

Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Facultad de Ciencias Agrarias



Trabajo Final de Grado (TFG)

“COMPLEMENTACIÓN EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DE *Avena sativa* L.
MEDIANTE SU INTERCULTIVO CON *Sorghum bicolor* (L.) Moench.”

Alumno: Escudero, Darío Leonel

Directora: Olivera, María Elena

INDICE GENERAL

Contenido general	Página
INDICE DE FIGURAS.....	II
INDICE DE TABLAS.....	IV
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
HIPÓTESIS.....	20
OBJETIVOS.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
RESULTADOS.....	32
DISCUSIÓN.....	43
CONCLUSIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	70

INDICE DE FIGURAS

Contenido general	Página
Figura 1: Precipitaciones mensuales expresada en mm y Temperatura Media expresada en °C durante el período noviembre 2018/julio 2019 para el sitio de ensayo.....	25
Figura 2: Registro de primeras heladas del año 2019 para el sitio de ensayo.	25
Figura 3: Producción de materia seca (KgMS/ha) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena.....	35
Figura 4: Porcentaje de materia seca (%MS) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena.....	36
Figura 5: Fibra detergente neutra (%FDN) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena.....	37
Figura 6: Fibra detergente ácida (%FDA) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena.....	38
Figura 7: Porcentaje de proteína bruta (%PB) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena.....	39

Figura 8: Carbohidratos no estructurales (%CNE) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena.....	40
Figura 9: Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%DIVMS) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena.....	41
Figura 20: Producción de materia seca (KgMS/ha) obtenido para el intercultivo con distribución espacial de avena y sorgo ralo al momento del primer corte de la avena.....	43

INDICE DE TABLAS

Contenido general	Página
Tabla 1: % de Eficiencia de Implantación obtenido para avena en mezcla y avena en monocultivo.....	34
Tabla 2: LER _{especie} obtenido para el intercultivo de avena y sorgo para cada distribución espacial originada por el pastoreo	42
Tabla 3: LER _{total} obtenidos para el intercultivo de avena y sorgo para cada distribución espacial originada por el pastoreo.....	42
Tabla 4: Digestibilidad <i>in vitro</i> Relativa (DR) de avena y sorgo en intercultivo.....	44
Tabla 5: Digestibilidad <i>in vitro</i> Relativa (DR) de avena y sorgo en intercultivo.....	44
Tabla 6: Carbohidratos no estructurales Relativos (CNER) de avena y sorgo en intercultivo.....	44

RESUMEN

En la Región Pampeana, la avena (*Avena sativa* L.) se presenta como una de las especies más difundida como verdeo de invierno por su alta producción de forraje en el momento en que las pasturas y los pastizales naturales disminuyen su producción invernal. A pesar de su alta calidad nutricional, esta especie presenta un marcado desbalance en dichos términos al momento del primer corte originado por un elevado contenido de agua y proteínas y por un bajo contenido de energía y fibras, originando trastornos digestivos y metabólicos que derivan en bajas ganancias de peso de los animales. Se presenta como alternativa para compensar este desbalance el intercultivo de AVENA Y SORGO diferido desde su último pastoreo. El objetivo fue evaluar la implantación, la cantidad y la calidad de la materia seca del intercultivo y sus respectivos monocultivos como así también la relación equivalente de la tierra (LER) y su calidad relativa. El ensayo fue realizado en el establecimiento Santa Elena de la localidad de Cañuelas, provincia de Buenos Aires. Se sembró avena y sorgo en monocultivo y en intercultivo (tratamientos). Se realizó un DCA. La eficiencia de implantación de la avena no difirió entre monocultivo e intercultivo. La cantidad de materia seca producida del intercultivo resultó mayor que en los monocultivos. El sistema de intercultivo avena-sorgo presenta un adecuado balance de nutrientes, al momento del primer corte de la avena. El intercultivo favorece los rendimientos relativos de las especies y la calidad relativa.

INTRODUCCIÓN

La reacción de la ganadería frente al avance de la agricultura, con la pérdida de millones de hectáreas de pastoreo, promovió dos respuestas principales: la relocalización de la hacienda y la intensificación de los sistemas. Según Power (2010), la intensificación de la producción agropecuaria se sustenta en la especialización productiva, en el aumento de la productividad del trabajo a través de la simplificación del manejo de los cultivos o del ganado y en una gran utilización de insumos externos como fertilizantes, agroquímicos o alimentos concentrados. Este proceso resulta nocivo para el ambiente y es una de las principales causas de la pérdida de los servicios ecosistémicos de regulación y soporte.

En la producción ganadera actual, la alimentación representa un alto costo de energía fósil considerando los insumos utilizados en su producción, acondicionamiento, transporte y transformación. Esta energía utilizada es altamente variable, ya que para lograr producir un kilo de peso vivo bovino se dependerá en gran medida de las características del forraje o el alimento utilizado en cuestión, resultando de esta manera en un factor determinante de la eficiencia energética de los sistemas (Ogino *et al.*, 2007; Pelettier *et al.*, 2010; Jacobo *et al.*, 2016).

En la Región Pampeana, se presenta durante el período invernal, un declive en la producción de forraje tanto de las pasturas como del pastizal natural. Existen alternativas que permiten sobrellevar este período en donde existe este déficit forrajero (Tosi, J.C. y Castaño J. 2000; Otondo y Cicchino, 2007). Otondo y Cicchino (2007) plantean la necesidad de trabajar sobre estas alternativas tecnológicas que permitan lograr un mejor balance de la oferta

forrajera a lo largo del año y poder así mantener los índices productivos en niveles aceptables. Entre los posibles recursos a utilizar se encuentran la confección de reservas (silo, heno y rollo), forrajes estivales diferidos en pie, alimentos concentrados derivados de los cereales o el empleo de verdeos de invierno.

En el caso de los verdeos de invierno, estos son especies anuales que producen gran cantidad de forraje de excelente calidad en un corto periodo de tiempo. Estos cultivos ayudan a elevar o mantener las cargas animales en la mencionada época de déficit o a cubrir altas demandas por parte del rodeo, principalmente en aquellas categorías de mayores requerimientos. Sin embargo, pese a contar con estas bondades, estos verdeos presentan un alto costo de implantación para los productores. La decisión de realizarlos dependerá principalmente de la relación costo-beneficio entre cuyos principales parámetros a evaluar se debe considerar la cantidad de Materia seca (MS) que puedan entregar, la eficiencia de cosecha y la eficiencia de conversión en kilos de carne o litros de leche (Romero y Ruiz, 2011).

Estas especies, presentan una producción promedio que abarca un rango desde los 2.000 a 5.000 kg MS/ha, pudiendo ser superior este valor en función de las condiciones de fertilidad y humedad del suelo al momento de la siembra, precipitación y temperatura durante el ciclo y el manejo general de los verdeos (Kent, 2019). Este mismo autor, hace referencia a la buena a excelente calidad que presentan los verdeos de invierno a lo largo de su ciclo vegetativo. Sin embargo, puede presentarse una excepción a esta característica de calidad al momento del primer pastoreo, momento en donde presentan un desbalance nutricional producto de contenidos de agua

superiores al 85%, valores cercanos al 25% de proteínas y carbohidratos no estructurales (energía) por debajo del 10%. Estos valores cambian significativamente luego de este período, pudiendo alcanzar hacia el final de su etapa vegetativa contenidos de agua menores al 70%, valores cercanos al 15% de proteínas y 20% de carbohidratos no estructurales.

Leng (1990) definió a los forrajes de baja calidad como aquellos en que la digestibilidad de la materia seca es inferior a 55%, el porcentaje de proteínas menor a 8%, bajos porcentajes de azúcares y almidón (<100 gr/kg MS) y elevados niveles de fibras (FDN >65%). Independientemente de la metodología utilizada para evaluar la calidad, se considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), menos de 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más de 15% de proteína bruta (PB).

El porcentaje de materia seca expresa el contenido de este componente dentro del forraje y se contrapone con el contenido de agua presente en el forraje. Pigurina y Methol (2004) definen a la digestibilidad de la materia seca como la fracción del forraje que no es eliminado y por lo tanto se encuentran disponibles dentro del organismo del animal para ser aprovechado de manera de cumplir con las funciones de mantenimiento, reproducción y producción.

La fibra es un conjunto de hidratos de carbono estructurales (CNE) y compuestos fenólicos asociados íntimamente para conformar la estructura rígida de la pared celular. En nutrición de rumiantes, para el caso de las especies forrajeras, el término fibra involucra específicamente a la pared celular. Su análisis resulta de gran interés debido a que la fracción fibrosa afecta tanto el consumo voluntario como la respuesta productiva del animal

(Jung, 1997). La fibra detergente ácida (FDA) es la fracción de la pared celular del forraje menos digestible que incluye a la celulosa ligada a la lignina y cenizas. La fibra detergente neutra (FDN) es la porción de la pared celular del forraje que es insoluble en un detergente neutro (pH 7,0) y se componen por hemicelulosa, celulosa, lignina y cenizas. El contenido de FDN determina el consumo potencial de forraje por parte de los animales (Laurinault & Kirksey 2004; Dellacanáica, 2014), es decir, a mayores valores de FDN menor consumo. El contenido de fibra regula la tasa de consumo, promueve la rumia (salivación y pH ruminal) y los movimientos ruminales (Pordomingo 2005; Gallardo & Valtorta, 2007; Dellacanáica, 2014). Los componentes de la pared celular también constituyen una importante fuente de energía para los microorganismos del rumen de animales alimentados a base de forrajes. La disponibilidad nutricional de la FDN depende directamente del grado de lignificación de la misma (FDA). Por lo tanto, frente a un mayor contenido de FDA se presenta una menor digestibilidad y menor disponibilidad de energía. La digestibilidad se relaciona con el tiempo de retención de los alimentos en el rumen. Un menor tiempo de retención de los alimentos en el rumen, asociado al bajo contenido de FDA, puede significar un menor aprovechamiento de los nutrientes. Esto cobra fundamental importancia en los sistemas pastoriles de zonas templadas, donde las dietas suelen presentar desbalances energía/proteína y bajos contenidos de materia seca (Santini, 2014).

Este mismo autor, define a las proteínas como la fuente de N (aminoácidos) necesario para los microorganismos del rumen y para las funciones esenciales del animal. Las proteínas son un componente del contenido celular y presenta gran variación entre especies y dentro de la misma

planta según la parte de la planta, momento del año, estado fenológico y el nivel de fertilización.

Un elevado contenido de proteínas (igual o mayor a 20%) en el forraje consumido puede generar un efecto negativo en la ganancia de peso y en la retención de grasa, al aumentar el tejido visceral y hepático, incrementando el costo energético de mantenimiento. Además, aumenta el nivel de amoníaco ruminal que puede afectar negativamente la liberación de insulina y el metabolismo de la glucosa, junto a una disminución de la energía metabolizable del alimento, debido a un aumento de las pérdidas energéticas por excreción de urea. Por otra parte, Santini (2014), propone que un déficit en el consumo proteico genera una menor concentración de amonio ruminal, provocando una deficiencia de nitrógeno para las bacterias ruminales, afectando su crecimiento y multiplicación lo que afecta directamente la digestibilidad de la dieta.

En términos generales, a medida que avanza el ciclo del cultivo, se genera un aumento significativo en el contenido de lignina y al mismo tiempo se presenta un descenso importante en el contenido de proteína y de la digestibilidad de la MS del forraje (Dellacanónica, 2014).

Los hidratos de carbono no estructurales son aquellos que no se encuentran en íntima asociación con la pared celular sino que forman parte del contenido celular. Los principales carbohidratos no estructurales (CNE) presentes en las células de las especies forrajeras son monosacáridos como glucosa y fructosa, disacáridos como sucrosa y maltosa y polisacáridos como almidones y fructosanos (McIlroy, 1967). Estos CNE constituyen una importante fuente de energía para que los animales lleven a cabo las funciones

de mantenimiento, producción y reproducción. Los CNE se generan en las hojas de las plantas, es decir, por fotosíntesis, y se acumulan, en una primera etapa, en los tallos de los vegetales. Luego, a medida que la planta avanza en su ciclo fenológico, esta florece y fructifica, por lo que los CNE son dirigidos hacia el grano, donde se acumulan finalmente en forma de almidón (Fernández Mayer, 2007). Este mismo autor hace referencia a que debido a esta translocación de CNE desde órganos vegetativos hacia órganos reproductivos es que en etapas tempranas del crecimiento las plantas presentan bajos contenidos de CNE (menores al 10%) mientras que en etapa de madurez fisiológica alcanzan mayores contenidos de CNE (mayores a 14%) en sus granos en forma de almidón. También señala que durante días con baja radiación directa y de corta duración las plantas disminuyen su actividad fotosintética, disminuyendo por ende la formación de CNE. Dichas condiciones de radiación y duración del día suelen presentarse durante la estación otoño-invernal, justamente, período en el que los verdeos de invierno se encuentran en pleno crecimiento vegetativo. Bajo estas condiciones, cuando los CNE son bajos y coinciden con contenidos de PB altos, como consecuencia de este desbalance nutricional, se producen bajas ganancias de peso (menores de 500 gramos/día), que se ven agravadas por la falta de fibra y el alto contenido de agua de los forrajes.

