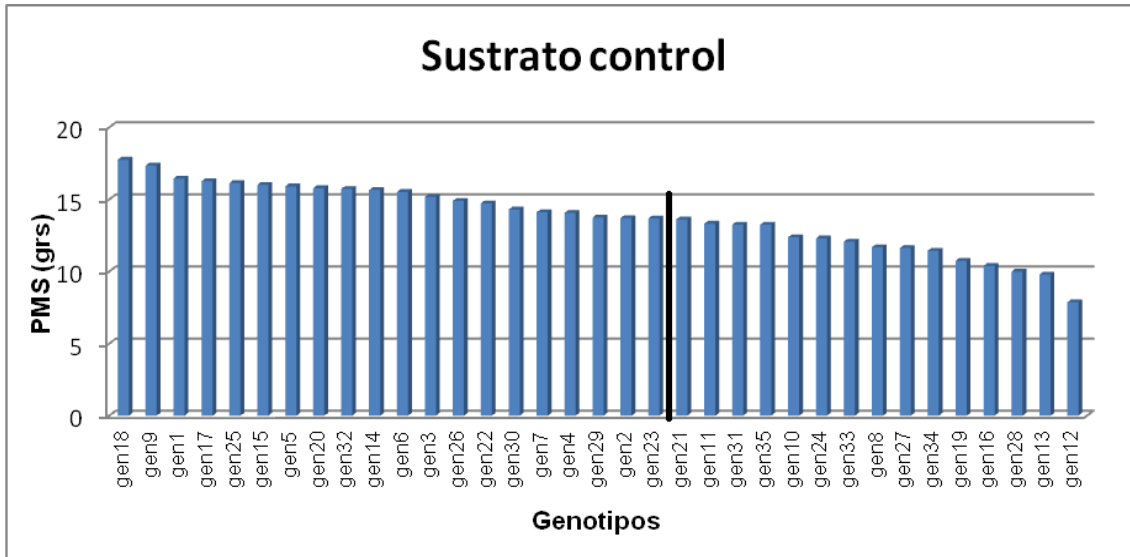
Para la producción de materia seca total (PMST= corte 1 + corte 2), existieron diferencias significativas para todos los tratamientos ( $p < 0,05$ ) donde el control obtuvo un 91, 139 y 219% más que el sustrato sódico, salino y salino-sódico, respectivamente (Cuadro 5).

En los gráficos 1 a 4, se puede observar la producción de materia seca promedio de los distintos genotipos para cada tipo de sustrato, asimismo se ve en orden decreciente la productividad de los genotipos en los distintos tratamientos. La barra de color negro, indica la separación de los genotipos según el comportamiento productivo,



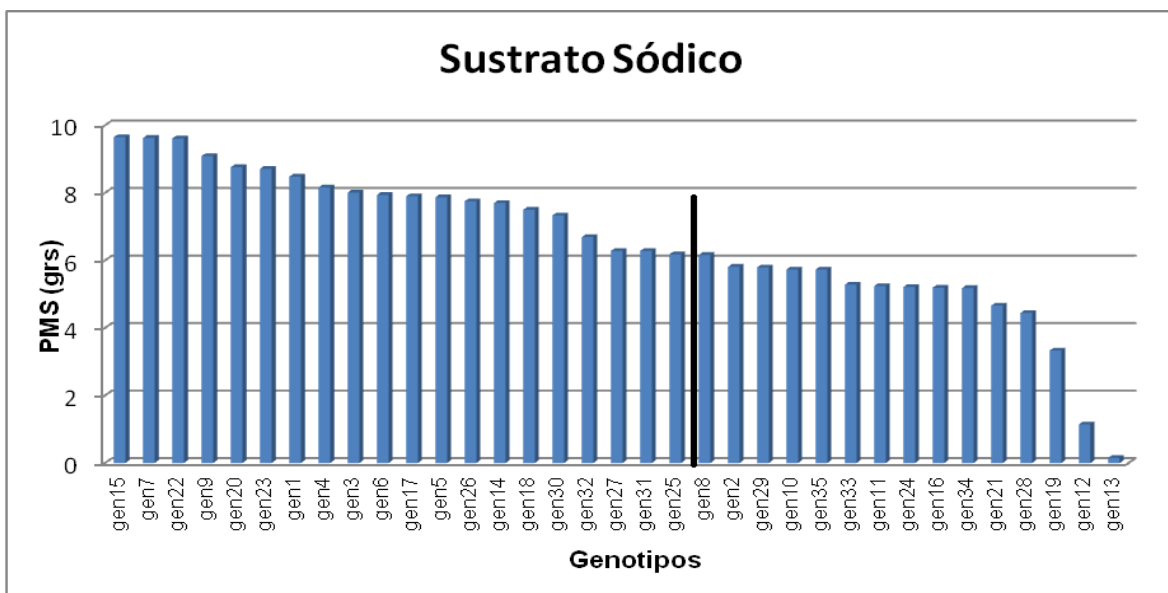
quedando a la derecha de la misma los genotipos menos productivos y a la izquierda los genotipos más productivos.

