

# TRABAJO DE INTENSIFICACIÓN

Efecto del genotipo de *Avena sativa* L. sobre la composición química de ensilajes de planta entera



**Alumno:** Lucas Martínez

**Docente tutor:** Ing. Agr. (Dr.) Mariano Menghini

**Docentes consejeros:** Bioq. (Dra.) Marcela Martínez  
Ing. Agr. (M. Sc.) Rodrigo Bravo

**Instructor externo:** Ing. Agr. (M. Sc.) Ayelen Mayo  
Ing. Agr. (M. Sc.) Federico Moreyra

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR  
Septiembre 2021, Bahía Blanca.

## AGRADECIMIENTOS

En principio quiero agradecer al Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur por la oportunidad que me brindó para formarme y capacitarme, como así también a cada uno de sus profesores.

Al Ing. Agr. (Dr) Mariano Menghini por haber aceptado ayudarme con el presente Trabajo de Intensificación, accediendo a ser mi tutor y dedicar su tiempo a realizar las correcciones y sugerencias pertinentes.

A mis consejeros, Bioq. (Dra.) Marcela Martinez e Ing. Agr. (M.Sc.) Rodrigo Bravo por sus revisiones y consejos.

A todo el personal de la EEA INTA Bordenave, especialmente a la Ing. Agr. (M.Sc.) Ayelen Mayo, quien encabeza el grupo de Producción Animal, por su entera predisposición en todo momento para evacuar diferentes dudas y consultas, y recibirme cordialmente en cada una de las visitas. Así como también a las personas que trabajan junto a ella y todo el personal de campo, ya que sin ellos no hubiera sido posible llevar a cabo este trabajo.

Al grupo de mejoramiento genético de cereales forrajeros de la EEA INTA Bordenave, especialmente al Ing. Agr. (M.Sc.) Federico Moreyra.

A toda mi familia, en especial a mí mamá Carina, que estuvieron tan presente en esta etapa y no solo me permitieron formarme profesionalmente sino crecer enormemente como persona.

A mi novia Micaela que siempre me acompañó y ayudó a seguir adelante en todo momento.

A mis amigos de toda la vida y a los que hice en estos últimos años. Gracias por ser incondicionales.

¡A todos infinitas gracias!

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	2
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	2
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	3
<b>1. RESUMEN</b> .....	4
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	6
2.1 Historia y producción de Avena en el mundo .....	6
2.2 Generalidades de los verdeos de invierno .....	8
2.3 Ensilaje de planta entera de cereales de invierno .....	13
2.4 Importancia de la composición morfológica .....	14
2.5 Confección del ensilaje .....	15
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	18
<b>4. OBJETIVO</b> .....	18
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
5.1 Sitio de estudio .....	19
5.2 Tratamiento y diseño experimental .....	21
5.3 Prácticas culturales .....	22
5.4 Componentes de la biomasa .....	22
5.5 Producción forrajera, valor nutricional y confección de ensilajes .....	22
5.6 Análisis estadístico .....	25
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	26
6.1 Producción y proporción de materia seca .....	26
6.2 Componentes de la biomasa .....	27
6.3 Valor nutricional pre ensilaje .....	30
6.4 Características organolépticas y pH de los ensilajes resultantes .....	32
6.5 Valor nutricional del ensilaje .....	33
6.6 Cambios del valor nutricional por efecto de la fermentación .....	35
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	38
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Contribución de espiga, hoja y tallo al rendimiento total de forraje cosechado (% MS) .....	15
Tabla 2	Propiedades organolépticas de los ensilajes .....	24
Tabla 3	Producción de materia seca (kg MS/ha) y porcentaje de materia seca pre-ensilaje (% MS) en diferentes cultivares de Avena sativa .....	27
Tabla 4	Biomasa total producida, proporción de tallo, panoja, hoja y material muerto en diferentes genotipos de Avena sativa cortados en estado de grano lechoso-pastoso .....	28
Tabla 5	Fibra en Detergente Neutro (FDN), Proteína Bruta (PB), Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES) y Digestibilidad "in vitro" de la Materia Seca (DIVMS) en diferentes genotipos de Avena sativa cortados en estado de grano lechoso-pastoso .....	31
Tabla 6	Análisis organolépticos y pH al momento de la apertura de los microsilos .....	33
Tabla 7	Fibra en Detergente Neutro (FDN), Proteína Bruta (PB), Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES) y Digestibilidad "in vitro" de la Materia Seca (DIVMS) en diferentes genotipos de Avena sativa cortados en estado de grano lechoso-pastoso de los microsilos .....	35
Tabla 8	Cambios porcentuales y promedio en la concentración de PB, CNES, FDN y LDA .....	36
Tabla 9	Cambios porcentuales y promedio en la concentración de EM y DIVMS .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Producción mundial de los principales granos en millones de toneladas. Elaborado con datos de USDA (2018) .....	7
Figura 2	Producción total de materia seca (MS) de los verdes de invierno obtenida en ensayos comparativos de rendimiento (Tomaso, 2008) .....	9
Figura 3	Curvas promedio de producción de materia seca (kg/ha) de avena, cebada, centeno y triticale observadas en Bordenave (Tomaso, 2008) .....	10
Figura 4	Ubicación geográfica EEA INTA Bordenave. Fuente Google Earth .....	19
Figura 5	Precipitaciones (mm) para Bordenave durante la serie histórica 1911-2015. Y precipitaciones en el año de 2018. Fuente: información agrometeorológica EEA INTA Bordenave .....	20
Figura 6	Vista general del ensayo donde se pueden observar los diferentes bloques y cultivares .....	21
Figura 7	Relación panoja: tallo y panoja: total, en los distintos cultivares de avena, las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos .....	29

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AGV: ácidos grasos volátiles

CNES: carbohidratos no estructurales solubles

DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca

EM: energía metabolizable

FDA: fibra detergente ácido

FDN: fibra detergente neutro

LDA: lignina detergente ácido

MF: materia fresca

MS: materia seca

PB: proteína bruta

## 1. RESUMEN

Los cereales de invierno son ampliamente utilizados en los sistemas ganaderos del sudoeste bonaerense. Pueden utilizarse para la confección de ensilajes de planta entera, con el objetivo de transferir forraje hacia los períodos del año de baja productividad de las pasturas. Existen factores que pueden causar variaciones en el valor nutritivo de los ensilajes, entre ellos, la proporción de tallo, espiga, hoja verde y senescente que poseen al momento del corte. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes genotipos de avena (*Avena sativa* L.) sobre la producción forrajera, la composición porcentual de las fracciones morfológicas de las plantas al momento de corte y valor nutricional pre y pos-ensilaje. El ensayo se llevó a cabo en EEA INTA Bordenave, ubicadas sobre la Ruta Prov. N° 76 km 36,5, en el partido de Puán, Provincia de Buenos Aires, entre los meses de julio y noviembre de 2018. Se siguió un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, donde los tratamientos fueron 8 cultivares de avena: Paloma INTA, Elizabet INTA, Florencia INTA, Lucia INTA, Julieta INTA, Juana INTA, Bonaerense Aiken INTA y Bonaerense Sureña INTA. La siembra se realizó el 26 de julio de 2018 con una densidad de 250 plantas/m<sup>2</sup> en parcelas de 6m<sup>2</sup> y en el mismo momento se fertilizó con 80 kg/ha de PDA. El 24/08/18 se aplicó 100 kg/ha de urea al voleo. La avena se cortó en grano lechoso. Se determinó la producción de forraje (kg MS/ha) y el valor nutricional pre-ensilaje (FDN, CNES, LDA, EM, DIVMS y PB.). Sobre una submuestra se realizó la separación de componentes, obteniendo la proporción de tallo, panoja, lámina y material muerto. Se realizaron microsilos de 2 kg de capacidad. Luego de 55 días, se abrieron y se determinaron las variables de valor nutricional mencionadas anteriormente. También, se observaron y determinaron las características organolépticas y pH. Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza usando los tratamientos (cultivares) como un factor fijo. Las medias se compararon con el test de LSD Fisher (5%) La producción de forraje fue similar para todos los cultivares siendo el promedio 12.885 kg/ha. En pre-ensilaje Aiken INTA se destaca del resto de los cultivares, ya que mostró los menores valores de LDA y FDN, y máximos valores de DIVMS, EM y CNES,

consecuentes con su mayor proporción de panoja en la planta. Pos-ensilaje, los cultivares Aiken INTA, Julieta INTA, Juana INTA y Lucia INTA son los que obtuvieron los mejores porcentajes de Digestibilidad. Sin embargo, todos los cultivares evaluados resultaron adecuados para ensilajes de planta entera.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Historia y producción de Avena en el mundo

La avena (*Avena* spp.) es un cultivo de invierno al cual le cuadra perfectamente el atributo de multipropósito, ya que se puede destinar para la confección de reservas como henos o ensilajes, cosecha de granos destinados para industria, alimentación animal o semilla y como principal uso siembra de verdeos invernales para pastoreo directo. Es de larga tradición en la agricultura regional y nacional, considerada como un cereal menor, ocupando el sexto lugar a nivel de producción en el mundo.