La Región Pampeana registra más de 2,5 millones de hectáreas sembradas anualmente con verdeos de invierno, siendo la avena (*Avena sativa* L.) una de las principales especies sembradas en los campos ganaderos de la región (Romero y Ruiz, 2011) la cual es ampliamente reconocida, por su alta

producción de forraje, precocidad, capacidad de macollar, y posibilidad de siembra temprana (Perrachon, 2009).

La avena es originaria de Asia menor y el Sudeste de Europa, fue introducida en Argentina en la década de los '60 desde América del Norte y se encuentra difundida en toda América del Sur, siendo la alimentación animal su principal destino aunque sus granos pueden destinarse también a la alimentación humana (Gallego *et al.*, 2014). Pertenece a la familia de las Poáceas, su síndrome fotosintético es C3 y es una especie de ciclo otoño-invierno-primavera (OIP) capaz producir hasta 5.500 kg MS/ha (Tomaso, 2008), variable según la región y las condiciones edafoclimáticas. Según el INTA Bordenave, si la especie es destinada a pastoreo presenta una ventana de siembra que abarca desde mediados del mes de febrero hasta mediados del mes de abril para la Región Pampeana, clasificando a los momentos de siembra en temprana (febrero), intermedia (marzo) y tardía (abril). Los mismos determinaron una densidad óptima de plantas a lograr para los tres momentos de siembra en 200 plantas/m² para siembras tempranas, 220 plantas/m² para siembras intermedias y 250 plantas/m² para siembras tardías, ajustando la densidad de siembra según poder germinativo y pureza de las semillas de avena. El momento de siembra determina, en cada caso, el tiempo hasta el primer pastoreo. Según Kent (2019), para siembras tempranas el primer pastoreo podría realizarse a los 45-50 días, en siembras intermedias a los 57-62 días y en siembras tardías a los 88-95 días.

Es una especie muy plástica para ser utilizada en pastoreo ya que su producción de forraje abarca desde el mes de mayo hasta noviembre, contando con una excelente calidad nutricional aun cuando se encuentra en etapas

reproductivas, reflejándose esta característica en elevadas ganancias de peso del ganado (Pordomingo, 2001). Sin embargo, las altas producciones de forrajes se contraponen a las ganancias de peso por parte del ganado durante el momento del primer pastoreo, con ganancias de peso de aproximadamente un 50% menos que en pastoreos posteriores (Gonella, 1994; Méndez y Davies, 2000). Las causas de las bajas ganancias de peso suelen deberse principalmente a factores nutricionales (Elizalde y Santini, 1992; Méndez y Davies, 2000). Como se mencionó anteriormente como una generalidad para los verdeos de invierno, el desbalance nutricional que se presente en estos al momento del su primer pastoreo incumbe también a la avena. Mieres *et al.* (2004) expone para el momento del primer pastoreo de la avena valores promedio de 14,23 % de MS, 66,10 % de Digestibilidad de la MS, 16,32% de Proteína bruta, 33,15% de Fibra detergente ácida y 48,86 % de Fibra detergente neutra. Por otra parte, Pordomingo *et al.* (2002) expresa que para este mismo momento de pastoreo de la avena valores promedio de 10% de MS, 66,13 % de Digestibilidad de la MS, 26,55% de Proteína bruta, 28,9% de Fibra detergente ácida, 45,45 % de Fibra detergente neutra y 6,52% de Carbohidratos no estructurales o Carbohidratos Solubles.

Dadas las condiciones de elevados contenidos de agua y de proteína y los bajos niveles de CNE que presenta la avena al momento de su primer corte, se genera un desbalance nutricional, este podría originar trastornos digestivos, diarreas con graves cuadros de deshidratación, limitación el consumo de forraje y consecuentemente afectar la producción de kilos de carne o litros de leche (Formoso, 2010). Dentro de las alternativas posibles para contrarrestar este desbalance nutricional que se presenta durante el primer pastoreo suelen ser

las más recurrentes la suplementación con granos de cereales, rollos, silos, henos, forrajes estivales diferidos en pie, manejo del momento del día para pastorear o el aprovechamiento de los verdeos luego de las primeras heladas con condiciones de menor contenido de humedad en el suelo y en el forraje (“sazonado”).

De esta manera, se torna sumamente importante el empleo de técnicas que permitan lograr un correcto balance energía/proteína en la dieta. Entre las técnicas citadas anteriormente, el empleo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) diferido en pie se torna una práctica recurrente con el fin de atenuar los efectos que puede generar el desbalance nutricional que se presenta en el primer pastoreo de la avena. El sorgo es una especie originaria de África, perteneciente a la familia de las Poáceas, presenta síndrome fotosintético C4 y de ciclo primavera-verano-otoño (PVO). A través del mejoramiento genético, generando diferentes tipos de híbridos, se ha logrado que esta especie presente una gran diversidad de adaptación a distintos ambientes, es por ello, que se adapta muy bien a la Región Pampeana (Carrasco *et al.*, 2011). Esta especie es elegida como verdeo de verano por muchos productores ganaderos, ya que cuenta con la rusticidad para crecer y desarrollarse en condiciones de escasez de precipitaciones y en suelos de baja aptitud. Potencialmente puede llegar a producir una cantidad de forraje que va entre los 8.500 a 11.500 kg MS/ha (Recavarren y Juarros, 2008), pudiendo superar incluso, según el híbrido y las condiciones ambientales, los 30.000 kg MS/ha (Martínez, 2017).

Entre los híbridos de sorgo utilizados en la actividad agropecuaria los tipo forrajeros son los más utilizados en pastoreo directo, ensilaje o diferido. Estos híbridos suelen contar con dos caracteres muy importantes como son el

carácter BMR (nervadura central marrón) que se asocia con una mayor digestibilidad de la fracción fibrosa, aunque presentan menor rendimiento que aquellos no BMR. El otro carácter, aunque no se encuentra presente en todos los híbridos, es la fotosensibilidad y se refiere a la sensibilidad respecto a la longitud del día para que la floración sea inducida, lo cual prolonga su estadio vegetativo y origina floraciones tardías, resultando así es un carácter deseable para aquellos materiales de pastoreo en verde (Kent, 2019). Los híbridos forrajeros constituyen un recurso forrajero importante durante el verano, ya que ofrecen gran cantidad de MS y una buena calidad nutricional (Torrecillas y Bertoia, 2008).

Al ser un cultivo de origen tropical, requiere una temperatura mínima de 16°C en el suelo y que continúe en ascenso. Por lo cual la fecha de siembra recomendada para esta especie en la Región Pampeana es hacia fines del mes de noviembre y comienzos del mes de diciembre, logrando así, para el caso del sorgo forrajero un primer pastoreo a comienzos o mediados del mes de enero dependiendo de las condiciones climáticas. Es recomendable que el verdeo cuente con al menos 50 cm de altura antes de comenzar el pastoreo de modo de eliminar el riesgo de intoxicación de los animales por la generación de ácido cianhídrico en la masticación (Kent, 2019). Si bien sorgos fotosensitivos pueden tener una menor capacidad de rebrote, respecto al sudan, presentan un nivel de producción similar. Como gran ventaja es que a estas latitudes prácticamente no encañan y si lo hacen es hacia fin de marzo – abril, momento coincidente con el fin del ciclo del cultivo determinado por las primeras heladas. Estas cualidades lo presentan como un muy buen verdeo de verano.

El sorgo diferido en pie es aquel que es utilizado fuera de su estación de crecimiento. Es decir, que en lugar de ser consumido por los animales durante el verano, es aprovechado durante el invierno entregando una importante cantidad de MS. En estas condiciones, según Arelovich (2003) y Lagrange (2009), el cultivo presenta altos contenidos de paredes celulares altamente lignificadas, altos porcentajes de fibras (70% FDN y 44% FDA) y bajos contenidos de proteína bruta (menores al 7%). En establecimientos ganaderos que apuntan a reducir el gasto de energía fósil, dicha práctica de diferimiento en pie suele resultar más atractiva que la henificación o el ensilaje por no generar gastos de procesamiento, y ser de gran practicidad en su utilización (Otondo y Cicchino, 2007).

La posibilidad de utilizar sorgo diferido en pie como una herramienta para atenuar el desbalance nutricional de la avena en su primer pastoreo, se presenta como una alternativa factible de llevar a cabo mejorando la relación energía/proteína a través del aporte de fibras. También podrían realizarse pastoreos del sorgo forrajero durante el periodo estival y dejar el último pastoreo para el diferido en pie.

De esta manera, el diferido en pie no se realizaría en forma de planta entera, sino que sería diferido desde un determinado último pastoreo dentro de su ciclo de crecimiento. Considerando que pueden realizarse entre 2 y 4 pastoreos del sorgo forrajero (Kent, 2019), el último pastoreo podría ser reservado para ser diferido en pie y aprovechado en el mismo momento que la avena.

Si bien existe conocimiento empírico que refiere al uso de la avena en pastoreo directo suplementado con sorgo diferido en pie, este se desarrolla con

ambos cultivos sembrados en distintos potreros, como demuestra la experiencia de Martínez y Vrech (2014). En estos planteos productivos podrían llegar a utilizarse el doble de insumos energéticos y debería contarse con una mayor superficie de suelo disponible para llevar a cabo la implantación de ambos verdes.

Frente a estas consideraciones y sumado a la incipiente búsqueda de nuevas alternativas que garanticen la sustentabilidad de los sistemas productivos, surge como una posible gran alternativa el implementar intercultivos. En este sentido, el intercultivo se define como un sistema de producción en el que se cultivan, de forma simultánea, dos o más especies durante una parte o todo el ciclo de vida (Ofori y Stern, 1987; Pereyra *et al.*, 2013) el cual permite mejorar el uso de los recursos y la biodiversidad (Sánchez Vallduví, 2004). Las especies que conforman al sistema de intercultivo pueden sembrarse en una misma fecha o en una fecha diferente, denominándose a estos últimos como cultivos de relevo (Liebman, 1999).

Las especies dentro de sistemas de intercultivos de desarrollan y compiten entre sí por los recursos existentes en el medio, lo que resulta en competencia interespecífica (Espinoza-Montes *et al.*, 2018). Se han desarrollado varios modelos matemáticos para reconocer la competencia entre las especies. Entre los modelos resumidos por Weigelt y Jolliffe (2003) se encuentra la relación equivalente de la tierra o Land Equivalent Relationship (LER). Este modelo se utiliza con el fin de conocer el rendimiento relativo de las especies comparando los rendimientos en monocultivo con los rendimientos en intercultivo. De esta manera se determina si existe sinergismo, indiferencia o antagonismo entre las especies dentro del intercultivo.

En la implantación y establecimiento de las especies en intercultivos, Luna *et al.* (2019) no encontraron diferencias significativas en el establecimiento de verdeos de invierno entre siembra en monocultivo y sistema de intercultivos. Mientras que, según Liebman (1999), muchos productores a nivel mundial realizan intercultivos principalmente porque pueden obtenerse mayores rendimientos por unidad de superficie respecto a una producción en monocultivo. Pereyra *et al* (2013), en ensayos con especies forrajeras (alfalfa, sorgo y avena), demostró obtener mayor cantidad de materia seca producida en aquellos sistemas de intercultivos respecto a los monocultivos. Esto puede deberse a que algunas combinaciones de especies en intercultivo logran una mayor eficiencia en la captación o la utilización de los recursos disponibles que los monocultivos (Morris y Garrity, 1993; Caviglia, Sadras y Andrade, 2004; Pereyra *et al*, 2013).

La complementación fisiológica, puede manifestarse en policultivos compuestos de especies que utilizan procesos fotosintéticos C4 y C3. El primer tipo de especies se adapta, a menudo, mucho mejor a los ambientes bien soleados, como por ejemplo la parte superior de los doseles en combinación, mientras que las últimas se adaptan mejor a condiciones más sombreadas (Willey 1990; Liebman, 1999).

Si se considera la producción por unidad de área y de tiempo, el sistema de intercultivos puede ser otra forma de mejorar la rentabilidad (Pereyra *et al*, 2013).

Debido a que las dos especies en consideración, sorgo y avena, son sembradas en distintos momentos del año (cultivos de relevo), debe recurrirse a una técnica denominada intersiembra, en donde una o más especies son

sembradas en una superficie donde ya se encuentra presente otra especie. Esta técnica puede llevarse a cabo con sembradoras de siembra directa o mediante siembras al voleo. Esta estrategia permitiría dejar potreros libres para pasturas o pastizal natural, realizar un control de malezas de invierno con criterio agroecológico dado que la avena ocuparía los espacios entre las hileras del sorgo diferido eliminando o disminuyendo los requerimientos de herbicidas; y además mejorar el manejo del rodeo evitando el movimiento continuo de los animales de la avena al sorgo diferido por parte del personal de campo, disminuyendo el gasto energético de los animales.