**Gráfico 1.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato control.



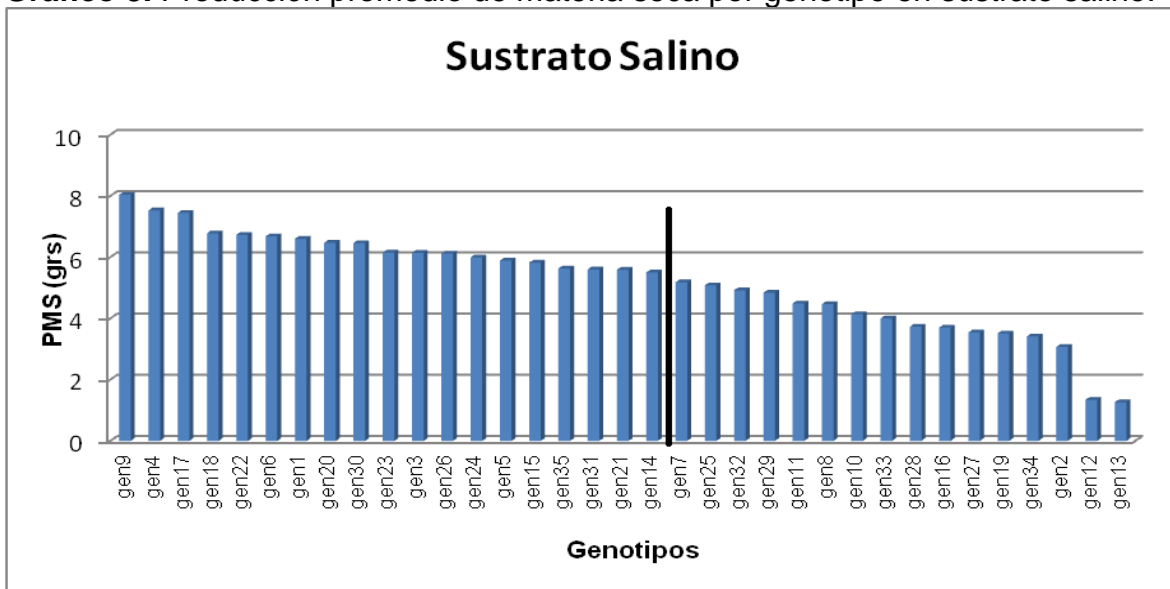
La línea negra separa los genotipos de acuerdo a su comportamiento (media= 13,6 gr): a la izquierda los de mayor rendimiento y a la derecha los de menor rendimiento.

**Gráfico 2.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato sódico.



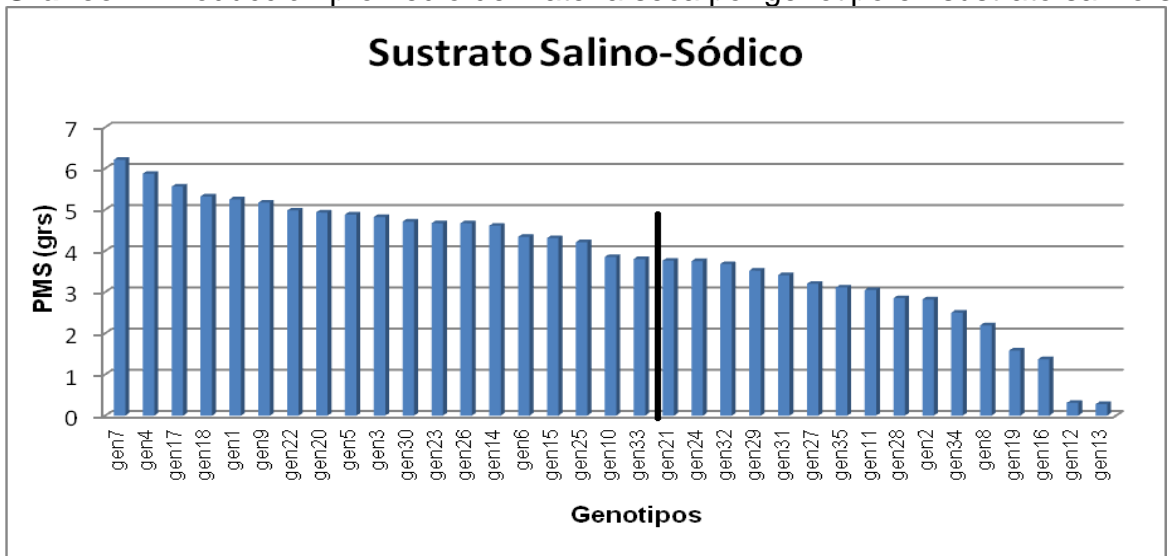
La línea negra separa los genotipos de acuerdo a su comportamiento (media= 6,1 gr): a la izquierda los de mayor rendimiento y a la derecha los de menor rendimiento.

