

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**IMPLANTACIÓN Y VIGOR INICIAL EN *Paspalum notatum* Flüggé cultivar  
INIA Sepé EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE SUELOS DE  
BASALTO DE LA REGIÓN NOROESTE**

**por**

**Lucía BÓFFANO CHEBATAROFF**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**SALTO  
URUGUAY  
2024**

HOJA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. (Dr.) Claudio García Gallárreta

---

Ing. Agr. (Mag.) Federico Pintos

Tribunal:

---

Ing. Agr. (Mag.) Ricardo Rodríguez Palma

---

Ing. Agr. (Dr.) Rafael Reyno

---

Ing. Agr. (Mag.) Diego Michelini

Fecha:

20 de agosto de 2024

Estudiante:

---

Lucía Bóffano Chebataroff

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer al establecimiento “ El Junco”, a su propietario Diego Otegui y su administrador Bernardo Bocking, por la disposición para la realización del trabajo de campo correspondiente a esta Tesis. Al Ing. Agr. Claudio García, al Ing. Agr. Federico Pintos y al Ing. Agr. Ramiro Zannoniani responsable del trabajo de tesis, por su amabilidad y disposición.

Agradecer al Ing. Agr. Oscar Bentancur por su disposición, tiempo y paciencia en la orientación para el análisis estadístico de los datos de las variables monitoreadas. Al Ing. Agr. Rafael Reyno y al Ing. Agr. Ricardo Rodríguez Palma, por la colaboración y disposición en la búsqueda de material y conocimiento relacionado al trabajo realizado.

Agradecer al pilar y motor en este camino, mi familia, por estar siempre presente en el recorrido; mis hijas, Bianca y Ema y mi esposo, Jorge. A mi madre siempre alentando a seguir, desde el inicio, con todos los esfuerzos de este largo y emotivo recorrido. A cada uno que desde su lugar aporto su aliento, su apoyo y ayuda para culminar esta etapa. Hermanos, tíos, abuelos, familia y amigos; los que hoy están y esos que desde otro lugar continúan con nosotros; gracias, muchas gracias.

A quienes nos dejaron un legado de curiosidad nata, inmersa en nuestros genes, inquieta, que nos moviliza, nos proyecta y nos permiten transitar este camino en un continuo descubrir de todo aquello que nos pertenece, tal como lo es *Paspalum notatum* Flüggé....

*“El porvenir y la felicidad de la nación dependen del conocimiento que sus hijos tengan del suelo que habitan y de sus posibilidades”*. Jorge Chebataroff.

TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	9
SUMMARY .....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	11
2.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. GÉNERO PASPALUM, COMPONENTE DEL CAMPO NATURAL URUGUAYO.....	12
2.1.1. El campo natural uruguayo componente del Bioma Pampa.....	12
2.1.2. Suelos de la región basáltica y sus comunidades vegetales.....	12
2.1.3. Género Paspalum, particularidades .....	13
2.2. <i>PASPALUM NOTATUM</i> FLÜGGÉ, ESPECIE FRECUENTE EN NUESTRO TAPIZ NATURAL.....	13
2.2.1. Descripción botánica.....	14
2.2.2. Metabolismo C4.....	15
2.2.3. Modo de reproducción de la especie .....	16
2.2.4. Producción de semilla y métodos de propagación .....	16
2.2.5. Algunos Cultivares de la especie .....	17
2.2.6. Caracteres morfogénéticos y estructurales .....	17
2.2.7. Producción de forraje .....	18
2.2.8. Calidad del forraje.....	19
2.2.9. Respuesta animal: Ganancia animal/producción de carne .....	20
2.2.10. Particularidades de la especie .....	20
2.2.10.1. Comportamiento en suelos con alto contenido de Al .....	20
2.2.10.2. Fijación de nitrógeno .....	20
2.2.10.3. Uso en sistemas Silvopastoriles.....	21
2.2.11. Característica que justifican su uso como forrajera en sistemas productivos .....	21
2.3. CULTIVAR INIA SEPE: ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS .....	23
2.3.1. Origen, colecta y lanzamiento del cultivar .....	23
2.3.2. Características agronómicas particulares del cultivar INIA Sepé.....	23

2.3.2.1. Producción de forraje.....	24
2.3.2.2. Producción de semilla.....	24
2.3.2.3. Calidad del forraje.....	25
2.3.2.4. Producción de carne.....	26
2.3.2.5. Manejo del pastoreo de la especie.....	27
2.4. EXIGENCIAS DEL CULTIVAR DE <i>PASPALUM NOTATUM</i> FLÜGGÉ INIA SEPÉ EN LA ETAPA DE IMPLANTACIÓN.....	27
2.4.1. Implantación.....	27
2.4.2. Proceso de germinación y emergencia.....	28
2.4.3. Establecimiento.....	29
2.4.4. Época de siembra.....	29
2.4.4.1. Humedad, temperatura y radiación.....	29
2.4.5. Densidad de siembra.....	31
2.4.6. Calidad de semilla.....	32
2.4.7. Manejo en la fase de establecimiento.....	33
2.4.7.1. Control de malezas.....	33
2.4.7.2. Manejo del pastoreo.....	33
2.4.7.3. Fertilización inicial.....	33
2.5. RESPUESTA MORFOLÓGICA EN LA FASE DE ESTABLECIMIENTO.....	34
2.5.1. Metodología de mediciones.....	34
2.5.2. Variables morfológicas que intervienen en el crecimiento de la planta.....	34
2.6. HIPOTESIS.....	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	37
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.2.1. Tratamientos.....	38
3.3. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	38
3.3.1. Antecedente de chacra y preparación de suelo.....	38
3.3.2. Siembra.....	38
3.3.3. Fertilización, control de malezas.....	39
3.3.4. Calidad de semilla y densidad de siembra.....	39
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	40
3.4.1. Variables meteorológicas.....	40
3.4.2. Variables en suelo.....	40

3.4.3. Variables en la pastura .....	40
3.4.3.1. Variables de campo.....	40
3.4.3.2. Variables de laboratorio.....	41
3.4.4. Otras variables .....	41
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
4.1. CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA.....	44
4.1.1. Temperatura.....	44
4.1.2. Precipitaciones .....	47
4.1.3. Radiación .....	49
4.1.4. Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo .....	49
4.2. VARIABLES DE LA PASTURA.....	51
4.2.1. Variables de respuesta (no destructivas) en <i>Paspalum notatum</i> Flüggé cultivar INIA Sepé.....	51
4.2.1.1. Número de plantas .....	51
4.2.1.2. Implantación .....	60
4.2.1.3. Variables estructurales en la especie <i>Paspalum notatum</i> Flüggé que definen el vigor inicial de la planta en implantación.....	61
4.2.2. Variables de respuesta (destructivas) en <i>Paspalum notatum</i> Flüggé cultivar INIA Sepé.....	65
4.2.2.1. Peso seco de parte aérea y de raíces.....	65
4.2.2.2. Relación Biomasa aérea/ Biomasa raíces.....	68
4.2.2.3. Producción de MS por hectárea de Biomasa aérea y raíces.....	69
5. CONCLUSIÓN.....	70
6. BIBLIOGRAFÍA .....	71

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

**Tabla** **Página**

<b>Tabla 1</b> <i>Caracterización de pasturas de Paspalum notatum Flüggé cultivar INIA Sepé</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Calidad de diferentes lotes de semillas de Paspalum notatum Flüggé cultivar INIA Sepé</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Características, propiedades químicas y textura del suelo del sitio experimental</i> .....	37
<b>Tabla 4</b> <i>Datos de calidad de semilla de Paspalum notatum Flüggé cultivar INIA Sepé</i>	39
<b>Tabla 5</b> <i>Número de plantas por metro lineal según fecha de siembra a los 120 DDS</i> ..	51
<b>Tabla 6</b> <i>Evolución del número de plantas por metro lineal</i> .....	52

## Figura Página

<b>Figura 1</b> Producción de forraje de <i>Paspalum notatum</i> Flüggé (TB42) INIA Sepé.....	19
<b>Figura 2</b> Tasa de crecimiento <i>Paspalum notatum</i> Flüggé INIA Sepé.....	24
<b>Figura 3</b> Producción de semillas y de forraje de <i>Paspalum notatum</i> Flüggé .....	25
<b>Figura 4</b> Diagrama de las relaciones entre variables morfogénicas y características estructurales en una gramínea perenne estolonífera.....	35
<b>Figura 5</b> Croquis del área experimental .....	38
<b>Figura 6</b> Temperatura decádica promedio del aire de la serie (1986-2016)- del periodo (enero-agosto 2017) y suelo .....	44
<b>Figura 7</b> Diferencial decádico de temperatura entre los valores promedio del periodo experimental y la serie histórica.....	45
<b>Figura 8</b> Número de eventos decádico de temperatura ambiente mínima menor a 10°C y menor a -1°C .....	46
<b>Figura 9</b> Precipitación y ETo periodo (enero-agosto 2017) y precipitación de la serie (1986-2016) por décadas .....	47
<b>Figura 10</b> Diferencial decádico de precipitaciones entre los valores promedio del periodo experimental y la serie histórica.....	48
<b>Figura 11</b> Radiación solar acumulada decádica del periodo de evaluación (enero-agosto 2017) expresada en W/m <sup>2</sup> .....	49
<b>Figura 12</b> Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo para el período experimental .....	49
<b>Figura 13</b> Evolución del número de plantas por metro lineal y su asociación a variables meteorológicas.....	53
<b>Figura 14</b> Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo (B1). Precipitación y temperatura del aire (B2).....	55
<b>Figura 15</b> Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo (C1). Precipitación y temperatura del aire (C2) .....	57
<b>Figura 16</b> Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo (D1). Precipitación y temperatura del aire (D2) .....	59

## RESUMEN

La adaptación natural de una especie nativa al ambiente es un carácter destacado en especies de alto valor forrajero como lo es *Paspalum notatum* Flüggé, componente apreciable de nuestros campos naturales. Conocer características de sus requerimientos en el proceso de implantación, su comportamiento frente a variaciones de variables de manejo, como la fecha de siembra, son pasos fundamentales de la experimentación en el proceso de domesticación de estos recursos.

El presente trabajo se realizó en el establecimiento “El Junco” ubicado a 18 kilómetros por camino vecinal de ruta 31, km 53, en Colonia A. Rubio del Departamento de Salto. El periodo de evaluación transcurrió desde el mes de enero hasta agosto del 2017. El objetivo fue evaluar la implantación y el vigor inicial de *Paspalum notatum* Flüggé clon TB42 (cultivar INIA Sepé), así como determinar características en la partición de fotoasimilados entre la parte aérea y subterránea frente a la variación en la fecha de siembra. Para esto se evaluó tres fechas de siembra: 17 de enero, 8 de marzo y 4 de abril de 2017. Se realizaron muestreos no destructivos a los 30, 60, 90 y 120 días posteriores a la siembra; monitoreando número de plantas por metro, número de macollos por planta, número de hojas del tallo principal y largo del tallo principal. A su vez en las dos últimas fechas de muestreo (90 y 120 días post-siembra) fueron monitoreadas variables destructivas peso de la parte aérea y peso de raíces.

La fecha de siembra modifica las características morfológicas cuando se cambian las condiciones ambientales como temperatura del suelo y contenido de agua del suelo. La fecha de siembra que tuvo mejor implantación en el experimento fue la del mes de enero, momento en el que la especie aún se encuentra en su estación de crecimiento. Si la siembra se realiza en otoño, se recomienda que sea temprano tratando de evitar siembras muy tardías debido a las bajas temperaturas. La partición de fotoasimilados no difirió significativamente entre las fechas de siembra testeadas, resultado que probablemente se debió al bajo tamaño de muestra monitoreada en esos momentos.

*Palabras clave:* *Paspalum notatum* Flüggé, cultivar INIA Sepé, campo natural, fecha de siembra, implantación

## SUMMARY

The natural adaptation of a native species to the environment makes it an outstanding character in species with high forage value such as *Paspalum notatum* Flüggé, an appreciable component of our natural grasslands. Knowing the characteristics of their requirements in the implantation process, their behavior in the face of variations in management variables, such as the sowing date, are fundamental steps in experimentation in the domestication process of these resources.

This work was carried out at the “El Junco” farm located 18 kilometers from the local road of Route 31, km 53, in the Colonia Antonio Rubio of the Department of Salto. The experiment period spanned from January to August 2017. The objective was to evaluate the establishment and initial vigour of *Paspalum notatum* Flüggé clone TB42 (cultivar INIA Sepé), as well as to determine characteristics in the partition of photoassimilates between the aerial and underground part against the variation of the sowing date. Of the cultivar planted in sowing date was evaluated, by sowing in three dates: January 17, March 8 and April 4, 2017. Non-destructive sampling was carried out at 30, 60, 90 and 120 days after sowing; monitoring number of plants per meter, number of tillers per plant, number of leaves on the main tiller and length of the main. In turn, on the last two sampling dates (90 and 120 days post-sowing), weight of the aerial part and weight of roots, were monitored.

The sowing date modifies the morphological characteristics due to variation in environmental conditions such as soil temperature and soil water content change. The sowing date that had the best performance in the experiment was January, when the species is still in its growing season. If sowing is done in autumn, it is recommended that it be done early, trying to avoid low temperatures. The partitioning of photoassimilates did not differ significantly among the sowing dates, a result that was probably due to the low sample size monitored at those times.

*Keywords:* *Paspalum notatum* Flüggé, cultivate INIA Sepé, natural field, seedtime, implantation

## 1. INTRODUCCIÓN

El campo natural uruguayo es y ha sido soporte de la producción pecuaria desde hace ya mucho tiempo; formado por una vegetación de praderas con comunidades herbáceas determinada por tipo de suelo y por las irregularidades del clima característico de la región. Una vegetación que ha ido evolucionando y adaptándose frente a diferentes condiciones climáticas y de manejo.

El campo natural uruguayo cuenta con una gran diversidad de especies nativas, siendo las gramíneas o Poaceas la familia más dominante, dentro de la cual el género *Paspalum* es uno de los más importante. *Paspalum notatum* Flüggé es una gramínea estival de metabolismo C<sub>4</sub>, una de las especies más frecuentes y con un importante aporte a la productividad del campo nativo.

Desde hace ya un tiempo, diferentes investigadores nacionales vienen desarrollando líneas de trabajo en busca de la domesticación de especies nativas, capaces de formar parte de alternativas para la producción forrajera. El género *Paspalum*, tiene varios ejemplares que han sido centro de estudio dentro de las que *Paspalum notatum* Flüggé ha tenido un rol importante estos últimos años.

*Paspalum notatum* Flüggé es una especie nativa, conocida comúnmente como pasto horqueta en mención a la forma de su espiga. A diferencia de otras especies tropicales disponibles en los mercados internacionales, *Paspalum notatum* Flüggé está adaptada a las condiciones templadas del Uruguay. Por tal motivo sumado a sus características forrajeras como su alta producción de forraje y persistencia, su capacidad de implantarse y producir en una amplia gama de suelos además de la capacidad colonizadora por rizomas, justifica la asignación de recursos en la domesticación y el desarrollo de cultivares de esta especie por parte de los mejoradores.

En este sentido, teniendo en cuenta las potencialidades de *Paspalum notatum* Flüggé, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) incurrió en la investigación de esta especie, de donde devino el clon TB42 actualmente conocido como *cultivar INIA Sepé*, el que surge de la evaluación y caracterización de germoplasma colectado a nivel nacional.

El presente trabajo, tuvo como objetivo evaluar la implantación y el vigor inicial de *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé en la zona Norte de la región agroecológica de Basalto, en diferentes fechas de siembra en meses de verano/otoño. Como objetivos específicos se planteó conocer las respuestas de las variables morfológicas de *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé en función de diferentes fechas de siembra y como es la distribución de los fotoasimilados a los 90-120 días desde de la siembra entre sus órganos aéreos y subterráneos.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. GÉNERO PASPALUM, COMPONENTE DEL CAMPO NATURAL URUGUAYO

#### 2.1.1. El campo natural uruguayo componente del Bioma Pampa

Los campos naturales de Uruguay son parte del Bioma Pampa, una de las eco-regiones de pastizales más importantes y extensas del mundo, que ocupa todo el territorio uruguayo, integrando además parte de Brasil y Argentina, con un área total de 750.000 Km<sup>2</sup> (Childe Pereira et al., 2020; Suertegaray & Pires da Silva, 2009). Está compuesto por comunidades vegetales de gran diversidad genética en la que existen cerca de 400 especies de gramíneas y más de 100 especies de leguminosas (Jaurena et al., 2013). Dentro de estas comunidades, el campo dominado por gramíneas es el más representativo (Boldrini, 2009). Las gramíneas (Poaceae) en América del Sur presenta un total de 206 géneros que comprenden 1523 especies distribuidas en 10 subfamilias diferentes (Biganzoli & Zuloaga, 2015). Pallarés et al. (2005) detallan el predominio de las gramíneas C<sub>4</sub> que crecen en verano y las gramíneas C<sub>3</sub> de ciclo invernal en un ecosistema definido como pastizal con pocos árboles o arbustos exceptuado zonas cercanas a los cursos de agua. El predominio de especies estivales en los campos naturales del país determina una mayor producción primavero-estivo-otoñal (Millot et al., 1987).

La actualización de cobertura y uso del suelo del Uruguay al año 2020/2021, estima el área de pastizal natural en 8,93 millones de hectáreas, aproximadamente el 51 % del territorio uruguayo. Estos representan la base forrajera para la ganadería extensiva, una de las actividades económicas principales del país (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 2021). Según Lezama et al. (2011) en términos florísticos tienen una marcada heterogeneidad, aunque fisionómicamente son simples; donde mayormente la zonificación de estos pastizales está dada por la geomorfología, como es la superficie terrestre considerando su génesis y sus características particulares.

Particularmente dentro de las gramíneas que componen el tapiz natural de nuestro país, para la cuenca Basáltica según Lezama et al. (2011) los géneros más representados en número de especies son *Stipa*, *Paspalum*, *Aristida* y *Piptochaetium*.

#### 2.1.2. Suelos de la región basáltica y sus comunidades vegetales

En nuestro país según Durán (1998), no existe una regionalización únicamente aceptada del territorio que se base en parámetros físicos. Berretta (2003) en este sentido, define zonas del país según tipo de suelo y localización geográfica denominadas zonas agroecológicas. Una zona agro-ecológica es una unidad cartográfica de recursos de tierras, determinada en términos de clima, fisiografía y suelos, y/o cubierta de tierra; con un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1997).

Berretta (2003) define la zona de Basalto desde el Cuareim hasta el Río Negro, con una superficie de aproximadamente cuatro millones de hectáreas (Millot et al., 1987). Los suelos del área pertenecen fundamentalmente a los Grandes Grupos de Litosoles y

Vertisoles, a los que se asocian Brunosoles y, en menor extensión, Planosoles. Como características que describen los suelos dominantes se podría citar, su textura fina, su alto contenido de materia orgánica muy estabilizada y ligada a la arcilla, un alto nivel de bases y un contenido medio a alto de hierro libre (Durán, 1998).

Los diferentes tipos de suelo que componen la región de Basalto, presentan una profundidad variable que van desde la roca desnuda hasta 1 metro de profundidad; y se asocian en diferentes proporciones en el terreno lo que origina un mosaico con variaciones en pocas distancias (Berretta, 1998). Millot et al. (1987) definieron un mismo mosaico cuyo origen no es solo determinado por condiciones edáficas y climáticas, sino que además señalan el efecto del pastoreo de cada lugar, estableciéndose un gran número de especies que modifican su frecuencia y sus hábitos.

### 2.1.3. Género Paspalum, particularidades

El género *Paspalum* tiene su centro de origen en zonas tropicales y templadas cálidas del Nuevo Mundo; siendo un componente principal de los campos nativos en el sur de Brasil, Paraguay, noreste de Argentina y Uruguay (Gates et al., 2004).

De manera de caracterizar a este género, señala Aliscioni (2002) que *Paspalum* comprende alrededor de 330 especies con una marcada variabilidad morfológica, y una amplia distribución geográfica, dentro de las que se destacan forrajeras adaptadas a ambientes subtropicales húmedos (Barbera & Benítez, 2017) con metabolismo C4, que le permite un uso eficiente del agua.

*Paspalum* como otras tantas gramíneas tropicales tales como *Bothriochloa*, *Bouteloua*, *Brachiaria*, entre otras, tienen como modo de reproducción principal a la apomixis (también hay sexuales), reproducción asexual por semilla, considerada un método de clonación natural, que tal como el término apomixis describe no existe mezcla de composición genética de una planta o grupo de plantas (Quero Carrillo et al., 2010).

*Paspalum* es el género más representativo del ecosistema campo, donde *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum* Flüggé son las especies más importantes (Rosengurtt, 1943, 1946); de igual modo Lezama et al. (2011) y Giorello, Do Canto et al. (2021), recientemente proponen al género *Paspalum* como uno de los más abundantes de la región centro y noreste del país y particularmente a *Paspalum notatum* Flüggé como especie más común de los pastizales nativos. Concordando con varios autores que no sólo lo definen como uno de los componentes dentro del ecosistema campo sino particularmente el más frecuente y predominante dentro de la región basáltica (Mérola et al., 2018; Millot, 1969; Millot et al., 1987; Reyno et al., 2012; Rosengurtt et al., 1960). La literatura destaca la calidad de nuestras gramíneas forrajeras y menciona especies como, *Paspalum notatum* Flüggé, *Bromus unioloides*, *Paspalum dilatatum* y *Axonopus spp* como ejemplos de pastos de alta calidad (Hartley et al., 1953 como se cita en Millot et al., 1987).