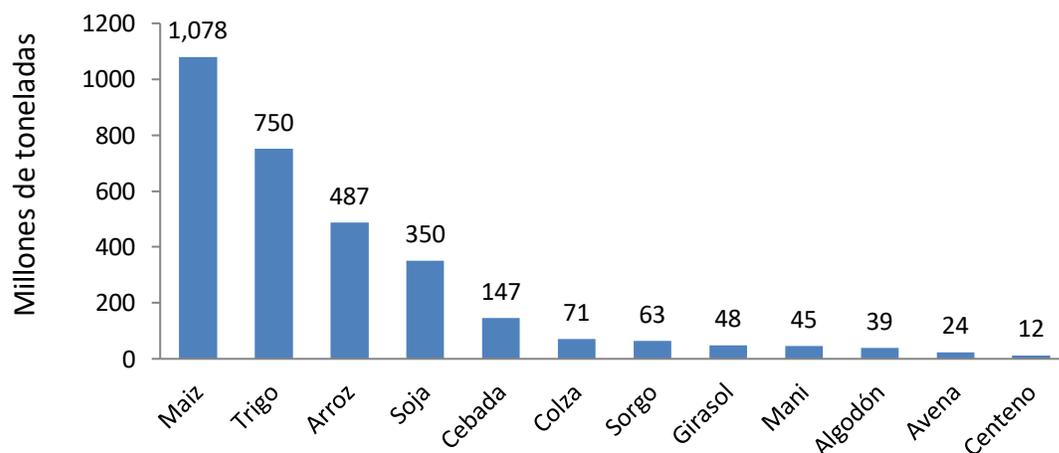
Se sabe de la existencia de este cereal desde 2000 años antes de Cristo en el Medio Oriente y principalmente en las áreas vecinas al mar Mediterráneo, tanto en la agricultura Romana donde el cultivo principal era trigo y en los pueblos Germánicos donde producían cebada y centeno, la avena era citada como maleza, evolucionando posteriormente como alimento para el ganado, el hombre solo la consumía en épocas de escasez de alimentos, incluso en los primeros siglos postcristianos, donde ya hay registros de su producción como cultivo, solo dos comunidades, la etíope y la germánica, figuran como consumidoras de alimentos a base de este cereal. Siglos después, su cultivo seguía pero siempre con destino forrajero, salvo en algunos países como Irlanda e Inglaterra donde la participación del cereal en la dieta humana fue de gran importancia.

En América es un cultivo relativamente reciente, ya que no hay evidencias del transporte de cereales finos en los viajes transatlánticos precolombinos, por lo que su introducción se produce más tarde entre el siglo XVI y principios del XVII, reconociéndose dos vías. Una de esas por los españoles con sus *Avenas byzantinas* de México hacia el sur y la otra por los colonizadores ingleses y del norte de Europa con sus *Avenas sativas* en América del norte. Cabe reiterar que, como en Europa, el posterior desarrollo del cultivo permaneció muy ligado a su uso como alimento animal, ya sea como verdeo, heno o grano. Solamente en algunas áreas donde predominaban colonizadores de origen escocés, tuvo algún uso como alimento humano.

En nuestro país, su difusión también se asoció a la alimentación animal, recién a mediados del siglo XVIII aparecen registros sobre la avena sin embargo, es probable que estuviera como maleza de otros cereales de invierno desde los inicios de la agricultura en la Argentina (XVI), predominando las Avenas bizantinas, que por años caracterizó a la agricultura rioplatense (Carbajo 1998).

Con el reemplazo del caballo por el motor a explosión, el cultivo entró en declinación a nivel mundial. Esta tendencia continúa aún hoy en día. A pesar de ello el uso forrajero es el principal, destinándose el 75% de la producción a ese fin.

Es el sexto cereal más importante del mundo en producción de grano después del maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (Mir et al 2004).



**Figura 1.** Producción mundial de los principales granos en millones de toneladas. Elaborado con datos de USDA (2018).

Actualmente, según la USDA en el mundo se siembran unos 10 millones de hectáreas con avena para grano, siendo principales países productores la Unión Europea (2,5 millones de ha); Rusia (2,4 millones de ha); Canadá (1,1 millones de ha), apareciendo Argentina en el undécimo lugar con unas 240 mil ha.

Sudamérica, Brasil, Argentina y Chile son los mayores productores, diferenciándose del resto de los países. Rusia es uno de los productores más importante de avena, pero su producción se destina a abastecer el mercado interno, sin participar en el mercado mundial. En cambio, Canadá es el país que más toneladas exporta. Australia también tiene una participación relativamente importante en el comercio mundial. Estados Unidos, por su parte, es el país que más importa granos de avena a nivel mundial.

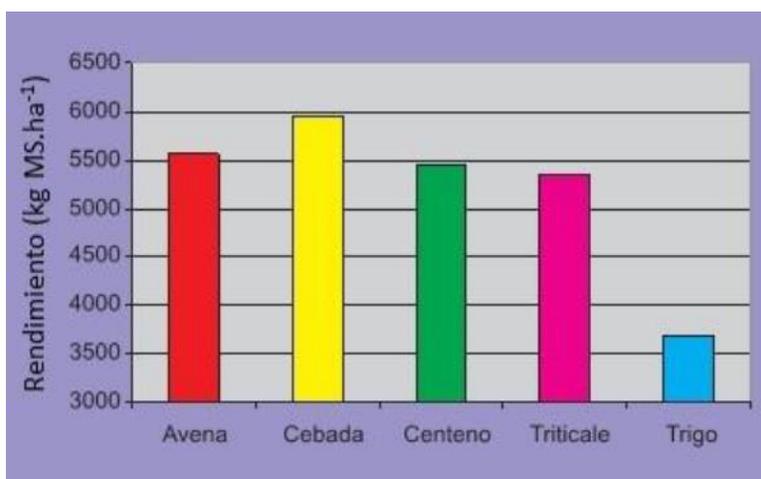
En Argentina según datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación, para la campaña 2018/2019 se sembraron 1,4 millones de ha. Valor estable en los últimos 10 años, de estas 790 mil ha corresponden de la provincia de Buenos Aires, seguido por La Pampa (213 mil ha), Santa Fe (140 mil ha) y Córdoba (121 mil ha). En cuanto a la superficie destinada a cosecha, ronda las 240 mil ha, representado el 17% de la superficie sembrada, siendo el promedio de rendimiento de 2379 kg/ha.

Es el cereal forrajero de invierno más importante de Argentina, si se considera la superficie. Cerca del 90 % de la superficie de avena es sembrada a fines de verano, principios del otoño dada su utilización para pastoreo directo, doble propósito (grano-pasto) o confección de reservas. El grano de avena tiene normalmente cuatro destinos básicos: a) semilla para nueva siembra b) industria alimentaria como avena arrollada para consumo interno y para exportación; c) exportación como grano y como avena pelada; d) consumo directo para animales, especialmente equinos y vacunos (Tomaso, 2008).

## **2.2 Generalidades de los verdeos de invierno**

Los verdeos de invierno ocupan un rol fundamental como recurso forrajero en las estaciones del año otoño-invierno-primavera, complementando en calidad, distribución y productividad de forraje a los pastizales naturales y pasturas cultivadas perennes. Hoy día se dispone de cultivares de distintas especies capaces de tolerar, sin mayores mermas en el rendimiento, las bajas temperaturas y los períodos de sequía característicos del sudoeste bonaerense.

Las especies más utilizadas en la zona son: avena (*Avena sativa*), ocupando el primer lugar probablemente debido a que mantiene su calidad incluso hasta en etapas reproductivas; cebada (*Hordeum vulgare*), siendo la de mayor producción de forraje en el ciclo (figura 2), centeno (*Secale cereale*) y triticale (*Triticum x Secale*) tienen menor producción que las anteriores, ocupando el últimos lugar en producción el trigo (*Triticum aestivum*) con menor área sembrada (Moreyra *et al.*, 2014).

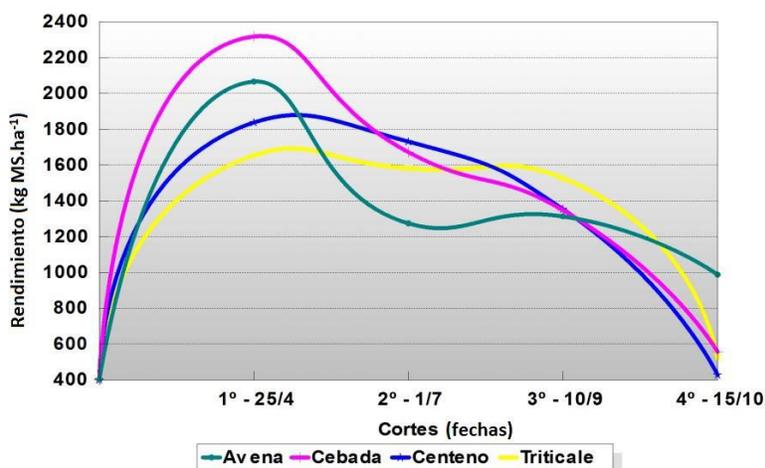


**Figura 2.** Producción total de materia seca (MS) de los verdeos de invierno obtenida en ensayos comparativos de rendimiento (Tomaso, 2008).

En lo que respecta al crecimiento y distribución del forraje, como se puede ver en la Figura 3, algunas especies como avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*) entregan gran parte de su potencial en el primer corte, mientras que centeno (*Secale cereales*) y triticale (*Triticum x Secale*), muestran un comportamiento más estable entre cortes, entregando forraje de manera uniforme durante el ciclo de cultivo.

En zonas de alta variabilidad climática, como el sudoeste bonaerense, los cereales de invierno ofrecen una opción más segura a la hora de confeccionar reservas en comparación con los cultivos estivales (Bolletta *et al.*, 2008). La realización de estas reservas pueden cumplir las siguientes funciones: mantener la disponibilidad de forraje a lo largo del año, complementar en calidad y cantidad el forraje producido en lotes de baja fertilidad y brindar seguridad ante periodos de sequía o de inundaciones (Richmond y

Carta, 2018). Además, el uso de estas reservas permite tener más previsibilidad en el mantenimiento de la carga animal y aportar fibra en dietas con bajo contenido de MS. De las formas de confección de reservas conocidas, el ensilaje es la que mejor conserva la calidad del forraje original. Los cereales invernales cumplen con los requisitos necesario para cumplir satisfactoriamente el proceso de ensilado (Moreyra *et al.*, 2014).



**Figura 3.** Curvas promedio de producción de materia seca (kg/ha) de avena, cebada, centeno y triticale observadas en Bordenave (Tomaso, 2008)

En los últimos años el mejoramiento genético en los cereales forrajeros de invierno produjo avances muy importantes, y hoy se dispone en cada especie de variedades con elevado potencial de rendimiento de forraje, comportamiento ante heladas y resistencia a plagas y enfermedades. Esto permite una elección cada vez más ajustada de las especies y cultivares mejor adaptados a las condiciones edáficas y climáticas de cada zona (Amigone y Tomaso, 2006).