**Gráfico 3.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato salino.



La línea negra separa los genotipos de acuerdo a su comportamiento (media= 5,2 gr): a la izquierda los de mayor rendimiento y a la derecha los de menor rendimiento.

**Gráfico 4.** Producción promedio de materia seca por genotipo en sustrato salino-sódico.



La línea negra separa los genotipos de acuerdo a su comportamiento (media= 3,8 gr): a la izquierda los de mayor rendimiento y a la derecha los de menor rendimiento.

**5.1.2 Calidad de forraje:**

En cuanto a las variables asociadas a la calidad forrajera, la fibra detergente neutro (FDN) tuvo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos control y sódico vs salino y salino-sódico. El porcentaje de FDN fue un 4% mayor para los primeros dos tratamientos (Cuadro 5). Para la DFDN no existieron diferencias significativas entre los

tratamientos. La DVIVMS fue un 3% mayor ( $p < 0,05$ ) en el tratamiento salino-sódico que el control (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Valores promedio de la producción de materia seca (PMS), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad de la FDN (DFDN), digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca (DVIVMS), para comportamientos de mayor rendimiento de cada tratamiento.

Tratamiento	PMS (g)	FDN (%)	DFDN (% FDN)	DVIVMS (%)
Control	15,3 a	47,2 a	73,3 a	87,4 b
Sódico	8,0 b	46,5 a	75,2 a	88,5 ab
Salino	6,4 c	45,5 b	76,9 a	89,5 ab
Salino-Sódico	4,8 d	44,7 b	77,5 a	90,0 a

*Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

## 5.2 Experimento 2

### 5.2.1 Fracción soluble

Para esta variable no existió interacción ( $p > 0,05$ ) tratamiento\*comportamiento. Como se observa en el cuadro 6, si hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos aplicados, la fracción soluble fue mayor en el tratamiento control vs sódico y salino + salino-sódico, estos dos últimos tratamientos no evidenciaron diferencias significativas entre ellos. Asimismo al evaluar el comportamiento, no hubo diferencias significativas entre los grupos de mayor y menor producción de materia seca ( $p > 0,05$ ), con una media general de  $31,2 \pm 0,55\%$  (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Valores medios de la fracción soluble por tratamiento y por comportamiento productivo.

		Media (%)
Tratamiento	Control	34,0 A
	Sódico	30,3 B
	Salino + Salino-Sódico	29,2 B
Comportamiento productivo	Mayor	31,6 A
	Menor	30,8 A

*Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ )*

### 5.2.2 Fracción degradable

Para esta variable se observó una interacción significativa ( $p < 0,05$ ) del tratamiento\*comportamiento (Cuadro 7). Dentro de los genotipos de mayor producción de materia seca hubo diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos control vs salino + salino-sódico, no presentando diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos sódico vs control y salino + salino-sódico. Para el comportamiento de menor producción de materia seca no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos con una media de  $50,0 \pm 1,7\%$ .

**Cuadro 7.** Valores medios de la fracción degradable por tratamiento y por comportamiento productivo.

Comportamiento productivo	Tratamiento	Media (%)
Mayor	Control	43,3 A
	Sódico	48,2 AB
	Salino + Salino-Sódico	58,1 B
Menor	Control	50,3 A
	Sódico	51,5 A
	Salino + Salino-Sódico	48,2 A

*Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ )*

### 5.2.3 Lag Time

Para esta variable hubo interacción ( $p < 0,05$ ) tratamiento\*comportamiento (Cuadro 8). También se evidenció diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos control vs sódico y salino + salino-sódico en cuanto al tiempo de ataque de los microorganismos cuando su comportamiento es de mayor producción de materia seca. Cuando su comportamiento es de menor producción de materia seca se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos control vs sódico vs salino + salino-sódico.