## 2.2. *PASPALUM NOTATUM* FLÜGGÉ, ESPECIE FRECUENTE EN NUESTRO TAPIZ NATURAL

### 2.2.1. Descripción botánica

A pesar de que su centro de origen se encuentra localizado en América del Sur, la especie se encuentra distribuida y cultivada por distintas partes del mundo. En el este de Australia, de la mano del cultivar Pensacola, se encuentran razas naturalizadas del mismo cultivar y tetraploides (Pizarro, 2005). En regiones del Sur y Centro de Brasil, Batista y Godoy (1998) señalan el intenso uso de la especie asociado a la poca exigencia en términos de fertilidad del suelo, la extraordinaria resistencia al pisoteo, al fuego y a cortes frecuentes. En los Estados Unidos, particularmente en Florida, constituye uno de los cultivos de forraje y césped más importantes donde se han liberado muchos cultivares (Gates et al., 2004; Vendramini et al., 2013; Wallau et al., 2019).

Dentro de sus nombres comunes usados en el mundo se puede citar; pasto bahía o bahiagrass (EE. UU y Australia), grama da bahía, grama forquilha o grama mato grosso (Brasil), pasto horqueta, gramilla blanca, grama dulce, hierba de bahía (Argentina, Uruguay).

*Paspalum notatum* Flüggé, de la familia de las Poaceae, pertenece a la tribu Paniceae de la subfamilia Panicoidea. Se encuentra dentro del grupo botánico *Notata* creado por Chase (1929) donde se agrupa otras 21 especies (Zuloaga et al., 2004). Es una hierba subtropical presente en toda América y uno de los principales constituyentes de los pastizales naturales en Uruguay (Reyno et al., 2012). Siendo su principal centro de diversidad el área que incluye el noreste de Argentina, Paraguay, el sur de Brasil y Uruguay (Parodi, 1937). Gates et al. (2004) además remarcan que el género tiene la mayor diversidad de especies al noreste de Santa Fé, Argentina y en el estado de Rio Grande del Sur en Brasil.

En el año 1810 Schrader y Ventenat realizaron la primera descripción taxonómica de *Paspalum notatum* Flüggé, utilizando una planta que fue recolectada de la isla St. Thomas, en Centroamérica (Gates et al., 2004).

En una descripción botánica realizada por Rosengurtt et al. (1960) describen a la especie *Paspalum notatum* Flüggé como una gramínea perenne, de ciclo estival, de tipo productivo tierno, con metabolismo C<sub>4</sub>. Gates et al. (2004) agregan que posee rizomas horizontales fuertes, poco profundos con entrenudos cortos y robustos generalmente cubiertos con vainas de hojas viejas y secas. Características que le permite adaptarse al pastoreo y colonizar áreas desnudas (Rosengurtt, 1943).

La inflorescencia de *Paspalum notatum* Flüggé consta de dos o incluso tres racimos, formando la clásica horquilla que le da nombre; floreciendo de noviembre a abril siendo la dispersión de la especie a través de semillas y rizomas (Nabinger & Dall'Agnol, 2019).

Una descripción morfológica de la especie reconoce tres taxones *Paspalum notatum* var. *notatum*, *Paspalum notatum* var. *saurae* y *Paspalum notatum* var. *latiflorum*. En este sentido, de Souza et al. (2020) describen a *Paspalum notatum* como una gramínea polimórfica, reconociendo solo dos variedades en Brasil: var. *notatum* y var. *saurae*; habiéndose además propuesto por investigadores una tercera (var.

*latiflorum*). En nuestro país Rosengurtt et al. (1970) mencionan a dos de las anteriormente citadas, *var. notatum* de lígula más larga que ancha y distribuida por todo el país; y la *var. latiflorum* de lígula más ancha que larga y menos frecuente en el país que la variedad anterior.

### 2.2.2. Metabolismo C<sub>4</sub>

Las especies tropicales como *Paspalum notatum* Flüggé desarrollan una vía metabólica de la fotosíntesis de tipo C<sub>4</sub>, que se diferencia de la ruta de tipo C<sub>3</sub> que ocurre en la mayoría de las forrajeras conocidas (*Lolium*, *Festuca*, *Dactylis*). El metabolismo fotosintético de la especie, le confiere ciertas adaptaciones que son destacables para el desempeño de la misma en el sistema productivo. La fotosíntesis C<sub>4</sub> está presente en 7500 especies de plantas con flores (3% de las 250.000 especies de plantas terrestres) constituidas por gramíneas, juncos y dicotiledóneas (Sage, 2004 como se cita en González Rebollar & Chueca, 2010).

El metabolismo C<sub>4</sub>, tiene como primer producto de fijación fotosintética a un compuesto de cuatro átomos de carbono, siendo este el originado a partir de la captura del CO<sub>2</sub> atmosférico por la enzima PEPc en las células del mesófilo (razón del nombre del metabolismo). Este tipo de metabolismo sufre un cambio morfológico importante, la existencia de una vaina vascular. El primer producto originado se descarboxila en las células de la vaina donde está la mayor parte de la Rubisco, generando de esta manera una alta concentración de CO<sub>2</sub> en este sitio, siendo hasta 20 veces superior. Esto determina su adaptación a condiciones de bajos niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico, además de reducir casi a la anulación la fotorespiración por disminuir la competencia por el oxígeno, principal problema en la pérdida de agua por los estomas. Determinando de esta manera que los rendimientos sean claramente superiores a las especies C<sub>3</sub> (Medrano & Flexas, 2000).

Las especies C<sub>4</sub> son más eficientes en el uso del nitrógeno, más eficientes en el uso del agua y tienen mayor eficiencia fotosintética al aumentar la temperatura, lo que se evidencia en la abundancia de estas especies en zonas áridas, semiáridas y de altas temperaturas (Alemeraya del Valle & Sánchez Quintanar, 2015; Medrano & Flexas, 2000). La particularidad en la utilización del nitrógeno hace que las mismas sean más abundantes en nuestro país que las invernales ya que se adaptan mejor a ambientes de baja fertilidad (Carámbula, 1991).

Además de estas ventajas se ha comprobado que existe una correlación negativa entre la biomasa de especies invasoras y la presencia de especies nativas C<sub>4</sub>, destacando su comportamiento frente a este tipo de especies (Fargione & Tilman, 2005; Santiñaque, 1979).

Especies de metabolismo C<sub>4</sub>, como lo es *Paspalum notatum* Flüggé tienen rendimientos de materia seca constantes a temperaturas que varían entre 10 y 40°C, siendo que las especies C<sub>3</sub> experimentan una caída lineal en el rendimiento cuando aumenta la temperatura, entendido este como rendimiento cuántico. Las plantas C<sub>4</sub> tienen temperaturas óptimas y rangos para fotosíntesis más altas (30 – 45°C) que las C<sub>3</sub> (20 – 35°C) (Buckeridge et al., 2015).

Cooper y Taiton (1968) como se cita en Boggiano et al. (2014) determinan que el crecimiento máximo en especies tropicales y subtropicales se da con temperaturas de entre 30 ° C y 35 ° C, mientras que con temperaturas menores a 10 ° C casi no se registra crecimiento.

La presencia de especies estivales de metabolismo C<sub>4</sub>, en situaciones de clima templado y templado cálido como el de Uruguay juega un importante papel en la complementariedad de los ciclos de producción, dado a que las gramíneas perennes disponibles a nivel comercial en el país son en su mayoría de ciclo invernal; lo que hace que la producción de las pasturas sembradas presente picos en primavera y otoño con fuertes déficits estivales e invernales (“Prólogo”, 2017).

### 2.2.3. Modo de reproducción de la especie

La especie *Paspalum notatum* Flüggé tiene reproducción por apomixis de tipo aposporia (Rodríguez Romero, 2010; Quarin et al., 2001). Martínez (2001) basado en el conocimiento de que la apomixis es el modo de reproducción principal de la especie, que los citotipos diploides son sexuales y los tetraploides apomíticos; se planteó determinar el control genético de la apomixis e identificar marcadores moleculares ligados al carácter. Este trabajo estableció que posee un control monogénico y es dominante sobre la sexualidad. Resultados interesantes debido a la importancia de la apomixis en la selección y el mejoramiento de gramíneas forrajeras nativas y su posibilidad en la utilización en los sistemas de producción, considerando la diversidad y riqueza en los centros de origen.

El citotipo más frecuente encontrado en nuestro país para la especie *Paspalum notatum* Flüggé, es autotetraploide apomítico ( $2n \times 4x = 40$ ), conociéndose además diploides sexuales (Reyno et al., 2012). Gates et al. (2004) describen dos biotipos; biotipos diploides (con 20 cromosomas) tradicionalmente utilizados como forraje en el sur de los Estados Unidos, y poliploides (comúnmente de 40 cromosomas) componente destacado de los campos naturales del Centro y Noreste Argentino, Sur de Brasil y Paraguay. En Rio Grande do Sul, Brasil, trabajos realizados por Dahmer et al. (2008), en la búsqueda del conocimiento genético de la especie con foco en mejoramiento, realizaron evaluaciones en las accesiones colectadas y determinaron que eran tetraploides, con  $2n = 4x = 40$ , excepto una accesión diploide, considerada como escape de Pensacola ( $2n = 2x = 20$ ).

### 2.2.4. Producción de semilla y métodos de propagación

El modo de reproducción comercial de la especie, es por semilla, pero también se propaga vegetativamente por rizomas en países como Brasil. Para la producción de semillas son varios los procedimientos a considerar desde la preparación de la tierra, control de malezas, control de plagas, fertilización y aspectos a tener en cuenta de la semilla *per se*, como lo es la presencia de una gran proporción de semillas latentes que dan como resultado un establecimiento lento e irregular de las plantas. Las semillas latentes son las que frente a condiciones ambientales favorables no germinan, y hasta el momento, en las variedades de *Paspalum notatum* Flüggé estudiadas, la latencia es de origen físico. Las estructuras que envuelven las semillas, denominadas glumas son las

responsables de generar una barrera para la germinación impidiendo que los gases y el agua lleguen al embrión (de Souza et al., 2020). Aquellas semillas que presentan latencia presentarán una emergencia baja e impredecible que depende de las condiciones ambientales. Es por tanto la dormición, una característica importante a considerar y ser evaluada a la hora de seleccionar materiales de especies siendo clave para el éxito de su adopción en un sistema productivo (Glison, 2023).

West (1992) demostró en *Paspalum notatum* Flüggé cultivar Pensacola que la latencia que dificulta el establecimiento de la especie disminuye con el almacenamiento acelerado con altas temperaturas y humedad. Donde el aumento de la germinación se establece sin reducir el vigor de las mismas. En este sentido, Marousky y West (1988) estudiaron la influencia de la temperatura y diversos tratamientos de escarificación sobre los cambios físicos de la lemma y la germinación en *Paspalum notatum* Flugge. En un trabajo donde escarificaron semillas con diversos tratamientos determinaron a través de microscopía electrónica de barrido que una de ellas, la escarificación ácida, eliminó las sustancias cuticulares de la lemma, lo que probablemente facilitó la entrada del agua y la emergencia más temprana de la coleorriza, datos que les permitió sugerir que existe una barrera física para la germinación en la lemma y la palea.

#### 2.2.5. Algunos Cultivares de la especie

Dentro de los cultivares utilizados en el mundo, existen dos tipos según niveles de ploidia; los diploides y tetraploides. Particularmente en Estados Unidos existen cultivares diploides tales como Pensacola, Tiftón 9, TifQuik, y UF-Riata; y los tetraploides como Argentine, Paraguay, Paraguay 22, y Common. Pensacola es uno de los cultivares comerciales disponibles a nivel nacional; en Florida (EE.UU.) se estima que ocupa un 60% de la superficie plantada de la especie. Entre las características destacables del cultivar tiene una buena producción de semilla, es muy persistente bajo pastoreo intensivo y más tolerante al frío que la mayoría de los cultivares tetraploides (Wallau et al., 2019). Del mismo modo Gates et al. (2004) señalan que Pensacola generalmente se considera más tolerante al frío que los cultivares Argentine o Paraguay (tetraploides).

#### 2.2.6. Caracteres morfo genéticos y estructurales

Cuando se determina la producción de materia seca, una de las variables morfo genéticas que juegan un rol fundamental, es la tasa de aparición de hojas. Su inverso es el intervalo de tiempo entre la aparición de una hoja y la siguiente; que puede ser calculada como suma térmica denominándose el filocron (Colabelli et al., 1998).

En este sentido Palamar et al. (2020) en un experimento llevado a cabo en Brasil, bajo pastoreo continuo con variación de la asignación de forraje, durante la primavera determinaron un valor de filocrono para *Paspalum notatum* Flüggé de 208,28 °C determinado a través de una regresión lineal entre el número de hojas y la suma térmica en cada periodo evaluado. La temperatura base ( $T_b$ ) de la especie estimada es de 7,6°C (Pakiding & Hirata, 2001).

Pakiding e Hirata (2001) buscando determinar variables morfológicas que describen la dinámica de las hojas en *Paspalum notatum* Flüggé en condiciones de pastoreo de una pradera de 2 años, establecieron el número de hojas vivas para la especie

en un rango de 3,1–8,2 hojas/macollo, siendo alto en verano-otoño, y bajo en invierno. Concordando con la variable tasa de aparición de hojas, que obtuvo valores de 0,005–0,145 hojas/macollos/d; aumentó en primavera, mantuvo valores altos hasta principios de otoño y luego disminuyó. Anteriormente en la descripción de la especie Rosengurtt et al. (1960) definían para *Paspalum notatum* Flüggé un número de hojas por planta de 3 a 7.

Hirata y Pakiding (2001) con el objetivo de conocer la dinámica de macollos en *Paspalum notatum* Flüggé realizaron un experimento en un período de 4 años, donde obtuvieron valores de densidad total de macollos que oscilaron entre 3819 y 4875 macollos/m<sup>2</sup>. Para lo cual, definieron que el comportamiento de la densidad de macollos en el año se mantiene estable debido a que los macollo son estructuras de larga vida a pesar de sus bajas tasas de aparición.

En este mismo sentido Boggiano et al. (2014) evaluando gramíneas perennes, determinaron para *Paspalum notatum* Flüggé var. *saurae* cultivar Pensacola, en el primer año de evaluación, bajo condiciones de secano valores de 2253 macollos/m<sup>2</sup> y peso de macollo de 0,32 g en sus experimentos. Hirata y Pakiding (2001) con respecto a esta última característica encontraron en *Paspalum notatum* Flüggé un rango de pesos de macollos variables adoptando valores entre 0,07 y 2,57 g por macollo.

#### 2.2.7. Producción de forraje

La producción de forraje de *Paspalum notatum* Flüggé varía según cultivar, manejo, ambiente y características del lugar. Al ser una gramínea perenne de ciclo estival le permite una entrega de forraje durante los meses de primavera- verano, y tiene una productividad de media a alta (Martínez & Pereira, 2011).

En referencia a sus primeros años, la especie tiene una lenta instalación. En trabajos realizados por Saldanha et al. (2017) evaluando *Paspalum notatum* Flüggé (Pensacola), *Paspalum dilatatum* y *Paspalum urville*: observaron que *Paspalum notatum* Flüggé tuvo la más lenta instalación a pesar de que al tercer otoño, los niveles de producción no se diferenciaron de las demás especies.

En un trabajo de evaluación de producción inicial de materia seca evaluando diferentes materiales del género *Paspalum*, Barbera y Benítez (2017) determinaron para el cultivar Boyero de *Paspalum notatum* Flüggé, una producción de 3718 kg MS/ha en dos cortes, febrero y mayo, similar a especies *Panicum coloratum* y plicátulas.

*Paspalum notatum* Flüggé en su primer año puede producir unos 2.000 a 3.000 kg MS/ha, y en los años siguientes puede llegar a 7.000 a 12.000 kg MS/ha; lo que representa una tasa de crecimiento de 50 y hasta 100 kilos por día, mayoritariamente en la segunda quincena de enero (Cooperativa Agraria Nacional [COPAGRAN], 2022).

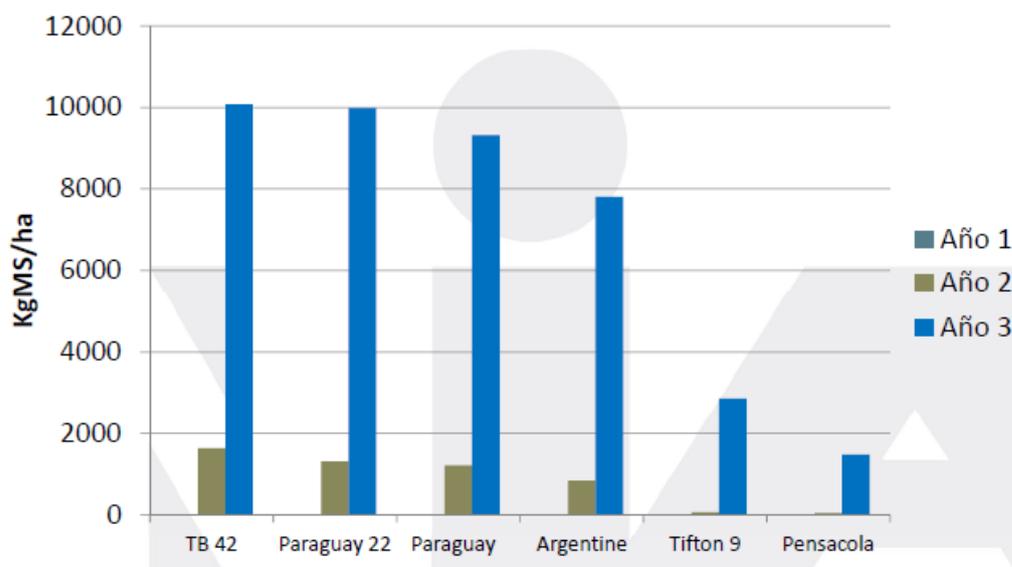
Particularmente en Florida (EE. UU) el 85 % de la producción de forraje de *Paspalum notatum* Flüggé se da en los meses más cálidos, alcanzando valores de producciones entre 3363 y 11090 kg MS/ha, y cuando tiene alta fertilización nitrogenada puede llegar a valores de hasta 15910 kg MS/ha (Wallau et al., 2019).

Reyno (2015) como se cita en Bertoncilli (2018) en uno de sus trabajos realizados en nuestro país, en busca de evaluar la producción de forraje del cultivar INIA Sepé, a su

tercer año desde la siembra; tomando como referencia al cultivar comercial Pensacola, determinó una producción de materia seca cinco veces superior a dicho cultivar que se aprecia en la comparación realizada con los cultivares tetraploides: Paraguay 22, Paraguay, Argentine; y diploides: Tifton 9 y Pensacola.

**Figura 1**

*Producción de forraje de Paspalum notatum Flüggé (TB42) INIA Sepé*



*Nota.* Producción de forraje de *Paspalum notatum* Flüggé INIA Sepé en kilogramos por hectárea (kg MS/ha) en comparación a otros cultivares de la misma especie durante tres años. Tomado de Reyno (2015), como se cita en Bertonecelli (2018).

Hirata et al. (2006) en ensayos realizados en el sureste de Japón evalúa la tasa de producción y calidad del forraje de la especie utilizando datos de cinco ensayos de pastoreo. La tasa de producción de forraje tiende a aumentar desde la primavera hasta mediados del verano y disminuye a partir de entonces con valores que oscilan entre 56 y 213 kg MS/ha/día.

#### 2.2.8. Calidad del forraje

En cuanto a calidad, la digestibilidad de materia seca (DMS) de la especie evaluada obtuvo valores aproximados en el rango de 47 -73 % y proteína cruda (PC) entre 8,4-16,1 %. Los investigadores concluyen que estos resultados indican que, en esta especie tropical, se debe de apuntar a un manejo donde se mantenga la masa de forraje por encima de un nivel crítico, para que de esta manera se aumente la calidad de forma de asegurar la ingesta de los animales (Hirata et al., 2006).

Del mismo modo, Stewart et al. (2005) como se cita en Wallau et al. (2019) en diferentes estudios muestran que *Paspalum notatum* Flüggé bajo adecuados niveles de fertilización contiene alrededor de 10 a 15 % de proteína cruda y esta disminuye a medida que avanza la temporada (15 % en primavera frente a 10 % en verano), viéndose notablemente afectada por la frecuencia de pastoreo. Los mismos autores agregan que la

concentración de energía en *Paspalum notatum* Flüggé, evaluada como digestibilidad del forraje, disminuye considerablemente a medida que avanza la temporada, independiente de la fertilidad o el manejo de la defoliación.

Cruz y Boval (2000) describen la dinámica de crecimiento de hojas para especies estoloníferas como *Paspalum notatum* Flüggé en una cronología en la que las primeras hojas son de pequeño tamaño, alcanzando luego un tamaño mayor en longitud, para seguidamente reducirse hasta llegar a una estabilización en el canopeo. Por lo cual, el momento de pastoreo es un parámetro clave en el manejo del cultivar dado a que, si dejamos transcurrir el tiempo en la maduración de la planta, estaríamos perdiendo hojas de mayor tamaño que serían reemplazadas por otras más chicas, incrementando de esta manera la proporción de estolones en la composición del forraje.

#### 2.2.9. Respuesta animal: Ganancia animal/producción de carne

El mediano o bajo valor nutritivo que caracteriza a la especie, no la vuelve una de las opciones más adecuadas para animales con altos requerimientos nutricionales, tales como animales en crecimiento o lactantes (Wallau et al., 2019). En cuanto a producción de carne, Sollenberger et al. (1988) como se cita en Gates et al. (2004) reportaron ganancias diarias promedio de 0,38 kg/día trabajando con *Paspalum notatum* Flüggé y una capacidad de carga de 5,2 novillos de 320 kg/ha/día. Además, en el mismo trabajo determinaron una ganancia por hectárea de 370 kg para *Paspalum notatum* Flüggé siendo fertilizados con 190 kg N/ha cada año en promedio.

Trabajos realizados por Stewart et al. (2007), como se cita en Wallau et al. (2019) evaluaron ganancias diarias de novillas cruzas de un año de edad sobre *Paspalum notatum* Flüggé obteniendo valores que oscilaron entre 0,136 a 0,544 kg/día, los que generalmente disminuyen del verano al otoño. En este caso, en ocasiones de altas cargas y de veranos poco abastecidos, a pesar de tener un valor nutritivo alto, las ganancias fueron menores; 0,281 vs. 0,340 kg/día.