De manera de lograr que el valor de oportunidad del forraje entregado por el sorgo forrajero sea coincidente con el primer pastoreo de la avena. Así la intersemebra de la avena deberá efectuarse luego del último aprovechamiento que se desea hacer del sorgo antes de diferirlo. Procurando que se encuentre dentro de la ventana de siembra que admite la avena y que esta cuente con las condiciones ambientales necesarias para una correcta germinación, implantación, crecimiento y desarrollo.

Si bien no fueron encontrados trabajos científicos sobre avena y sorgo como intercultivos complementarios y sobre su rendimiento y calidad forrajera, este ensayo se sustenta en la posibilidad de intensificar y hacer eficiente el uso de los recursos. Al sembrar ambos verdeos en un mismo potrero y con un solapamiento productivo resultaría también en una técnica capaz de complementar el desbalance nutricional de la avena en su primer pastoreo evitando pérdidas en la producción animal y logrando mantener la estabilidad y rentabilidad de los sistemas productivos ganaderos de la Región Pampeana.

HIPÓTESIS

- I. No se presenta efecto depresor en la competencia interespecifica durante la implantación de *Avena sativa* L. cuando es intersembrada sobre *Sorghum bicolor* (L.) Moench, diferido desde su último pastoreo.
- II. *Avena sativa* L. en un sistema de intercultivo con *Sorghum bicolor* (L.) Moench diferido desde su último pastoreo no presenta diferencias en la cantidad y calidad nutricional de la materia seca producida al momento del primer corte con respecto a su siembra en monocultivo.
- III. El sistema de intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* (L.) favorece la cantidad de materia seca producida por ambas especies respecto a las siembras en monocultivos.
- IV. El sistema de intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* (L.) presenta una calidad nutricional equilibrada de la materia seca producida. Esto se debe al mayor aporte de fibras y energía por parte del sorgo equilibrando el exceso en el contenido de agua y mejorando el aprovechamiento de las proteínas de la avena al momento de su primer pastoreo.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

Objetivo general 1

Evaluar la eficiencia de implantación de un cultivar de *Avena sativa* L. sembrado en monocultivo y en intercultivo con *Sorghum bicolor* (L.) Moench diferido desde su último pastoreo.

Objetivos específicos

- Establecer la cantidad de plántulas de avena emergidas al final del periodo de implantación.
- Calcular la eficiencia de implantación de la avena al final de este periodo.

Objetivo general 2

Evaluar la cantidad y calidad nutricional de la materia seca producida por el intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* (L.) y sus respectivos monocultivos al momento del primer pastoreo.

Objetivos específicos

Para un cultivar de *Avena sativa* L. y un híbrido de *Sorghum bicolor* (L.) Moench cuando son sembrados en monocultivo y en intercultivo determinar:

- La cantidad de materia seca producida (KgMS/ha)
- El porcentaje de materia seca
- El porcentaje de FDN y FDA
- El porcentaje de PB
- El porcentaje de carbohidratos no estructurales o solubles

- El porcentaje de Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

Objetivo general 3

Establecer la complementación de la cantidad y la calidad de la materia seca obtenida en *Avena sativa* L. en intercultivo con *Sorghum bicolor* (L.) Moench al momento del primer pastoreo.

Objetivos específicos

Para un cultivar de *Avena sativa* L. y un híbrido de *Sorghum bicolor* (L.) Moench cuando son sembrados en monocultivo y en intercultivo calcular:

- La Relación Equivalente de la Tierra (LER) por especie y total.
- Calidad Relativa de la materia seca producida en términos de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, la PB y los carbohidratos no estructurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “Santa Elena” ubicado en el km 68 de la Ruta Nacional N° 3 (38°03'56''S - 58°43'10''O), Partido de Cañuelas, Provincia de Buenos Aires, durante la campaña 2018/2019.

Características edafoclimáticas del sitio:

En el establecimiento, según las cartas de suelo de la Provincia de Buenos Aires del INTA, se presenta la unidad cartográfica Br1 compuesta por un complejo de series Brandsen (55%) y Los Mochos (45%). Cuenta con capacidad de uso IV_{ws} y un índice de productividad de 41,0.

A continuación se exponen los datos, según el Servicio Meteorológico Nacional, de precipitaciones mensuales (mm), temperatura media (°C) y registro de heladas que se presentaron durante el período de tiempo en que transcurrió el ensayo (figuras 1 y 2 respectivamente).

Figura 1: Precipitaciones mensuales expresada en mm y Temperatura Media expresada en °C durante el período noviembre 2018/julio 2019 para el sitio de ensayo. Fuente: Servicio de información y gestión agrometeorológica de INTA.

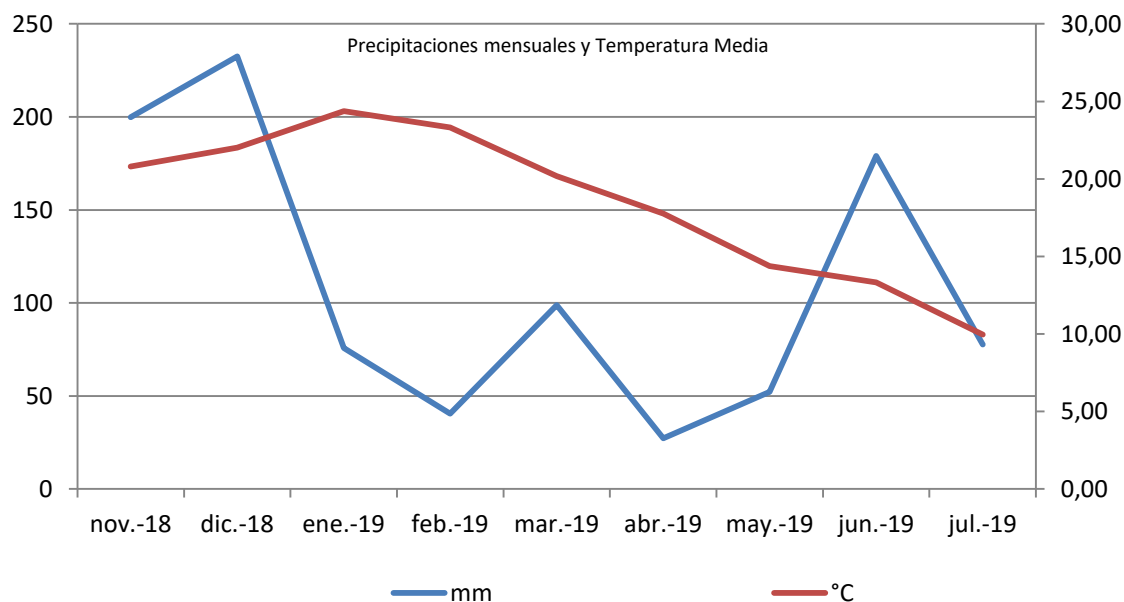
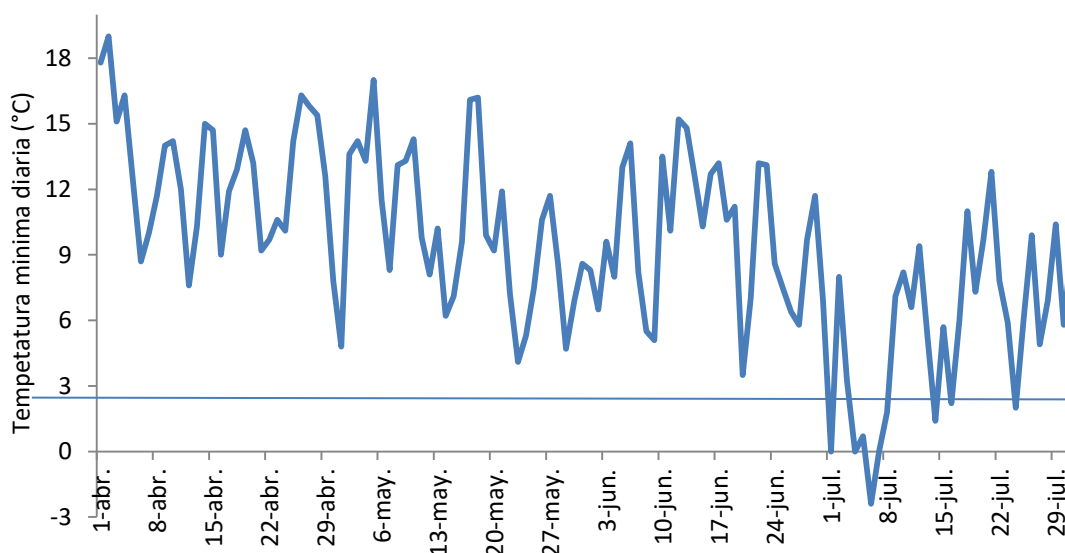


Figura 2: Registro de primeras heladas del año 2019 para el sitio de ensayo. Fuente: Servicio de información y gestión agrometeorológica de INTA.



Las determinaciones de cantidad y calidad de la Materia seca y el análisis de datos fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Forrajicultura y Manejo de Recursos Forrajeros, en el Laboratorio de Calidad de Forrajes y en el Laboratorio Central de la FCA – UNLZ.

Material biológico

Se utilizaron semillas de avena (*Avena sativa* L.) y semillas de un híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de tipo forrajero fotosensitivo.

Siembra de sorgo

El 25 de noviembre de 2018, mediante sembradora experimental y con suelo previamente roturado se sembraron semillas de sorgo del tipo forrajero fotosensitivo. Fueron sembradas dos parcelas con sorgo empleando una distancia entre líneas de 52 cm para una de las parcelas, en la cual posteriormente fue intersembrada la avena, y una distancia entre líneas de 35 cm para la otra parcela, en donde se mantuvo al sorgo como monocultivo. La densidad de siembra utilizada fue calculada con el fin de lograr 250 plantas/m² para ambas distribuciones.

Siembra de avena

El 11 de abril se sembraron las semillas de avena en línea de forma manual. De la misma manera que para el sorgo se sembraron dos parcelas, una en donde se mantuvo a la avena en monocultivo y otra donde fue intersebrada en el sorgo ya implantado y en pastoreo. Para ambos casos se utilizó la misma distancia entre líneas de 17,5 cm. La densidad de siembra utilizada fue calculada con el fin de lograr 250 plantas/m².

Tratamientos

Los tratamientos definidos fueron:

1. Sorgo monocultivo.
2. Avena en monocultivo.
3. Sorgo y avena en intercultivo.

Con el fin de poder determinar de qué manera se comporta cada especie dentro del intercultivo, este fue desglosado en sus componentes:

- Sorgo en intercultivo.
- Avena en intercultivo.

Metodología para la determinación de eficiencia de implantación

Cantidad de plántulas/metro lineal: se contabilizaron para cada tratamiento con avena la cantidad de plántulas por metro lineal. Esta variable fue muestreada a 6 días desde la siembra de la avena, el día 17 de abril de 2019.

Eficiencia de implantación: con los datos de cantidad de plántulas/metro lineal, se calculó la eficiencia de implantación como:

$$Ei (\%) = \frac{\text{Plántulas/m lineal}}{\text{Semillas viables/m lineal}} \times 100$$

Metodología para la determinación de cantidad de materia seca producida:

A campo:

En sectores al azar, para cada tratamiento, se realizaron cortes de la forrajimasa en un metro lineal dejando un remanente de 20 cm para el caso del sorgo en sus primeros cuatro cortes (monocultivo de sorgo) y luego una intensidad hasta unos 10 cm de remanente tanto para sorgo como para avena en monocultivo y en intercultivo al momento del primer corte de esta última. El material vegetal abarcado en el metro lineal fue cortado con tijera de mano y colocado en bolsas de nylon debidamente rotuladas. Luego de tomada la muestra, cada parcela fue pastoreada con vaquillonas de recría de raza Aberdeen Angus de rodeo general con una carga promedio de 750 EV/ha en pastoreos de 2 a 3 horas de duración con el objetivo de emparejar la parcela a la altura de intensidad antes mencionada. Para la frecuencia de cortes se tomó como criterio, para el caso del sorgo, una altura promedio del forraje de 1 metro, y para el caso de la avena, el criterio utilizado fue el adecuado arraigo de las plantas fue para comenzar con su pastoreo. De esta manera, los cortes y correspondientes muestreos se realizaron en los siguientes momentos:

- Para Sorgo: 509°, 862°, 1311°, 1536° y 1878° G día desde implantación.

- Para Avena: 781 ° G día desde implantación.

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Forrajicultura de la FCA-UNLZ para ser procesadas.

En laboratorio:

Sobre el material cosechado, se seleccionó la materia verde producida por el sorgo y la avena, desestimando las malezas y broza presente ya que no se presentaron en cantidades significativas. De la forrajimasa seleccionada se colocó una submuestra en bolsas de papel debidamente rotuladas, se pesaron y luego fueron llevadas a estufa de aire forzado a 60°C hasta llegar a un peso constante.