**Cuadro 8.** Valores medios del Lag Time por tratamiento y por comportamiento productivo.

Comportamiento Productivo	Tratamiento	Media (hs.)
Mayor	Control	2,8 A
	Sódico	5,3 B
	Salino + Salino-Sódico	6,1 B
Menor	Control	2,4 A
	Sódico	5,1 B
	Salino + Salino-Sódico	4,0 C

*Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ )*

### 5.2.4 Tasa de digestión

Para esta variable no se observó interacción ( $p > 0,05$ ) tratamiento\*comportamiento (Cuadro 9). Mientras que sí hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la tasa de digestión entre tratamientos control y salino + salino-sódico vs sódico; no se encontró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos control vs salino + salino-sódico. Dentro de cada tratamiento el análisis no mostró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en comportamientos presentando una media de  $5,4 \pm 0,07\% \cdot \text{hs}^{-1}$ .

**Cuadro 9.** Valores medios de la tasa de digestión por tratamiento y por comportamiento productivo.

		Media ( $\% \cdot \text{hs}^{-1}$ )
Tratamiento	Control	3,9 A
	Sódico	7,1 B
	Salino + Salino-Sódico	5,2 A
Comportamiento productivo	Mayor	5,3 A
	Menor	5,4 A

*Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ )*

### 5.2.5 Lignina

Para esta variable hubo interacción ( $p < 0,05$ ) tratamiento\*comportamiento. Asimismo se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre todos los tratamientos cuando su comportamiento fue de mayor producción de materia seca, siendo mayor el control, luego el sódico y por último el salino + salino-sódico. Cuando el comportamiento fue de menor producción de materia seca los tratamientos mostraron una media de  $3,6 \pm 0,12\%$ .

**Cuadro 10.** Valores medios del contenido de Lignina por tratamiento y por comportamiento productivo.

Comportamiento productivo	Tratamiento	Media (%)
Mayor	Control	3,1 A
	Sódico	3,5 B
	Salino + Salino-Sódico	4,0 C
Menor	Control	3,6 A
	Sódico	3,4 A
	Salino + Salino-Sódico	3,7 A

*Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ )*

### 5.2.6 Degradabilidad efectiva

La degradabilidad efectiva de un alimento es la que realmente se alcanza en el rumen. Los resultados fueron calculados con una tasa de pasaje de 3% (Cuadro 11). No hubo interacción ( $p>0,05$ ) tratamiento\*comportamiento. El análisis estadístico realizado demostró diferencia significativa ( $p<0,05$ ) en cuanto a la degradabilidad efectiva entre los tratamientos control vs sódico y salino + salino-sódico. Dentro de cada tratamiento el análisis no mostró diferencia significativa ( $p>0,05$ ) entre comportamiento por mayor o menor producción de materia seca.

**Cuadro 11.** Valores medios de la degradabilidad efectiva de la materia seca por tratamiento y por comportamiento productivo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media (%)</b>
<b>Control</b>	50,1 A
<b>Sódico</b>	45,8 B
<b>Salino + Salino-Sódico</b>	45,3 B

*Letras distintas indican diferencia significativa ( $p<0,05$ )*

## 6. Discusión

La mayor producción de materia seca (PMS) del primer corte en el sustrato control en relación a los sustratos halomórficos es atribuible a que las plantas crecen sin que sufran ningún estrés, ya sea efecto de la sal: osmótico, nutricional o tóxico, y/o por cuestiones de sodio afectando propiedades físicas del sustrato, o una combinación de ambos efectos. Estos resultados son coincidentes con otros autores que también observaron que la PMS se afecta ante condiciones de salinidad (Robinson *et al.*, 2004; Mansilla, 2012). Shannon *et al.*, (1998) en sus estudios en arroz también encontró que el peso seco de la biomasa disminuía con el incremento de la conductividad eléctrica del agua y del suelo dado por la salinidad.