#### 2.2.10. Particularidades de la especie

##### 2.2.10.1. Comportamiento en suelos con alto contenido de Al

Es de destacar la utilización de *Paspalum notatum* Flüggé como restaurador ecológico en los trópicos y subtrópicos, en lugares donde el aluminio (Al) activo del suelo suele ser alto como resultado de la acidificación de tierras degradadas. Huang et al. (2009) con el fin de determinar la toxicidad en *Paspalum notatum* Flüggé y el potencial de la especie para eliminar el Al, realizaron experimentos comparándolo con otras especies de plantas (*Vetiveria zizanioides*, *Tristania conferta* y *Schima wallichii*). Donde concluyeron que *Paspalum notatum* Flüggé puede considerarse tanto un hiperacumulador de Al efectivo como un potencial hiperremovedor de Al, ya que la eficiencia de traslocar el Al en la especie en cuestión fue superior a las otras especies evaluadas, transfiriendo la mayor parte de este Al a la parte aérea; con valores superiores a los 1000 o incluso 3000 mg/kg de Al en tallos y hojas.

##### 2.2.10.2. Fijación de nitrógeno

Döbereiner (1966) en uno de sus trabajos evaluó el rizoplanton y la rizósfera de *Paspalum notatum* Flüggé donde constatando la presencia de un nuevo microorganismo

asociado, clasificándolo dentro del género *Azotobacter* diferenciándolo de las especies ya conocidas, siendo nombrado como *Azotobacter paspali*. Microorganismo que ocuparía una posición intermedia en la evolución, entre bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno y bacterias que actúan en la simbiosis de leguminosas. Señala la autora que *Paspalum notatum* Flüggé excretaría sustancias que estimulan específicamente el nuevo organismo, o son inhibitorios para otros grupos normalmente abundantes en la rizósfera de otras plantas.

Döbereiner et al. (1972) continúan con los trabajos en esta área, evaluando cultivares tetraploides y diploide (Pensacola) estimando una fijación de nitrógeno por parte de la asociación en la superficie de la raíz- *Azotobacter paspali* de hasta 90 kg N/ha/año en los cultivares tetraploides, mientras que el cultivar Pensacola no estimula el desarrollo de *Azotobacter paspali* en su rizósfera. Esta cantidad de fijación de nitrógeno, es considerada por los autores como suficiente para los requisitos de crecimiento de *Paspalum notatum* Flüggé en el campo y se corresponde a la característica de la especie de establecerse como cobertura extensiva en suelos arenosos y degradados.

Considerando la evidencia de la asociación de *Paspalum notatum* Flüggé con bacterias de vida libre y su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, Santos et al. (2019) evaluaron el rendimiento y el potencial de fijación biológica de N<sub>2</sub> (FBN) de seis cultivares, no encontrando diferencias entre cultivares para la acumulación total de forraje (2835 kg MS/ha), N total en el suelo (28 kg N/ha/año) y Fijación Biológica de Nitrógeno (9 kg N/ha/año). En el mismo sentido Boddey et al. (1983) utilizando la técnica de dilución de 15 N-isótopos en la que se añade pequeñas cantidades de Nitrógeno a intervalos de 12 meses, evaluaron el cultivar batatais, a un año de establecimiento. Los resultados de este trabajo sugieren que entre el 8–25% del N en la gramínea se originó a partir de la fijación de N, durante las tres cosechas posteriores. Como planta control se utilizó al cultivar Pensacola de *Paspalum notatum* Flüggé dado que este no fija nitrógeno.

#### 2.2.10.3. Uso en sistemas Silvopastoriles

Wilson et al. (1990) comparando el rendimiento de materia seca (MS) y características de la especie *Paspalum notatum* Flüggé creciendo en dos condiciones; una bajo una plantación de *Eucalyptus grandis* de 5 años (12 m de altura) y otra en un área a la luz del sol. Concluyen que el rendimiento acumulado de MS de *Paspalum notatum* Flüggé durante la primavera y el verano en dos años fue un 35% mayor bajo la copa de los árboles. Las plantas bajo los árboles presentan mayor proporción de hojas verdes, más concentración de N y K, y mayor contenido de humedad que aquellas establecidas en pleno sol.

#### 2.2.11. Característica que justifican su uso como forrajera en sistemas productivos

En nuestro país, Millot (1969) recalca la importancia de la mejora genética de *Paspalum notatum* Flüggé como especie forrajera dada las potencialidades de la especie, para lo cual actualmente, se ha realizado un fuerte aporte a la investigación y adopción de la misma debido a la liberación del cultivar bajo estudio, INIA Sepé. Poniéndose de esta manera a disposición del productor mediante evaluaciones experimentales, y en el

mercado de forrajeras por varias empresas con licitación de su comercialización (INIA Tacuarembó, 2019).

Giorello, Do Canto et al. (2021) destacan su inclusión como pastura permanente de alto potencial productivo o su adición como componente estival de praderas cultivadas. A su vez, recalcan el gran potencial como especie recuperadora de campos naturales degradados o campos que salen de un sistema agrícola. En este mismo sentido Millot (1969), considera como opción la utilización de especies nativas de ciclo estival para solucionar la crisis estival de forraje, ya que las mismas son capaces de convivir con otras de ciclo invernal, realizando menor competencia entre ellas debido a que los ciclos no se superponen. Del mismo modo Carámbula (2013) remarca que la inclusión de gramíneas estivales en las mezclas forrajeras debería constituir un componente obligado considerando no solo que el ambiente naturalmente es más propicio para las subtropicales, sino que les otorga una mayor productividad, persistencia y estabilidad, integrándose con las especies de ciclo complementario, disminuyendo así la invasión por parte de las malezas.

Finalmente, la inclusión de *Paspalum notatum* Flüggé, una gramínea perenne de ciclo estival, con metabolismo C4, que se corresponden al mismo grupo o tipo funcional que *Cynodon dactylon*, ejercería una competencia en la utilización de recursos, disminuyendo su proporción y biomasa, del mismo modo que aportaría mayor producción que las mezclas forrajeras sin la inclusión de dichas gramíneas nativas. Todo esto conduciría a un menor enmalezamiento de verano y mayor mantenimiento de las poblaciones de las especies sembradas, dando como resultado una mejor persistencia de la pastura (Costa, 2015).

*Paspalum notatum* Flüggé no solo se adapta a suelos de baja fertilidad y al bajo manejo de insumos, sino que además presenta una extraordinaria resistencia al pisoteo, fuego y cortes frecuentes (Batista & Godoy, 1998). Puede establecerse por semillas, teniendo una mejor adaptación en suelos arenosos con retención de agua, tolerando sequías e inundaciones esporádicas. Se adapta a suelos con un pH ácido de 4,5 a 6,5, siendo el pH óptimo de 5,5 (Gates et al., 2004; Wallau et al., 2019). Vendramini et al. (2013) recalcan que *Paspalum notatum* Flüggé persiste bajo condiciones climáticas adversas y diferentes prácticas de manejo. Pizarro (2005) agrega además a las características mencionadas su adaptación a suelos de elevada concentración de aluminio. Como forraje, Gates et al. (2004) destacan que la especie proporciona una nutrición adecuada para el ganado cuando está creciendo activamente y es muy persistente cuando se maneja bajo pastoreo continuo. En México, es uno de los pastos nativos más apreciados por los productores ganaderos no sólo por las características antes mencionadas, sino porque es uno de los de mejor persistencia bajo condiciones de mal manejo y, resiste cierto grado de salinidad y sombreado (Enríquez Quiroz et al., 2011).

## 2.3. CULTIVAR INIA SEPE: ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

### 2.3.1. Origen, colecta y lanzamiento del cultivar

En nuestro país, con el objetivo de valorizar los recursos genéticos de la especie *Paspalum notatum* Flüggé, Reyno et al. (2012), comenzaron un trabajo de investigación, que se inicia con una colecta a nivel nacional buscando una caracterización y conservación de la variabilidad genética y fenotípica de la especie. Trabajo que incluyó 97 sitios de colecta de todos los departamentos del país, con más de 400 individuos, donde se evidenció la alta diversidad fenotípica en las poblaciones locales, abriendo oportunidades a los programas de mejoramiento genético en la incorporación de genotipos superiores en aquellas características de interés. El proceso de caracterización y evaluación se realizó entre los años 2007 y 2012, donde fueron evaluados aspectos que hacen a su morfología, producción, etc.

A partir del 2012 se seleccionó el clon denominado experimentalmente TB42, donde se dio inicio a la evaluación regional incrementando la producción de semilla; clon del cual serán evaluadas algunas características en este trabajo; y que originó el cultivar INIA Sepé cuyo lanzamiento al mercado oficial se dio en el año 2018 (INIA Tacuarembó, 2019).

El foco en la incorporación de especies nativas al sistema productivo, revalorizando estos recursos, realza la importancia de la adaptabilidad de estas especies, como *Paspalum notatum* Flüggé, componentes de las pasturas naturales. Quienes han evolucionado con el ambiente a lo largo de la historia, co-evolucionando con herbívoros no sólo nativos en los inicios sino además en los últimos 200 años con altas dotaciones de animales introducidos como los bovinos y ovinos. Esta evolución histórica le confiere una gran capacidad de adaptación a eventos climáticos extremos, como por ejemplo la recuperación luego de episodios de sequía, característica conocida como resiliencia, la cual confiere una estabilidad productiva y económica (Jaurena et al., 2013).

Actualmente se vienen realizando varias Jornadas de divulgación para incentivar la adopción del cultivar al sistema productivo donde se presentan diferentes datos del mismo, como la realizada el 7 de febrero del 2019, o el 11 de octubre del 2022 en la red de evaluación de forrajeras (*Paspalum notatum* Flüggé INIA Sepé y otras opciones), además del trabajo de los fitomejoradores con grupos como el realizado en el 2023, con un grupo ganadero en la compatibilidad del espinillo con pasturas de especie nativa incorporando a *Paspalum notatum* Flüggé INIA Sepé.

### 2.3.2. Características agronómicas particulares del cultivar INIA Sepé

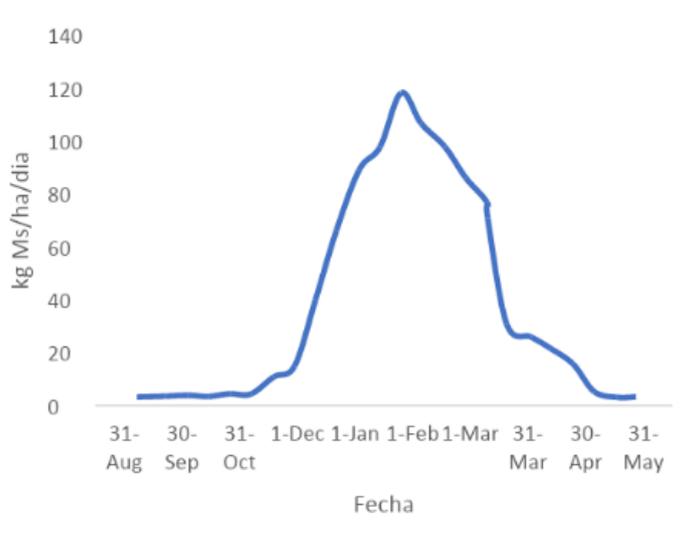
El cultivar INIA Sepé es un clon perteneciente a la variedad botánica *latiflorum* de *Paspalum notatum* Flüggé. Es tetraploide y su reproducción es por apomixis. Se adapta a la gran mayoría de los suelos de nuestro país, expresando su mayor potencial de producción en suelos medios a profundos, y es en la zona norte del Uruguay donde su etapa productiva se verá más favorecida por el periodo de altas temperaturas. No es recomendado en suelos superficiales debido a su menor potencial de producción (Giorello, Do Canto et al., 2021).

### 2.3.2.1. Producción de forraje.

El ciclo de producción se inicia en la primavera tardía, creciendo activamente en su estación de crecimiento (verano y otoño) para luego, al ocurrir las primeras heladas y bajo inviernos severos, la especie pierde su área foliar verde. Dado su hábito de crecimiento, estolonífero-rizomatoso, a la primavera siguiente vuelve a rebrotar de estas estructuras de reserva, los rizomas, lo que le confiere además una capacidad de colonizar ambientes, generando tapices densos y cerrados (INIA Tacuarembó, 2019).

### Figura 2

*Tasa de crecimiento Paspalum notatum Flüggé INIA Sepé*



*Nota.* Tomado de INIA Tacuarembó (2019).

El ciclo presenta tasas de crecimiento aproximadamente de 45 kg MS/ha/día logrando máximos superiores a los 100 kg MS/ha/día en enero (INIA Tacuarembó, 2019).

La producción de forraje puede oscilar desde bajos aportes en su primer año de 1500-2000 kg MS/ha a producciones entre 8 y 10 mil kg de MS/ha en el segundo año (Giorello, Do Canto et al., 2021). Giorello, Sbrissia et al. (2021) evaluaron la acumulación de forraje y el valor nutritivo del cultivar en primavera-verano a su segundo año del ciclo vegetativo, indicando que para asegurar la producción de forraje de la especie y un alto valor nutritivo la condición óptima de pre-corte no debe superar el 95% de luz interceptada, lo que se corresponde con aproximadamente 30 cm de altura del dosel; destacando en el cultivar la flexibilidad en el manejo de la defoliación.

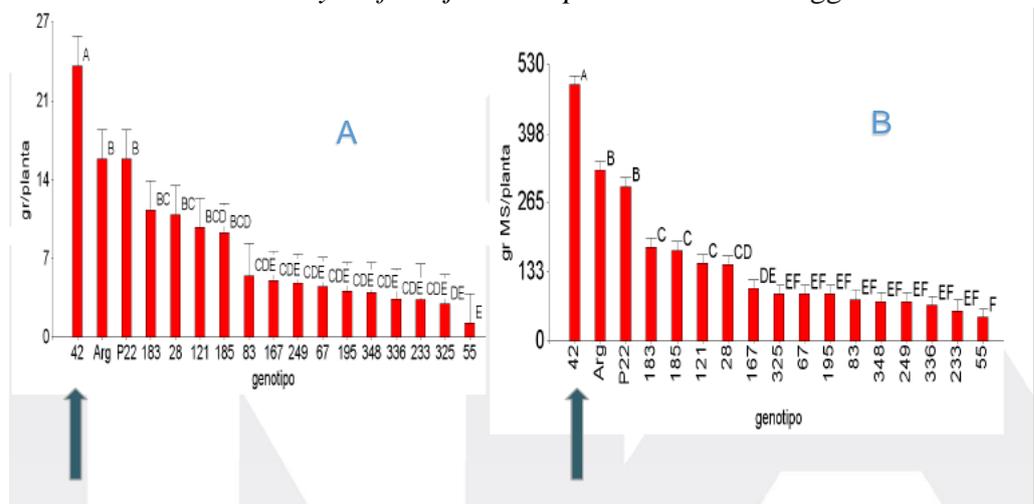
### 2.3.2.2. Producción de semilla.

Pizarro (2005) señala que la falta de estudio sobre la producción y manejo de las semillas son razones que han limitado la multiplicación comercial de la especie. Las características importantes en una planta incluyen tanto la producción de forraje de calidad y su persistencia, como la capacidad de la misma en producir semillas viables, ya que estas estructuras son el punto de partida para la producción. Por tanto, para la obtención del máximo rendimiento es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas (Doria, 2010). Reyno et al.

(2014) en sus trabajos exponen la superioridad de producción de semillas y de forraje de *Paspalum notatum* Flüggé clon TB42 en relación a otros clones de la misma colecta realizada en el 2006.

### Figura 3

Producción de semillas y de forraje de *Paspalum notatum* Flüggé



*Nota.* El gráfico A representa la producción de semillas en g/planta (2 años – 3 sitios). El gráfico B representa la producción de forraje en g MS/planta (LS means 2011 – 3 sitios). La flecha indica el cultivar TB42. Tomado de Reyno et al. (2014).

*Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé tiene una alta producción de semillas, cuya expectativa de cosecha varía entre 150 y 300 kg/ha, y puede realizarse más de una cosecha durante la estación de crecimiento (Giorello, Do Canto et al., 2021). Las características de tamaño y densidad de panojas son las responsables en conferir el nivel de producción, principalmente desde mediados de diciembre a febrero. Este proceso se ve poco afectado por el patógeno *Claviceps paspali*, hongo que produce micotoxinas que generan una sintomatología nerviosa en los animales (temblores musculares), habiendo mostrado en evaluación de dos una incidencia en torno al 12% de las espiguillas evaluadas (INIA Tacuarembó, 2019).

En nuestro país, Pavelacki (2016) analizando la producción de semillas con diferentes dosis de nitrógeno, determinó, que la dosis de 150 kg de nitrógeno por hectárea y cortes con 50 y 65 % - de intercepción de radiación fotosintéticamente activa fueron los tratamientos que mostraron mayor eficiencia para la producción de semillas. En esta evaluación, con la dosis de nitrógeno mencionada se obtuvo una producción de 1046 kg de semilla limpia por hectárea.

#### 2.3.2.3. Calidad del forraje.

El valor nutritivo del cultivo varía en función del ciclo, de la cantidad de forraje acumulado y el nivel de nutrientes aplicado, con valores entre 10-15% de proteína cruda y 52-65 % digestibilidad de la materia seca. Estos valores comparados con una especie perenne de ciclo invernal, como *Festuca arundinaceae*, son menores dadas las características de la especie. En general una pastura de *Festuca*, en estado vegetativo

alcanza valores de proteína (PB) superiores al 15% y de digestibilidad de la materia seca de 70-75% (Agnusdei & Di Marco, 2010).

A diferencia de otras especies C<sub>4</sub>, como el caso de *Paspalum dilatatum*, de hábito más cespitoso, la estructura postrada de *Paspalum notatum* Flüggé, su hábito estolonífero-rizomatoso, dejan disponible para el animal principalmente láminas verdes y pocas vainas. Saldanha et al. (2017) evaluaron el comportamiento productivo de varias especies nativas, como *Paspalum notatum* Flüggé y *Paspalum dilatatum*, y determinaron la composición del forraje cosechado durante la primera primavera mediante la realización de cortes. La proporción de lámina en el forraje varió entre 94 % para *Paspalum notatum* y 46 % para *Paspalum dilatatum*, diferencias dadas no sólo por el hábito sino además por el momento en que se dan en los ciclos reproductivos y vegetativos.

Trabajos realizados en la unidad de producción animal de INIA Tacuarembó, donde se evaluó el comportamiento de recria ovina sobre pasturas de *Paspalum notatum* Flüggé en dos períodos, determinó características de calidad de las mismas que se aprecian en la tabla adjunta (De Barbieri et al., 2022).

**Tabla 1**

*Caracterización de pasturas de Paspalum notatum Flüggé cultivar INIA Sepé*

	2017	2019/2020
Tasa de crecimiento (kg MS/ha/d)	34	82
Forraje ofrecido (kg MS/ha)	2500-2700	2400-2600
Proteína cruda (%)	9,6-9,9	8,7-9,5
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2,06-2,07	2,00-2,04
Digestibilidad MS (%)	57,1-57,3	55,3-56,4

*Nota.* El rango corresponde a los resultados de los distintos tratamientos experimentales. Adaptado de De Barbieri et al. (2022).

Estos autores describen una composición química de valores promedio de proteína cruda de 10-12 %, digestibilidad de 60 % y contenido de energía metabolizable de 2 Mcal/kg MS.

#### 2.3.2.4. Producción de carne

Se han reportado a nivel experimental en pasturas de *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé, ganancias de peso individual promedio con valores entre 600-800 g/día en bovinos (novillo de sobreño) en recria y valores entre 40 a 80 g/día en ovinos post destete, cuyos ciclos de pastoreo variaron de 120 a 150 días, y con cargas desde 500 hasta 2.000 kg de peso vivo (PV)/ha en todo el ciclo. Registrándose productividades de 100 a 200 kg PV/ha en situaciones sin agregado de fertilizantes; y de más de 300 kg PV/ha

cuando se incluye fertilizante y bajo una adecuada disponibilidad de agua (Giorello, Do Canto et al., 2021).

En una pastura de *Paspalum notatum* Flügge cultivar INIA Sepé en el país, Romaniuk Colman y Tafernaberry Panissa (2018) evaluaron la performance animal de animales corderos cruza Merino Dohne pastoreando sobre esta especie además de estudiar tratamientos de suplementación y DDGS (Granos secos de destilería con soluble). Con un peso vivo inicial de los animales de 32,9 kg y una disponibilidad de forraje 2500-2700 kg MS/ha; fueron observadas ganancias diarias por animal por día de 43 gramos, un peso vivo final de 35,5 kg, y una productividad por unidad de superficie de 86 kg PV/ha (peso vivo). Siendo estos valores superiores en aquellos tratamientos que incluían la suplementación.

#### 2.3.2.5. Manejo del pastoreo de la especie

Finalmente, para el control de la productividad, calidad y persistencia de pasturas perennes, el pastoreo es una herramienta fundamental. Giorello (2020) define recomendaciones de manejo bajo pastoreo rotativo: altura de ingreso de 20 a 30 cm, con una altura de remanente del 50% de la altura inicial. Además, recomienda que en el caso de pastoreo continuo la altura sugerida sea de 10 a 24 cm de tal forma de asegurar un elevado valor nutritivo y producción de forraje (sin exceder el retiro de más del 60% pre-corte).

## 2.4. EXIGENCIAS DEL CULTIVAR DE *PASPALUM NOTATUM* FLÜGGÉ INIA SEPÉ EN LA ETAPA DE IMPLANTACIÓN

### 2.4.1. Implantación

La implantación es ese período de tiempo en el que suceden tres procesos biológicos: germinación, emergencia y establecimiento, procesos que determinan la producción de forraje. Este periodo de tiempo varía según el tipo de especie forrajera y mejoramiento considerado (Moliterno, 1995).