A continuación, se expondrán las características de los últimos cultivares de avena inscriptos por el INTA, correspondientes al grupo de mejoramiento de INTA Bordenave y Barrow.

### **Paloma INTA: variedad de avena blanca inscrita en 2018**

Cultivar de ciclo largo, de producción otoño-inverno-primaveral con excelente aptitud forrajera para su aprovechamiento bajo pastoreo directo, con rendimiento potencial de 10.000 kg MS/ha pero con excelentes condiciones para ser utilizado como doble propósito y ensilaje de planta entera. Considerando esta última alternativa de producción es capaz de alcanzar los 12.000 kg MS/ha. La producción de grano es muy buena a pesar de haber sido seleccionada para la producción de forraje con potencial de producción de 5900 kg/ha de grano con alto peso hectolítrico. Presentó un comportamiento frente a “roya de la hoja” resistente hasta 2017, año a partir del cual su comportamiento cambió a susceptible debido al cambio de razas que también afectó a la variedad Elizabet INTA. Adicionalmente su tolerancia al frío es alta.

### **Bonaerense INTA Aiken: variedad de avena blanca inscrita en 2015**

Cultivar de ciclo intermedio corto, de producción otoño-invernal, con buena aptitud forrajera para su aprovechamiento bajo pastoreo directo y eventual doble propósito (pasto y grano). Tiene una producción potencial de 6000 kg MS/ha. Respecto a la producción de grano tiene un rendimiento potencial de 5000 kg/ha. Sanitariamente es considerado susceptible frente a “roya de la hoja”. Tolerancia al frío intermedia-alta.

### **Bonaerense INTA Sureña: variedad de avena blanca inscrita en 2015**

Cultivar de ciclo intermedio corto, de producción otoño-invernal, con aptitud forrajera similar al cultivar Bon. INTA Aiken. Puede ser utilizado como doble propósito. Su comportamiento frente a “roya de la hoja” es intermedio. Su producción de grano potencial puede alcanzar los 5000 kg/ha. Tolerancia al frío intermedia alta.

### **Florencia INTA: variedad de avena blanca inscrita en 2015**

Cultivar de ciclo intermedio, de producción otoño-invernal, con excelente aptitud forrajera para su aprovechamiento bajo pastoreo directo, con rendimiento potencial de 8000 kg MS/ha. Presenta muy buena performance cuando es utilizada para la confección de ensilajes de planta entera con una producción potencial mayor a 12.000 kg MS/ha. Su

producción de grano es notable a pesar de su selección a favor de la producción de pasto con una producción potencial superior a 6000 kg/ha de grano. Sanitariamente se la considera de comportamiento intermedia frente al patógeno “roya de la hoja”. Tolerancia al frío intermedia alta.

#### **Elizabet INTA: variedad de avena blanca inscrita en 2016**

Cultivar de ciclo largo, de producción otoño-inverno-primaveral, con excelente aptitud forrajera para ser utilizado bajo pastoreo directo, con potencial de producción de 10.000 kg MS/ha. A diferencia de Paloma INTA la selección a favor de la producción de pasto no ha favorecido la producción de grano con un potencial de 5000 kg/ha. A partir del cambio de razas de “roya de la hoja” su estatus sanitario pasó de resistente a susceptible. Tolerancia al frío alta.

#### **Juana INTA: variedad de avena blanca inscrita en 2016**

Cultivar de ciclo largo, de producción otoño-inverno-primaveral, con excelente aptitud forrajera para ser utilizado bajo pastoreo directo, con potencial de producción de 8.200 kg MS/ha. La producción de grano es muy buena, alrededor de 5.500 kg/ha con grano de alto peso hectolítrico. Su comportamiento frente a “roya de la hoja” es intermedio. Presenta por su desarrollo en la época de grano muy buena aptitud para la confección de ensilaje de planta entera. Tolerancia al frío alta.

#### **Lucia INTA: variedad de avena blanca inscrita en 2016**

Cultivar de ciclo intermedio, de producción otoño-invernal, con muy buena aptitud para ser utilizada bajo pastoreo directo con una producción potencial de 7.400 kg MS/ha. Su comportamiento sanitario frente a “roya de la hoja” es intermedio. Respecto a la producción de grano presenta un potencial de 5.900 kg/ha con buena calidad comercial. Tolerancia al frío media-alta.

#### **Julieta INTA: variedad de avena blanca inscrita en 2015**

Cultivar de ciclo intermedio, de producción otoño-invernal, con muy buena aptitud para ser utilizada bajo pastoreo directo con una producción potencial de 7.500 kg MS/ha. Sanitariamente es considerada con comportamiento intermedio frente a “roya de la hoja”. Para producción de grano tiene un potencial de 5.600 kg/ha. Tolerancia al frío intermedio-alta.

### **2.3 Ensilaje de planta entera de cereales de invierno**

En Argentina según la Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros (CACF) en la campaña 2018/2019 se picaron 2.117.000 ha, de las cuales el 58,5% correspondieron al cultivo de maíz (*Zea mays*), 24,5% a verdeos de invierno y pasturas y por último 17,2% a sorgo (*Sorghum bicolor*). Hace algunos años el principal destino de los ensilajes era para producciones tamberas, actualmente el 51,4% se destina a producción de carnes y un 48,6% a producción de leche. Esto nos indica que muchos productores ganaderos están adoptando esta tecnología por sus ventajas productivas.

Los ensilajes cumplen un importante rol, ya que son una forma de reserva forrajera que mejor conserva calidad del forraje, con una eficiencia de cosecha que puede superar el 85%, ocupa superficies relativamente pequeñas y permite utilizar el forraje en cualquier época del año. Específicamente los ensilajes de planta entera de verdeos invernales (avena, cebada, trigo, etc.) constituyen una opción excelente, permitiendo contar con alta cantidad de forraje (6 a 10 TN de materia seca/ha) de calidad, a un costo relativamente bajo (Perea 2014).

El proceso de confección de los forrajes conservados, su almacenamiento y suministro a los animales, debe ser eficiente para lograr que ese potencial nutricional llegue a los animales y logre convertirse en más kilos de carne o de leche. Sin embargo, aun disponiendo de una adecuada cantidad de estos nutrientes, no todo el forraje conservado que consumen los animales se digiere en su totalidad, en ocasiones una parte importante puede transitar el tracto digestivo sin ser fermentado y aparecerá en la materia fecal como residuos sólidos.

La digestibilidad de un alimento, es la proporción del mismo que no aparece en la materia fecal, puede ser muy variable en función de varios factores. Los más importantes son los que dependen del mismo alimento (estado de madurez del forraje, calidad de la fibra, tipo de almacenamiento, etc.) también de los efectos asociativos con otros componentes de la dieta. Por ello, es de suma importancia que todos los ingredientes que integran el alimento sean de óptima calidad.

## **2.4 Importancia de la composición morfológica**

La base conceptual que explica las diferencias en el valor nutritivo de las pasturas radica en la anatomía, fisiología y bioquímica de la planta (células, tejidos) y en su composición morfológica (distribución y proporción de órganos). La hoja, cumple una función de síntesis y asimilación de carbohidratos, presenta alta proporción de tejido parenquimático localizado en el mesófilo. Esto le imprime característica de alto contenido de nitrógeno y carbohidratos no estructurales (CNES) y, por consiguiente, elevado valor nutritivo. Los tallos presentan alta proporción de tejido vascular y de tejidos de sostén, y su valor nutritivo se considera variable, ya que depende del contenido de carbohidratos estructurales que presente. Los órganos de reserva de nutrientes, por ejemplo las semillas, constituyen estructuras de supervivencia y tienen alto valor nutritivo. La proporción de las diferentes partes en la biomasa aérea de una planta, expresada en porcentaje o como la relación entre ellas (relación hoja:tallo o espiga:tallo), es la que se define como composición morfológica de una planta (Trujillo y Uriarte, 2001) o fracciones morfológicas de la planta. Las relaciones de estos componentes o fracciones, sirven como índices comparativos de calidad de forraje y pueden cambiar en relación al genotipo del material.

Trabajando con sorgos de distintos portes (alto, medio y bajo) donde cada uno aportó diferentes relaciones de tallo, hoja y panoja se concluyó que el aumento de participación de la panoja en esta relación redujo los valores de constituyentes de la fibra y aumentó la digestibilidad de la materia seca (Silva, 1997). Cummins (1971) reafirma que las características de los tejidos vegetales definen su digestibilidad, así es el caso por ejemplo del sorgo, donde la panoja representa la fracción con mayor digestibilidad y el

tallos, la de menor digestibilidad. Brach y Royo (2012), sugieren que la proporción de tallo, espiga, hoja verde y senescente que posee un cultivo al momento del corte para ensilarlo afecta directamente la calidad nutritiva del ensilaje producido debido a la diferencia presente entre ellos.

**Tabla 1.** Contribución de espiga, hoja y tallo al rendimiento total de forraje cosechado (% MS).

	Cebada	Avena	Triticale	Cebada/triticale
Espiga	48,9	42,9	40,8	44,6
Hoja	27,1	26,1	24,0	37,6
Tallo	24,1	31,0	35,2	17,8
Relación hoja:tallo	1,12	0,84	0,69	2,33

Fuente: Kennelly. y Weinberg, 2003

## 2.5 Confección del ensilaje

El primer requerimiento para el éxito del ensilaje es alcanzar rápidamente condiciones de anaerobiosis y que estas se mantengan. Esto termina con la respiración de la planta, inhibe el crecimiento de microorganismos aeróbicos, restringe las subas de temperatura y crea condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de bacterias que realizan la fermentación láctica (BAL), que consiste en la oxidación parcial de la molécula de glucosa para obtener energía produciendo ácido láctico como producto de desecho. El otro paso importante, es crear las condiciones para inhibir la actividad de los microorganismos anaeróbicos indeseables. Esto se logra reduciendo el pH rápidamente en el ensilaje y el logro de una adecuada fermentación es función de varios factores como: sustrato fermentable, capacidad buffer de la planta, humedad del forraje y microorganismos predominantes en el cultivo a ensilar. Algunas variables técnicas que afectan el proceso de ensilaje son: contenido de humedad, momento de picado, tamaño de partícula.