La disminución en la PMS para el segundo corte en los sustratos halomórficos se puede atribuir a un mayor estrés en las plantas por dos posibles efectos, uno es el mayor tiempo en contacto con las sales y así una mayor acumulación de iones y otro efecto es la mayor temperatura, ya que el primer corte se realizó en el mes de octubre (media 17,6°C) y el segundo corte hacia fines de noviembre (media 20,2°C), con lo cual las temperaturas bajo las cuales crecieron las plantas fueron mayores para el segundo corte, pudiendo ser más pronunciado el efecto de los tratamientos sobre la PMS. Estos resultados se hallan en concordancia con los resultados obtenidos por Munns y James (2003), que en sus experiencias encontraron que los genotipos sensibles a la salinidad, en los cuales la sal no puede ser excluida eficientemente de la corriente transpiratoria, hay un aumento hasta niveles tóxicos en las hojas resultando en la muerte de hojas viejas, afectando el número de hojas y disminuyendo la PMS.

Para la PMST, resultado de la sumatoria de los dos cortes, se evidenció un claro efecto de los tratamientos respecto del sustrato control, también se pudo observar que el efecto combinado de la sal y el sodio aumentan los efectos negativos producidos por dichas limitaciones individuales acentuando la pérdida en la PMS, ya que se reduce un 40% la PMS respecto del sustrato sódico y un 25% respecto del sustrato salino. Si bien los resultados aquí obtenidos, son en condiciones semi-controladas (maceta y en condiciones de sustrato simulados); si estos resultados son llevados a niveles de campo para visualizar el impacto de la producción en t/ha; se podría obtener un valor estimado de PMS en suelos sódicos de 1,02 t.ha, en un suelo salino de 0,77 t.ha, en suelos salinos-sódicos de 0,61 t.ha y en un suelo sin limitaciones por sal, sodio o ambos sería de 1,94 t.ha, durante el período de primavera y asumiendo condiciones iguales del clima

(información extrapolada de la PMS promedio observada en dos años, datos inéditos: Bertin\*, Camarasa y Scheneiter).

En cuanto a las variables asociadas a la calidad nutritiva del forraje, el único sustrato que no afectó la calidad del forraje de agropiro alargado fue el sódico, siendo de similar comportamiento que el control. Los demás sustratos afectaron la calidad nutritiva del forraje de agropiro alargado. Al igual que lo observado por otros autores (Aello *et al.*, 1981; Di Marco *et al.*, 1982; Garcíarena *et al.*, 1984; Gándara y Gómez, 1987), a mayor producción de materia seca disminuye la calidad nutritiva del forraje, siendo los tratamientos control y sódico los de mayor cantidad de FDN que los sustratos salinos y salinos-sódicos. Lo anterior puede ser debido a modificaciones morfológicas en la estructura interna de hojas y tallos para sostener esa materia producida, con un aumento de este modo del contenido de FDN y una disminución de la digestibilidad. Robinson *et al.*, (2004) también observó en sus estudios que los niveles de FDN disminuyeron un 6% cuando los niveles de salinidad aumentaban de 15 dS/m a 25 dS/m, al igual que en el presente trabajo donde el tratamiento salino disminuyó en un 4% el porcentaje de FDN cuando se lo comparó con el sustrato control.

La igualdad en DFDN entre los tratamientos y la mayor acumulación de biomasa y diferencias en el contenido de FDN, pudo deberse a que la mayor PMS ocurrió con una mayor acumulación de FDN y no por modificaciones físicas o químicas en la pared celular, las cuales se pueden tornar menos susceptible al ataque de los microbios del rumen; esto fue coincidente con lo observado por Robinson *et al.*, (2004) en donde la DFDN no fue afectada por el nivel de salinidad; por lo tanto, no es esperable una mejora o un efecto positivo en el consumo.

El mayor % de DVIVMS del tratamiento salino-sódico respecto al control se puede atribuir al menor porcentaje de FDN y mayor contenido celular que presentó por tener la menor PMS. Robinson *et al.*, (2004) en sus estudios en agropiro alargado no encontraron diferencias significativas en la DIVMS cuando se compararon dos niveles de salinidad, lo mismo observado en este ensayo en donde no se encontró diferencia en la DIVMS entre los sustratos salinos (salino vs salino-sódico). Así mismo, varios autores (Fernández *et al.*, 2002; Borrajo, 2017) en experiencias realizadas en Balcarce detectaron diferencias en la DIVMS entre cultivares de agropiro alargado en fracción vegetativa y reproductiva. Esta diferencia en los distintos trabajos en la respuesta en la digestibilidad y condiciones halomórficas se pueden deber a dos causas, una que los experimentos se han

\*bertin.oscar@inta.gob.ar



desarrollado con distintos niveles o concentraciones de sales y la otra porque puede haber modificaciones en la composición de la FDN y contenido celular por efecto de la temperatura, nivel de sal y el grado de lignificación que tiene el forraje (Buxton y Casler, 1993).