Son varias las consideraciones para lograr una implantación en esta especie nativa, como elección de la chacra, preparación del suelo, condiciones de siembra y densidad. La elección de la chacra es clave en el manejo, una chacra libre de malezas, con una correcta preparación de la cama de siembra favorecen el desarrollo inicial de la especie. Es recomendable una superficie de suelo homogénea, sin grandes grumos, como la generada con arado seguido por rastra de nivelación (de Souza et al., 2020). Puede no solo sembrarse sobre tierra laboreada sino también con siembra directa, y en el caso de su utilización como cobertura podría sembrarse con aplicaciones mínimas de herbicida o utilización de zapata (INIA Tacuarembó, 2019). Problemas graves de enmalezamiento de las pasturas surgen al ser plantadas sobre suelos que vienen de chacra, por lo tanto, se trata de suelos con bancos importantes de semillas de malezas (Carámbula, 2013)

La profundidad de siembra no debe superar el centímetro (<1 cm), favoreciendo el contacto semilla suelo (Giorello, Do Canto et al., 2021). La dificultad del establecimiento de esta especie podría disminuirse realizándose un pastoreo intenso

previo a la siembra o resiembra, evitando la utilización de herbicidas (Anibalini et al., 2015).

Si bien prefiere suelos fértiles, puede desarrollarse en suelos de baja fertilidad, probablemente debido a la fijación de nitrógeno en la rizósfera (Döbereiner et al., 1972).

#### 2.4.2. Proceso de germinación y emergencia.

En el proceso de germinación de la semilla, se definen tres fases, la fase de imbibición en la que los tejidos de la semilla absorben agua, se hidratan; la fase de germinación, en la que se dan las transformaciones metabólicas donde se reduce el ingreso de agua. Produciéndose finalmente la fase de crecimiento donde se da la emergencia de la radícula con movilización de reservas y el aumento en la absorción de agua (Pita Villamil & Pérez García, 1998).

En el proceso de germinación de la semilla de una gramínea, a partir de la actividad del meristema apical emerge sobre la superficie del suelo la primera hoja y las sucesivas que se disponen en el macollo principal. De las yemas axilares sobre la base de dichos órganos, se originan nuevos macollos. Son tres los factores ambientales de importancia: humedad, temperatura y oxígeno; la temperatura es uno de los factores de mayor relevancia que regula el proceso (Yoon et al., 1985).

En gramíneas, especies monocotiledóneas, el suministro de energía para el desarrollo de la plántula lo aporta el endospermo y el cotiledón que se encuentra en la semilla junto al embrión. Diferentes enzimas descomponen los nutrientes almacenados en el endospermo o en los cotiledones en sustancias más sencillas (Moliterno, 1995).

El proceso de germinación en semillas de especies tropicales suele ser mejor a temperaturas superiores a 25 °C (Doria, 2010). Anibalini et al. (2015) en uno de sus trabajos con el objetivo de determinar condiciones de germinación de la especie *Paspalum notatum* Flüggé cv. Boyero realizaron un experimento bajo condiciones de laboratorio en el que evaluaron el poder germinativo de la especie además de la velocidad de germinación a través de un índice en condiciones combinadas de dos temperaturas (20 y 30°C) y bajo dos intensidades de luz. Obteniendo un valor del primer parámetro a los 30 días de 26% en todos los tratamientos; los autores concluyen que las diferencias de calidad de luz (alta irradiancia) y de temperatura a las que se sometían las semillas de la especie seguramente tienen efectos relevantes en cómo se da la germinación ya que observaron diferencias significativas en la velocidad de germinación según tengan filtro o no. Las mejores condiciones de temperatura fueron las establecidas con 30° C y alta irradiación.

Del mismo modo, Otegui et al. (2005) afirman que tanto la temperatura como la luz son determinantes en que se exprese el máximo potencial germinativo, debiendo ser establecidos para cada especie. Trabajando con una especie del mismo género, *Paspalum guenoarum*, determinaron que la alternancia de temperatura de 20-35 °C es suficiente estímulo y la más adecuada para promover la germinación como la velocidad de emergencia de sus semillas, independientemente del régimen de luz.

La emergencia es el proceso en el que se da la aparición de la plántula sobre la superficie del suelo. La velocidad de emergencia resulta de importancia puesto que el crecimiento de la plántula depende exclusivamente de las reservas de la semilla mencionadas y se expone a distintos factores desfavorables (Carámbula, 1977). El coleoptile protege la primera hoja, el cotiledón queda bajo la superficie del suelo a la profundidad que es sembrada. Característica que tiene relevancia en el momento de definir la profundidad de siembra de una especie, ya que debe de valerse del contenido de sus reservas para emerger (Moliterno, 1995)

#### 2.4.3. Establecimiento

El establecimiento como última etapa de la implantación se logra tiempo antes de realizar el primer pastoreo, cuando se llega a un número estable de plantas que aportarán el forraje necesario independientemente de las germinaciones escalonadas que van a seguir surgiendo sobre todo en especies en proceso de domesticación. La precocidad en el establecimiento de gramíneas es definida por características tales como el peso de plántulas y el número de macollos (Moliterno, 1995).

En *Paspalum notatum* Flüggé es común encontrarse un establecimiento lento e irregular en la etapa de implantación debido a una proporción de latencia en las semillas (de Souza et al., 2020). Anibalini et al. (2015) afirman que el éxito del establecimiento de la especie *Paspalum notatum* Flüggé, depende principalmente de la humedad del suelo y el tapiz que se desarrolla durante la germinación y la emergencia, fundamentalmente al momento de la siembra.

#### 2.4.4. Época de siembra

En zonas de clima templado como la de nuestro país, cuando se determina una fecha de siembra de una especie, varían marcadamente los niveles de radiación, los registros térmicos, la humedad y el largo del día. Señala Carámbula (2013), que cada especie tiene un momento en el que es más favorable su siembra; en condiciones de alta temperatura y baja humedad en otoño se favorecen especies de ciclo estival como alfalfa, lotus y *Paspalum*. En la primavera, con condiciones normales de temperaturas medias y elevada humedad, también se verían favorecidas las pasturas de especies perennes estivales, como *Paspalum* que presenta características morfofisiológicas capaces de enfrentar en estado de plántula las limitantes del verano.

Giorello, Do Canto et al. (2021) para *Paspalum notatum* Flugge cultivar INIA Sepé recomiendan que la fecha para su siembra pura es la primavera (noviembre) por temperaturas adecuadas de suelo, pudiéndose realizar siembras en otoño, consociado a otras especies templadas.

##### 2.4.4.1. Humedad, temperatura y radiación.

Para definir la época de siembra de una especie es necesario considerar no solo la humedad y la temperatura, sino que además es relevante tener en consideración la interacción entre ambos factores (Carámbula, 1977).

Carámbula (2013) determina que las características en cuanto a cantidad y distribución de las precipitaciones registradas en el suelo luego de la siembra, además de temperaturas favorables, son responsables del éxito o la falla en la implantación de

especies forrajeras. El volumen de agua almacenado debe ser máximo, como para que las plántulas puedan alcanzar con sus raíces dicho recurso.

A estas afirmaciones, Formoso (2007) agrega que, al ser la humedad una variable discontinua de elevada variabilidad, es determinante en lograr una buena o mala implantación. Por tanto, es importante lograr un suministro continuo de humedad a la semilla con un buen contacto semilla-suelo. Estas condiciones se lograrían controlando profundidad de siembra que está determinada en función del tamaño de la semilla.

Al hablar de humedad del suelo, clave para una buena implantación, es necesario definir conceptos tales como agua disponible, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El agua disponible se encuentra entre el agua a capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) (James et al., 1982 como se cita en Sawchik, 2000). La CC es definida por Sawchik (2000) como la cantidad de agua retenida por un suelo inicialmente saturado, y luego que el drenaje se hace imperceptible, manejándose un rango para definir este estado de -0.33 a -0.1 bar de potencial de matriz. La CC es el contenido de agua que tiene un suelo después que se satura y drena libremente por espacio de 24 a 72 horas (cuanto más pesado el suelo, más demora en llegar a CC). El PMP se asocia a un potencial de matriz de - 15 bar (James et al, 1982 como se cita en Sawchik, 1999) y es definido como el contenido de agua por debajo del cual las plantas no tienen la capacidad de extraer más agua.

Las precipitaciones son una forma de reposición del agua del suelo que puede evaporarse, ser consumida por las plantas o drenar. En un balance hídrico es una de las posibles entradas de agua al sistema (Sawchik, 1999). La lluvia tiene un efecto sobre la temperatura del suelo en horizontes superficiales que se da debido fundamentalmente a una disminución de la radiación solar provocada por las nubes y al proceso de evaporación desde este suelo húmedo que consume energía. Esta superficie húmeda del suelo gasta un 30-50% de la radiación solar incidente en evaporar agua comparado con calentar el aire (Villaseca, 1990).

En cuanto a la influencia de la temperatura, de acuerdo a lo expresado por Herriott (1958) como se cita en Carámbula (1977), tanto la temperatura del suelo como la del aire afectan el comportamiento de las semillas. El comportamiento de las temperaturas de suelo en latitudes de nuestro país a partir del mes de enero disminuye la mínima media del suelo, aumentando hasta alcanzar los valores máximos en diciembre (45°C a fines de verano). En mayo, las temperaturas mínimas pueden alcanzar los 5 °C donde pueden producirse pérdidas de plantas y/o un crecimiento muy lento en las sobrevivientes.

La temperatura del suelo controla la capacidad de germinación y el crecimiento de raíces, donde cada especie vegetal tiene sus requerimientos particulares. La temperatura del suelo a profundidades de 10 cm tiene una relación muy estrecha con la temperatura media del aire; estudios realizados por Villaseca (1990) demuestran este hecho. A esta profundidad los suelos se enfrían rápidamente en otoño hasta llegar al invierno con una temperatura inferior a la temperatura ambiente para luego, durante la primavera, calentarse rápidamente. No ocurre lo mismo a mayores profundidades (50 cm).

Formoso (2007) señala la relevancia de la temperatura como factor climático que influye directamente sobre la velocidad de cualquier proceso biológico, deprimiendo o acelerando los procesos de germinación e implantación. En *Paspalum notatum* Flüggé, la temperatura promedio diaria es uno de los principales factores que influye sobre la germinación (Anibalini et al., 2015). Descripciones de la especie realizadas en Australia, señalan que de forma espontánea en su ambiente natural la especie crece bajo temperatura ambiente promedios de 17 a 27° C. Los requerimientos de temperatura ambiente de los procesos fisiológicos, son: para la germinación oscila entre valores de 30-35 °C, siendo óptimos para el crecimiento temperaturas de 25-30 °C y de 20-25 °C para la generación de macollos (Cook et al., 2020). Berghage (1998) como se cita en Anibalini et al. (2015) señala requerimientos para la germinación de temperaturas superiores a los 20 °C. Gates et al. (2004) señalan que *Paspalum notatum* Flüggé es una especie C<sub>4</sub> que responde a altas temperaturas y humedad. En el periodo invernal, bajo condiciones más frías, la especie detiene su crecimiento perdiendo plantas por debajo de -10 a -12 °C, en donde los cultivares tetraploides son más susceptibles (Cook et al., 2020).

Tanto la distribución geográfica como los procesos fenológicos de las especies se ven afectadas por variables climáticas como la temperatura que se modifica en el transcurso del tiempo. Tiempo que se basa en la necesidad de acumular una suma de energía expresada por grados días o unidades térmicas para que una especie cumpla o cambie de fase fenológica. Su cálculo se realiza a partir de la sumatoria de los grados días, originada de la diferencia de una temperatura media diaria menos una temperatura base propia de cada especie (Méndez Soto, 2015).

La radiación es un factor que también se ve modificado en la elección de la fecha de siembra, donde aproximadamente el 45% de la radiación incidente está disponible para la fotosíntesis. Para especies tropicales como *Paspalum notatum* Flüggé se requiere una fijación entre 0,0173 y 0,0210 MJ/gramo de materia seca producida (Cooper & Tainton, 1986 como se cita en Arce et al., 2013). *Paspalum notatum* Flüggé persiste en situaciones de sombreado mejor que otras especies, razón por la cual se la cita como una opción para la inclusión como especie asociada a silvopastoreo (Cook et al., 2020).

#### 2.4.5. Densidad de siembra

Al establecer la densidad de siembra del cultivar, se debe de considerar la información del lote con el cual se cuenta, principalmente pureza botánica y poder germinativo. En este caso son deseables obtener de 100 a 150 semillas viables por m<sup>2</sup>, lo que se deberá ajustar al peso de mil semillas. En lotes de peso adecuado (3,5 g por mil semillas), las densidades de siembra varían de 10 a 15 kg/ha (INIA Tacuarembó, 2019).

El establecimiento (número de plántulas que se establecen en la pastura en porcentaje) es un indicador que se ve directamente relacionado con la densidad de siembra necesaria para lograr un número de plantas por metro cuadrado. Cuanto mayor es el porcentaje de implantación será necesario una menor densidad de siembra para una misma población, disminuyendo los costos de producción por hectárea (Carámbula, 1977).

#### 2.4.6. Calidad de semilla

Una buena semilla asegura una mejor instalación de la pastura, un mejor comportamiento durante su desarrollo, una mayor resistencia a enfermedades y adversidades climáticas, y una mayor producción de forraje (Carámbula, 2013).

Perrachón (2015) define semilla de buena calidad a aquel material que cumple con determinados niveles en cuanto a pureza física, varietal, germinación y peso de mil semillas. Pureza física es la que indica la cantidad del material que corresponde a la semilla de la especie nombrada en la etiqueta. Pureza varietal, es la pureza genética que certifica la especie y cultivar deseado. Porcentaje de germinación se corresponde a las semillas que producen plántulas normales en un ensayo de laboratorio en base al número total de semillas puras, despreciando las semillas débiles o anormales. Finalmente, el peso de 1000 semillas es un indicador del tamaño de la semilla que se relaciona con su vigor.

Formoso (2007) señala que el peso de mil semillas tiene un impacto sobre la implantación, que se correlaciona positivamente con el tamaño de la misma. A mayor peso, mayor tamaño, mayor vigor de plántulas, mayores porcentajes de implantación.

Es de destacar el bajo porcentaje de germinación, como por ejemplo lotes de 46% (utilizado en el trabajo), y la presencia de una latencia o dormancia de valores importantes (47% en el lote utilizado), que dificultan su uso en los sistemas de producción debido a que presenta una dinámica diferente en el proceso de germinación, emergencia y establecimiento de la especie comparándola con otras especies de extenso uso, introducidas, tales como *Festuca* o *Raigrás*. La semilla de *Paspalum notatum* Flügge cultivar INIA Sepé, tiene dormición, por lo que es común observar una germinación extendida mucho después de la fecha de siembra.

La siguiente tabla muestra una adaptación de los resultados de laboratorio realizados en INIA La Estanzuela en el año 2016, donde se pueden apreciar los lotes de semillas, en los que se encuentra el lote utilizado en el trabajo. Evidenciándose los parámetros descriptos que refieren a calidad de semilla y que son factores determinantes en el comportamiento de la especie en el sistema productivo. Existe una gran variabilidad de cada uno de estos parámetros entre los lotes.

**Tabla 2**

*Calidad de diferentes lotes de semillas de Paspalum notatum Flüggé cultivar INIA Sepé*

Lotes	Germ (%)	Dormancia(%)	Pureza (%)	Pms (g)
1	46	47	63,4	3,24
2	31	68	57,7	3,14
3	61	35	60,9	3,19
4	26	68	90,6	3,35

*Nota.* Lote 1 utilizado en el experimento.

#### 2.4.7. Manejo en la fase de establecimiento

##### 2.4.7.1. Control de malezas

Cibils y García (2017) agregan a las prácticas de manejo ya mencionadas, que todas aquellas que contribuyan a una rápida germinación y un vigoroso establecimiento de plántulas, colaboran a minimizar la incidencia de enfermedades, plagas y malezas.

Dado su lento desarrollo inicial, es esperable que la chacra tenga enmalezamiento temprano, especialmente de gramíneas anuales estivales (*Capim, Digitaria, Setaria*), lo que no significa un problema puesto que logra una buena cobertura del suelo al segundo verano (Giorello, Do Canto et al., 2021).

De Souza et al. (2020) determina para siembras de *Paspalum notatum* Flüggé, una serie de claves en el control de malezas, mediante la utilización de herbicidas para la producción de semillas. Las especies invasoras pueden ser un problema grave a menos que su control se inicie lo antes posible. En este trabajo señala que plantas con una altura menor a 20 cm son sensibles a herbicidas del grupo fenoxi (ejemplo: 2,4-D) utilizando los mismos después de que las plantas alcanzan una altura superior a 20 cm. Por otro lado, los herbicidas a base de metsulfurón no deben usarse, independientemente del tamaño de la planta. No existe en la actualidad un mercado de herbicidas que permita el control selectivo.

En este sentido, debido a que las opciones en cuanto a la utilización de herramientas para el control de malezas son pocas, el favorecer un rápido y vigoroso crecimiento de las pasturas es una opción clave, dado a que la interferencia puede determinar disminuciones importantes en los porcentajes de implantación y/o crecimiento inicial (Formoso, 2007).

##### 2.4.7.2. Manejo del pastoreo.

En esta línea de favorecer la implantación de la especie, el primer año de su establecimiento y dado su lento desarrollo inicial, se recomienda un pastoreo para minimizar la competencia de otras gramíneas espontáneas (INIA Tacuarembó, 2019).

##### 2.4.7.3. Fertilización inicial

Si bien la especie logra implantarse sin el agregado de nutrientes, se recomienda una fertilización inicial, que se corrigen las deficiencias de fósforo y nitrógeno, observándose respuestas al agregado de nitrógeno entre 10 y 30 kg MS/kg N agregado, dependiendo de la dosis total agregada en el ciclo de crecimiento. No es condición

indispensable para la producción y persistencia del cultivar el agregado de nitrógeno y depende de la condición hídrica del suelo (Giorello, Do Canto et al., 2021).

Se evaluó la respuesta del cultivar a la fertilización nitrogenada, obteniendo un aumento en la producción de materia seca con la incorporación de nitrógeno, respuesta lineal hasta los 300 kg de N/ha, con valores de respuesta desde 20 kg (100 kg de N/ha) a 10 kg de forraje por kg de N agregado (500 kg de N/ha) (Mérola et al., 2018).

## 2.5. RESPUESTA MORFOLÓGICA EN LA FASE DE ESTABLECIMIENTO

### 2.5.1. Metodología de mediciones.

La técnica en la determinación de los valores de las variables a medir en los ensayos es clave en el logro de resultados confiables que hagan del éxito del trabajo. Thomas y da Rocha (1984) determinan que para aquellos ensayos que evalúen establecimiento se podría registrar parámetros tales como número de plantas por m<sup>2</sup>, cobertura del suelo y vigor. En plantas perenes no es relevante el registro de información de la floración durante el año de establecimiento dada la influencia del tiempo de siembra en el primer año. Trabajos que evaluaron la implantación de especies forrajeras en el país (García & Posada, 2019; García Favre et al., 2017; Mailhos, 2022) utilizaron metodología de trabajos en la determinación de variables en este momento inicial.

Mailhos (2022) evaluó la dinámica de implantación de especies forrajeras para lo que realizó mediciones de planta en *Festuca arundinacea* y *Lolium multiflorum*, número de plantas que se encontraban dentro de los cuadros fijados, número de tallos de cada planta contada, número de hojas/tallo, así como la altura de la pastura. Trabajo en el que determinó el número de plantas/m<sup>2</sup> y el número de tallos/m en una frecuencia de medición a los 22, 47, 72 y 99 días después de la siembra, midiéndose en la última fecha de siembra la relación parte aérea: raíces de las especies evaluadas.

### 2.5.2. Variables morfológicas que intervienen en el crecimiento de la planta

La morfogénesis es un proceso dinámico de producción y muerte de tejido de la planta y determina la estructura de una pastura; proceso que tiene un control genético y está directamente influenciado por factores ambientales como luz, temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes. En las gramíneas la unidad morfofisiológica básica es el macollo, donde se repiten de forma continua denominadas fitómeros responsables de la generación de nuevas estructuras. Los fitómeros están compuestos por una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema intercalar (Colabelli et al., 1998).

En la conformación del IAF (Índice de Área Foliar) de una pastura las características morfogénicas como la TAF (Tasa de aparición foliar), TEF (Tasa de elongación foliar), VMF (Vida media foliar) son las que definen la producción y estructura de la pastura (Colabelli et al., 1998). Son variables que establecen características estructurales de la pastura y son componentes en la determinación de la biomasa aérea de la misma, la que queda definida por el producto de la densidad de

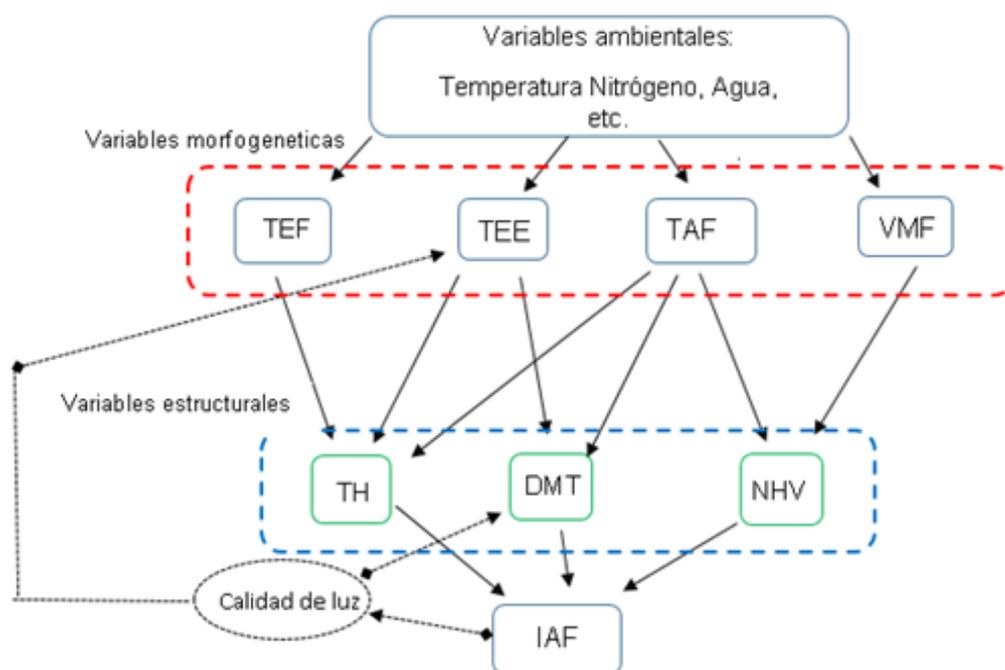
macollos/área y por el peso de estos órganos. El número de macollos por área es función del número de plantas por el número de macollos por planta.