El % de Materia seca es obtenido según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Materia Seca} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso verde}} \times 100$$

Con esta información se calculó la cantidad (kg de MS/ha) producida para cada corte y especie.

Metodología para la determinación de la calidad de materia seca producida:

- *Fibra detergente neutra (%FDN) y Fibra detergente ácida (%FDA):* se empleó la técnica de Goering y Van Soest (1991) utilizando celulasa mediante equipo Ankom 2000 (Ankom, 2007).
- *Proteína bruta (% PB):* las determinaciones se llevaron a cabo mediante el método de Kjeldhal (AOAC, 2000).
- *Carbohidratos no estructurales (%CNE):* se empleó un refractómetro digital de mano Atago PAL- α .
- *Digestibilidad In Vitro de la MS (% DIVMS):* se empleó la técnica basada en Tilley y Terry (1963) con pepsina empleando equipo Daisy.

Metodología para el cálculo de la complementación de la cantidad y calidad de la MS producida.

Con los valores de Kg MS/ha para cada tratamiento se calculó la relación equivalente de la tierra o LER, por sus siglas en inglés (Weigelt y Jollife, 2003), con el fin de determinar el tipo de relación interespecífica. Las determinaciones se llevaron a cabo según las siguientes ecuaciones:

$$LER\ especie = \frac{Rendimiento\ en\ mezcla}{Rendimiento\ en\ monocultivo}$$

$$LER\ total = LER\ especie\ A + LER\ especie\ B$$

Valores de LER_{total} mayor a 1 indican que el intercultivo favorece el rendimiento de las especies.

Valores de LER_{total} menor a 1 indican que no hay ventaja del intercultivo y la competencia intraespecífica es más fuerte que la interacción interespecífica dentro del sistema de intercultivos (Dhima *et al.*, 2007; Espinoza-Montes, 2018).

Además, con los valores obtenidos en las distintas variables de calidad para cada tratamiento se estima la Calidad Relativa (CR) y la Calidad Relativa Total (CRT) con el fin de determinar el tipo de relación interespecífica. Los componentes de calidad que fueron considerados son Digestibilidad *in vitro* de la MS, % de Proteína bruta y contenido de Carbohidratos no estructurales. CR y CRT se obtienen según las siguientes ecuaciones:

Digestibilidad In Vitro de la MS:

$$DIVMS \text{ Relativa de la Especie} = \frac{DIVMS \text{ en mezcla}}{DIVMS \text{ en monocultivo}}$$

$$DIVMS \text{ Relativa Total} = DIVMS \text{ Relativa especie A} + DIVMS \text{ Relativa especie B}$$

Proteína bruta:

$$PB \text{ Relativa de la Especie} = \frac{PB \text{ en mezcla}}{PB \text{ en monocultivo}}$$

$$PB \text{ Relativa Total} = PB \text{ Relativa especie A} + PB \text{ Relativa especie B}$$

Carbohidratos no estructurales:

$$CNE \text{ Relativo de la Especie} = \frac{CNE \text{ en mezcla}}{CNE \text{ en monocultivo}}$$

$$CNE \text{ Relativo Total} = CNE \text{ Relativa especie A} + CNE \text{ Relativa especie B}$$

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un DCA con 6 repeticiones. Se analizaron supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Los resultados se analizaron mediante ANOVA y se aplicó test de comparación de medias LSD ($p < 0,05$). Los análisis se realizaron utilizando el programa Infostat 2019.

RESULTADOS

Eficiencia de implantación

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para la Eficiencia de implantación (%) de avena en interseembra con sorgo y avena en monocultivo (testigo). No se presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,0001$).

Tabla 1: % de Eficiencia de Implantación obtenido para avena en mezcla y avena en monocultivo.

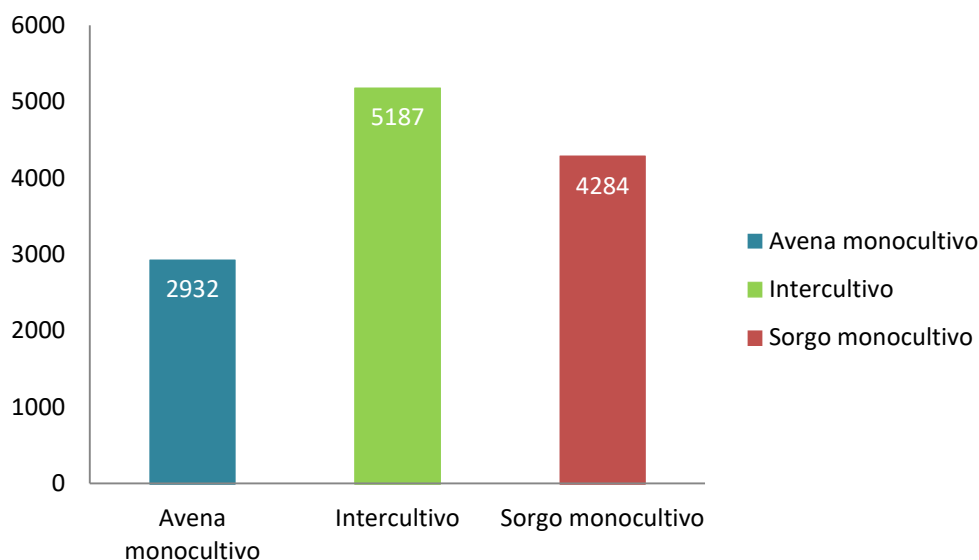
Especie	Eficiencia de implantación (%)
Avena en intercultivo	82,78± 9,77 A
Avena monocultivo	81,67±12,58 A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0,05$)

Cantidad de materia seca

En la Figura 3 se presentan los resultados para cantidad de materia seca en KgMS/ha obtenidos en el intercultivo de avena-sorgo y los monocultivos de ambas de ambas especies. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0001$). El intercultivo produjo los mayores valores para la variable, seguido por el sorgo en monocultivo y luego por la avena en monocultivo.

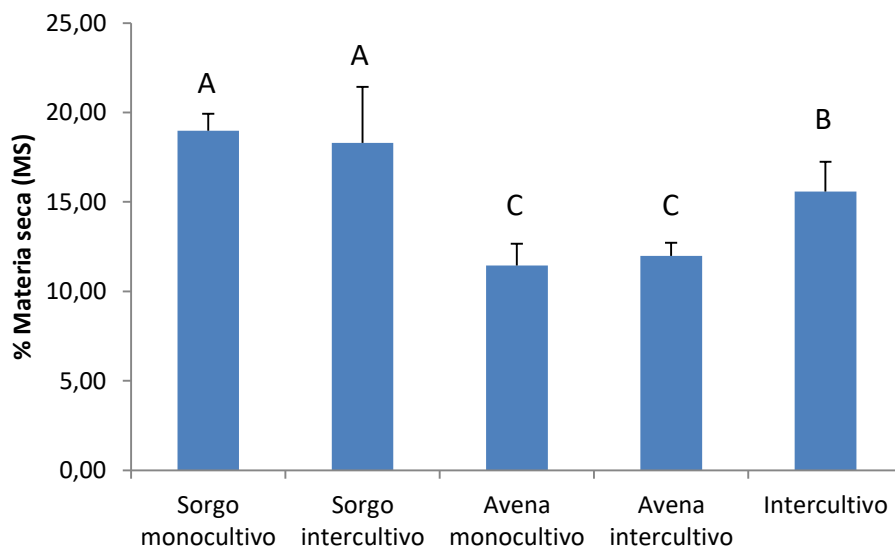
Figura 3: Cantidad de materia seca (KgMS/ha) obtenida para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).



Contenido de Materia seca (%MS)

En la Figura 4 se presentan los resultados para el contenido de MS (%) para sorgo y avena en intercultivo como así también ambas en monocultivo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0001$). El mayor % MS lo presentó el sorgo, tanto en monocultivo como en la intersiembra. Por su parte, la avena en intercultivo y en monocultivo presentaron los menores valores de %MS, sin diferencias significativas entre ambas. El intercultivo de ambas especies presentó valores intermedios a los monocultivos.

Figura 4: Porcentaje de materia seca (%MS) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).

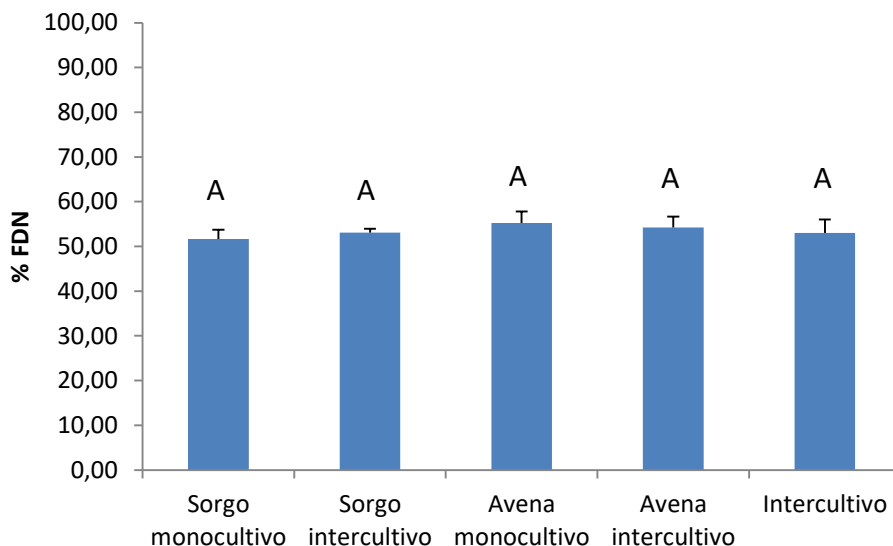


Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Fibra detergente neutra (%FDN):

En la Figura 5 se presentan los resultados de la variable FDN para sorgo y avena en intercultivo como en monocultivo. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,1145$).

Figura 5: Fibra detergente neutra (%FDN) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).



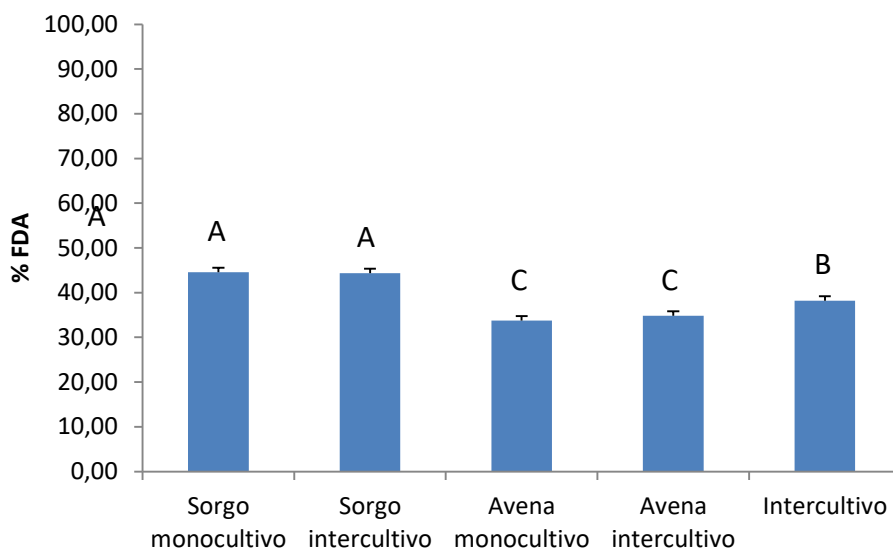
Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Fibra detergente ácida (%FDA):

En la Figura 6 se presentan los resultados para la variable FDA para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0001$).

El sorgo monocultivo y en intercultivo presentaron los mayores %FDA con respecto a los demás tratamientos. La avena en monocultivo como en intercultivo presentó los menores valores para la variable sin diferencias significativas entre ambos ($p = 0,0001$).

Figura 6: Fibra detergente ácida (%FDA) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).

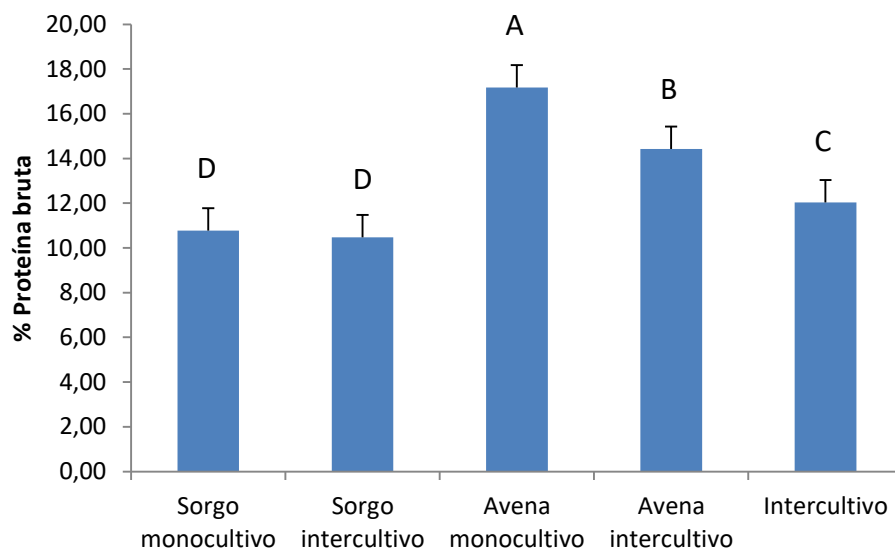


Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Proteína bruta (%PB):

En la Figura 7 se presentan los resultados para la variable Proteína bruta (%PB). Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0001$). La avena en monocultivo presentó los mayores valores (17,17%) seguidos por la avena en intercultivo (14,42%). El sorgo monocultivo, el sorgo en intercultivo y el intercultivo propiamente dicho no se diferenciaron entre sí y presentaron valores de PB menores.