La mayor degradabilidad efectiva que presentó el sustrato control se debería a una mayor fracción soluble rápidamente fermentecible y menor Lag Time, ya que en la fracción degradable no se diferenció entre tratamientos. Tanto en los de menor como en los de mayor producción de materia seca, los tratamientos sódicos y salinos-sódicos tardaron más tiempo en fermentar la fracción degradable que el tratamiento control posiblemente por la composición química de la fibra, y esto hizo que luego el Lag Time sea mayor y se afectara la degradabilidad efectiva.

Si bien hay una correlación negativa entre contenido de lignina y tasa de digestión (Jung y Deetz, 1993), en el presente trabajo no se observó. Posiblemente no se deba por la cantidad de lignina si no por la calidad y/o el tipo de enlaces químicos de la misma, observado por Jung y Deetz (1993), ya que la composición química de la misma y las uniones que se generan pueden ser modificadas por el contenido de sal, de sodio o una combinación de ambos (Hatfield, 1993).

El comportamiento similar entre tratamientos de mayor y menor producción de materia seca dentro de un mismo tratamiento en cuanto a las variables asociadas a la cinética de la degradación ruminal, muestra que el impacto de los sustratos halomórficos se evidencia en la producción de materia seca y no así en su degradabilidad y aprovechamiento a nivel ruminal, donde no se encuentran diferencias en la degradabilidad efectiva. De modo tal que a mayor producción de forraje hay menor calidad y posiblemente similar respuesta productiva.

## 7. Conclusiones

Los sustratos halomórficos afectan en forma directa y negativa la producción de materia seca en comparación con un sustrato control. Siendo los sustratos salino-sódicos, salinos y sódicos, de menor a mayor producción de materia seca de agropiro alargado.

Los sustratos halomórficos, afectarían en forma indirecta la calidad del forraje, posiblemente más por un efecto en la cantidad de forraje que por la cantidad y/o tipo de sal (cloruros, carbonatos o bicarbonatos).

El sustrato control, de mayor producción de materia seca, tuvo menor calidad nutritiva del forraje debido a menor valor de DVIVMS y mayor contenido de FDN que el salino-sódico.

La cinética de la degradación ruminal fue afectada por los sustratos sódicos, salinos y salino-sódicos, ya que disminuyó el aprovechamiento y la degradabilidad efectiva de la materia seca en agropiro alargado, con respecto al control.

El comportamiento productivo por mayor o menor producción de materia seca no afectó la calidad nutritiva del forraje evaluada a través de la cinética de la digestión ruminal.

El presente trabajo se considera de modo exploratorio, se sugiere seguir evaluando la especie en distintos años y en distintos tipos de suelos, con el fin de poder comprender más detalladamente el comportamiento en lo que respecta a producción y calidad, para ser más eficientes en el uso de los recursos.

## 8. Bibliografía

- ABIUSSO, N. 1962. Composición Química y Valor Alimenticio de algunas Plantas Indígenas y Cultivadas en la República Argentina. Revista de Invest. Agropec. RIA XVI (2): 93-247.
- ABREGO, F.; ADRIULO, A.; FERREIRA, C.; GALETTO, M.; GALINA, J.; IRURTIA, R.; MON, R.; RIMATORI, F.; SASAL, C. 1998. Efecto de 11 años de riego complementario sobre algunas propiedades del suelo II, Propiedades físicas. Actas XVI Cong. Argentino de Ciencia del suelo, comisión IV, 249-250.
- ACUÑA, M.; GRUNBERG, K.; ANDRÉS, A. 2014. Evaluación agronómica de genotipos de agropiro alargado en diferentes sustratos salinos. III Congreso de la Red Argentina de Salinidad. Pág. 46. Chascomús, de 23 al 25 de abril de 2014.
- AELLO, M.S.; GÓMEZ, P.O.; DI MARCO, O.N.; MATINATA, L.V. 1981. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. VI - Dinámica de la pastura durante la primera clausura otoñal. Rev. Arg. Prod. Anim. 10: 343-356.
- AGNUSDEI, M. Y CASTAÑO, J. 2011. Recuperando a un viejo aliado. Visión rural año XVII N° 86:18-24. Grupo pasturas-EEA-Balcarse-INTA.
- AGNUSDEI, M. Y DI MARCO, O. 2013. Potenciando la ganadería en suelos bajos. Visión rural año XX N° 100.
- BORRAJO, C. 2017. Agropiro para la cuenca del salado. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/suelos\\_salinos/30-Agropiro\\_Cuenca\\_del\\_Salado.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/30-Agropiro_Cuenca_del_Salado.pdf). 18/10/2017.
- BUXTON, D.R.; CASLER, M.D. 1993. Environmental and genetics effects on cell wall composition and digestibility. In: Jung, H.G.; Buxton, D.R.; Hatfield, R.D.; Ralph, J. eds. Forage cell wall structure and digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 686-714.
- CAMARASA, J.; PACENTE, E.; MATTERA, J.; BERTÍN, O. 2016. Costos de implantación y mantenimiento de pasturas, verdeos de invierno y de cultivos para silaje. Grupo forrajeras- INTA Pergamino.
- CARTER, D. L. 1975. Problems of salinity in agriculture. En: A. Poljakoff-Mayber y J. Gale (eds.). Plants in saline environments. Springer. Berlín. pp 25.