Contenido de humedad en el momento de cosecha: el porcentaje de humedad del forraje es fundamental para garantizar que el proceso fermentativo se desarrolle correctamente, se facilite el llenado y compactación, se minimicen los lixiviados y se evite la fermentación butírica. El contenido ideal varía con el tipo de cultivo, pero en términos generales oscila entre el 60 y el 65%. Algunas pasturas como la alfalfa, al momento ideal de corte presentan mayores contenidos de humedad (75 a 80%), por lo que se recomienda un pre-marchitamiento previo al picado y ensilado.

Momento de picado: este no solo depende del contenido de humedad, como ya se mencionó, sino del estado fenológico del cultivo. Para el caso del maíz el momento ideal es cuando finaliza el llenado de grano (grano pastoso a pastoso duro, ¼ línea de leche), que es cuando presenta el mayor contenido de energía disponible. En el caso de cereales de invierno, como avena o cebada, el momento óptimo es en grano lechoso-pastoso (Z7.1 a Z7.9 según la escala de Zadoks *et al.*, 1974). Es importante no demorarlo para evitar la pérdida de hojas ya que en este momento se alcanza una elevada producción sin pérdidas de palatabilidad ni disminuciones importantes en la calidad. Para el caso de la alfalfa el momento ideal es cuando se encuentra en botón floral. Cuando se utilizan pasturas consociadas el momento de corte se determinará en función de las características de la especie mayoritaria.

Tamaño y uniformidad de picado: Para definir el tamaño hay que considerar distintos factores, algunos relacionados a proceso de ensilaje en sí mismo como son la facilidad de compactación y eliminación del oxígeno, otros referidos a la alimentación animal, como son el aprovechamiento de la energía del grano, la movilidad ruminal y el correcto aprovechamiento del forraje en los comederos y otros factores técnicos, ya que disminuir el tamaño de picado requiere un aumento de la potencia del motor utilizado para alimentar el rotor. En función de esto se considera ideal un largo de picado de 1,5 cm, con el grano bien partido y que contenga entre 7 y 12% de fragmentos de más de 2,5 cm sin exceder los 8 cm. Si el picado es más fino (<8mm), la tasa de pasaje a nivel ruminal es muy alta pudiendo ocasionar falta de eficiencia en su aprovechamiento (Cátedra de microbiología agrícola UNS).

### **3. HIPÓTESIS**

La producción forrajera y el valor nutricional de *Avena sativa*, cambiaría en función del cultivar. La elección del cultivar afectaría la proporción de las fracciones morfológicas de la planta (panoja, tallo, hoja y material muerto) y sus relaciones, lo cual afectaría la calidad nutricional de los ensilajes resultantes.

### **4. OBJETIVO**

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de diferentes cultivares de *Avena sativa* con destino a ensilaje de planta entera en estado de grano lechoso-pasoso (Z7.1 a Z7.9 según la escala de Zadoks *et al.*, 1974) sobre:

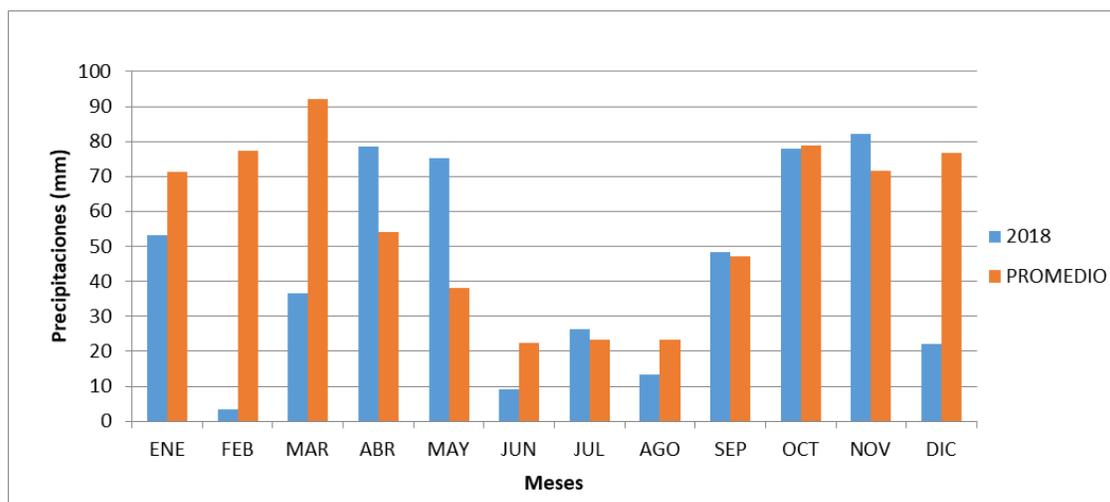
- Producción forrajera, y proporción de los componentes morfológicos de las plantas (tallo, panoja, lámina y material muerto).
- Valor nutricional al momento del corte y después del proceso de ensilaje.
- Evaluación organoléptica de los ensilajes resultantes.



De acuerdo al criterio de Thorntwaite se lo define como sub-húmedo seco, mesotermal con nulo o un pequeño exceso de agua. La precipitación media anual es de 674 mm, siendo los meses de marzo, octubre, noviembre y diciembre los más lluviosos (Figura 5). Durante el invierno las lluvias disminuyen notoriamente y aumentan los coeficientes de variación de los promedios mensuales, con lo cual se puede concluir que la distribución de las lluvias es predominantemente primavero-estival.

Asimismo, cabe resaltar la existencia de una gran variabilidad en los registros anuales de precipitación, que habitualmente no coinciden con el promedio de la serie histórica. El déficit hídrico anual es de 115 mm distribuidos en los meses, en orden decreciente, de enero, febrero, diciembre y enero (Bolletta et al., 2009).

Durante el año 2018 las precipitaciones fueron de 526 mm, inferiores al promedio histórico de 674 mm (Figura 5). Si bien no es grande la diferencia en el acumulado total, es muy importante en los acumulados mensuales, no cumpliendo con la distribución normal, demostrando un déficit en los meses de diciembre a marzo y un comportamiento relativamente normal o superior en los meses correspondientes al ciclo del cultivo (26/7 al 25/11).



**Figura 5.** Precipitaciones promedio (mm) para Bordenave durante la serie histórica 1911-2015 y para el año 2018. Fuente: información agrometeorológica EEA INTA Bordenave

Los suelos del área se caracterizan por su gran heterogeneidad morfológica y genética; predominantemente Haplustoles énticos, en planicies y depresiones suaves. En posiciones de loma, limitados por tosca se hacen someros con un desarrollo de perfil A-AC-C-Tosca. Aunque la dominancia de la fracción arena disminuye la capacidad de retención de agua y la fertilidad potencial de la mayor parte de estos suelos, el principal factor limitante y, a su vez, la fuente de mayor variabilidad en los rendimientos de los cultivos es la profundidad efectiva. La erosión eólica es un problema importante en toda el área, que merece especial atención en las prácticas de manejo (Bolletta *et al.*, 2009).

## 5.2 Tratamientos y diseño experimental

Se utilizaron ocho cultivares de *Avena sativa* pertenecientes a la red de mejoramiento vegetal del INTA, los cuales constituyeron los tratamientos: Paloma INTA, Elizabet INTA, Florencia INTA, Lucia INTA, Julieta INTA, Juana INTA, Bonaerense Aiken INTA y Bonaerense Sureña INTA. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones de cada tratamiento, siendo la unidad experimental una parcela de 6 m<sup>2</sup> (5 x 1,2 m).



**Figura 6.** Vista general del ensayo donde se pueden observar los diferentes bloques y cultivares

### **5.3 Prácticas culturales**

Luego de tres meses de barbecho mecánico la siembra se realizó el 26 de julio con una sembradora experimental Hege 80 de 6 surcos con distanciamiento entre hileras de 0,2 m. La densidad objetivo fue igual para todos los tratamientos, 250 pl/m<sup>2</sup>. A la siembra se aplicó una dosis de 80 kg/ha de fosfato diamónico. Luego, el 24/08/18 se realizó una fertilización con 100 kg/ha de urea al voleo. Para el control de malezas se aplicó en estado de 4 hojas, Peak pack: 10 g/ha prosulfuron + 10 g/ha triasulfuron + 100 cm<sup>3</sup>/ha dicamba, metsulfuron: 6 g/ha.

El corte y picado de la avena se realizó cuando los materiales llegaron a grano lechoso (Z7.1 a Z7.9 según la escala de Zadoks *et al.*, 1974). Dicho momento coincidió para el año 2018 entre el 26 y 28 de noviembre.

### **5.4 Componentes de la biomasa**

Cuando las plantas llegaron al estado fenológico de grano lechoso-pastoso, se extrajeron 30 cm lineales de un surco central para realizar la separación en la biomasa en cuatro componentes: lámina viva, tallo (incluye las vainas de las hojas), panoja y material muerto. Con esta información se calcularon los pesos de cada componente y se expresaron como proporción del total del forraje, también se determinó la relación panoja:tallo y panoja:total para evaluar y comparar los atributos de cada cultivar.

### **5.5 Producción forrajera, valor nutricional y confección de ensilajes**

En estado fenológico de grano lechoso-pastoso se realizó el corte a 8 cm de altura con una cosechadora experimental autopropulsada (Cibus F. Wintersteiger) sobre el total de la parcela. Con el objetivo de obtener la producción de materia fresca (MF) expresada en kg MF/ha, se pesó el forraje cortado de la totalidad de la parcela y se lo relacionó con la

superficie de la misma. Para obtener el contenido de materia seca (MS) del material cosechado, se extrajo una muestra que se introdujo en una estufa con circulación forzada de aire a 60 °C por 48 hs. Posteriormente el material seco se pesó y mediante la relación: peso seco/peso fresco \*100, se obtuvo la producción, expresada en kg MS/ha.