Figura 7: Porcentaje de proteína bruta (%PB) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).

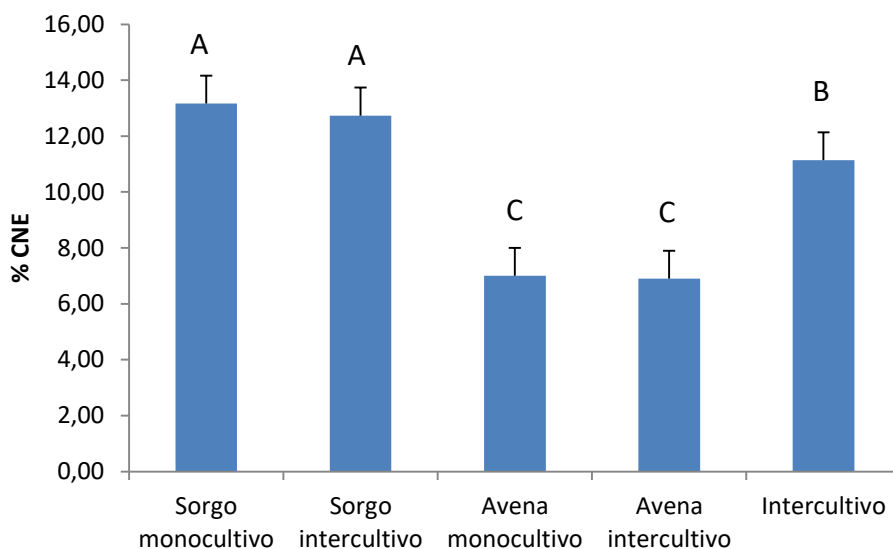


Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Contenido de carbohidratos no estructurales (%CNE):

En la Figura 8 se presentan los resultados para la variable Carbohidratos no estructurales (CNE). Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0001$). El sorgo monocultivo y sorgo en intercultivo presentaron los mayores valores sin diferencias significativas entre ellos. No se presentan diferencias significativas como tampoco entre avena monocultivo y avena en intercultivo. La avena en monocultivo presentó los menores valores junto a la avena en intercultivo.

Figura 8: Carbohidratos no estructurales (%CNE) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).

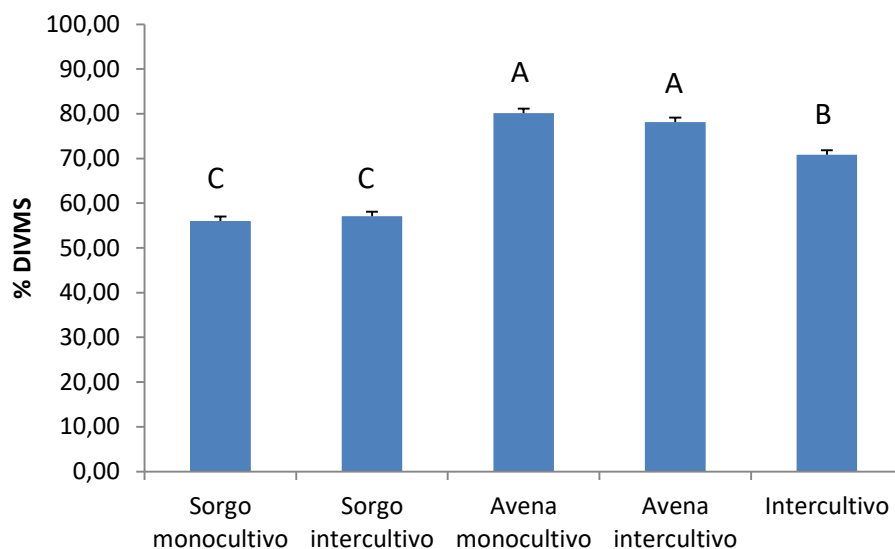


Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Digestibilidad In Vitro de la MS (%DIVMS):

En la Figura 9 se presentan los resultados para la variable Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%DIVMS). Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0001$). La avena en monocultivo no se diferenció significativamente con avena en intercultivo y fueron los que mayor %DIVMS presentaron. El sorgo en monocultivo y en intercultivo no se diferenciaron significativamente entre si y fueron los que menor %DIVMS presentaron. El intercultivo presentó valores intermedios entre los valores antes mencionados diferenciándose significativamente de los mismos.

Figura 9: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%DIVMS) obtenido para sorgo y avena tanto en monocultivo como en intercultivo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Relación equivalente de la tierra

En observaciones que surgieron a partir del efecto de los animales en pastoreo y que no estuvieron contemplados en los objetivos, se presentan dos situaciones: sectores con mayor cantidad de plantas de sorgo y por ende menor de avena (Avena densa + sorgo ralo) y sectores con menor cantidad de plantas de sorgo y mayor cantidad de plantas de avena (avena rala + sorgo denso). El cálculo de LER_{especie} y LER_{total} se realizó diferenciando entre estas situaciones de distribución espacial.

En la tabla 2 se presentan los resultados para el LER_{especie} obtenido para el intercultivo de avena y sorgo para cada distribución espacial originada

por el pastoreo. La avena densa presentó $LER_{avena} > 1$, en cambio cuando se presentó rala fue $LER_{avena} < 1$. Esto último también se presentó en el sorgo para ambas situaciones (ralo y denso)

Tabla 2: $LER_{especie}$ obtenido para el intercultivo de avena y sorgo para cada distribución espacial originada por el pastoreo.

Especie	$LER_{especie}$
Avena densa	1,35
Avena rala	0,50
Sorgo denso	0,60
Sorgo ralo	0,42

En la tabla 3 se presentan los resultados para el LER_{total} obtenido para el intercultivo de avena y sorgo para cada distribución espacial originada por el pastoreo. Ambas situaciones presentaron $LER_{total} > 1$.

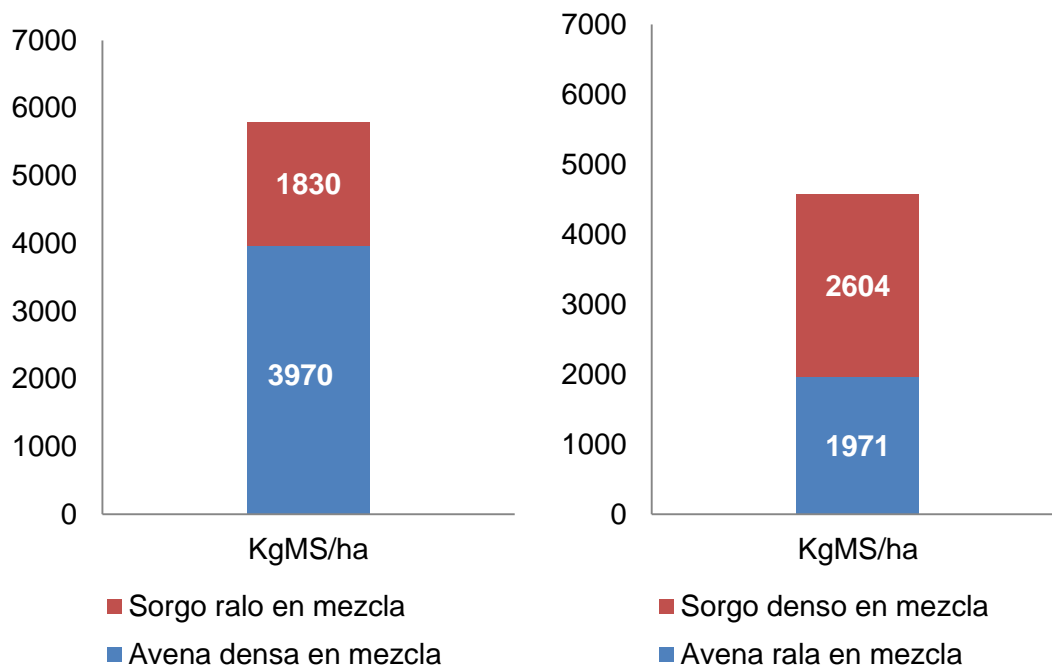
Tabla 3: LER_{total} obtenidos para el intercultivo de avena y sorgo para cada distribución espacial originada por el pastoreo.

Especie	LER_{total}
Avena densa + Sorgo ralo	1,77
Avena rala + Sorgo denso	1,1

$LER_{total} > 1$ indican complementación en la asociación de especies.

A continuación se presentan los valores medios de producción de materia seca (KgMS/ha) para cada distribución espacial.

Figura 10: Producción de materia seca (KgMS/ha) obtenido para el intercultivo con distribución espacial de avena y sorgo ralo al momento del primer corte de la avena (1878 G° día Sorgo/ 781 G° día Avena).



Calidad Relativa y Calidad Relativa Total

En los siguientes cuadros se presentan los resultados obtenidos para los valores relativos y relativos totales para los parámetros de calidad %DIVMS, %PB y %CNE.

Tabla 4: Digestibilidad *in vitro* Relativa (DR) de avena y sorgo en intercultivo.

	Especie	DIVMS Relativa (DR)
Digestibilidad Relativa	Avena	0,97
	Sorgo	1,02
Digestibilidad Relativa Total		1,99

DR>1 indican complementación en la asociación de especies.

Tabla 5: Proteína bruta Relativa (PBR) de avena y sorgo en intercultivo.

	Especie	PB Relativa (PBR)
Proteína bruta Relativa	Avena	0,83
	Sorgo	0,97
Proteína bruta Relativa Total		1,99

PBR>1 indican complementación en la asociación de especies.

Tabla 6: Carbohidratos no estructurales Relativos (CNER) de avena y sorgo en intercultivo.

	Especie	CNE Relativo (CNER)
CNE Relativos	Avena	0,98
	Sorgo	0,93
CNE Relativos Totales		1,91

CNER>1 indican complementación en la asociación de especies.

DISCUSIÓN

Eficiencia de implantación

Los resultados obtenidos indican que tanto en el monocultivo como en el intercultivo, la avena logra implantarse de manera eficiente (Tabla 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Luna *et al.* (2019), quien no encontró diferencias significativas en el establecimiento de verdeos de invierno entre siembras en monocultivo y sistemas de intercultivos. En este sentido, el sorgo no habría generado un efecto de antagonismo o sinergismo sobre la implantación de la avena. Esta última logró germinar, emerger y establecerse a pesar de las ventajas competitivas con las que podría haber contado el sorgo ya implantado y en producción. El manejo en la utilización del sorgo dado por la frecuencia (cada vez que se alcanzaba una altura promedio del forraje de 1 metro) e intensidad de pastoreo hasta los 20cm de altura, permitió lograr una estructura de canopeo baja. Esto habría favorecido la llegada de luz a la línea de siembra donde se encontraban las semillas, lo cual habría generado un efecto positivo en la germinación, emergencia y establecimiento de la avena. De haberse mantenido una estructura de canopeo más alta, el sorgo habría generado un efecto de sombreo sobre las líneas de siembra de la avena y haber afectado negativamente el establecimiento final de esta especie.

Si bien las condiciones de humedad del suelo no fueron limitantes para la campaña 2018/19, la presencia del sorgo pareciera no haber interferido en la disponibilidad hídrica para la germinación de la avena en intercultivo y su establecimiento. Para el caso del monocultivo de avena, en donde se encontraron presentes malezas hasta el momento de la siembra de la avena,

estas parecieran no haber generado un efecto negativo en la disponibilidad del agua del suelo al igual que el sorgo. Por lo cual, considerando la gran producción de forraje que entrega este último y la demanda de agua para dicha producción, en años húmedos, la presencia del sorgo no afectaría la disponibilidad de agua para su especie de relevo en sistemas de intercultivos en mayor magnitud que las malezas que se encuentren presentes. De esta manera, en años húmedos, la disponibilidad de agua del suelo no sería una limitante para el establecimiento de la avena en un sistema de intercultivo con sorgo.

En este sentido, deberían considerarse futuros estudios sobre esta variable en años con diferentes condiciones hídricas.