Según el hábito de crecimiento de las especies de gramíneas, existen diferencias en cuanto al proceso de morfogénesis. Para el caso de gramíneas estoloníferas, como *Paspalum notatum* Flüggé, cada yema axilar del fitómero da origen a estolones (tallos aéreos) que permiten el crecimiento horizontal de la planta. La particularidad de estas especies en comparación a aquellas de hábito cespitoso como lo es *Paspalum dilatatum*, por ejemplo; independientemente en qué estado fenológico se encuentren los entrenudos de cada fitómero siempre experimentan un alargamiento (Fick & Clark, 1998 como se cita en Cruz & Boval, 2000).

Una adaptación realizada por Cruz y Boval (2000) del diagrama de Lemaire y Chapman (1996) para ajustar las variables morfogenéticas que intervienen en la morfogénesis de especies estoloníferas se presenta a continuación:

#### Figura 4

Diagrama de las relaciones entre variables morfogenéticas y características estructurales en una gramínea perenne estolonífera



*Nota.* Tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF), tasa de elongación de estolones (TEE), vida media foliar (VMF), tamaño de hoja (TH), densidad de macollos totales (DMT), número de hojas vivas por macollo (NHV) e índice de área foliar (IAF). Elaborado a partir de Cruz y Boval (2000).

Junto a las variables morfogenéticas tales como TEF, TAF y VMF descritas por Lemaire y Chapman para especies cespitosas; se incluye una nueva variable para especies

estoloníferas la TEE (Tasa de elongación de estolón) (Cruz & Boval, 2000). Esta inclusión se argumenta a partir de que la elongación del estolón afecta la estructura de la pastura y modifica variables tales como TAF y el tamaño de la hoja, que son determinantes en los componentes del rendimiento de una pastura.

Al adicionar nitrógeno, determinaron que para el caso de especies estoloníferas la dinámica en el crecimiento de hojas es diferente a las ya descriptas para cespitosas. En esta nueva dinámica las primeras hojas que se establecen son cortas, para luego aumentar su tamaño hasta alcanzar la longitud máxima que se desarrolla junto al inicio del crecimiento de los estolones; para luego reducirse a causa del aumento en la TEE, pero con una menor duración. Por tanto, la senescencia de hojas ocurre más temprano a costa de hojas más grandes, mientras que las hojas nuevas que se originan son más pequeñas, produciendo una mayor acumulación de tallo (Cruz & Boval, 2000).

## 2.6. HIPOTESIS

- Hipótesis 1: La implantación en *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé adquiere valores superiores en siembras de verano con respecto a siembra de otoño, logrando un mayor número de plantas.
- Hipótesis 2: Las variables estructurales número de hojas por planta, largo del tallo principal y número de macollos por planta en *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé medidas a 120 días desde la siembra resultarán superiores en siembras de verano respecto a siembras de otoño.
- Hipótesis 3: En la partición de fotoasimilados, fechas de siembra de otoño destinarán mayor proporción de fotoasimilados hacia las raíces que parte aérea que fechas de verano, originando un mayor peso y tamaño de raíces a los 120 días post siembra.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL

Para dar respuestas a las hipótesis planteadas se diseñó un experimento de campo, en el establecimiento “El Junco” ubicado por ruta 31, Km 53, 18 kilómetros al norte por camino vecinal, Colonia Itapebí, Departamento de Salto; cuyas coordenadas son - Latitud 31°11'23.74"S, Longitud 57°22'39.15"O.

El período experimental se estableció desde enero hasta agosto del 2017.

##### 3.1.1. Suelo

El suelo en el cual se instaló el experimento corresponde a un vertisol háplico de la Unidad Itapebí-Tres Árboles de la Carta de reconocimiento de suelos (Altamirano et al., 1976).

Según la descripción del perfil y los datos analizados en laboratorio a través del muestreo de suelo previo a la siembra (ver tabla 3); y pruebas de campo se constató un alto contenido de materia orgánica, alto porcentaje de saturación en bases, textura arcillosa, con buen drenaje y una profundidad del horizonte A promedio de aproximadamente 60- 80 cm.

**Tabla 3**

*Características, propiedades químicas y textura del suelo del sitio experimental*

Características químicas	0-20 cm	20-40 cm
Ca (meq/100g)	27,60	30,00
Mg (meq/100g)	7,30	7,30
Relación Ca/Mg	3,80	4,10
K (meq/100g)	0,39	0,45
Na (meq/100g)	0,23	0,11
<b>Propiedades químicas</b>		
Acidez titulable (meq/100g)	7,3	7,0
CIC a pH7 (meq/100g)	42,9	44,8
Bases Totales (meq/100g)	35,6	37,8
% Saturación de Bases	82,9	84,30
pH (H <sub>2</sub> O)	5,8	5,9
C.orgánico %	3,48	3,39
P método Bray I (µg/g)	6	7
<b>Textura del suelo</b>		
% Arena	9	9
% Limo	25	25
% Arcilla	66	66
Clasificación	arcilloso	arcilloso

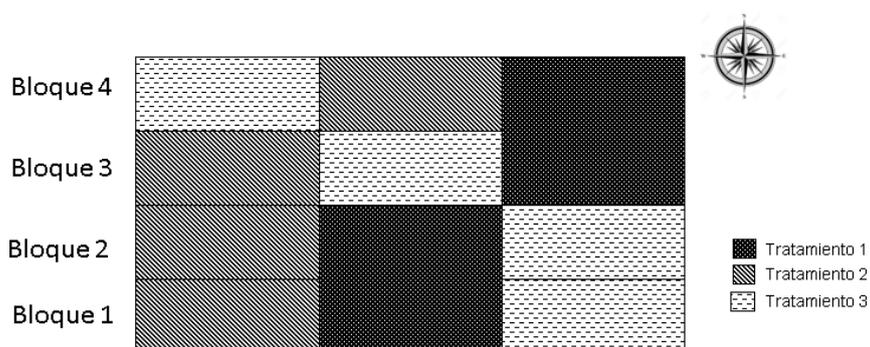
### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue un diseño de medidas repetidas en el tiempo en bloques completos al azar, con 4 bloques y 3 tratamientos. Los bloques tenían diferencias topográficas entre sí. La unidad experimental fue la parcela, de dimensiones 15 \* 4 metros (60 m<sup>2</sup>), y el área experimental total ocupó una superficie de 720 m<sup>2</sup>.

En el siguiente croquis se observa la disposición aleatoria de los tratamientos en los 4 bloques mencionados.

#### Figura 5

*Croquis del área experimental*



#### 3.2.1. Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos, correspondientes a cada una de las fechas de siembra:

Tratamiento 1: 17 de enero de 2017

Tratamiento 2: 8 de marzo de 2017

Tratamiento 3: 4 de abril de 2017

### 3.3. MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 3.3.1. Antecedente de chacra y preparación de suelo

La siembra se realizó sobre rastrojo de maíz (silo planta entera) con un barbecho de aproximadamente 8 meses; quien tuvo como antecesor una pradera convencional.

Para la preparación del suelo, se realizó un laboreo primario, se pasaron rieles, y se niveló el terreno con landplane, buscando lograr condiciones físicas, químicas y biológicas que permitan una buena instalación de la especie.

#### 3.3.2. Siembra

La siembra se realizó en líneas, a una distancia entre hileras de 0,17m, mediante el método de chorrillo, con sembradora SEMEATO modelo SHM11.

### 3.3.3. Fertilización, control de malezas

Se realizó una fertilización inicial al momento de la siembra con 100 kg/ha de urea (46-0-0-0) y 100 kg/ha de 7-40-40-0 en cada una de las fechas de siembra. No se realizaron re fertilizaciones en ninguna de las fechas de siembra en el periodo de ensayo.

Al momento de siembra, se aplicó glifosato, utilizando el producto comercial Roundup a una dosis de 4 litros por hectárea. Posteriormente de cada siembra a pesar de observarse en el período de verano presencia de malezas como *Echinochloa crus-galli*, no se realizó control.

### 3.3.4. Calidad de semilla y densidad de siembra

La calidad del lote de semillas utilizadas (lote M15808-lote 1) fue determinada a través de análisis de laboratorio en INIA La Estanzuela realizados en el año 2016. Las semillas se colocaron en KN<sub>3</sub>O y se realizó un primer riego con Benomyl. Se ubicaron sobre papel bajo una alternancia de temperatura de 25-30°C. Este análisis dio como resultado algunos de los parámetros de calidad presentados en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Datos de calidad de semilla de Paspalum notatum Flüggé cultivar INIA Sepé*

<u>Parámetro</u>	<u>Valor</u>
Peso de mil semillas	3,24 g
Porcentaje de germinación	46,0 %
Porcentaje de pureza	63,4 %
Porcentaje de dormancia	47,0 %

A partir de los datos de calidad y considerando las recomendaciones del equipo de investigación, se obtuvo la densidad de siembra utilizada 15 kg/ha con una proporción de semillas viables de 135 semillas/m<sup>2</sup>.

A través de los datos indicados en la tabla, se calculó la densidad de siembra mediante la siguiente fórmula:

Densidad de siembra (kg/ha) =

$$\frac{(Plantas\ viables\ por\ m2 * pms * 10000)}{pureza * germinación}$$

pms: peso de mil semillas.

### 3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.4.1. Variables meteorológicas

Las variables ambientales fueron monitoreadas mediante una estación agrometeorológica en el período comprendido entre los meses de enero hasta agosto del 2017. Dicha estación meteorológica automática (modelo Davis Vantage pro) está ubicada a 1 km del experimento.

Para realizar la caracterización de las condiciones climáticas del lugar fueron utilizados tanto los datos registrados descritos anteriormente como los datos de la serie histórica de los últimos 30 años (1986-2016) del lugar. Las variables monitoreadas fueron temperatura (°C), precipitación (mm), Evapotranspiración [ET<sub>o</sub>] (mm) y radiación solar (W/m<sup>2</sup>)

De los valores diarios registrados se calcularon los promedios por década (período de diez días) para cada mes en el período en que transcurrió el experimento, desde el mes de enero al mes de agosto inclusive.

#### 3.4.2. Variables en suelo

La temperatura y humedad de suelo se midió mediante el uso del sensor FDR (EM31238) Decagon, 10HS, marca EM50 Data Logger utilizado a profundidades de 5 cm, 5-10 cm y 15-20 cm de suelo con una frecuencia de 30 minutos, ubicados en la parcela del experimento. Estos registros permitieron la caracterización del lugar experimental en cuanto a temperatura y humedad de suelo en los primeros 5 cm de profundidad.

Fueron determinadas las constantes físico-hídricas del suelo del sitio experimental mediante el análisis de laboratorio: densidad del suelo, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. La curva de retención de agua del suelo utilizada fue descrita en Bourdin Medici et al. (2015).

Cabe señalar que las temperaturas aquí presentadas corresponden a la registrada por el sensor a la hora 22, dado que se considera que la misma presenta menor efecto de otras variables en su determinación.

#### 3.4.3. Variables en la pastura

##### 3.4.3.1. Variables de campo

##### Número de plantas por metro lineal

Se utilizaron líneas de muestreo de una longitud de 1 metro lineal en cada parcela, con tres repeticiones y con ubicaciones aleatorias por parcela, donde se contabilizó el número de plantas. Estas líneas se utilizaron en los diferentes bloques con una frecuencia en la toma de medición de 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

##### Número de macollos por planta

El número de macollos por planta medido a lo largo del tiempo se estableció contando el número de macollo hijos de las plantas contabilizadas en el metro lineal, en las tres repeticiones por parcela. Esta determinación se realizó en la misma frecuencia y momento que la determinación anterior (30, 60, 90 y 120 días desde la siembra).

### Número de hojas por tallo principal

Para la medición de esta variable, se procedió de igual manera que la determinación del número de macollos por planta. Aquí se contabilizó en cada una de las plantas la cantidad de hojas (hoja completamente desarrollada) del tallo principal. Efectuándose en la misma frecuencia y momento que la determinación anterior (30, 60, 90 y 120 días desde la siembra).

### Largo del tallo principal

Finalmente, se realizó la medición del largo del tallo principal de cada planta, usando el mismo macollo en el que se contó el número de hojas, en cada una de las tres líneas, utilizando una regla milimetrada. Dicha medición se desarrolló en la misma frecuencia y momento que la determinación anterior (30, 60, 90 y 120 días desde la siembra).

#### 3.4.3.2. Variables de laboratorio

Se realizaron extracciones de plantas de forma manual en un metro lineal a los 90 y 120 días desde la siembra; con el objetivo de determinar biomasa aérea y biomasa de raíces. Se pesó el material en fresco y luego de secado en estufa con aire forzado.

En laboratorio, con las muestras ya limpias y secas con paño, se procedió al masado de las mismas, se separó la parte aérea y raíces, para la determinación de peso fresco de cada parte. Posteriormente se colocó en bolsas de papel donde se identificó cada uno de los tratamientos por bloque, las mismas se colocaron en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas. Pasado este lapso de tiempo, se las retiró y se tomó las mediciones de peso seco correspondiente.

#### 3.4.4. Otras variables

A partir de las variables medidas a campo y laboratorio, se calcularon algunas variables estructurales que describen el proceso de morfogénesis en el desarrollo de una planta: número de plantas por metro cuadrado, número de macollos por metro cuadrado, además de valores en cuanto a producción de materia seca.

A partir de los valores masados en las diferentes muestras del material vegetal a los 90 y 120 días desde la siembra se calculó la Biomasa de la parte aérea y de las raíces en unidad de kg de MS, con el objetivo de determinar producción en este primer periodo de implantación. Con los valores obtenidos en estas variables se calculó además la relación parte aérea-raíz. La biomasa tanto de parte aérea como de raíces se calculó a partir de la siguiente fórmula.

$$\text{Biomasa} = n^{\circ} \text{ plantas/m}^2 \times \text{peso/planta}$$

donde la variable peso/planta se refiere al peso seco de la parte aérea o al peso seco de las raíces.

Finalmente, considerando el efecto de las variables ambientales en el crecimiento y desarrollo se calculó el tiempo fisiológico expresado en grados días, determinado por la temperatura. Es así que con los datos de temperatura media diaria del lugar obtenidos

de la estación meteorológica y la temperatura base (Tb) de la especie estimada en 7,6°C (Pakiding & Hirata, 2001) se calculó la suma térmica (ST) para cada tratamiento de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Méndez Soto, 2015):

$$GD = T_m - T_b$$

$$\sum GD = GD \text{ 1-n}$$

Para cada tratamiento se procedió a estimar la implantación, mediante el cálculo del porcentaje de implantación (PI), explicado por el número de plantas que logran sobrevivir a los 120 días después de la siembra (Carámbula, 2002). Para el cálculo del porcentaje de implantación se utilizó la siguiente ecuación:

$$PI (\%) = \frac{\text{número de plantas/m}^2}{\text{semillas viables sembradas/m}^2} * 100$$

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizándose el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + F_j + M_k(F_j) + \epsilon_{ijk}$$

Donde  $Y_{ijk}$  es la variable de interés.

$\mu$  es la media general del experimento (media poblacional).

$\beta_i$  es el efecto del  $i$  - ésimo bloque. ( $i=1, 2, 3, 4$ ).

$F_j$  es el efecto del  $j$  - ésimo fecha de siembra (tratamiento) ( $j= 1, 2, 3$ ; con 1: siembra en enero, 2: siembra en marzo, 3: siembra en abril).

$M_k(F_j)$  es el efecto del momento de muestreo anidado en la fecha de siembra.

$\epsilon_{ijk}$  es el error experimental

Este modelo lineal general fue utilizado para las variables largo del macollo principal y variables de peso, con distribución Gaussian.

Para la variable implantación, variable discreta, se utilizó un modelo lineal generalizado, con distribución binomial como se muestra a continuación:

$$\ln(p_{ijk}/(1-p_{ijk})) = B_0 + \beta_i + F_j + M_k(F_j)$$

Para las variables número de plantas, número de hojas del tallo principal, y número de macollo por tallo principal, variables discretas, se utilizó un modelo lineal generalizado, con distribución Poisson como se muestra a continuación:

$$\ln(\mu_{ijk}) = B_0 + \beta_i + F_j + M_k(F_j).$$

Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento Glimmix del programa estadístico SAS Ondemand versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, 2018). La comparación de medias fue mediante una prueba Tukey con un nivel de 5% de probabilidad de error.

Para el análisis de la asociación de las variables de respuesta con las variables ambientales se realizó un análisis estadístico utilizando el programa estadístico INFOSTAT versión 2020, donde se definió un modelo de regresión lineal para número de plantas y su relación con grado día y precipitación. La información se procesó mediante el paquete estadístico I, las variables medidas se analizaron por medio del análisis de varianza y de constatarse, para las diferencias significativas entre tratamientos se realizó la prueba de la mínima diferencia significativa entre tratamientos al 5%.

La ecuación del modelo de regresión lineal múltiple es:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i,$$

donde,

$Y_i$  = i-ésima observación de la variable dependiente Y

$x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$  = i-ésimo valor de las variables regresoras  $X_1, X_2, \dots, X_k$  o independientes, tal como grados días °C acumulados o precipitación

$\beta_0$  = parámetro desconocido que representa la ordenada al origen de la recta (indica el valor esperado de Y cuando  $x_1 = 0, x_2 = 0, \dots, x_k = 0$ )

$\beta_1, \dots, \beta_k$  = parámetros desconocidos que representan las tasas de cambio en Y frente al cambio unitario de  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , respectivamente

$\varepsilon_i$  = término de error aleatorio

El *coeficiente de correlación de Pearson* es una medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables que no depende de las unidades de medida de las variables originales. Para las variables j-ésima y k-ésima se define como:

$$r_{jk} = \frac{S_{jk}}{\sqrt{S_j^2 S_k^2}} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k) \right) / (n-1)}{\sqrt{\left( \left( \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right) / (n-1) \right) \left( \left( \sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2 \right) / (n-1) \right)}}$$

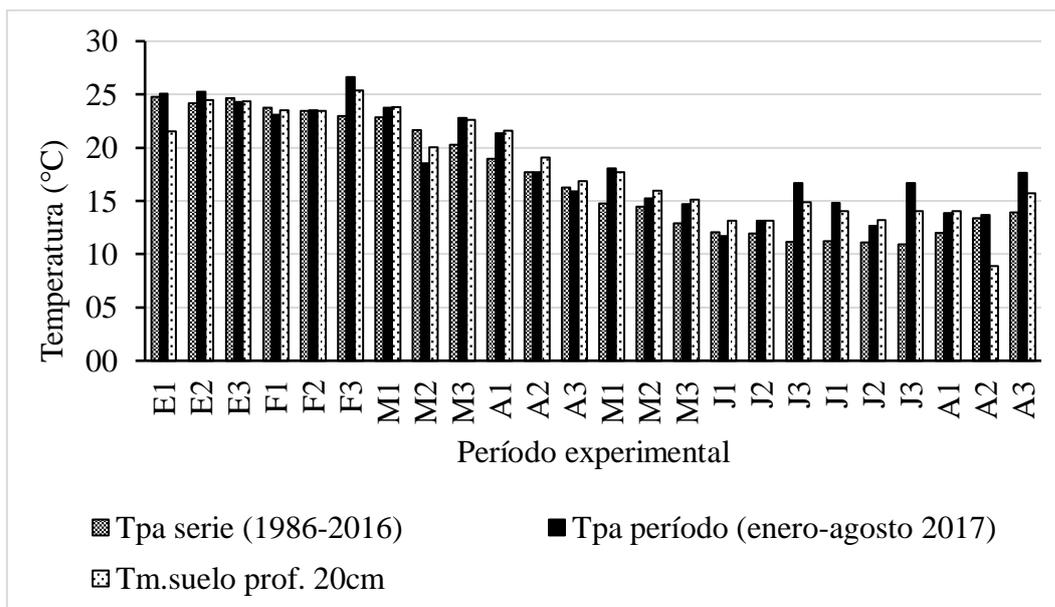
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA

#### 4.1.1. Temperatura

##### Figura 6

*Temperatura decádica promedio del aire de la serie (1986-2016)- del periodo (enero-agosto 2017) y suelo*



*Nota.* Temperatura promedio del aire [Tpa], Temperatura media del suelo a 5 cm de profundidad [Tm.suelo.Prof.]. Las letras en el eje de las abscisas corresponden a los meses del período experimental, desde enero a agosto, con sus correspondientes décadas.

Las temperaturas promedio del aire registradas en el período del experimento siguen el comportamiento general a los registros promedio de la serie histórica (1986-2016), con valores inferiores en cuatro momentos y valores superiores a fin de febrero, primera y tercera década de marzo, primera década de abril y en todo mayo. Esta superioridad se acentúa durante los meses de la estación más fría del año: junio, julio y agosto. Constatando de esta manera un invierno más caluroso, con una temperatura ambiente promedio de 14,5°C, 2,5 grados superior a los registros de la serie histórica.

Los registros de máxima temperatura del aire sucedieron durante todo el mes de enero, siendo la temperatura del suelo mayor en el mes de febrero, contemplando el desfase que existe entre la máxima temperatura del aire y la máxima registrada en suelo, dado el pico de radiación solar acumulada ocurrida en el mes de enero (ver figura N°11).