El material seco se molió utilizando un molino Wiley, con malla de 1 mm. En el laboratorio de Forrajes de EEA Bordenave, se determinó:

- Fibra detergente neutro (FDN) y Lignina Detergente Ácido (LDA) por el método de Van Soest (1991), usando el analizador de fibra Ankom 200 (Ankom Technology, Fairport, NY, EEUU).
- Contenido de proteína bruta (PB), usando el método de Kjeldahl (Bremner, 1996) para determinar contenido de nitrógeno y multiplicar por el factor 6,25 (AOAC, 2000).
- Concentración de energía metabolizable (EM) en Mcal/kg MS, estimada como el producto de la energía bruta contenida en los alimentos (4,4 Mcal/kgMS), valor propuesto como constante por Maff (1990), multiplicado por la digestibilidad de la materia seca, menos un 18% de pérdidas por orina y gases, valor calculado para ovinos por Armstrong (1964) y Graham (1983).
- Carbohidratos no estructurales (CNES) solubles fueron determinados por el método de antrona (Yemm y Willis, 1954).
- Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), por la técnica de Tilley y Terri (1963).

Con el material restante de cada una de las parcelas se procedió al picado manual (tamaño de partícula de 0,8 cm a 2 cm) para la confección microsilos (ensilajes a escala de laboratorio). El material picado se introdujo en tubos de PVC de 50 cm de largo y 11 cm de diámetro. El forraje se fue colocando gradualmente a la vez que se le aplicaba presión mediante una prensa hidráulica manual (2,5 kg/cm<sup>2</sup>). Luego se tapó herméticamente para evitar la entrada de oxígeno y favorecer el proceso de fermentación.

Pasados 55 días, los microsilos se abrieron, se midió el pH del ensilaje con pHmetro (Altronix TP1A) midiendo el fluido obtenido luego de 60 minutos de exponer el material ensilado con agua destilada (1:4) y se evaluaron subjetivamente variables organolépticas como: color, olor, textura, humedad con el fin de inferir la calidad de la reserva forrajera, siguiendo las recomendaciones que se puede apreciar en la tabla siguiente.

**Tabla 2.** Propiedades organolépticas de los ensilajes

<b>Rango de calidad</b>				
	Excelente	Bueno	Regular	Malo
<b>Olor</b>	Agradable, a fruta madura	Agradable, ligero a vinagre	Acido, fuerte a vinagre o manteca rancia	Putrefacto, a húmedo o moho
<b>Color</b>	Verde aceituna	Verde amarillento	Verde oscuro	Casi negro o negro total
<b>Textura</b>	El forraje conserva todos sus contornos definidos, las hojas aparecen unidas a los tallos		Las hojas tienden a ser transparentes con bordes poco definidos	No se diferencia entre hojas y tallos, forman una masa amorfa, jabonosa al tacto
<b>Humedad</b>	No humedece las manos al hacer presión con el puño y se mantiene suelto el forraje		Al ser comprimidos en el puño emanan efluentes, con tendencia a ser compactado y formar una masa	

Fuente: Cárdenas et al., 2004.

Luego, se tomaron muestras de 500 g aproximadamente del centro del ensilaje resultante, para la determinación del contenido de MS, procediendo del mismo modo que se explicó anteriormente para el forraje en pie. Asimismo, la muestra fue procesada y se determinaron las mismas variables descriptas en el material pre-ensilado.

Por último, se realizó una comparación entre los valores obtenidos de pre y pos-ensilaje para cada variable de valor nutricional. Se calculó el cambio porcentual de cada variable producto del efecto de la fermentación del forraje. Cambios mayores al 5% se consideraron límites para clasificarlos como aumentos o disminuciones de los valores originales del material pre-ensilado.

## **5.6 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los datos, se realizó un análisis de varianza usando los tratamientos (cultivares) como factor fijo. Para calcular las diferencias entre medias se utilizó el test de LSD Fisher con un nivel de significación del 5%.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Producción y proporción de materia seca

Los valores de producción de forraje no mostraron diferencias significativas entre cultivares ( $p=0,65$ ) como se puede observar en la Tabla 3, siendo la media de 12.885 kg MS/ha. Sin embargo, los cultivares Sureña INTA y Juana INTA fueron los que presentaron mejor performance con 13.992 y 13.681 kg MS/ha respectivamente, superando en 951 kg a la media. Los cultivares Aiken INTA y Paloma INTA que se ubicaron en los últimos lugares de la tabla con 11.947 y 12.382 kg MS/ha. Un trabajo realizado por De Marco (2019) en la localidad de Barrow, muestra para 5 cultivares de *Avena sativa* rendimientos de forraje levemente inferiores, de 9.000 a 10.500 kg MS/ha. Los altos rendimientos obtenidos en el presente ensayo podrían explicarse a partir de los datos meteorológicos del período, ya que las precipitaciones estuvieron cercanas al promedio histórico durante la mayor parte del período de cultivo y fueron 15% superiores al promedio histórico en noviembre, permitiendo que los materiales expresen su potencial.

El porcentaje de MS tampoco mostró diferencias significativas ( $p=0,71$ ) entre cultivares, siendo el promedio 32,6 % (Tabla 3). El contenido de humedad del cultivo, es el factor más importante que afecta la calidad del proceso de confección de un ensilaje. El porcentaje de MS para un correcto ensilaje debe estar entre 30 a 40% (Xie et al., 2012). Por lo tanto, el contenido de humedad obtenido en avena para el estado fenológico de grano lechoso-pastoso se encuentra entre los valores óptimos para realizar este tipo de reserva. Si se realiza un ensilaje con un contenido de MS menos a 30%, como en la etapa temprana de madurez, se asocia con la fermentación del ácido butírico y producción de importantes volúmenes de efluentes que se pierden y contienen valiosos nutrientes altamente digestibles. Por el contrario, un mayor contenido de MS restringirá la compactación y fermentación, provocando el deterioro de los ensilajes y la pérdida de nutrientes (Muck *et al.*, 1997 ;Wan *et al.*, 2007). En este experimento no se observaron pérdidas por efluentes ni problemas con la compactación del material a ensilar.

**Tabla 3.** Producción de materia seca (kg MS/ha) y porcentaje de materia seca pre-ensilaje (% MS) en diferentes cultivares de *Avena sativa*.

<i>Cultivar</i>	kg MS/ha	MS, %
Sureña INTA	13.992	33,9
Juana INTA	13.681	32,1
Florencia INTA	13.386	32,9
Elizabet INTA	12.671	31,6
Julieta INTA	12.516	31,9
Lucía INTA	12.508	32,7
Paloma INTA	12.382	32,3
Aiken INTA	11.947	33,3
Promedio	12.885	32,6
p-valor	0,65	0,71

Los valores son promedio de 4 repeticiones.

## 6.2 Componentes de la biomasa

En la Tabla 4, se puede observar la proporción de cada componente de la biomasa aérea de la planta para cada cultivar. Existen diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre los genotipos para las fracciones tallo y panoja y diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para lámina y material muerto.

Alrededor del 85% de la biomasa total corresponde a la sumatoria de tallo y panoja, por lo tanto, son los componentes que definen en gran medida el valor nutricional del forraje. El otro 15% restante, pertenece a lámina y material muerto.

Panoja y lámina son los componentes que tienen mayor valor nutritivo, mientras que el tallo y el material muerto, actúan como diluyentes de la calidad (Aello y Di Marco 2007). Por esto, al momento de elección de un cultivar para ensilaje, hay que tener en cuenta que las proporciones de panoja y lamina sean lo más elevadas posibles. Lo contrario para tallo y material muerto, elegir los materiales con los mínimos valores sin afectar el rendimiento MS/ha

En cuanto a la proporción de panoja, Aiken INTA y Lucia INTA, fueron los cultivares que se destacaron ( $p < 0,001$ ) en este componente con 31,9 y 31,8 % respectivamente, un 25% mayor que Juana INTA quien ocupó el último lugar en este parámetro con un 24%.

Para el componente lámina, se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,01$ ). Elizabet INTA con 12,8 % se destacó, aunque sin diferenciarse de Paloma INTA, Julieta INTA, Juana INTA y Sureña INTA. Apareciendo con el menor valor Aiken INTA y Florencia INTA con 7,5%

En lo que respecta al componente tallo, Elizabet INTA con el 53,3% y Aiken INTA con el 53,6% obtuvieron los valores más bajos, aunque sin diferenciarse de Paloma INTA, Lucía INTA y Julieta INTA. Juana INTA en el otro extremo fue el cultivar que mayor porcentaje de tallo mostró con 59,6%.

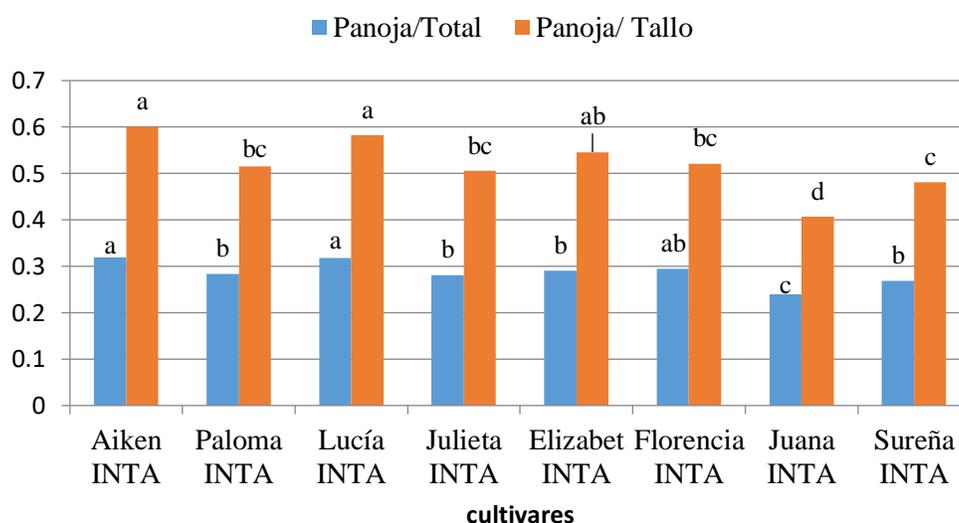
**Tabla 4.** Biomasa total producida, proporción de tallo, panoja, hoja y material muerto en diferentes genotipos de Avena sativa cortados en estado de grano lechoso-pastoso.