- CASAS, R. 2007. El manejo de los suelos salinos, una clave para producir más carne. La Nación. Sección 5ª Campo, Buenos Aires, 29.12.07. [http://www.produccionbovina.com/suelos\\_ganaderos/61-suelos\\_salinos.htm](http://www.produccionbovina.com/suelos_ganaderos/61-suelos_salinos.htm).
- CISNEROS, J.; DEGIOANNI, A.; CANTERO, J.; CANTERO, A. 2010. Caracterización y manejo de los suelos salinos en el área pampeana central. La salinización de los suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. Red Argentina de salinidad.
- COVAS, G.; ITRIA, C.D. 1959. Producción de semillas de especies forrajeras en la región semiárida pampeana. Boletín de divulgación técnica. EEA Anguil La Pampa.
- DI MARCO, O. 2011. Estimación de calidad en los forrajes. Sitio argentino de producción animal. Producir XXI, Bs As, 20 (240): 24-30.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S. 2000. Capítulo 3: Digestión y metabolismo ruminal. Curso de nutrición animal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. EUDEM (Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata). 310 pp.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S.; GÓMEZ, P.O.; GUTIÉRREZ, C. 1982. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. IV - Dinámica de la pastura durante la segunda clausura otoñal. Rev. Arg. Prod. Anim. 2: 11-36.
- DI RIENZO, J. CASANOVES, F. BALZARINI, M. GONZALEZ, L. TABLADA, M. ROBLEDO, C. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FERNÁNDEZ, J.A., ALONSO, S.I., AGNUSDEI, M. 2002. Evolución de la digestibilidad de la materia seca en variedades experimentales de Agropiro alargado. Rev. Arg. Prod. Anim. 22: 172-173.
- GÁNDARA, F.R.; GÓMEZ, P.O. 1987. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. V. Valor alimenticio invernal de dos pasturas de agropiro diferidas de otoño. Rev. Arg. Prod. Anim. 7: 147-161.

- GARCIARENA, D.A.; CHIFFLET de VERDE, S.; COCIMANO, M.; OVEJERO, F.; DIMARCO, O.; SAINT MIQUEU, E.; COLOMBO, I. 1984. Digestibilidad *in vivo* del agropiro. Predicción por índices fecales. Rev. Arg. Prod. Anim. 4: 141-149.
- GHASSEMI, F.; JAKEMAN, A.J.; NIX, H.A. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. UNSW Press, Sydney, Australia, y CAB International, Wallingford, UK.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook N. 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- GOODIN, R.J. 1977. Salinity effects on range plants. *In*: Sosebee, E.R. (ed.) Rangeland plant physiology. Range Science Series. No.4. USA. pp. 141-153.
- HATFIELD, R.D. 1993. Cell wall polysaccharides interactions and degradability. *In*: Jung, H.G.; Buxton, D.R.; Hatfield, R.D.; Ralph, J. eds. Forage cell wall structure and digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 286-313.
- HOAGLAND, D.R. Y ARNON, D.I. 1950. The Water Culture Method for Growing Plants without Soil. University of California, Berkeley, p. 347.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. 1993. Cell wall lignification and degradability. *In*: Jung, H.G.; Buxton, D.R.; Hatfield, R.D.; Ralph, J. Eds. Forage cell wall structure and digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 316-346.
- LAVADO, R. 2008. Cap.: Visión sintética de la distribución y magnitud de los suelos afectados por salinidad en la Argentina. La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. EDUCC (Editorial Universidad Católica de Córdoba), Córdoba. ISBN, 978-987.
- MAAS, E.V.; R.H. NIEMAN. 1978. Physiology of plant tolerances to salinity. *In*: G.A. Jung (ed.), "Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions". Ch. 13, 277-299.
- MADDALONI, J.; BERTIN, O. 1990. Las gramíneas forrajeras utilizadas en las pasturas perennes del norte de la provincia de Buenos Aires. Especies y cultivares. Boletín de Divulgación Técnica (Argentina). EEA Pergamino Buenos Aires.
- MADDALONI, J.; FERRARI, L. 2001. Forrajes y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina.