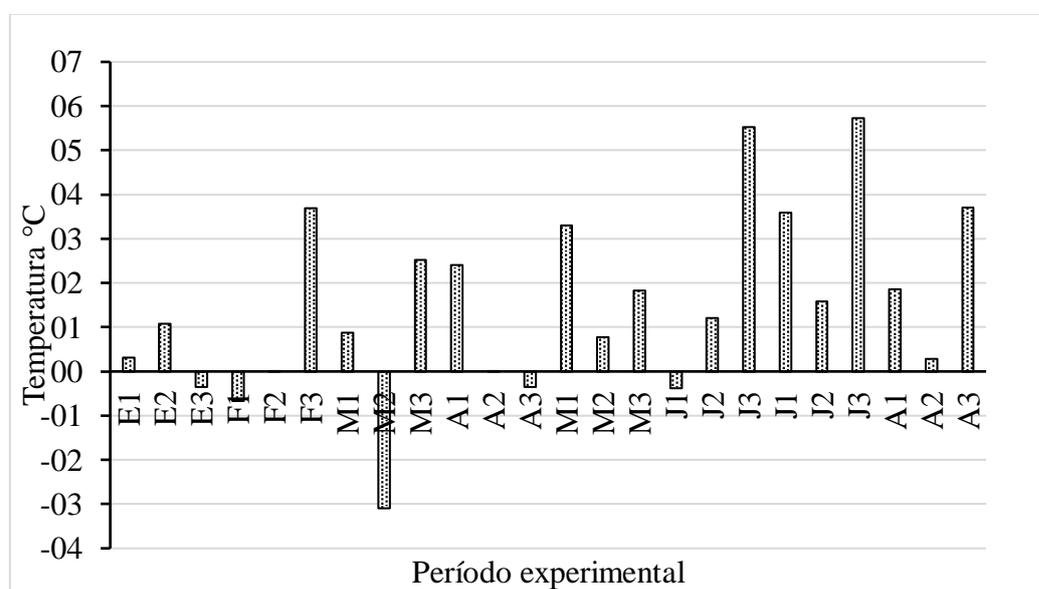
Las temperaturas promedio del aire más bajas se dieron durante todo el mes de junio con un promedio de 11,7 °C en la primera década, 0,4 °C superior al promedio de la serie histórica. Durante este mes las mínimas temperaturas promedios registradas

adquirieron un valor de 8,5 °C, no siendo el mes con las mínimas temperaturas promedio. Estas se dieron durante el mes de julio, con valores de 7,8 °C, mes donde también se registró el mayor número de eventos de temperaturas por debajo de -1,0 °C (ver figura N°8).

Las temperaturas de suelo promedio en los meses evaluados fueron superiores a 10 °C, a excepción de la segunda década de agosto donde se registró 9 °C. La temperatura del suelo promedio fue máxima para el mes de febrero con 24 °C, con valores superiores al promedio del mes anterior.

### Figura 7

*Diferencial decádico de temperatura entre los valores promedio del periodo experimental y la serie histórica*

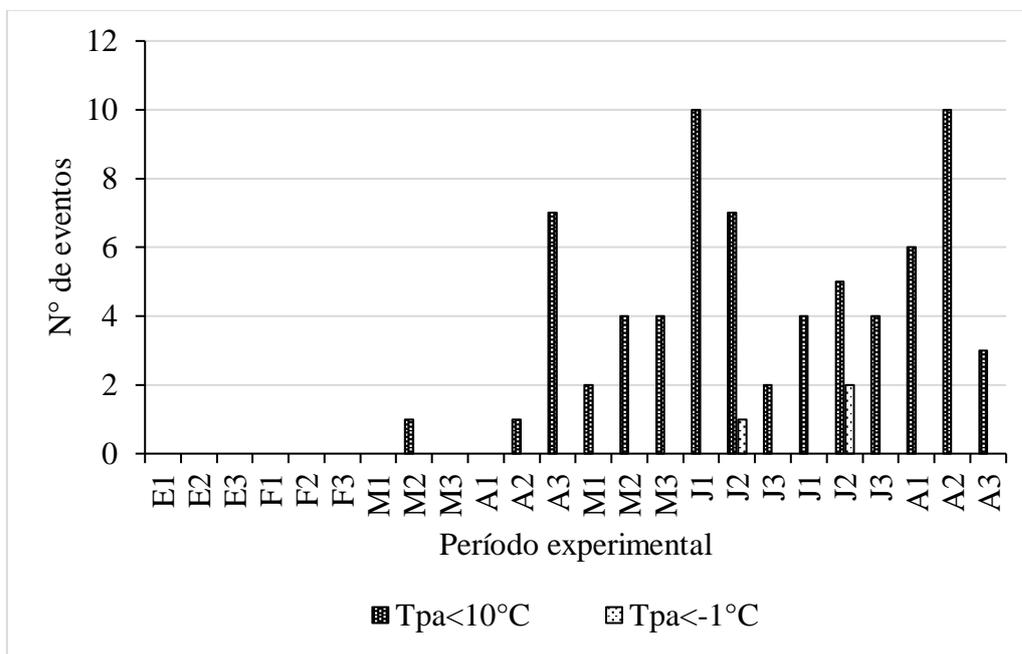


El diferencial decádico de temperatura, calculado como la diferencia entre los valores promedio de temperatura del aire para el periodo evaluado y los valores de la serie histórica expresado en °C permite apreciar la superioridad o inferioridad de los registros en el periodo.

La temperatura promedio decádica durante el período experimental adquiere valores superiores con respecto a la temperatura promedio decádica de la serie histórica, exceptuando los cuatro momentos anteriormente mencionados que se aprecian claramente en el gráfico anterior. En la última década de enero y primera de febrero con valores levemente inferiores; en la segunda década de marzo con una diferencia de 3 grados por debajo del promedio; en la última década de abril y en la primera de julio con una diferencia de menor amplitud. Se reafirma de esta manera la característica de un periodo con temperaturas superiores a la serie histórica, diferencia que se acentúa hacia los meses de invierno, donde las temperaturas promedio fueron superiores a finales de las décadas de los meses de junio y julio, con registros de 5-6 °C por encima del promedio histórico.

**Figura 8**

Número de eventos por década de temperatura ambiente mínima  $< 10^{\circ}\text{C}$  y  $< -1^{\circ}\text{C}$



*Nota.* Temperatura promedio del aire menor a  $10^{\circ}\text{C}$  [Tpa <  $10^{\circ}\text{C}$ ] y Temperatura promedio del aire menor a  $-1^{\circ}\text{C}$  [Tpa <  $-1^{\circ}\text{C}$ ]. Las letras en el eje de las abscisas corresponden a los meses del período experimental, desde enero a agosto, con sus correspondientes décadas.

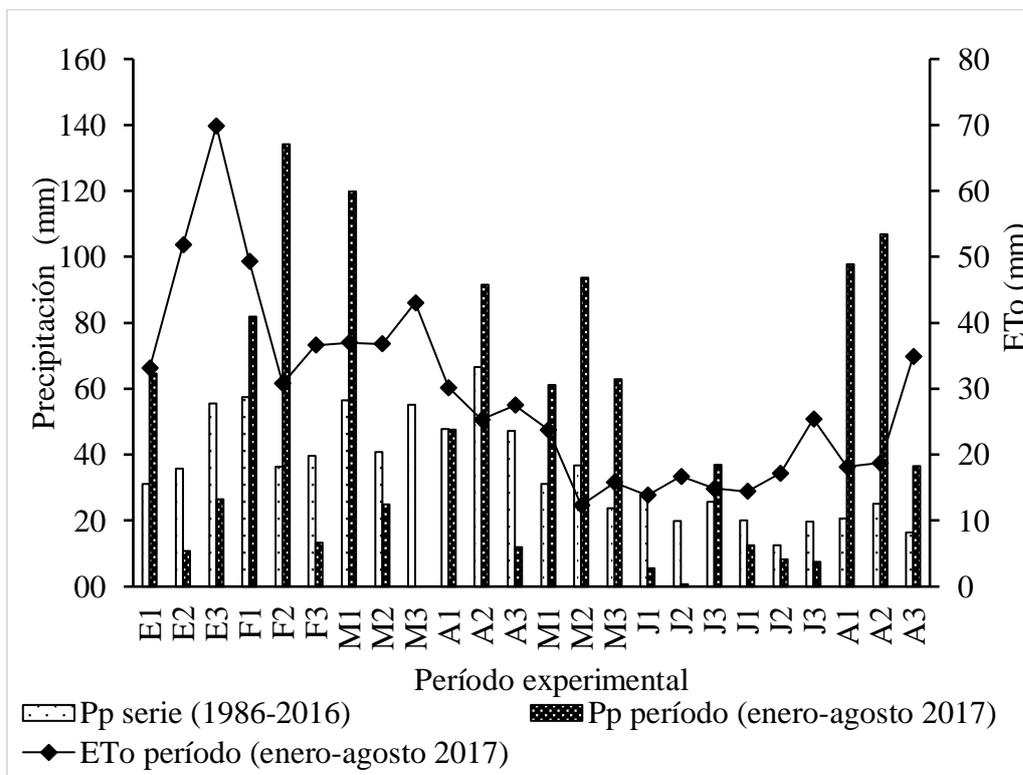
De forma de evidenciar condiciones de temperatura que interfieran en el crecimiento y desarrollo del cultivar se presentan los eventos de temperatura menores a  $10^{\circ}\text{C}$  y aquellos en los que la temperatura adquiere valores por debajo de  $-1^{\circ}\text{C}$  (Cooper & Taiton, 1968 como se cita en Boggiano et al., 2014; Cook et al., 2020).

A medida que nos acercamos a los meses de invierno, los días en que la temperatura mínima decádica registrada adquiere valores por debajo de  $10^{\circ}\text{C}$  se hacen más frecuentes; a pesar que en líneas generales se trata de un invierno con temperaturas ambiente promedio por encima del promedio histórico. El registro de temperaturas menores a  $-1^{\circ}\text{C}$ , sucedió en dos momentos: en la segunda década de junio y de julio.

#### 4.1.2. Precipitaciones

**Figura 9**

*Precipitación y ETo periodo (enero-agosto 2017) y precipitación de la serie (1986-2016) por décadas*



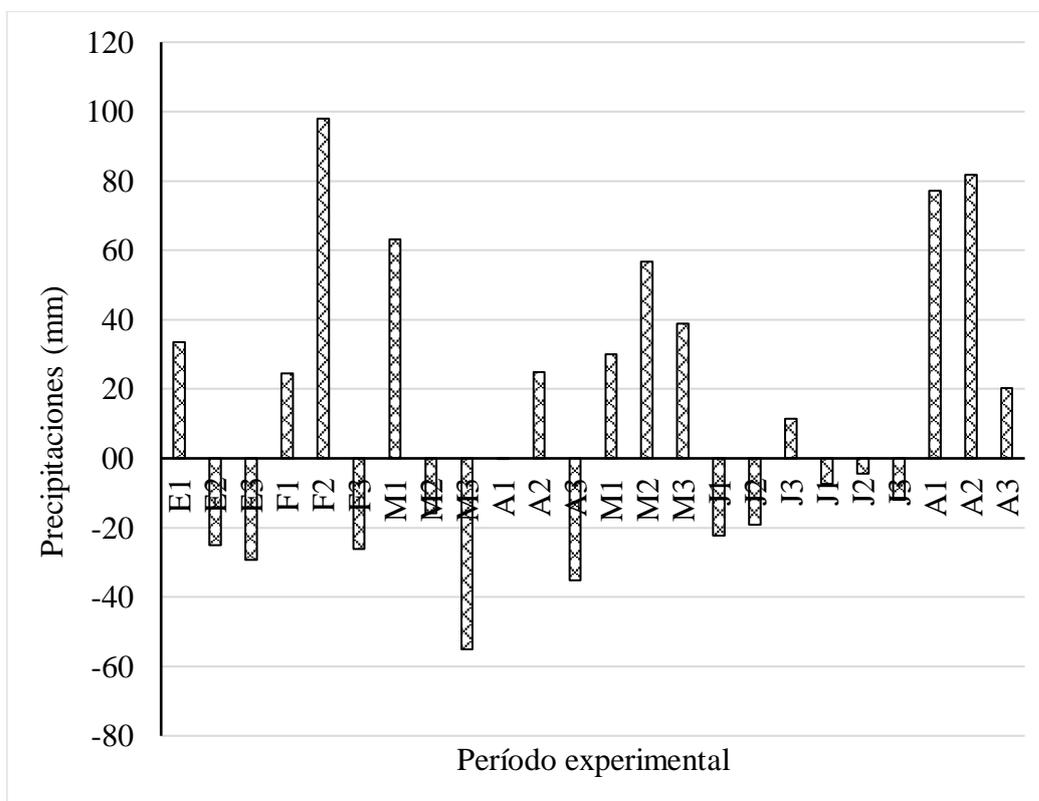
El registro de precipitaciones durante el período experimental fue 308 mm superior al promedio de la serie histórica, con un comportamiento de los registros decádicos diferente.

Durante el verano los registros totales fueron superiores a la serie histórica, no obstante, en el mes de enero el acumulado fue inferior al promedio histórico mientras que sólo para el mes de febrero se registraron 96 mm por encima de la media histórica.

En los meses de otoño e invierno las precipitaciones promedio totales registradas fueron superiores, siendo un invierno con mayores precipitaciones hacia la salida de la estación dado que en el mes de agosto se registró un acumulado de 241 mm.

**Figura 10**

*Diferencial decádico de precipitaciones entre los valores promedio del periodo experimental y la serie histórica*



Durante las dos últimas décadas del mes de enero las lluvias registradas fueron inferiores, mientras que para el mes de febrero en las dos primeras décadas el nivel fue superior. Estas condiciones no permitieron realizar las siembras programadas ya que se registraron 229,4 mm de precipitaciones.

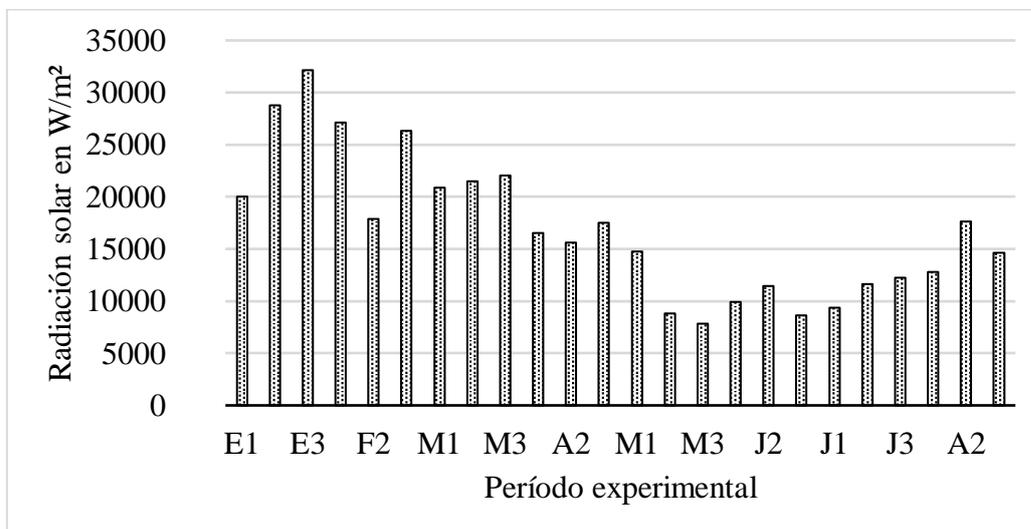
Durante la primera década de marzo, que coincidió con una de las fechas de siembras, las precipitaciones fueron por encima de la registrada en la serie histórica, con valores de 119 mm en esos diez días. Dentro de esa década los eventos ocurrieron en dos momentos, siendo el más importante el registrado al día siguiente de la siembra, con 117 mm.

Para la primera década de abril, segunda fecha de siembra, se registró un acumulado de 40 mm, que se asemeja a los promedios de la serie. En la segunda década del mes los registros adquirieron valores superiores, para finalmente en la tercera década volver a adquirir valores inferiores con respecto al promedio histórico.

#### 4.1.3. Radiación

**Figura 11**

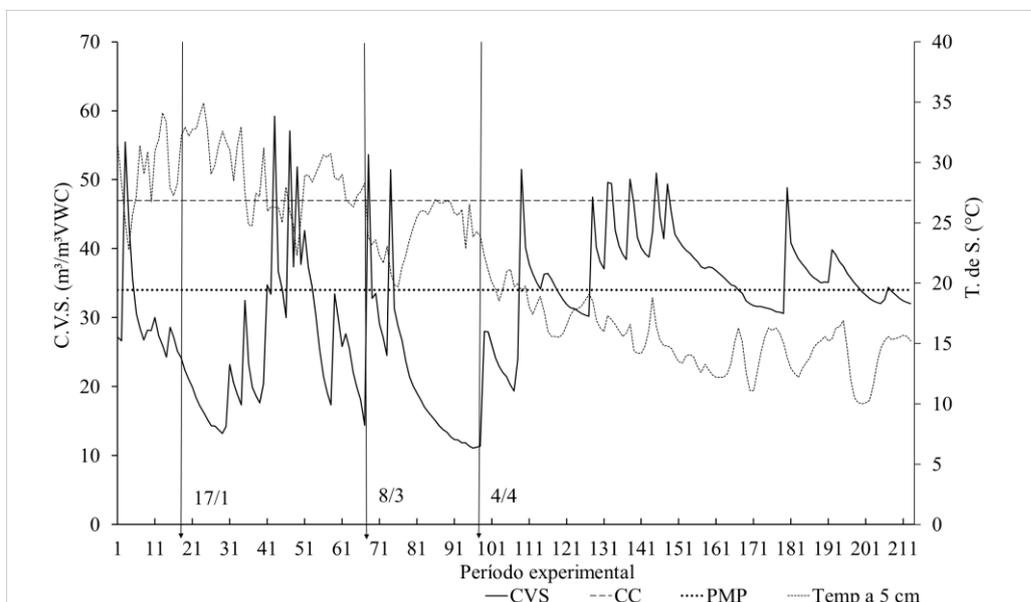
*Radiación solar acumulada decádica del periodo de evaluación (enero-agosto 2017) expresada en  $W/m^2$*



#### 4.1.4. Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo

**Figura 12**

*Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo para el período experimental*



*Nota.* Las siglas en la figura representan: Contenido volumétrico de suelo [CVS], Capacidad de campo [CC], Punto de Marchitez Permanente [PMP] expresados en  $m^3/m^3$  VWC, Temperatura de suelo [T. de S.]. Las líneas verticales indican el momento de la siembra de las tres fechas de siembra.

Tanto la temperatura como la humedad del suelo a los 5 cm de profundidad tienen una elevada variabilidad debido a que, ese volumen de suelo, luego de una precipitación,

se humedece y seca rápidamente por el movimiento de agua en el mismo. Pero son importantes las condiciones de los primeros centímetros de suelo, ya que es aquí donde se ubican las semillas que germinan, emergen y se establecen en el proceso de implantación. Considerando clave las fluctuaciones existentes de temperatura y humedad del suelo circundante a estas unidades reproductivas (Carámbula, 2013).

A partir de los primeros días desde la primera fecha de siembra en enero, el comportamiento de la temperatura del suelo tuvo una tendencia de descenso hacia los meses de invierno, donde las mayores variaciones se registraron durante el período verano- otoño.

La humedad del suelo, muestra un comportamiento general opuesto a lo que sucede con la variable anteriormente analizada, ya que los valores en el contenido de humedad en esos primeros 5 cm de suelo en los meses de verano se encuentran en los niveles más bajos durante mayor tiempo, entrando en un confort hídrico para las plántulas (contenido de agua del suelo entre capacidad de campo y marchitez permanente) hacia los meses de invierno. Lo que coincide con lo expresado por Romero (1996) para las condiciones climáticas y de suelo de nuestro país; donde la recarga de agua se da en invierno cuando la demanda atmosférica es mínima, logrando el mayor estado hídrico. Dicho estado hídrico va disminuyendo hacia el verano volviéndose mínimo en enero, cuando se dan los mayores niveles de demanda atmosférica.

En el transcurso de 100 días desde el inicio del experimento, la humedad del suelo se encontró mayormente en niveles inferiores al punto de marchitez permanente (PMP) a excepción de dos momentos particulares y hacia los meses de invierno, días más cercanos al final del periodo experimental (aproximadamente 90 días antes de realizadas las últimas mediciones) los niveles de humedad siempre se encontraron en el rango entre PMP y capacidad de campo. Fue solo en dos momentos en estos 100 días iniciales en los que se llegó a condiciones de humedad con capacidad de campo, con una duración de 10 – 15 días aproximadamente, que se evidencian claramente en el gráfico anterior (figura N°12), momentos que coinciden con los periodos posteriores a las precipitaciones que se sucedieron en el periodo.

## 4.2. VARIABLES DE LA PASTURA

### 4.2.1. Variables de respuesta (no destructivas) en *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé

#### 4.2.1.1. Número de plantas

##### Número de plantas por metro lineal

##### **Tabla 5**

*Número de plantas por metro lineal según fecha de siembra a los 120 DDS*

Fecha de siembra	Número de planta 120
17 de enero	4,3 A
8 de marzo	2,1 B
4 de abril	1,5 B

*Nota.* Días desde la siembra [DDS]. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de siembras.

La variable número de plantas por metro lineal para la fecha de siembra del 17 de enero presenta diferencias significativas con respecto a las restantes fechas de siembras del 8 de marzo y del 4 de abril, las cuales no se diferencian estadísticamente entre sí.

La bibliografía cita un número de plantas/ m<sup>2</sup> para el cultivar de 4,4 a los 140 días pos-siembra con un porcentaje de cobertura del 10,4 % para siembras de noviembre (Figueredo, 2022). Calculando el número de plantas por metro cuadrado para el experimento, se obtuvieron valores superiores de 25, 12 y 9 plantas/m<sup>2</sup> para las fechas de siembra de enero, marzo y abril respectivamente.