<i>Cultivar</i>	Componentes de la biomasa			
	Tallo, %	Panoja, %	Lámina, %	Muerto, %
Aiken INTA	53,5 ab	31,9 a	7,5 c	6,1 c
Paloma INTA	53,4 abc	28,4 b	11,5 ab	3,7 ab
Lucía INTA	54,6 abc	31,8 a	9,2 bc	4,1 abc
Julieta INTA	55,6 bc	28,1 b	12,7 ab	2,9 a
Elizabet INTA	53,3 a	29,1 b	12,8 a	3,3 ab
Florencia INTA	56,4 c	29,4 ab	7,5 c	5,9 c
Juana INTA	59,0 d	24,0 c	11,9 ab	4,1 abc
Sureña INTA	55,9 c	26,9 b	9,5 abc	5,3 bc
p-valor	0,0011	<0,0001	0,0144	0,0246
EEM	0,78	0,85	1,20	0,69

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), EEM= Error estándar de la media.

Por último para el caso del material muerto, se encontraron diferencias significativas ( $p=0,02$ ). Fue el componente evaluado que representó la menor proporción de la biomasa, aunque con gran variabilidad entre tratamientos. Aiken INTA junto con Florencia INTA, obtuvieron los máximos valores con un 6%. Julieta INTA fue la que menos proporción de material muerto mostró con 2,9%, una diferencia mayor al doble entre ambos. El valor nutritivo del material muerto es bajo, aportando solo fibra en la dieta. Sin embargo, desde el punto de vista nutricional global no resulta tener gran impacto ya que, como se menciona anteriormente, la proporción fue baja en relación al resto de los componentes de la MS.

En cuanto a la composición morfológica se debe prestar la mayor importancia a ensilar un material con alto contenido de grano (en este ensayo evaluado como porcentaje de panoja), esto tiene un doble propósito; el primero obtener un alimento de alta calidad con un elevado tenor energético y el segundo, tener un alto contenido de carbohidratos que facilitará y hará más eficiente la fermentación que se busca en este tipo de reservas. La proporción de panoja es uno de los componentes que afectan más el porcentaje de digestibilidad de la materia seca. Es sabido que la digestibilidad del forraje, aumenta a medida que aumenta el porcentaje de grano en el ensilado (Silva, 1997; Cummins, 1971).



**Figura 7.** Relación panoja:tallo y panoja:total, en los distintos cultivares de *Avena*, Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos

Otra manera de evaluar la calidad del material a ensilar, es relacionar la proporción de panoja con el total de la biomasa (panoja:total). Cuanto mayor sea esta relación, mayor es el valor nutritivo. En este caso se puede observar con un  $p=0,0001$  que los cultivares Aiken INTA y Lucia INTA son los que mayor relación panoja:total obtuvieron (0,3 ó 30% de panoja sobre el total), por lo tanto serían los mejores cultivares para la confección de un ensilaje. El promedio de 30% de panoja para los mejores cultivares, resulta un valor bajo en relación al 42,9% de panoja reportada por Kennelly y Weinberg (2003) para el cultivo de avena.

El mismo comportamiento de estos cultivares pudo observarse si se evalúa la proporción de panoja respecto al tallo (panoja:tallo). En este caso mostró diferencias altamente significativas entre cultivares con  $p<0,0001$  siendo Juana INTA, el cultivar que menor valor obtuvo para esta variable.

### **6.3 Valor nutricional pre-ensilaje**

En un ensayo similar al presente, realizado por De Marco (2019) donde se comparó el comportamiento de distintos cultivares a *Avena sativa*, en distintas fechas de corte para luego realizar el ensilaje de planta entera, los valores reportados en ese trabajo fueron similares al presente para cada parámetro estudiado, por lo tanto podemos aseverar que los resultados son normales para la especie.

Como se puede observar en la Tabla 5, todas las variables medidas mostraron diferencias altamente significativas entre tratamientos  $p<0,001$  salvo para el contenido de PB.

El promedio para PB fue 8,5%, con una tendencia mayor para Julieta INTA con un 10%. Florencia INTA y Elizabet INTA obtuvieron los valores más bajos con 7,8% ambos cultivares.

Para DIVMS se puede observar que Aiken INTA fue el único cultivar que se diferenció del resto con un  $p=0,0014$  presentando el mayor valor con un 62,3%, resultado esperable ya que es un cultivar granífero, adicionalmente Aiken INTA obtuvo los menores

valores de FDN y LDA y el máximo valor de CNES. El resto de los cultivares no se diferenciaron entre sí, con valores promedios de 57,5%.

**Tabla 5.** Fibra en Detergente Neutro (FDN), Lignina en Detergente Ácido (LDA), Proteína Bruta (PB), Energía Metabolizable (EM), Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES), Digestibilidad “*in vitro*” de la Materia Seca (DIVMS) y energía metabolizable (EM) en diferentes genotipos de *Avena sativa* cortados en estadio de grano lechoso-pastoso.

Cultivar	Valor nutricional del forraje					
	FDN, %	LDA, %	PB, %	EM (Mcal/kg MS)	CNES, %	DIVMS, %
Aiken INTA	53,0 a	3,88 a	7,9	2,25 a	13,3 a	62,3 a
Paloma INTA	57,9 bc	5,36 de	8,3	2,0 b	10,9 b	55,4 b
Lucía INTA	56,0 b	4,71 bc	8,7	2,01 b	9,9 bc	55,8 b
Julieta INTA	60,6 d	5,47 de	10,0	2,04 b	7,9 c	56,7 b
Elizabet INTA	57,3 bc	4,45 ab	7,8	2,07 b	10,7 b	57,3 b
Florencia INTA	56,7 bc	4,97 bcd	7,8	2,01 b	8,9 bc	55,8 b
Juana INTA	58,6 c	5,69 e	9,1	2,0 b	10,6 b	55,5 b
Sureña INTA	57,9 bc	5,26 cde	8,1	2,06 b	10,7 b	57,2 b
Promedio	-	-	8,5	-	-	-
p-valor	<0,0001	<0,0001	0,25	0,0015	0,0079	0,0014
EEM	0,65	0,2	0,7	0,04	0,8	1,0

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

EEM= Error estándar de la media.

La concentración de CNES en el forraje que está positivamente relacionado a la calidad, porque afecta el valor energético y el proceso de fermentación durante la primera etapa de almacenamiento del ensilaje. Son la principal fuente de energía requerida para una adecuada producción de ácido láctico y una rápida estabilización del ensilaje, al mismo estado de madurez y condiciones ambientales semejantes, reportan el siguiente ranking de concentración de CNES, de mayor a menor, como: 1° cebada, 2° trigo y 3° avena (Castro y Gallardo, 2011). Bajo condiciones normales de crecimiento, las cebadas en fase inicial de grano pueden obtener hasta un 25% de azúcares solubles, mientras que los otros cereales generalmente no alcanzan el 18%. Los verdeos de invierno poseen significativamente

menores concentraciones de CNES que los verdes de verano, resultaría recomendable aplicar a estos forrajes algún tipo de inoculante, principalmente bacterias lácticas. Estos inoculantes, contribuirían mejorando el proceso fermentativo y la estabilidad aeróbica una vez abierto el silo durante el suministro (Gallardo 2011). Aiken INTA fue el cultivar que mostró el mayor nivel de CNES ( $p=0,0079$ ), con 13,3% y en el último lugar Julieta INTA con 7,9%. Sin embargo, ninguno de ellos resultó limitante para garantizar una adecuada fermentación y correcta conservación.

Por último en lo que respecta a FDN y LDA ( $p<0,0001$ ) se obtuvieron valores promedio de 57,3 y 5,0% respectivamente. Aquí también Aiken INTA se destacó del resto de los cultivares, obteniendo la menor proporción en ambas variables. Mientras que, Julieta INTA y Juana INTA mostraron los valores máximos.

#### **6.4 Características organolépticas y pH de los ensilajes resultantes**

En general, los ensilajes resultaron en una buena fermentación ya que presentaron un adecuado olor, color, textura y humedad. Sureña INTA fue el único cultivar que presentó una fermentación acética-láctica, mostrando el mayor valor de pH, obteniendo 4,6 cercano al límite para una adecuada fermentación.

Los valores de pH no mostraron diferencias significativas ( $p=0,43$ ) entre cultivares, con un promedio de 4,3. Según Wattiax (2002), luego de 14 días de fermentación un ensilaje de gramíneas bien conservado tendría un pH de 3,5 a 4,2. Gaggiotti (2011) asegura que valores por encima de 5,5 indican una inadecuada fermentación. No solo el valor de pH sino el tiempo en que lo alcanza es importante, para lograr una estabilización rápida del silo, esto permite frenar la reproducción y colonización de bacterias indeseables como las *Clostridium* y coliformes, que consumen CNES, evitando que baje el pH y se puedan reproducir rápidamente las bacterias productoras de ácido láctico que están en baja proporción (Mayer 1999). Por lo tanto, puede afirmarse que la fermentación lograda en los microsilos experimentales en este trabajo fue buena.