Cantidad de materia seca

Los resultados para esta variable (Figura 3) coinciden con los obtenidos por Pereyra *et al* (2013) quien encontró que la cantidad de kilos de MS/ha producidos por el intercultivo supera a los producidos por los respectivos monocultivos.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros obtenidos por Martínez (2015) para el caso de la avena y por González (2013) para el caso del sorgo.

La avena se encontraba en período de macollaje al momento del pastoreo. Mientras que el sorgo, contrariamente a lo que se esperaba, al momento del primer aprovechamiento de la avena, se encontraba aun con follaje verde y fotosintéticamente activo. Si bien contaba con altos contenidos de fibra, propios de un estado fenológico avanzado, el forraje no se encontraba

senescente como se hubiera esperado de un sorgo diferido en pie. La defoliación sucesiva previa a este momento habría impedido la formación de macollos reproductivos, basándose en observaciones (no informadas en los resultados) realizadas en plantas testigos ubicadas en la bordura del ensayo que no fueron pastoreadas y que presentaban algunas de ellas panojas. Es de destacar también que para estas latitudes este tipo de materiales fotosensitivos tienden a panojar tardíamente o no presentar panoja. Por lo tanto, en este híbrido que mostró producción de inflorescencias en aquellas plantas no pastoreadas, el patrón de defoliación escogido permitió controlar dicha floración lo cual podría haber interrumpido la dominancia apical y favorecer el macollamiento desde la base de las plantas. Este proceso podría haber contribuido a modelar una arquitectura de planta con mayor cantidad de macollos vegetativos, mayor foliosidad y una estructura de mata con un canopeo tal que permita la intersiembra y la producción de materia seca de la avena en valores tales que no difirieron de su monocultivo.

Cabe destacar que para el momento del primer pastoreo de la avena (6 de junio) aún no se habían registrado heladas (Figura 2). La ausencia de heladas pudo haber impactado tanto en el rendimiento del sorgo como el prolongamiento de su capacidad fotosintética.

Contenido de materia seca (% MS)

Los resultados obtenidos para contenido de materia seca (Figura 4) se encuentran dentro de los parámetros expuestos por Mieres *et al.* (2004) tanto para sorgo como para avena en monocultivo. Dichos valores para avena en ambos tratamientos resultan ser bajos coincidiendo con los enunciados por

Kent (2019), Mieres *et al.* (2004) y Pordomingo *et al.* (2002), por lo cual se presentaría como un inconveniente debido al efecto negativo que puede causar sobre los animales si no se encuentra correctamente balanceado. El que no se hayan encontrado diferencias significativas en los contenidos de materia seca entre las especies en monocultivo y en intercultivos indicaría un establecimiento y crecimiento similar en ambas condiciones de cultivo.

Se podría esperar que la avena vegetando en intercultivo con sorgo generara plantas con menor tejido de sostén ya que las mismas responderían, por plasticidad fenotípica, intentando alcanzar estratos superiores del canopeo de manera de lograr interceptar mayor radiación (mayor relación rojo/rojo lejano). Esto podría resultar en plantas con láminas más largas, con menor contenido de fibras y, por ende, un mayor contenido de agua lo cual incrementaría aún más el desbalance nutricional en este momento.

Sin embargo, el elevado contenido de agua presente en la especie para ambos tratamientos indicaría que esta característica es indiferente del sistema de cultivo.

El que se haya obtenido un valor intermedio para el caso del intercultivo indicaría que es posible aportar un adecuado contenido de materia seca lo que beneficiaría el balance en el contenido de este componente. Dicho de otra manera, el menor contenido de agua en la ración podría reducir el riesgo de originar trastornos digestivos, diarreas con graves cuadros de deshidratación, limitación en el consumo de forraje y consecuentemente afectar la producción de kilos de carne o litros de leche (Formoso, 2010).

Fibra detergente neutra (%FDN) y fibra detergente ácida (%FDA):

Los valores de %FDN obtenidos para ambas especies (Figura 5) en monocultivo coinciden con los expuestos por Mieres *et al.* (2004) para el correspondiente momento de corte, época del año y estadio fenológico.

Si bien los valores obtenidos para los tratamientos no difieren entre sí, se podría esperar que todos los tratamientos cuenten con la misma cantidad de fibras. Sin embargo, esta variable no discrimina entre las proporciones de celulosa, hemicelulosa o lignina presentes en los tejidos. La disponibilidad de estos componentes fibrosos digestibles estará determinada por el grado de lignificación que se presente. Es por ello la importancia de relacionar los valores obtenidos de %FDN y %FDA.

Es así que el %FDA sí demostró diferencias entre los tratamientos. Los valores obtenidos para esta variable en ambas especies (Figura 6) se encuentran dentro de los parámetros expuestos por Mieres *et al.* (2004) para el correspondiente momento de corte, época del año y estadio fenológico.

Las diferencias presentes entre sorgo y avena para %FDA están directamente relacionadas con el grado de lignificación en la pared celular de las especies. El mayor grado de lignificación en el sorgo está dado por su avanzado estadio fenológico (Dellacanáonica, 2014) y por su síndrome fotosintético (Carámbula, 1978). Mientras que en avena se observa un menor %FDA, respecto al sorgo, que se corresponde al de una especie de síndrome fotosintético C3 en sus primeros estadios fenológicos.

El contenido de fibras que otorga el intercultivo permitiría un aumento en el tiempo de permanencia del forraje en el rumen resultando en un mejor aprovechamiento energético respecto a la avena en monocultivo. Por otra parte, un elevado contenido de fibras se encuentra directamente relacionado a un menor contenido de agua, componente de suma importancia para el balance de la dieta.

Proteína bruta (%PB)

En el caso del %PB, los valores obtenidos para avena (Figura 7) se encuentran dentro de los parámetros esperados para su momento de primer pastoreo en monocultivo expuestos por Mieres *et al.* (2004). El alto %PB encontrado en la avena en su primer pastoreo ha sido ampliamente registrado por numerosos autores (*Pordomingo et al., 2002; Kent, 2019; entre otros*). El sorgo también presentó valores (Figura 7) coincidentes con los parámetros expuestos por Mieres *et al.* (2004) para esta especie en monocultivo.

La combinación de estos altos %PB, tanto para avena en monocultivo como avena en intercultivo, si no se presentan de manera correcta relación con la energía y si además se encuentran elevados contenidos de agua en el forraje podrían originar trastornos digestivos, diarreas con graves cuadros de deshidratación, limitación en el consumo de forraje y consecuentemente afectar la producción de kilos de carne o litros de leche (Formoso, 2010).

Un punto importante a analizar es la diferencia significativa que se encontró entre las condiciones de cultivo de la avena, resultando la avena en intercultivo (14,42%) en un valor menor al de la avena en monocultivo (17,17%). Considerando que se trata de la misma especie y con el mismo

manejo y momento de pastoreo, estas diferencias podrían deberse a diferentes condiciones ambientales o a diferencias en la cantidad de macollos del verdeo. Jarrige *et al.* (1995), entre otros, señalan que las proteínas se encuentran principalmente en los cloroplastos, los cuales se encuentran en las hojas. Por lo tanto, un verdeo con mayor cantidad o tamaño de macollos (mayor foliosidad) presentaría mayor número de cloroplastos y así un mayor contenido de proteínas. Trujillo y Uriarte (2012) señalan que cantidades de radiación adicional promueven la acumulación de azúcares y el metabolismo general del nitrógeno y la síntesis de aminoácidos. Entonces, en la condición de monocultivo de la avena, donde no se presentó el efecto de sombreado que sí generó el sorgo sobre la avena en intercultivo, podría haberse generado una mayor intercepción de la radiación por parte de la avena. De esta manera se podría haber visto favorecido en metabolismo del nitrógeno y la síntesis de aminoácidos en la planta, lo cual repercutiría directamente en el mayor contenido de proteína que presentó la avena en monocultivo respecto a la avena en intercultivo. También podría ser de importancia la competencia por el nitrógeno del suelo que pudo haber ejercido el sorgo en el intercultivo, promoviendo una menor disponibilidad de este nutriente que afecta directamente a la síntesis de aminoácidos. Con lo expuesto, dicha competencia no se habría presentado en la avena en monocultivo y así no haber afectado la disponibilidad del nitrógeno del suelo.

Por otra parte, los valores presentados para sorgo se corresponderían con valores bajos normales en el contenido de proteína que suelen presentar los forrajes a medida que avanzan en sus estadios fenológicos (Dellacanónica, 2014).

El valor obtenido para el intercultivo permitiría suministrar a los animales una ración con un adecuado contenido de proteína bruta, ya que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por Leng (1990) para determinar si un forraje es o no de buena calidad. Sin embargo, si este nivel de proteína no se encuentra en una correcta relación con la energía (carbohidratos no estructurales), el forraje consumido por los animales puede generar todos los trastornos digestivos y metabólicos enunciados anteriormente. Según Pordomingo *et al.* (2002) la relación óptima PB/CNE para los forrajes es de 1:1. Ya que para el caso del intercultivo la relación PB/CNE resulta 1,08:1, este contaría con una correcta relación entre la proteína y la energía. Caso contrario al de la avena en monocultivo que cuenta con una relación de 2,52:1.

Carbohidratos no estructurales (%CNE)

Los datos obtenidos para %CNE (Figura 8) se encuentran dentro de los parámetros expuestos por Pordomingo *et al.* (2002) para la avena y por Martínez (2017) para el sorgo en el correspondiente momento de corte, época del año y estadio fenológico.

Una de las causas por las cuales la avena presenta bajo %CNE, podría deberse principalmente a que estos se acumulan en la base de los macollos durante los primeros estadios de crecimiento (Waite y Boyd, 1953; Martínez, 2015), quedando fuera del alcance del diente del animal. De esta manera, la disponibilidad de los mismos aumentaría a medida que la especie avanza en su estadio fenológico, es decir, cuando aumenta la biomasa, se elongan los tallos y la relación hoja/tallo disminuye. Si bien la avena aporta un alto nivel de proteínas, el bajo %CNE representaría un impedimento para el óptimo

aprovechamiento de estas proteínas. Esto podría deberse a que los microorganismos del rumen, no cuentan con la energía necesaria, que debería proporcionar el forraje, que les permitiría digerir las proteínas.

En el caso del sorgo, el mayor %CNE se corresponde con un estadio fenológico más avanzado. Lo cual representaría una mayor disponibilidad de estos debido a su translocación desde la base de los macollos hacia las hojas y tallos reproductivos (cañas).

El intercultivo contaría con un adecuado %CNE, principalmente aportados por el sorgo, que permitiría lograr un eficiente aprovechamiento de las proteínas aportadas por la avena.

Digestibilidad *in vitro* de la Materia seca (%DIVMS)

Los valores obtenidos para ambas especies (Figura 9) coinciden con los expuestos por Mieres *et al.* (2004) para el correspondiente momento de corte, época del año y estadio fenológico.

El sorgo presentó valores esperables dado el avanzado estado fenológico que trae aparejado un bajo nivel de digestibilidad que podría deberse al aumento del contenido de lignina en las células vegetales. Según Leng (1990), estos valores se encuentran cercanos al límite inferior de lo que se consideraría un forraje de calidad, ya que por debajo de estos valores se podrían originar trastornos digestivos y problemas metabólicos, afectando el normal desarrollo del animal. Si bien estos valores se encuentran cercanos al límite inferior, no se encuentran por debajo, lo cual puede deberse a que el sorgo aún se encuentra fotosintéticamente activo.

Por otra parte, la avena presenta valores esperables para un forraje en sus primeras etapas de crecimiento. Estos valores exceden el límite máximo de %70 sugerido por Conrad *et al.* (1964). Lo cual impactaría como una limitante metabólica a nivel ruminal reduciendo el consumo voluntario del animal. Este elevado %DIVMS, que se encuentra asociado al bajo %FDA, sumado al elevado %PB y una bajo contenido de energía (%CNE) al momento del primer corte representa un forraje desequilibrado nutricionalmente para los animales. El bajo nivel de energía no permitiría que los microorganismos del rumen puedan aprovechar el alto contenido de proteínas presente en el forraje. Considerando también que el nivel de fibras (%FDA) es bajo, el tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la rumia se reducirían, aumentando la tasa de pasaje. De esta manera, las proteínas pasarían directamente al duodeno y allí, debido a su carácter higroscópico, absorberían agua del medio originando diarreas por un aumento del peristaltismo.

El intercultivo mostró un %DIVMS que, según Leng (1990), cataloga a la ración como de muy buena calidad. El adecuado %DIVMS, sumado al contenido de fibras y carbohidratos no estructurales, principalmente aportados por el sorgo, permitiría un mejor aprovechamiento de las proteínas aportadas por la avena. Así, el contenido de fibras aumentaría el tiempo de digestión ruminal. Los microorganismos del rumen contarían con la energía (%CNE) necesaria para realizar un óptimo aprovechamiento de las proteínas. De esta manera se evitaría que las proteínas pasen al duodeno, absorban agua del medio y originen diarreas que derivan en cuadros de deshidratación de los animales repercutiendo de manera directa en la ganancia de peso.