La diferencia en el mayor número de plantas logradas en la siembra de verano con respecto a las siembras de otoño temprano podría estar ocasionada por las diferentes condiciones ambientales que intervienen en la determinación de esta variable (Carámbula, 2013).

Evolución del número de plantas por metro lineal para cada fecha de siembra.

**Tabla 6**

*Evolución del número de plantas por metro lineal*

	30	60	90	120
17 de enero	0	5,3 A	4,3 AB	3,4 B
8 de marzo	0	2,3 A	2,3 A	1,8 B
4 de abril	1,9 A	1,0 A	1,7 A	1,5 A

*Nota.* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de muestreo para cada fecha de siembra.

En la evolución del número de plantas por metro lineal, la fecha de siembra del 17 de enero y la del 8 de marzo tuvieron un comportamiento similar. Ambas iniciaron con un stand de plantas que disminuyó de forma significativa al finalizar el periodo de evaluación. Esto no ocurrió para la fecha de siembra de abril. Este hecho podría estar explicado por condiciones ambientales particulares que estarían ocasionando una disminución en el número de plantas logradas para las primeras fechas, que son diferentes para la fecha de siembra que se desarrolla hacia la entrada del invierno.

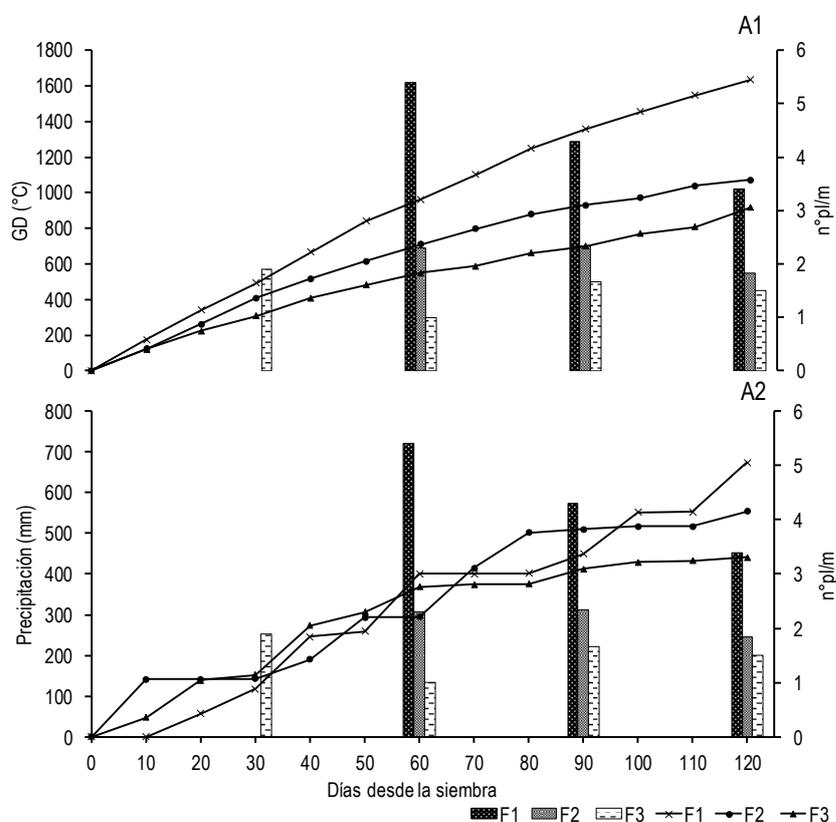
Asociación con variables meteorológicas en cada fecha de siembra.

A continuación, se analiza el comportamiento de las variables meteorológicas para las fechas de siembra y, su incidencia en la evolución y determinación del número de plantas por metro.

La bibliografía afirma que tanto la temperatura como la humedad son factores ambientales importantes en el proceso de germinación que definen la implantación de la especie; siendo la temperatura la variable que tiene mayor relevancia (Anibalini et al., 2015; Yoon et al., 1985), la cual al ser modificada genera una respuesta instantánea de las plantas, donde la velocidad del proceso morfogénico es proporcional al incremento del factor (Colabelli et al., 1998). El tiempo de un proceso afectado por la temperatura puede ser determinado a partir de la acumulación de grados días, el cual se basa en el cumplimiento de un umbral necesario para que una especie cambie de fase fenológica, determinado por la suma de energía expresada en grados días (Méndez Soto, 2015).

**Figura 13**

*Evolución del número de plantas por metro lineal y su asociación a variables meteorológicas*



*Nota.* Número de plantas por metro lineal [ $n^{\circ}$ pl/m] en cada fecha de muestreo para cada fecha de siembra representada por las barras; en relación a la acumulación de GD ( $^{\circ}$ C) (A1) y de precipitaciones (mm) representadas por las líneas (A2).

En un ajuste de regresión lineal para número de plantas por metro lineal y acumulación térmica, se puede afirmar que el modelo generado explica un 47 % de la variable número de plantas ( $p < 0,05$ ). Como ejemplo, para la fecha de siembra de enero (fecha de siembra 1) y marzo (fecha de siembra 2) se observa un descenso significativo en el número de plantas a medida que aumenta la acumulación de grados día, lo que indica que la variable considerada no es la única que interactúa en la definición del número de plantas en todas a las fechas de siembra; ya que además están actuando otras variables tales como precipitación, humedad de suelo y temperatura del mismo. En la etapa de establecimiento los principales factores ambientales que afectan la emergencia de las plántulas de un cultivo son la temperatura y agua del suelo, la calidad del aire del suelo y la calidad de la luz (Forcella et al., 2000).

Probablemente son las condiciones de suelo quienes explican este descenso en el número de plantas, como lo es la temperatura del mismo; tal como afirma Carámbula (1977) quien indica que tanto la temperatura del suelo como la del aire afectan el comportamiento de las semillas.

En cuanto a la evolución del número de plantas por metro lineal en relación a la precipitación acumulada, el modelo de regresión lineal ajustado ( $p < 0.05$ ), determina un  $R^2$  de 0,31 lo que también indica que son varios los factores que inciden en la definición de esta variable. En el gráfico de la figura 14 A2, se puede ver que al inicio de las tres fechas de siembra la condición de lluvia acumulada es muy similar, pero se diferencia más al final del periodo.

En el comportamiento de la acumulación de milímetros de la fecha de siembra de enero (fecha de siembra 1) y la fecha de siembra de abril (fecha de siembra 3), se observa que para los 60 y 90 días post-siembra el volumen acumulado difiere unos 30 mm a favor de la primera fecha. Pero si se observa además la fecha de siembra de marzo, se aprecia una superioridad de milímetros acumulados a los 90 días con respecto a las 2 fechas restantes; que no necesariamente se traduce en más número de plantas, lo que también nos indica que además son otras las variables en juego en los procesos que definen el número de plantas. Como se analizó anteriormente hay que considerar además la variación en la demanda atmosférica para cada fecha de siembra, considerándose las entradas y salidas del agua en el sistema suelo.

Se observa que la acumulación de grados días o la cantidad de precipitación por sí solas no presentan una asociación alta con el número de plantas, por tanto, serían otras variables o la interacción de un conjunto de las mismas las que afectarían el proceso de germinación y emergencia. La bibliografía cita que los modelos basados exclusivamente en el tiempo cronológico han resultado con poca capacidad predictiva, debido a que no incluyen factores relevantes para la emergencia de especies como son la humedad y la temperatura del suelo (Llull & Paturllane, 2018).

Para realizar un análisis más preciso que permita argumentar que la modificación de la fecha de siembra genera diferencias, en el número de plantas por metro, por su influencia en la modificación del ambiente, contar con información de la humedad del suelo para el área experimental, así como de la temperatura del mismo permite incluir estas variables importantes en la definición de los procesos de implantación de cualquier especie forrajera.

La capacidad de germinación y el crecimiento de raíces de una especie se ven afectada por la temperatura del suelo, variable que en los horizontes superficiales es modificada por la lluvia (Villaseca, 1990). La lluvia es una forma de reponer el agua al sistema (Sawchik, 1999). El contenido de agua de un suelo afecta directamente el crecimiento de las plantas, donde la cantidad de agua disponible en un suelo es la diferencia entre el contenido de humedad a capacidad de campo (CC), y el contenido de humedad en marchitez permanente (PMP) (James et al., 1982 como se cita en Sawchik, 1999).

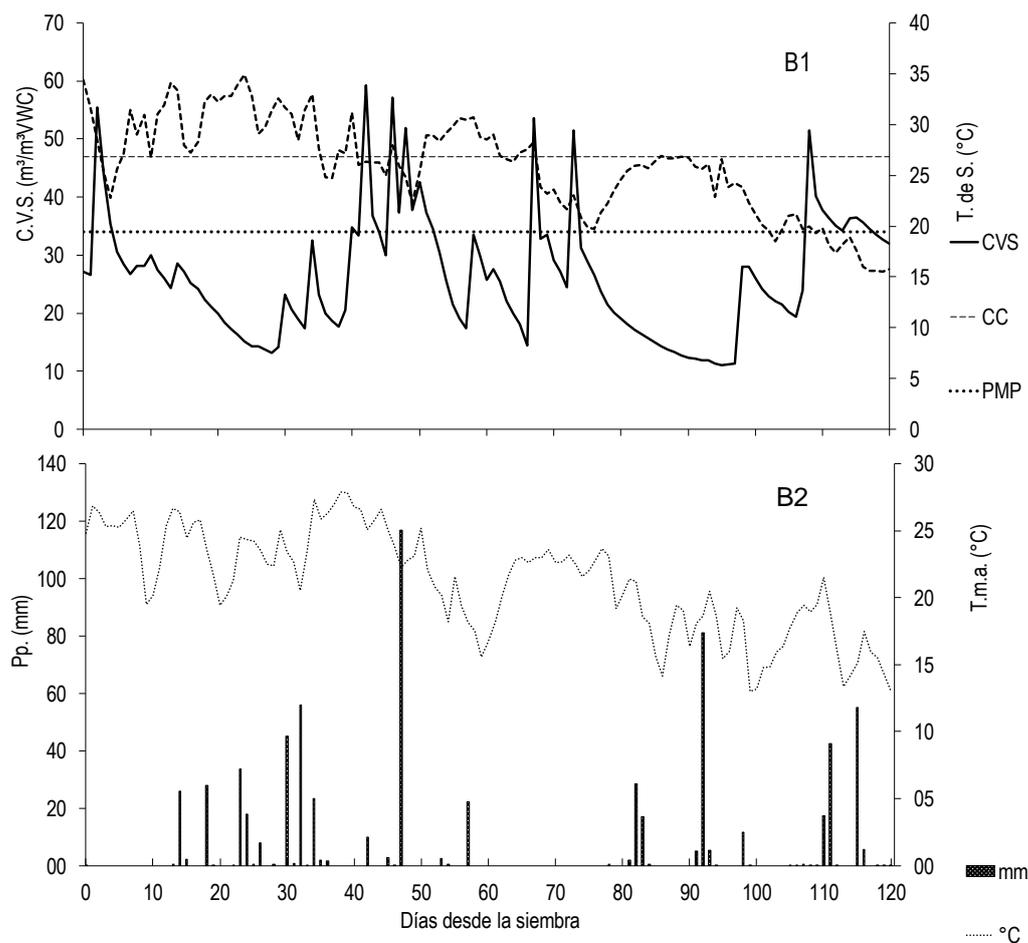
En esta línea Anibalini et al. (2015) afirman que el éxito del establecimiento de la especie *Paspalum notatum* Flügge, dependen principalmente de la humedad del suelo y del tapiz que se desarrolla durante la germinación y la emergencia, fundamentalmente al momento de la siembra.

A continuación, se presenta la información de evolución de la población de plantas por metro lineal para cada una de las fechas de siembra, en asociación con información de contenido de agua y temperatura del suelo; precipitación y temperatura promedio del aire.

**Fecha de siembra 1:** 17 de enero 2017.

### Figura 14

Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo (B1). Precipitación y temperatura del aire (B2)



*Nota.* El Contenido volumétrico de agua se expresa en  $m^3/m^3$  VWC y la temperatura de suelo en  $^{\circ}C$  correspondiendo a los 5 cm de profundidad. La precipitación se expresa en mm y la temperatura promedio del aire en  $^{\circ}C$ . El lapso de tiempo del eje horizontal corresponde a los días desde la siembra a 120 días.

En la fecha de siembra del 17 de enero el contenido volumétrico de agua de suelo a 5 cm de profundidad adoptó valores por debajo del punto de marchitez permanente en tres momentos extendidos y definidos durante el periodo comprendido desde la siembra a los 120 días. Los aumentos en el registro del contenido de humedad de suelo coinciden con aquellos posteriores a una precipitación; donde además de aumentar el contenido de agua disponible, independientemente de la estación del año, ocurre una disminución en la temperatura del suelo.

En cuanto a la temperatura del suelo a los 5 cm de profundidad, siempre se mantuvo por encima de los 10 °C, los mayores registros se registraron durante los primeros 60 días, registro a su vez es el que presentó la mayor variabilidad. Como indica la bibliografía, entre la temperatura ambiente del aire y la temperatura del suelo a profundidades de 10 cm existe una relación estrecha (Villaseca, 1990).

Días previos al muestreo correspondiente a los 30 días, las condiciones de temperatura en los primeros 5 cm de profundidad eran adecuadas para la germinación, pero existía una deficiencia de humedad que no otorgaba las condiciones necesarias para el proceso, lo que restringe de esta manera la germinación de las semillas no contabilizando plantas a este momento. La humedad del suelo se encontraba por debajo del PMP.

Al momento de los 30 días post-siembra y los días subsiguientes, se establecieron condiciones favorables de ambas variables por un periodo de aproximadamente 10 días, donde existió un confort hídrico en los primeros centímetros de suelo y temperaturas adecuadas que junto a un comportamiento térmico particular promovieron la germinación y la salida de la dormición a un conjunto de semillas. Ello permitió lograr un stand de plantines monitoreados a los 60 días post-siembra de 5,4 plantas/m.

A partir de estos 70 días y hasta aproximadamente los 90 días, se produce una caída importante de la humedad del suelo; que da como resultado una primera disminución en el número de plantas que no presenta diferencias significativas (4,3 plantas/m).

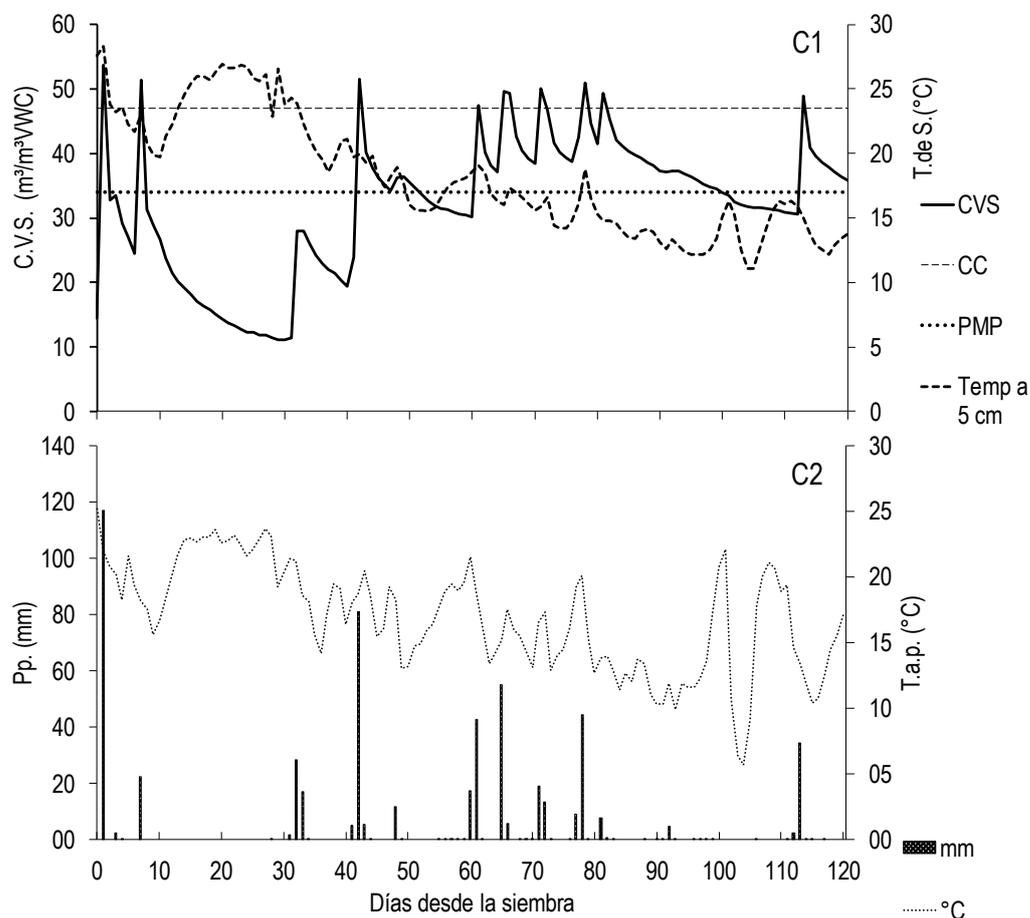
Esta condición se mantiene hasta el momento de la última medición a pesar de que se evidencian eventos de precipitación, acompañado de un descenso en la temperatura del suelo por debajo de los 20 grados no propicias para la germinación. Se midió una nueva pérdida en el número de plantas, esta vez con diferencia significativa respecto al stand inicial (3,4 plantas/m).

La bibliografía cita requerimientos de temperatura del suelo para el proceso de germinación superiores a 20 °C (Berghage, 1998 como se cita en Anibalini et al., 2015); determinándose además que las mejores condiciones para el proceso oscilan entre valores de 30-35°C, condiciones semejantes a las registradas fundamentalmente al inicio del periodo evaluado para esta fecha de siembra.

**Fecha de siembra 2:** 8 de marzo de 2017.

**Figura 15**

*Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo (C1). Precipitación y temperatura del aire (C2)*



*Nota.* El Contenido volumétrico de agua se expresa en  $m^3/m^3$  VWC y la temperatura de suelo en  $^{\circ}C$  corresponde a 5 cm de profundidad. La precipitación se expresa en mm y la temperatura promedio del aire en  $^{\circ}C$ . El lapso de tiempo del eje horizontal corresponde a los días desde la siembra a 120 días.

La fecha de siembra del 8 de marzo (fecha de siembra 2) a los 30 días desde la siembra no se registró plantas en la parcela, ya que a pesar de que las condiciones de temperatura de suelo eran las ideales, la humedad de suelo limitaba el proceso, con un contenido de agua por debajo del PMP en esos 30 días.

Aproximadamente luego de 10 días de dicha medición, se registró un aumento en las condiciones de agua en el suelo, que sumado a las condiciones de temperaturas superiores a  $20^{\circ}C$  permitió iniciar el proceso de germinación y el levantamiento de dormición de ciertas semillas. Estas condiciones desmejoran pasados los 50 días post siembra, disminuyendo levemente el contenido hídrico de suelo dada la ausencia de

precipitaciones como también la temperatura del mismo. Las plantas emergidas en este periodo son las registradas a los 60 días post siembra (2,3 plantas/m).

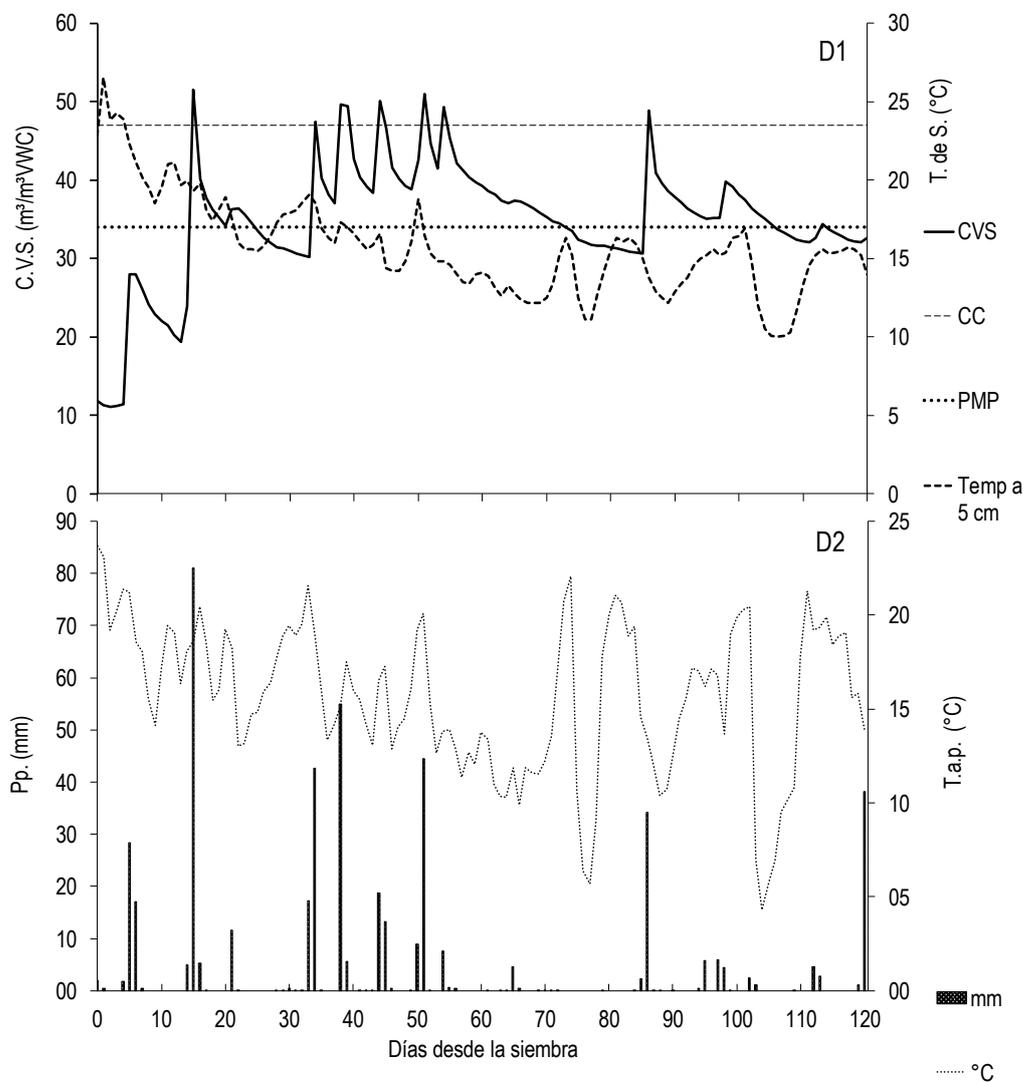
A partir de los 60 días y hasta los 90 las condiciones de humedad no limitan el proceso, el suelo en estos primeros centímetros se encuentra con agua disponible. Son las condiciones térmicas las limitantes, que adoptaron valores por debajo de los 20 grados incluso inferiores a 15 °C (2,3 plantas/m).