**Tabla 6.** Análisis organolépticos y pH al momento de la apertura de los microsilos.

<i>Cultivar</i>	pH	COLOR	OLOR	TEXTURA	HUMEDAD	Tipo fermentación
Aiken INTA	4,4	B	B	E	B-R	Láctica
Paloma INTA	4,3	E	E	E	B	Láctica
Lucía INTA	4,4	B	B	E	B	Láctica
Julieta INTA	4,1	E	E	E	B	Láctica
Elizabet INTA	4,4	E	B	E	B	Láctica
Florencia INTA	4,2	E	E	E	B	Láctica
Juana INTA	4,4	E	E	E	B	Láctica
Sureña INTA	4,6	E	B	E	B-R	Láctica-Acética
Promedio	4,3	-	-	-	-	-
p-valor	0,43	-	-	-	-	-
EEM	0,14	-	-	-	-	-

Los valores son promedio de 4 repeticiones.

B: Bueno E: Excelente R: Regular.

## 6.5 Valor nutricional del ensilaje

A continuación, se detallan los resultados correspondientes a los parámetros que caracterizan el valor nutritivo de los ensilajes para los materiales empleados en el ensayo luego de haber realizado la apertura de los microsilos. Como se puede observar en la Tabla 6, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para FDN, PB, CNES ( $p > 0,05$ ). En cambio, se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,015$ ) entre tratamientos para EM y DIVMS. También se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,0002$ ) para LDA.

Para PB se obtuvo un promedio de 8,8% con el valor más alto para Julieta INTA con 10,2%. Según Gallardo (2011) los ensilajes como fuente de proteína son recursos de intermedio a bajo nivel (7-13% PB). Presentan valores muy variables, dependiendo de factores ambientales, fertilización, enfermedades, etc.

La lignina es un compuesto prácticamente indigestible, por lo tanto, desde el punto de vista nutricional resulta deseable obtener valores lo más bajos posibles. En este caso se encontraron diferencias entre cultivares, Aiken INTA con 4,8% fue el que menor valor

obtuvo destacándose sobre el resto de los cultivares, mientras que Paloma INTA Juana INTA y Julieta INTA obtuvieron los valores más altos.

El contenido de FDN de los diferentes cultivares de avena se encuentran dentro del rango óptimo reportado por Gallardo (2011). No se encontraron diferencias entre tratamientos obteniendo un 59,8 en como valor promedio.

El componente FDN estima en gran medida los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) y permite inferir en la calidad de los alimentos. Gibelli *et al.* (2017) proponen una relación entre el contenido de la pared celular del ensilaje (FDN) y su relación con la digestibilidad y el consumo: valores de FDN por debajo del 45% infieren alta digestibilidad, no generando limitaciones en el consumo. Valores entre 45-60% infieren digestibilidad media y puede llegar a limitar el consumo dependiendo del grado de lignificación. Valores de FDN entre 60-70% son alimentos de baja digestibilidad, que generan limitaciones importantes en el consumo y, por último, valores de FDN por encima del 70% son alimentos de digestibilidad muy bajos, que pueden ser usados para mantenimiento de los animales. Por lo tanto, a estos ensilajes se los puede clasificar con una digestibilidad intermedia, con posibilidad de limitar el consumo.

En cuanto a la DIVMS se encontraron diferencias significativas ( $p=0,015$ ), destacándose Aiken INTA y Julieta INTA con 65,3 y 64,6% respectivamente, aunque sin diferenciarse de Juana INTA y Sureña INTA. Por el contrario, el menor valor obtenido fue para Lucia INTA con el 59%.

Con la EM ocurre el mismo comportamiento mencionado en el párrafo anterior, ya que este valor se estima utilizando la DIVMS.

El proceso de fermentación a través de la actividad de los microorganismos consumen los compuestos solubles. Principalmente carbohidratos que son usados para la multiplicación microbiana, producción de calor y producción de ácidos orgánicos (láctico, principalmente). Es por esto que resultaría esperable observar un gran descenso en la CNES. En este estudio el descenso producto de la fermentación fue en promedio de 10,4 a 3,5%. Es decir una reducción del 65%.

**Tabla 7.** Fibra en Detergente Neutro (FDN), Proteína Bruta (PB), Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES) y Digestibilidad “*in vitro*” de la Materia Seca (DIVMS) y energía metabolizable (EM) en diferentes genotipos de *Avena sativa* cortados en estado de grano lechoso-pastoso al momento de apertura de los microsillos

Cultivar	Valor nutricional del ensilaje					
	FDN, %	LDA, %	PB, %	EM (Mcal/kg MS)	CNES, %	DIVMS, %
Aiken INTA	59,1	4,81 a	8,2	2,36 a	4,1	65,3 a
Paloma INTA	58,9	6,82 c	8,9	2,16 bc	4,6	59,8 bc
Lucía INTA	59,9	5,79 b	8,9	2,13 c	4,2	59,0 c
Julieta INTA	60,1	6,14 bc	10,2	2,33 a	3,4	64,6 a
Elizabet INTA	58,7	5,43 ab	8,6	2,17 bc	3,2	60,2 bc
Florencia INTA	58,4	5,62 b	8,5	2,19 bc	4,2	60,6 bc
Juana INTA	61,9	6,77 c	9,2	2,25 abc	2,5	62,2 abc
Sureña INTA	61,0	5,90 b	8,5	2,27 ab	2,3	63,0 ab
Promedio	59,8	-	8,8	-	3,5	-
p-valor	0,25	0,0002	0,37	0,0153	ns	0,0156
EEM	1,03	0,25	0,63	0,05	0,74	1,27

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

EEM= Error estándar de la media.

## 6.6 Cambios de valor nutricional por efecto del proceso de fermentación

Los procesos de fermentación a través de la actividad de los microorganismos consumen los compuestos solubles, principalmente carbohidratos que son usados para la multiplicación microbiana, producción de calor y producción de ácidos orgánicos (láctico, principalmente). Es por esto que resultaría esperable observar un gran descenso en la concentración de CNES. En este estudio el descenso, producto de la fermentación, fue en promedio de 10,4 a 3,5%. Es decir una reducción del 65%.

La concentración de PB no cambia significativamente en un adecuado proceso de ensilaje. Sin embargo, existe un proceso de proteólisis durante el proceso de fermentación por acción de los microorganismos. Puede observarse en el presente estudio que en algunos

cultivares aumentó el contenido de PB, en otros se mantuvo constante y solo en un caso disminuyó. Sin embargo, los cambios observados en PB fueron menos del 1% del total de los componentes de la MS, siendo por si solo de escaso valor desde el punto de vista nutricional.

En cuanto a la FDN y LDA se observa en general que los valores se mantienen constantes en algunos cultivares, mientras que en otros aumenta levemente producto de un efecto de concentración de dicho componente. No existe síntesis de FDN ni LDA durante el proceso de ensilaje, lo que sucede es un consumo de compuestos solubles como sustrato para la fermentación y por lo tanto, se concentran los componentes de la pared celular que no sufren mayores cambios.

**Tabla 8.** Cambios porcentuales en la concentración de PB, CNES, FDN y LDAS por efecto del proceso de ensilaje.

<i>Cultivar</i>	PB, %			CNES, %			FDN, %			LDA, %		
	PRE	POS	Dif.	PRE	POS	Dif.	PRE	POS	Dif.	PRE	POS	Dif.
Aiken INTA	7.9	8.2	→ 3.9	13.3	4.1	↓ -69.5	53.0	59.1	↑ 11.5	3.8	4.8	↑ 26.3
Paloma INTA	8.3	8.9	↑ 7.1	10.9	4.6	↓ -57.7	57.9	59.0	→ 1.8	5.3	6.8	↑ 28.3
Lucía INTA	8.7	8.2	↓ -6.0	9.9	4.2	↓ -58.0	56.0	59.9	↑ 6.9	4.7	5.7	↑ 21.3
Julietta INTA	10.0	10.3	→ 2.5	7.9	3.4	↓ -57.1	60.6	60.1	→ -0.8	5.4	6.1	↑ 13.0
Elizabet INTA	7.8	8.6	↑ 9.7	10.7	3.2	↓ -70.2	57.3	58.7	→ 2.4	4.4	5.4	↑ 22.7
Florencia INTA	7.8	8.5	↑ 8.5	8.9	4.2	↓ -52.8	56.7	58.5	→ 3.1	4.9	5.6	↑ 14.3
Juana INTA	9.1	9.2	→ 0.9	10.6	2.5	↓ -76.7	58.6	61.9	↑ 5.7	5.6	6.7	↑ 19.6
Sureña INTA	8.1	8.5	↑ 5.3	10.7	2.3	↓ -78.5	57.9	61.0	↑ 5.4	5.2	5.9	↑ 13.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.5</b>	<b>8.7</b>	<b>→ 4.0</b>	<b>10.4</b>	<b>3.5</b>	<b>↓ -65.1</b>	<b>57.2</b>	<b>59.8</b>	<b>→ 4.2</b>	<b>4.9</b>	<b>5.8</b>	<b>↑ 19.9</b>

Las flechas amarillas muestran un cambio menor a 5%, las verdes y rojas un cambio superior al 5%.

PRE: Pre-ensilaje, POS: Pos-ensilaje, Dif: diferencia.

En lo que respecta a la EM los valores pre y pos-ensilaje se observó un leve aumento a favor de pos-ensilaje con un promedio de 8,7%, similar a lo que ocurre con la DIVMS con 8,8% en promedio luego del proceso de fermentación del ensilaje. Estos cambios en la DIVMS se contradicen con lo reportado por Mayer (1999), el cual reporta que la digestibilidad de un ensilaje con respecto al forraje en pie, debería disminuir o a lo sumo mantenerse ya que aumenta la proporción de LDA y se pierden azúcares digestibles.

Es por eso que se puede inferir este aumento a un error en la determinación o calibración de instrumentos como también un error de muestreo.