Relación equivalente de la tierra

Las situaciones de distribución espacial que fueron encontradas dentro del tratamiento de intercultivo, previo a la intersembrado de la avena, se dieron por efecto de la entrada de los animales a la parcela. Esto se dio, por un lado, por el avance de los animales sobre las plantas de sorgo volcándolas y, por otra parte, durante el pastoreo mismo donde generaron un arrancado de las plantas. De este modo, al momento del primer corte de la avena, se encontraron zonas dominadas por avena y otras por sorgo, dando lugar a la denominación de rala o densa a la especie dominante. En las zonas con menor cantidad de plantas de sorgo, la avena pudo haber encontrado mejores condiciones ambientales, principalmente de iluminación, para su crecimiento y desarrollo en contraposición con aquellas zonas en donde el sorgo contó con mayor presencia aprovechando sus ventajas competitivas.

En la relación equivalente de la tierra por especie (LER_{especie}) obtenida para el caso de la avena densa en intercultivo esta superó a la avena en monocultivo (Tabla 2) en cantidad de materia seca producida.

Mientras que para el caso de las distribuciones avena rala, sorgo ralo y sorgo denso los LER_{especie} demostraron cantidades de materia seca producidas menores en el intercultivo respecto a los monocultivos.

Sin embargo, para ambas distribuciones espacial, se obtuvieron valores de LER_{total} mayores a 1 (Tabla 3). Esto indica que para ambas condiciones el intercultivo favorece el rendimiento de las especies, obteniendo en conjunto un rendimiento mayor al de las especies en monocultivo. Resultando así en una relación interespecífica de mutuo sinergismo.

El valor de LER_{total} obtenido para la distribución espacial avena densa y sorgo ralo, resultó ser 1,77. Dicho valor indicaría que el intercultivo rindió un 77% más que los monocultivos, lo cual también puede interpretarse como que serían necesarias 1,77 has de monocultivos para obtener el mismo rendimiento generado en 1 ha de intercultivo con este tipo de distribución espacial. Mientras que el valor de LER_{total} obtenido para la distribución espacial avena rala y sorgo denso, que resultó ser 1,1, indicaría que el intercultivo rindió un 10% más que los monocultivos, por lo tanto, serían necesarias 1,1 has para obtener el rendimiento de 1 ha de intercultivo con dicha distribución espacial.

Ante situaciones productivas sería importante ponderar los valores obtenidos para ambas distribuciones espaciales de manera de poder aproximarse a un valor más acertado a la realidad. Sin embargo, ambos valores indican un uso más eficiente de la superficie productiva.

Calidad Relativa

No solo la relación equivalente de la tierra resultó positiva para el intercultivo sino que también la calidad del forraje aportado fue superadora. Tanto la DIVMS Relativa (Tabla 4), la PB Relativa (Tabla 5) como el CNE Relativo (Tabla 6) mostraron una complementación en la asociación de cultivos de ambas especies.

De este modo, el aporte de fibras, por parte del sorgo, habría mejorado la calidad total de la forrajimasa consumida por los animales, balanceando el excesivo contenido de agua en el primer corte de la avena. Por otra parte el contenido de proteínas en el intercultivo, aportado principalmente por la avena, podría esperarse que fuese mejor aprovechado por los animales ya que se

cuenta con un nivel de CNE adecuado. De esta manera se lograría no solo una ración de alta calidad, según Leng (1990), sino también equilibrada en términos nutricionales.

CONCLUSIONES

La eficiencia de implantación de *Avena sativa* L. en intercultivo con *Sorghum bicolor* L. Moench presenta una relación de total indiferencia en términos ecológicos lo cual permite una eficiente implantación y establecimiento de la especie.

El sistema de intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* L. Moench presenta mayor cantidad de materia seca producida (kgMS/ha) que las especies componentes del sistema cuando se encuentran en monocultivo.

El sistema de intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* L. Moench, *Avena sativa* L. no presenta diferencias en cuanto a contenido de materia seca, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y carbohidratos no estructurales respecto al monocultivo. Mientras que si se presentan diferencias para el contenido de proteína bruta. *Sorghum bicolor* L. Moench no presenta, entre intercultivo y monocultivo, diferencias en sus componentes de calidad.

El intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* L. supera la cantidad de materia seca producida ($LER_{total} > 1$) respecto a la siembra de las especies en monocultivo, resultando en una relación, en término ecológicos, de mutuo sinergismo. Permitiendo así un mejor aprovechamiento de la superficie productiva.

Este sistema de intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* L. favorece el balance nutricional del forraje respecto a las especies en monocultivo ($DR > 1$, $PBR > 1$ y $CNER > 1$).

El sistema de intercultivo *Avena sativa* L. - *Sorghum bicolor* L. Moench equilibra dicho desbalance de nutrientes, mediante el aporte de fibras y carbohidratos no estructurales por parte del sorgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ankom Technology. Procedures for Fiber and In Vitro Analysis, 2007. Disponible on-line febrero 2020: <http://www.ankom.com/homepage.html>. Consultado en: Junio 2013.
2. AOAC, 2000. Official methods of Analysis, 4.6.01, chapter 4, p.p.34. U.S.A.
3. Arelovich, H.M. 2003. Harina de girasol como suplemento de forrajes de baja calidad para bovinos. En: Usos alternativos del girasol en la alimentación animal, ASAGIR.P- 31.
4. Carámbula, M. 1978. Caracteres de rendimiento y calidad en las especies templadas y tropicales. Paysandú, Facultad de Agronomía.
5. Carrasco, N., Zamora, M. y Melin, A. 2011. Manual del sorgo. Chacra Experimental Integrada. Barrow: ediciones INTA 2011.105 p; 21 x 15 cm. ISBN: 978-987-679-071-0. Disponible on-line febrero 2020: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf
6. Cartas de suelo de la República Argentina. INTA. Disponible on-line: <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>
7. Caviglia O.P., Sadras, V.O. y Andrade, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the southeastern Pampas. I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean. Field Crops Res. 87:117. En: Pereyra, T. W., Pagliaricci, H. R., Ohanian, A. E. y Bonvillani, M. J. 2013. Producción de biomasa aérea y uso equivalente de la tierra en intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Pastos y Forrajes, Vol. 36, No. 2, abril-junio, 177-183, 2013. Disponible on-line febrero 2020:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200003

8. Conrad, H. R., Pratt, A. D., & Hibbs, J. W. (1964). Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of dairy science*, 47(1), 54-62. Disponible on-line febrero 2020: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030264885817>
9. Dellacaná, C. 2014. Rendimiento y calidad de un cultivo de avena (*Avena sativa* L.), bajo distintas láminas de riego en el noroeste de Chubut (Argentina). Facultad de Ciencias Exactas de UNCUYO. Disponible on-line febrero 2020: <http://sipas.inta.gob.ar/sites/default/files/archivos/Rendimiento%20y%20calidad%20de%20un%20cultivo%20de%20avena%20bajo%20distintas%20l%C3%A1minas%20de%20riego%20en%20el%20NO%20de%20Chubut.pdf>.
10. Dhima, K. V., Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I.B. y Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crop Res* 100: 249-256. doi: 10.1016/j.fcr.2006.07.008. En: Espinoza-Montes, F., Nuñez-Rojas, W., Ortiz-Guizado, I. y Choque-Quispe, D. 2018. Producción de forraje y competencia interespecífica del cultivo asociado de avena (*Avena sativa*) con vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de seco y gran altitud. *Rev. Inv. Vet. Perú* 2018; 29 (4): 1237-1248
11. EEA INTA Bordenave. 2003. Avena para pastoreo. Disponible on-line febrero 2020: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/06-avena_para_pastoreo.pdf.

12. Elizalde, J.C. y Santini, F.J. 1992. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Balcarce. Boletín Técnico N 104. Argentina. 27 p. En: Méndez, D.G. y Davies, P. 2000. Efecto del nivel de suplementación energética sobre la respuesta animal de novillos en pastoreo de verdeos invernales. INTA Gral Villegas. Disponibles on-line febrero 2020: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/18-suplementacion_energetica.pdf
13. Espinoza-Montes, F., Nuñez-Rojas, W., Ortiz-Guizado, I. y Choque-Quispe, D. 2018. Producción de forraje y competencia interespecífica del cultivo asociado de avena (*Avena sativa*) con vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de seco y gran altitud. Rev. Inv. Vet. Perú 2018; 29 (4): 1237-1248.
14. Fernández Mayer, A. 2007. El efecto de los azúcares solubles sobre la ganancia de peso y su relación con el manejo de los verdeos de invierno. INTA Bordenave. Disponible on-line febrero 2020: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-23__ganaderia_ganancia_peso.pdf.
15. Formoso, F. 2010. Producción de forraje y calidad de verdeos de invierno y otras alternativas de producción otoño-invernales. INIA Serie Técnica; 184. Total de registros: 1 BD INIA Ayuda MegaBase Agropecuaria Alianza SIDALC. Disponible on-line: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/1842928011152635.pdf>
16. Gallardo, M y Valtorta, S. 2007. Factores nutricionales y ambientales que afectan la calidad composicional de la leche bajo condiciones de pastoreo.

- En: Taverna, M. A. Manual de Referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 3ª edición. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. Cap. 4: 115 – 130. ISBN N°: 987-521-165-6. En: Dellacaná, C. 2014. Rendimiento y calidad de un cultivo de avena (*Avena sativa* L.), bajo distintas láminas de riego en el noroeste de Chubut (Argentina). Facultad de Ciencias Exactas de UNCUYO. Disponible on-line febrero 2020: <http://sipas.inta.gov.ar/sites/default/files/archivos/Rendimiento%20y%20calidad%20de%20un%20cultivo%20de%20avena%20bajo%20distintas%20láminas%20de%20riego%20en%20el%20NO%20de%20Chubut.pdf>
17. Gallego, J.J, Barbarossa, R. A., Neira Zilli, F. y Miñón, D. P. 2014. Verdes de invierno: producción de forraje de cultivares de avena, cebada, centeno, triticale y raigrás anual en valles regados del norte patagónico. EEA Valle Inferior Convenio Provincia Rio Negro - INTA. Información técnica N° 35. Año 8 N° 17- ISSN 1666 – 6054.
18. Gonella, C.A. 1994. . Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA General Villegas. Publicación Técnica N° 16. Argentina. 20 p. En:
19. González, M. 2013. Evaluación de rendimiento y calidad de sorgos forrajeros para pastoreo directo en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Disponible on-line febrero 2020: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacionrendimiento-calidad-sorgos.pdf>
20. Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. Population biology of plants.
21. InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat/FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Ed. Brujas, Córdoba, Argentina.

22. Jacobo, E., Rodríguez, A., González, J. y Golluscio, R. 2016. Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. AGRISCIENTIA, VOL. 33 (1): 1-14.
23. Jarrige, R. Y Ruckebush, C. Demarquilly, M.-H. Farce. M. Journet. 1995. Nutrition des Ruminants Domestiques. INRA. Paris. En: Trujillo, A. I. y Uriarte, G. 2012. Valor nutritivo de las pasturas. Disponible on-line febrero 2020:
http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo_Uriarte.VALOR_NUTRITIVO_PASTURAS.pdf
24. Jung, H. J. G. 1997. Analysis of forage fiber and cell walls in ruminant nutrition. The Journal of nutrition, 127(5), 810S-813S. Disponible on-line febrero 2020: <https://academic.oup.com/jn/article/127/5/810S/4724069>
25. Kent, S. F. 2019. Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa. Estación Experimental Agropecuaria Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas” – INTA. ISBN: 978-987-8333-07-6 (digital). Disponible on-line febrero 2020:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_forrajeras_cultivadas_anuales_y_perennes_mas_difundidas_en_la_provincia_de_la_pampa_0.pdf
26. Lagrange, S. 2009. Efecto de la suplementación proteica sobre la tasa de crecimiento y parámetros digestivos de novillos a pastoreo sobre sorgo granífero diferido. Disponible on-line febrero 2020:
<http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/1983/1/Tesis%20Lagrange.pdf>

27. Lauriault, L. M & Kirksey, R. E. 2004. Yield and Nutritive Value of Irrigated Winter Cereal Forage Grass – Legume Intercrops in the Southern High Plains, USA. *Agronomy Journal* 96: 352 – 358. En: Dellacanónica, C. 2014. Rendimiento y calidad de un cultivo de avena (*Avena sativa* L.), bajo distintas láminas de riego en el noroeste de Chubut (Argentina). Facultad de Ciencias Gracias de UNCUYO. Disponible on-line febrero 2020: <http://sipas.inta.gov.ar/sites/default/files/archivos/Rendimiento%20y%20calidad%20de%20un%20cultivo%20de%20avena%20bajo%20distintas%20l%C3%A1minas%20de%20riego%20en%20el%20NO%20de%20Chubut.pdf>
28. Leng, R.A. 1990. Factor affecting the utilization of poor quality forages by ruminant animals particularly under tropical conditions. *Nutritional research. Reviews* 3:277-303.
29. Liebman, M. 1999. Sistema de policultivos. En: Altieri, M.A. 1999. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*, Capítulo 9, pág. 151. ISBN (Nordan): 9974-42-052-0 D.L. 310.232/99. Disponible on-line febrero 2020: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>.
30. Luna, I. M.¹, Fernández-Quintanilla, C.², Peña, J. M.² y Dorado, J.². 2019. Evaluación del intercultivo de pastos de verano y cultivos extensivos de invierno sobre el control de malas hierbas. ¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Estación Experimental Agropecuaria Quimilí, Santiago del Estero Ruta Prov. N° 6 km 9, Argentina. ² Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC), Serrano 115B, 28006 Madrid.
31. Martínez C. y Vrech G. 2014. Recría de vaquillonas sobre Avena y sorgo en la Cuña Boscosa. Disponible on-line febrero 2020:

<https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp->

[inta_vye_nro31_acortar_tiempos_recria_vaquillonas_sob.pdf](#)

32. Martínez, M. F. 2015. Efecto del genotipo sobre la productividad y composición química de la biomasa forrajera y grano en avena (*Avena sativa* L.). Disponible on-line febrero 2020: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2104/1/MARTINEZ%2c%20MARCELA%20FERNANDA.pdf>
33. Martínez, R. L. 2017. Evaluación de la calidad de fibra y de la productividad de materia seca en diferentes híbridos de sorgo. (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA). Disponible on-line febrero 2020: http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tesis/a_mareva354.pdf
34. McIlroy, R. J. (1967). Carbohydrates of grassland herbage. In *Herbage Abstracts* (Vol. 37, No. 2, pp. 79-87).
35. Méndez, D.G. y Davies, P. 2000. Efecto del nivel de suplementación energética sobre la respuesta animal de novillos en pastoreo de verdes invernales. INTA Gral Villegas. Disponibles on-line febrero 2020: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invernales/18-suplementacion_energetica.pdf
36. Mieres, J. M. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Programa Nacional Bovinos para Leche. INIA La Estanzuela. Disponible on-line febrero 2020: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2887/1/111219240807141556.pdf>
37. Morris, R.A. & Garrity, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: water. *Field Crops Res.* 34:303. En: Pereyra, T. W., Pagliaricci, H. R., Ohanian, A. E. y Bonvillani, M. J. 2013. Producción de

biomasa aérea y uso equivalente de la tierra en intercultivos de alfalfa (Medicago sativa L.). Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Pastos y Forrajes, Vol. 36, No. 2, abril-junio, 177-183, 2013. Disponible on-line febrero 2020: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200003

38. Ofori, F. & Stern, W.R. 1987. Cereal-legume intercropping systems. Adv. Agron. 41:41. En: Pereyra, T. W., Pagliaricci, H. R., Ohanian, A. E. y Bonvillani, M. J. 2013. Producción de biomasa aérea y uso equivalente de la tierra en intercultivos de alfalfa (Medicago sativa L.). Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Pastos y Forrajes, Vol. 36, No. 2, abril-junio, 177-183, 2013. Disponible on-line febrero 2020: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200003

39. Ogino, A., Orito, H., Shimada, K & Hirooka, H. 2007. Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow-calf system by the life cycle assessment method. Animal Science Journal 78:424-432.

40. Otondo J. y Cicchino M. 2007. INTA EEA Cuenca del Salado. GOT Salado Norte. El sorgo diferido como alternativa para la alimentación invernal del rodeo de cría. Una experiencia en la Cuenca del Salado. Disponible on-line febrero 2020: www.inta.gov.ar/cuenca/info/documentos/nutrición/diferido-chascomus-08.pdf

41. Pelletier, N., R. Pirog & R. Rasmussen, 2010. Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. Agricultural Systems 103:380-389.

42. Pereyra, T. W., Pagliaricci, H. R., Ohanian, A. E. y Bonvillani, M. J. 2013. Producción de biomasa aérea y uso equivalente de la tierra en intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Pastos y Forrajes, Vol. 36, No. 2, abril-junio, 177-183, 2013. Disponible on-line febrero 2020: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200003
43. Perrachon, A. J. 2009. Pensemos en los verdeos de invierno. Plan Agropecuario. Sitio argentino de Producción Animal. Disponible on-line febrero 2020: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R132/R_132_42.pdf
44. Pigurina, G. y Methol, M. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. 2004. En: Mieres, J. M. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Programa Nacional Bovinos para Leche. INIA La Estanzuela. Disponible on-line febrero 2020: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2887/1/111219240807141556.pdf>
45. Pordomingo, A. J. 2001. Las reservas forrajeras en la producción animal: el balance de las dietas. Disponible on-line febrero 2020: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_en_general/18-las_reservas_forrajeras.pdf
46. Pordomingo, A. J. 2005. Alimentación. En: Feedlot – Alimentación, diseño y manejo. Ediciones INTA. Publicación Técnica nº 62. Anguil, Argentina. Cap.

- 2:12 – 115. ISSN: 0325-2132. En: Dellacaná, C. 2014. Rendimiento y calidad de un cultivo de avena (*Avena sativa* L.), bajo distintas láminas de riego en el noroeste de Chubut (Argentina). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCUYO. Disponible on-line febrero 2020: <http://sipas.inta.gob.ar/sites/default/files/archivos/Rendimiento%20y%20calidad%20de%20un%20cultivo%20de%20avena%20bajo%20distintas%20láminas%20de%20riego%20en%20el%20NO%20de%20Chubut.pdf>
47. Pordomingo, A.J., Quiroga, A., Jonas, O., Santucho, G., Otamendi, H., Buffa, H. G., Rolheiser, D. O. y Albertario, P. D. 2002. Producción y valor nutritivo de verdeos de invierno en siembra directa. En: “Siembra Directa y Fertilización.” Sistemas ganaderos de la región semiárida”, E.E.A. INTA Anguil. Disponible on-line febrero 2020: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/23-produccion_y_valor_nutritivo.pdf
48. Power, A.G., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365: 2959-2971.
49. Recavarren P. y Juarros J.C. 2008. Impacto de los sorgos diferidos en los sistemas de cría de la Depresión de Laprida. Disponible on-line febrero 2020: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sorgos_diferidos_-_jornada.pdf
50. Romero, N. y Ruiz, M. A. 2011. Verdeos de invierno: perfiles nutricionales. Ediciones INTA. EEA INTA Anguil Ing. Agr. Guillermo Covas.
51. Sánchez-Vallduví, G. E., Tamagno, L. N., Dolcini, L. L., Chamorro, A. M., Barreyro, R. A. y Signorio, R. D. 2007. Siembra en mezcla de híbridos de

- girasol. Una alternativa para un manejo agroecológico de los recursos. Rev. Bras. de Agroecologia/out. 2007 Vol.2 No.
52. Santini, J.F. 2014. Conceptos básicos en la nutrición de rumiantes. En: Nutrición Animal Aplicada. INTA EEA. Disponible on-line febrero 2020: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf
53. Sistema de información y gestión agrometeorológica de INTA. Disponible on-line febrero 2020: <http://siga2.inta.gov.ar/#/data>
54. Tilley, J. M. A., & Terry R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassland Soc. 18:104-111
55. Tomaso, J.C. 2008. Cereales forrajeros de invierno: producción de materia seca, manejo del cultivo, curvas de producción. (http://www.engormix.com/cereales_forrajeros_invierno_produccion_s_articulos_2107_A) Disponible on-line febrero 2020 09/08/2009. 6 p.
56. Torrecillas, M. G. y Bertoia, L. M. 2008. Acumulación y calidad de forraje de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Revista Argentina de Producción Animal Vol 28 (3): 201-207 (2008). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Disponible on-line febrero 2020: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/3584>
57. Tosi, J.C., y Castaño, J. 2000. Costo de reservas forrajeras. INTA Balcarce, Suplemento económico N° 28. En: Otondo J. y Cicchino M.; INTA EEA Cuenca del Salado. GOT Salado Norte. 2007. El sorgo diferido como alternativa para la alimentación invernal del rodeo de cría. Una experiencia en la Cuenca del Salado. Disponible on-line febrero 2020:

www.inta.gov.ar/cuenca/info/documentos/nutrición/diferido-chascomus-08.pdf

58. Trujillo, A. I. y Uriarte, G. 2012. Valor nutritivo de las pasturas. Disponible on-line febrero 2020: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uriarte.VALOR NUTRITIVO PASTURAS.pdf>
59. Waite, R., & Boyd, J. 1953. The water-soluble carbohydrates of grasses. I.— Changes occurring during the normal life-cycle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4(4), 197-204. En: Martínez, M. F. 2015. Efecto del genotipo sobre la productividad y composición química de la biomasa forrajera y grano en avena (*Avena sativa* L.). Disponible on-line febrero 2020: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2104/1/MARTINEZ%2c%20MARCELA%20FERNANDA.pdf>
60. Weigelt, A. & Jolliffe, P. 2003. Indices of plant competition. *J Ecology* 91: 707-720. doi: 10.1046/j.1365-2745.2003.00805.x
61. Willey, R. W. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agricultural water management*, 17(1-3), 215-231. En: Altieri, M.A. 1999. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*, Capítulo 9, pág. 151. ISBN (Nordan): 9974-42-052-0 D.L. 310.232/99.

ANEXOS



Imagen 1: a la izquierda semillas de avena (*Avena sativa* L.) y a la derecha de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

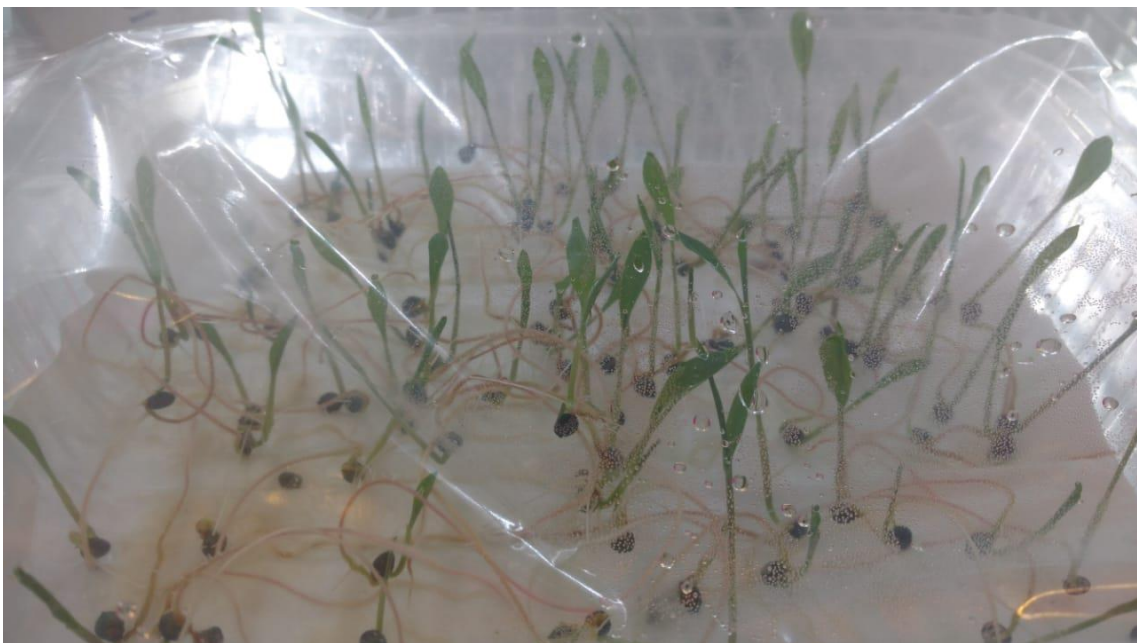


Imagen 2: prueba de poder germinativo realizada a las semillas de sorgo.



Imagen 3: siembra del sorgo con sembradora experimental sobre el suelo previamente roturado.



Imagen 4: emergencia de las plántulas de sorgo.



Imagen 5: cultivo de sorgo ya establecido.



Imagen 6: prueba de poder germinativo realizada a las semillas de avena.



Imagen 7: plántulas de avena en monocultivo.



Imagen 8: plántulas de avena en intercultivo.



Imagen 9: plantas de avena en monocultivo.



Imagen 10: plantas de avena en intercultivo.



Imagen 11: intercultivo de sorgo y avena al momento del primer aprovechamiento.



Imagen 11: animales pastoreando en el intercultivo.



Imagen 13: animales pastoreando en la avena en monocultivo.



Imagen 14: intercultivo de sorgo y avena, observándose atrás líneas de sorgo que no fueron manejados con la misma frecuencia e intensidad de pastoreo que el sorgo en intercultivo y que presentaron floración para la fecha del primer pastoreo del intercultivo.



Imagen 15: floración presentada en aquellas líneas de sorgo que no se manejaron con la misma frecuencia e intensidad de pastoreo que el sorgo en intercultivo.



Imagen 16: estado del intercultivo para mediados del mes de julio habiendo ocurrido ya las heladas más intensas. Momento del segundo pastoreo de la avena.