- MANSILLA, M.C. 2012. Aspectos genético-ecológicos de *Thinopyrum ponticum* “agropiro alargado” (Poaceae): variabilidad genética y plasticidad fenotípica. Tesis de Grado para Licenciatura en Ciencias Biológicas UNLU, 110p.
- MCKELL, C.M. 1986. Propagation and establishment of plants on arid saline land. *Reclamation and Revegetation Research* 5: 363-375.
- MÉNDEZ, D. 2012. Base forrajera en el Norte de la Provincia de Buenos Aires. En: *Ciclo completo eficiente. Bases para una nueva ganadería*. 12-15 p.
- MUNNS, R. 2009. The impact of Salinity. [www.plantsstress.com](http://www.plantsstress.com). 27/07/2017.
- MUNNS R. Y A. J. JAMES. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil* 253, 201-208.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. DairySci.* 71: 2070-2107.
- OCHOA, 1994. Producción de forrajes en suelos salinos. En <http://inta.gob.ar/documentos/produccion-de-forraje-en-suelos-salinos/>. 27/07/2017.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rates of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503.
- PISTORALE, S.; ABBOTT, L.; ANDRÉS, A. 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 259-264.
- ROBINSON, P. H.; GRATTAN, S.R.; GETACHEW, G.; GRIEVE, C.M.; POSS, J.A.; SUAREZ, D.L.; BENES, S.E. 2004. Biomass accumulation and potential nutritive value of some forages irrigated with saline-sodic drainage water. *Anim. Feed Sci. Technol.* 111, 175–189.
- SAS. 2003. Statistical analysis system. SAS/STAT®. SAS user’s guide 9.1.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SCHENEITER, J. O.; BARLETTA, P.; SELLART, N.; CODARO, A. 2011. Eficiencia de la fertilización nitrogenada en agropiro alargado en el norte de la Provincia de Buenos Aires. Proyecto Regional Ganadero. no. 2. EEA General Villegas. INTA. General Villegas.

- SHANNON, M. C.; RHOADES, J.D.; DRAPER, J.H.; SCARDACI, S.C.; SPYRES, M.D. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. *Crop Sci.* 38: 394-398.
- SMITH, K.F. 1996. Tall wheatgrass (*Thinopyrum ponticum* (Podp.) Z.W. Liu + R.R.C. Wang): a neglected resource in Australian pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39, 623-627.
- SZABOLCS, I. 1994. Soils and salinisation. In: M. Pessarakali (ed.), *Handbook of plant and crop stress*: 3-11. Marcel Dekker, New York.
- TABOADA, M.A., 2014. Funcionamiento de los suelos salino-sódicos en la Pampa Deprimida. 3 Reunión de la Red Argentina de Salinidad. Chascomús, Pcia. De Buenos Aires.
- TABOADA, M.A., LAVADO R.S. 2008. Funcionamiento de suelos salino-sódicos. *Actas XVI Congreso de Aapresid*. Rosario.
- TALEISNIK, E. 2005. La sal de la vida. <http://www.safv.com.ar/Taleisnik%200205.pdf>. 27/07/2017.
- USDA. 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual 60. Traducción mejicana.
- VAN SOEST, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Official. Agron. Chem.* 46: 829-835.
- VANZANT, E.S.; COCHRAN, R.C.; TITGMEYER, E.C. 1998. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.* 76: 2717-2729.

**ANEXO**



Foto del experimento 1. Fuente: Barrett Facundo.



Foto experimento 2. Fuente Barrett Facundo.





Foto experimento 2. Fuente Barrett Facundo.



Foto incubación. Experimento 2. Fuente Camarasa Jonatan.