**Tabla 9.** Cambios porcentuales y promedio en la concentración de EM y DIVMS por efecto del proceso de ensilaje.

<i>Cultivar</i>	EM, Mcal/kg.MS			DIVMS, %		
	PRE	POS	Dif.	PRE	POS	Dif.
Aiken INTA	2.25	2.36	→ 4.9	62.3	65.3	→ 4.8
Paloma INTA	2.00	2.16	↑ 8.0	55.4	59.8	↑ 7.9
Lucía INTA	2.01	2.13	↑ 6.0	55.8	59.0	↑ 5.7
Julieta INTA	2.04	2.33	↑ 14.2	56.7	64.6	↑ 13.9
Elizabet INTA	2.07	2.17	→ 4.8	57.3	60.2	↑ 5.1
Florencia INTA	2.01	2.19	↑ 9.0	55.8	60.6	↑ 8.6
Juana INTA	2.00	2.25	↑ 12.5	55.5	62.2	↑ 12.1
Sureña INTA	2.06	2.27	↑ 10.2	57.2	63.0	↑ 10.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.05</b>	<b>2.23</b>	<b>↑ 8.7</b>	<b>57</b>	<b>61.84</b>	<b>↑ 8.5</b>

Las flechas amarillas muestran un cambio menor a 5%, las verdes y rojas un cambio superior al 5%.

PRE: Pre-ensilaje, POS: Pos-ensilaje, Dif: diferencia.

## **7. CONCLUSIONES**

Se acepta parcialmente la hipótesis planteada ya que se observaron cambios en los componentes de la biomasa forrajera y valor nutricional de los distintos genotipos de *Avena* evaluados. Sin embargo, todos los cultivares presentaron los mismos rendimientos de forraje por unidad de superficie.

En relación a los componentes de la biomasa, se destacan los cultivares Aiken INTA y Lucia INTA porque fueron los que mostraron mayores porcentajes de panoja y menores de tallo. Esto se le puede atribuir para el caso de Aiken INTA a que es un material clasificado como granífero.

En cuanto al valor nutritivo pre-ensilaje Aiken INTA se destaca del resto de los cultivares, ya que mostró los menores valores de LDA y FDN, y los máximos valores de DIVMS, EM y CNES, consecuentes con su mayor proporción de panoja en la planta.

Todos los cultivares salvo Sureña INTA, tuvieron un excelente comportamiento al proceso de ensilaje, tanto para características organolépticas como de pH.

Pos-ensilaje, los cultivares Aiken INTA, Julieta INTA, Juana INTA y Lucia INTA son los que mejor se comportaron, mostrando los mejores porcentajes de Digestibilidad.

Bajo las condiciones experimentales, podemos afirmar que es posible lograr ensilajes de alta calidad de planta entera de *Avena sativa* en el Sudoeste Bonaerense.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

- A.O.A.C., 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. (17th edition).
- Amigone, M. A., & Tomaso, J. C. 2006. Principales características de especies y cultivares de verdeos invernales. Informe para Extensión, (103).
- Armstrong, D.G. 1964. Evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep:II. The energy value of cocksfoot, timothy and two strains of rye-grass at varying stages of maturity. The Journal of Agricultural Science, Cambridge 62:399-416.
- Bolletta, A. I., Lagrange, S. P., Gimenez, F. J., & Tomaso, J. C. 2008. Rendimiento y valor nutritivo de silajes de verdeos de invierno en grano lechoso. In Congreso Argentino de Producción Animal. 31. 2008 10 15-17, 15 al 17 de octubre, 2008. Potrero de los Funes, San Luis. AR..
- Bolletta, A.I; Venanzi, S.; Krüger, H.; Lagrange, S. y Larrea, D. 2009. Mijo y Moha: Generalidades, Producción y Calidad. INTA EEA, Bordenave, Bs.As. República Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. CERBAS.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. p. 1149-1178. En: C.A. Black et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison.
- Campo, A.M. y Torrero M.P. 2008. Oscilación climática en la Cuenca del Río Sauce Chico, Argentina. Centro de Estudios Alexander von Humboldt. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Carbajo, H. L. 1998. Avena: su evolución, estado actual y perspectivas.
- Cárdenas J.V.; Sandoval, C.A. y Solorio, F.J. 2004. Ensilaje de forrajes: alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. Series manuales/UADY; v. 5. 55pp.

- Castro, H. y Gallardo, M. 2011. Ensilajes de Cereales de Invierno (Avena, Cebada, Trigo). Valor como Alimentos Estratégicos para el Ganado. Nutrición Animal. Instituto de Patobiología- CICVyA-Castelar. En manual de forrajes conservados. Mercoláctea 2011.
- Ceballos, D y Villa, M Calidad y niveles de producción de los ensilajes en la colonia 16 de octubre. EEA INTA Esquel.
- Cummins, D. G. 1971. Relationships between Tannin Content and Forage Digestibility in Sorghum 1. *Agronomy Journal*, 63(3), 500-502. Wattiaux, M. 2002. Introducción al Proceso de Ensilaje. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin, Madison, WI. *Novedades Lácteas, Feeding No. 502.*
- Cummins, D.G. 1971. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. *Agron. J.*, v.63, n.3, p.500-502.
- De Marco, B. 2019. Elección del momento de corte y cultivar de Avena para obtener ensilajes de óptima calidad nutricional. Trabajo de intensificación. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. 49 pág.
- Di Marco, O. N., & Aello, M. S. 2007. Calidad nutritiva de la planta de maíz para silaje. In Congreso Nacional de Conservación y uso de Forrajes. 3 , Rosario AR, 2007 oct. 4-5. La Importancia del forraje conservado y su impacto en la producción y la rentabilidad..
- Di Nucci de Bedendo, E., Formento, A. N., Velázquez, J. C., & Vegetal, E. 2017. AVENA para pastoreo: elección de cultivares.
- Donaire, G., Bainotti, C., Reartes, F., Fraschina, J., Alberione, E., Gómez, D., & Conde, B. 2020. Evaluación de cultivares de cereales de invierno para doble propósito (forraje y grano) en INTA EEA Marcos Juárez. Campaña agrícola 2019.
- Gaggiotti, M. y Gallardo Romero, M. 2011. Los Análisis y su Interpretación. Diagnóstico de la calidad de los forrajes conservados y cómo interpretar los análisis. En manual de forrajes conservados. Mercoláctea 2011.
- Graham, M.M. 1983. Feed Information and Animal Production. In: Robards, G. E.; Packham, R. G. eds. Commonwealth Agricultural Bureaux: Farnham Royal. pp.

157-74. Agosto de 2014– INTA EEA Bordenave –Producción Animal/ Cereales Forrajeros.

<https://geportal.agroindustria.gob.ar/tematizador/agricola/> vista el 18/06/2021

<https://www.ensiladores.com.ar/> visitada el 18/06/2021

<https://www.indexmundi.com/agriculture/?producto=avena&variable=produccion&l=es>  
vista el 18/06/2021

- Kung, J. R., & Muck, L. R. 1997. Silage: field to feedbunk. Silage: Field to Feedbunk.
- Labarthe, F. y Pelta, H.R. 2010. Características de los verdeos de invierno. Agencia de Extensión INTA Tornquist. EEA Bordenave, Bs.As. República Argentina.
- Maff. 1990. UK Tables of nutritive value and chemical composition of feeding stuffs. Ministry of Fisheries, Agriculture and Food, Aberdeen, UK. pp. 420.
- Mayer, A. 1999. El Silaje y los Procesos Fermentativos. Silaje de Planta Entera cap. 1:4-11 EEA INTA Bordenave.
- Mir, S. G. L., Herrera, A. S., Rangel, E. E., Mir, H. E. V., Iñiguez, R. M. G., & Espino, J. H. 2004. Etiología e incidencia de la antracnosis [*Colletotrichum graminicola* (Ces.) GW Wils.] de la avena (*Avena sativa* L.) en Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 22(3), 351-355.
- Moreyra, F., Giménez, F., López, J. R., Tranier, E., Ortellado, M. R., Krüger, H., ... & Labarthe, F. 2014. Verdeos de Invierno. INTA Ediciones. Buenos Aires, Argentina.
- Perea, A. R., Duhalde, J. M., & Jensen, M. A. 2014. Ensilaje de planta entera de verdeos invernales: una interesante alternativa forrajera para el sur bonaerense.
- Perez, G. A., & Estelrich, C. (2019). Evaluación de cultivares de avena en dos sitios: Campaña 2017/2018. AER Bolivar, EEA Pergamino, INTA.
- Ramirez Acuña, P. F. (2020). Determinación del periodo óptimo de cosecha del forraje verde hidropónico de cebada (*hordeum vulgare* l.) Cultivar centenario en Rumichuco-Huaraz a 3075 MSNM.

- Richmond, P. y Carta, 2018. H. Evaluación de cebadas para silaje en 9 de Julio. Bs As. [www.inta.gob.ar/variedades](http://www.inta.gob.ar/variedades)
- Royo, M. V. L., & Brach, A. A. M. 2012. Rendimiento y calidad nutricional de verdeos de invierno para ensilar. *Voces y Ecos*, (29), 23-27.
- Silva, F. D. 1997. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo, folhas e panícula. 1997. 93f (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado)–Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte).
- Tilly, J.M.A. y Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104–111.
- Trujillo, A.I. y Uriarte, G. 2001. Valor nutritivo de las pasturas. <http://prodanimal.fagro.edu.uy>. (visto 19/07/2021)
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci* 74, 3583-3597.
- Wan, L. Q., Li, X. L., Zhang, X. P., & He, F. 2007. The effect of different water contents and additive mixtures on *Medicago sativa* silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 16(2), 40.
- Wattiaux, M. 2002. Introducción al Proceso de Ensilaje. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin, Madison, WI. *Novedades Lácteas*, Feeding No. 502.
- Xie, Z. L., Zhang, T. F., Chen, X. Z., Li, G. D., & Zhang, J. G. 2012. Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(10), 1374.
- Yemm E.W., Willis A.J., 1954. The estimation of carbohydrates in plants extracts by Antrone. *Biochem J* 57, 508-514.
- Zadoks, J.C.; Chang, T.T. y Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.