A partir de los 90 días, tanto las condiciones de temperatura como de humedad de suelo no son las adecuadas. Las temperaturas adoptaron valores debajo de los 15°C y se produjo un descenso de la humedad del suelo hasta aproximadamente 10 días previos a la última toma de mediciones, donde se producen eventos de precipitación. Este descenso de humedad de suelo, desde los 90 a los 120 días, originó como resultado un leve descenso en el número de plantas con diferencias significativas (de 2,3 a 1,8 plantas/m) ocurriendo en este periodo el primer evento de temperaturas por debajo de los -1°C, probablemente condicionando el comportamiento del cultivar, fundamentalmente con pérdida de plantas logradas.

**Fecha de siembra 3: 4 de abril de 2017.**

**Figura 16**

*Contenido volumétrico de agua y temperatura de suelo (D1). Precipitación y temperatura del aire (D2)*



*Nota.* El Contenido volumétrico de agua se expresa en  $m^3/m^3$  VWC y la temperatura de suelo en  $^{\circ}C$  medida a 5 cm de profundidad. La precipitación se expresa en mm y la temperatura promedio del aire en  $^{\circ}C$ . El lapso de tiempo del eje horizontal corresponde a los días desde la siembra a 120 días.

La última fecha de siembra, del 4 de abril, es la que se enfrenta a condiciones más alejadas a las adecuadas para el crecimiento de la especie.

A los 30 días desde la siembra se contabiliza plantas emergidas dado que en esta etapa inicial coinciden temperaturas y humedad de suelo. La temperatura del suelo fue al inicio superior a  $20^{\circ}C$  y posteriormente disminuyó, pero se mantuvo por encima de los  $15^{\circ}C$ . Las condiciones de humedad de suelo en los primeros centímetros fueron adecuadas en un lapso de 10 días aproximadamente, determinantes en el confort hídrico

definido por los eventos de precipitación registrados. Carámbula (2013) afirma que la cantidad y distribución de las precipitaciones registradas en el suelo luego de la siembra son responsables del éxito o la falla en implantación de especies forrajeras, además de temperaturas favorables.

Este stand de plantas logrados al inicio de las mediciones no presentó modificaciones a lo largo de los 120 días de muestreo como se evidencia en la tabla 6.

La temperatura de suelo a partir de los 30 días post-siembra comienza a descender a medida que avanza hacia el invierno, no evidenciando limitantes en lo referente a la humedad de suelo, dado a que los niveles de confort hídrico siempre son adecuados. Condición esta última que experimentó dos descensos, uno previo a los 90 días que se corresponde al mes de julio, donde las precipitaciones totales no superaron los 30 mm, recomponiendo esta situación en la primera década de agosto y otro descenso más cercano a fin del experimento. Es probable que las plantas ya implantadas en esos momentos tengan tal exploración radicular que superen los 5cm de profundidad en el suelo.

#### 4.2.1.2. Implantación

**Tabla 7**

*Porcentaje de implantación según fecha de siembra*

<b>Fecha de siembra</b>	<b>% de implantación</b>
17 de enero	19 A
8 de marzo	9 B
4 de abril	4 C

*Nota.* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de siembra.

En campo, la etapa de implantación finaliza cuando se logra un número de plantas estable, responsable del aporte forrajero (García & Posada, 2019; García Favre et al., 2017; Mailhos, 2022).

La implantación fue superior para la fecha de siembra del 17 de enero, con un valor de 19 %. Cuando nos alejamos de la estación de crecimiento, dada la modificación de las variables ambientales analizadas, los valores de implantación disminuyen.

En el otoño temprano, mes de marzo se evidencia una superioridad en la implantación respecto a siembras de abril, debido a que este último mes se encuentra más cercano a las condiciones de invierno donde tanto la temperatura ambiente promedio como la del suelo adquieren valores inferiores a los óptimos para la especie, además de una mayor probabilidad de eventos de heladas. Considerando también que la acumulación térmica se prolonga en el tiempo y las temperaturas medias son inferiores incluso a la temperatura base de la especie considerada.

4.2.1.3. Variables estructurales en la especie *Paspalum notatum* Flügge que definen el vigor inicial de la planta en implantación.

Número de hoja por tallo principal- Largo del tallo principal y Número de macollo/planta en *Paspalum notatum* Flügge según fecha de siembra.

**Tabla 8**

*Variables estructurales según fecha de siembra*

<b>Fecha de siembra</b>	<b>Número de hojas del tallo principal</b>	<b>Largo tallo principal (cm)</b>	<b>Número de macollo/planta</b>
17 de enero	5,7 A	4,4A	9,4 A
8 de marzo	4,3 AB	2,0 B	4,6 AB
4 de abril	3,3 B	2,8 AB	2,4 B

*Nota.* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de siembra para cada variable.

En términos generales, las variables estructurales evaluadas presentan una superioridad para la fecha de siembra del 17 de enero con respecto a las restantes siembras de otoño.

En cuanto al número de hojas promedio por macollo principal, la fecha de siembra del 17 de enero registró un mayor valor que en siembras de otoño tardío, con un valor de casi 6 hojas por macollo principal. Manrique (2018) determina que el número máximo de hojas vivas por macollo es una constante genotípica, para *Paspalum notatum* Flügge el número de hojas oscila entre 3 a 7 hojas por planta (Rosengurt et al., 1960).

Hirata y Pakiding (2001) determinan que el comportamiento de la variable en la especie tiene una tendencia a valores superiores en el verano-otoño disminuyendo hacia el invierno en un rango que va desde 8,2 -3,1hojas/ macollo, evidencia que en el trabajo se corrobora cuando se pasa de siembra de enero a siembras de marzo y abril.

El desarrollo de hojas de una especie en gramíneas ocurre de forma continua y se encuentra influenciado por las condiciones ambientales (Cruz & Boval, 2000) siendo la temperatura el principal factor en determinar el desarrollo foliar (Anslow, 1966).

Para especies estoloníferas Cruz y Boval (2000) definen una dinámica diferente para el crecimiento de hojas ya descrito en especies cespitosas (Chapman & Lemaire, 1993, como se cita en Colabelli et al., 1998) puesto que se debe incorporar la elongación de los estolones que genera competencia por asimilados con el proceso de elongación de hojas (Cruz & Boval, 2000). Las primeras hojas que emergen tienen una menor longitud, que va en aumento hasta alcanzar una extensión máxima la que sucede conjuntamente con el inicio del crecimiento de los estolones. Lo que determina que la senescencia foliar ocurra más tempranamente en esas especies estoloníferas, dado que senescen hojas de mayor tamaño que las hojas nuevas que se van generando, además de que ocurre una mayor acumulación de biomasa por el aumento de los estolones.

A través del análisis de regresión lineal entre el número de hojas por macollo principal y la acumulación térmica (grados días) para las tres fechas de siembra se encontró un coeficiente de determinación del 50 % ( $p < 0,05$ ).

De igual modo, Ferri et al. (2006) en sus trabajos analizando la tasa de expansión de hojas encontraron una inconsistencia entre tasa de aparición de hojas y la acumulación de grados días que podría ser causada por factores tales como condiciones de humedad que hayan generado estrés hídrico sobre la planta y que podrían interaccionar con la temperatura.

Unruh et al. (1996) en el mismo sentido, señalan que la capacidad de predicción de los modelos basados en GD depende de la determinación exacta de la temperatura base (temperatura por encima de la cual tiene lugar el crecimiento y por debajo de la cual la planta permanece quiescente) para la especie en consideración. En este trabajo se utilizó la temperatura base ( $T_b$ ) de la especie de  $7,6^\circ\text{C}$ , estimada por Pakiding e Hirata (2001) a partir de la regresión entre la tasa de aparición de hojas y la temperatura del aire.

En este mismo sentido Sato (1980) como se cita en Cruz y Boval (2000) realizó un trabajo de en el que se demostró que la Tasa de aparición foliar para especies tropicales  $C_4$  como lo es *Paspalum notatum* Flüggé disminuye en un rango de  $35^\circ\text{C}$  a  $15^\circ\text{C}$ ; esto coincide con la respuesta observada de un mayor número de hojas en la siembra de enero respecto a las siembras de otoño.

En el aporte de la dinámica de crecimiento de Cruz y Boval (2000), no solo las hojas son quienes modifican su crecimiento sino además los autores definen para estas especies un crecimiento secuencial de fitómetros en las que los entrenudos siempre se alargan proponiendo de esta forma una nueva variable, la TEE. El largo del tallo principal indirectamente define la cantidad de puntos de crecimiento potenciales de continuar generando nuevos fitómeros, puesto que, si el macollo principal es más largo existen más posibilidades de encontrarse con nudos donde las yemas o meristemas sean capaces de diferenciarse y generar nuevas estructuras como nuevas hojas o macollos, de manera de colaborar con la colonización e implantarse más rápido.

El largo del tallo principal resultó significativamente superior en la fecha de siembra del 17 de enero respecto a la siembra del 8 de marzo ( $p \leq 0,05$ ), con valores intermedios en la fecha de siembra del 4 de abril. Por tanto, en enero no sólo se obtiene una planta con un mayor número de hojas por planta con respecto a marzo y abril, sino que además el tallo o macollo principal de estas plantas tiene una mayor longitud, acompañando la dinámica de un mayor número de yemas, con mayores posibilidades de generar nuevas estructuras.

El meristema apical del tallo, al ser el responsable de originar un primodio foliar, produce una nueva yema axilar que potencialmente puede diferenciarse y dar como resultado un nuevo macollo (Lemaire & Agnusdei, 2000), unidad responsable de la generación de nuevos fitómeros. El número de macollos por planta para la fecha de siembra del 17 de enero fue significativamente superior a la fecha de abril ( $p < 0,05$  %), con un comportamiento intermedio para la siembra de marzo.

Para la fecha de siembra del 4 de abril respecto a la de enero se combina un menor número de planta por metro lineal con plantas con menor número de hojas y menor cantidad de macollos por planta. Concreta un menor número de plantas que no logra compensar con mayor número de macollos, probablemente debido al menor número de hojas por macollo que genera una menor cantidad de sitios potencialmente formadores de macollos (Lemaire & Agnusdei, 2020). La bibliografía señala que la generación de nuevos macollos tiende a reducirse a mayores temperaturas, reduciéndose la iniciación de las yemas de los macollos (Matthew et al., 2015) no siendo evidenciado esto en el experimento.

Cabe señalar que a pesar de que la fecha de siembra de marzo no presenta diferencias significativas con la siembra de abril ya sea en número de plantas por metro, número de hojas por macollo principal, largo de macollo principal y número de macollos por planta obtiene un mayor porcentaje de implantación.

Modificando el valor de  $p$  a un 10%, no se producen alteraciones en los resultados ni para número de hoja por macollo principal, ni para número de macollos por planta.

A partir de los valores de número de macollos por planta y número de planta por metro lineal, es posible calcular el número de macollo por metro cuadrado para cada fecha de siembra, obteniendo valores de 238, 57, 21 macollos/m<sup>2</sup> para fechas del 17 de enero, 8 de marzo y 4 de abril respectivamente.

A nivel mundial y nacional existen algunos trabajos, donde determinan esta variable; Hirata y Pakiding (2001) reportan una densidad de macollos de 3819 a 4791 macollos/m<sup>2</sup> para *Paspalum notatum* Flüggé sin riego en una evaluación de 4 años y Boggiano et al. (2014) evaluando gramíneas perenes, dentro de la que se encontraba *Paspalum notatum* Flüggé var. *saurae* cv. Pensacola, para el primer año de evaluación, bajo condiciones de secano obtuvo valores de 2253 macollos/m<sup>2</sup>. Siendo los valores obtenidos muy por debajo de los reportados en estos trabajos ya que solamente se están evaluando los primeros 120 días desde la siembra, a la salida de su estación de crecimiento, en comparación a evaluaciones en todo el ciclo de la especie en un año.

Probablemente, al llegar la primavera, con condiciones de crecimiento, este proceso de macollaje se vea favorecido y se produzca un aumento en el número de macollos siempre que las plantas sobrevivan el invierno.

De manera de acompañar los resultados de las variables estructurales entre fecha de siembra se presenta la siguiente tabla que permite evidenciar la evolución según cada fecha de muestreo de las variables estructurales para cada fecha de siembra.

**Tabla 9**

*Evolución de variables estructurales según fecha de siembra en cada fecha de muestreo*

	30			60		
	n°h/tp	ltp	n°m/tp	n°h/tp	ltp	n°m/tp
<b>F1</b>	0	0	0	4,3 B	2,3 B	2,9 B
<b>F2</b>	0	0	0	4,3 AB	1,9 A	3,2 A
<b>F3</b>	4,3 A	5,2 A	6,0 A	3,1 B	1,4 A	0,5 A
	90			120		
	n°h/tp	ltp	n°m/tp	n°h/tp	ltp	n°m/tp
<b>F1</b>	6,1 A	4,2 AB	13,4 AB	6,9 A	6,7 A	20,7 A
<b>F2</b>	3,7 B	2,2 A	3,9 A	5,1 A	2,0 A	7,9 A
<b>F3</b>	3,5B	1,3 A	3,3 A	2,6 B	3,1 A	3,5 A

*Nota.* Número de hojas del tallo principal (n°h/tp), largo del tallo principal (ltp), Número de macollos por tallo principal (n°m/tp). Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de muestreo para cada fecha de siembra.

Tanto en la siembra de enero como en la de marzo el número de hojas por planta fue aumentando significativamente hasta el final del muestreo coincidiendo con lo señalado por Pakiding e Hirata (2001), no ocurriendo esto en la siembra de abril. La temperatura ambiente fue más determinante en siembras de otoño, sobre todo en el mes de abril, con temperaturas más desfavorables para el proceso morfogénico, tardando más días en acumular las unidades térmicas para aparecer una nueva hoja lo que se evidencia en una evolución donde los mayores valores medios se dan al inicio disminuyendo luego el número de hoja monitoreada. Para la especie fue definida una temperatura base de 7,6 °C (Pakiding & Hirata, 2001) por encima de la cual se produce la acumulación de unidades térmicas y un valor de filocrono de 208,28 °C (Palamar et al., 2020) que define el proceso en aparición de hojas. Mitchell y Lucanus como se cita en Anslow (1966), en la misma línea definen un rango de temperaturas óptimas para la aparición de hojas en una especie del mismo género como lo es *Paspalum dilatatum* de 29 a 35°C.

Las condiciones desfavorables en lo referente a humedad fueron más acentuadas en el inicio de la siembra de verano y en la primera fecha de otoño, donde se evidenció mayores eventos que hicieron que el contenido de humedad del suelo se encontrara por debajo de PMP, la bibliografía cita una disminución del número de hojas vivas por macollo con un paralelo aumento de los procesos de senescencia de hojas en estas condiciones de déficit hídrico (Turner & Begg, 1978, como se cita en Colabelli et al., 1998). Luego estas condiciones de humedad mejoraron y se logró un aumento del número de hojas en ambas fechas de siembra.

En cuanto al largo del tallo principal, la fecha de siembra del 17 de enero experimenta un aumento significativo, mientras que en las fechas de siembra de marzo y de abril se mantiene constante. El largo de macollo principal tiene un ajuste de regresión polinómica de un 44 % ( $p < 0,05$ ) con la acumulación de grados días por lo que también hay otras variables que están influenciando en el proceso.

*Paspalum notatum* Flüggé una especie estolonífera rizomatosa, rastrera; en la cual, al realizar la medición del largo del macollo principal y su evolución desde la siembra, se determina una variable estructural en la planta, la que en la misma línea que el número de macollos por planta determina el vigor inicial de la especie en la oportunidad de colonizar y cubrir el suelo. *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé tiene la capacidad de generar rizomas y de esta manera expandirse y colonizar una vez logrado el stand inicial de plantas (Giorello, Do Canto et al., 2021).

Finalmente, en lo referente al número de macollo por planta la fecha de siembra del 17 de enero presentó un aumento significativo de la variable, no sucediendo esto en la fecha de siembra de marzo ni de abril. Probablemente la acumulación térmica, que va disminuyendo a medida que se avanza hacia el invierno, condiciona la tasa de aparición de hojas, la que origina menor número de yemas potenciales capaces de dar origen a nuevos macollos. Además del efecto del número de hojas la población de macollos estaría regulada por otros factores tales como la intensidad de luz y agua (Colabelli et al., 1998; Cruz & Boval, 2000)

La bibliografía menciona que en las especies estivales el macollaje se produce en forma continuada en el periodo primavera – estivo – otoñal (Sevrini & Zanoniani, 2010), lo que se correspondería a lo observado con el macollaje en la siembra de enero.

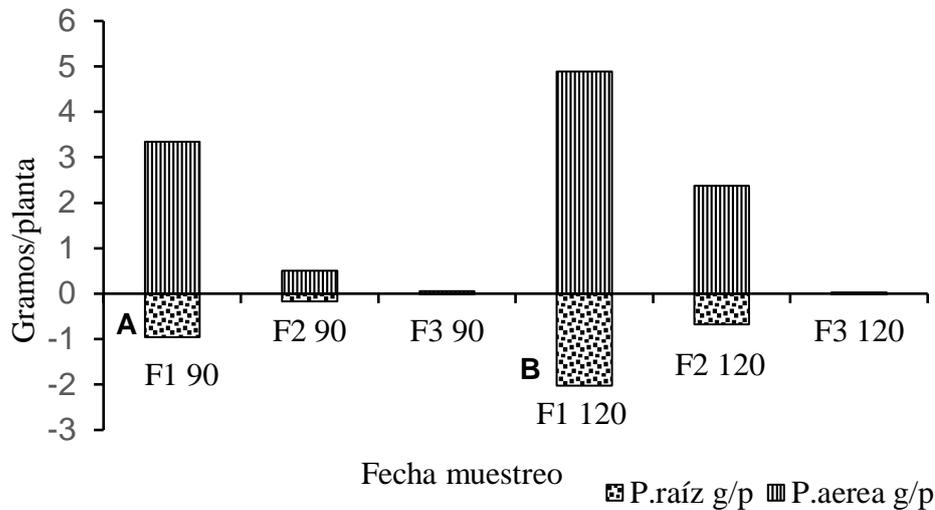
#### 4.2.2. Variables de respuesta (destructivas) en *Paspalum notatum* Flüggé cultivar INIA Sepé

##### 4.2.2.1. Peso seco de parte aérea y de raíces

En la planta existe un flujo de fotoasimilados desde los órganos fuente hacia las fosas, como es el transporte de fotoasimilados desde las hojas hacia las raíces, que hacen a la partición de materia seca de la misma. (Marcelis, 1996 como se cita en Dogliotti et al., 2011). Esta partición puede ser evaluada considerando la generación en el transcurso del tiempo de la biomasa de raíces y biomasa aérea para una especie en particular.

**Figura 17**

*Evolución del peso seco aéreo y de raíces a los 90 y 120 DDS*



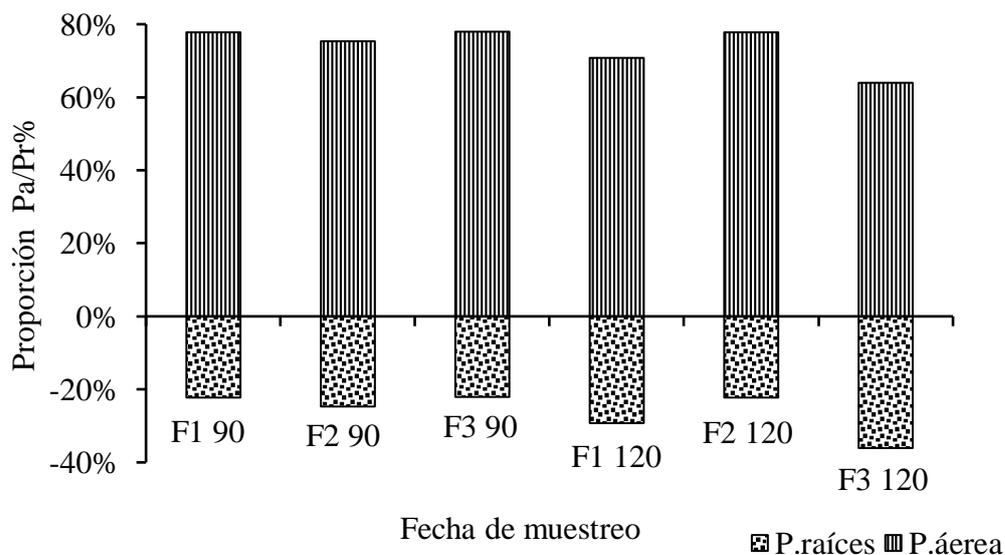
*Nota.* Las letras que acompañan el gráfico señalan diferencias estadísticamente significativas entre los dos momentos de medición ( $p < 0,05$ ).

La evolución del peso aéreo por planta en gramos fue en aumento evidenciándose en los registros monitoreados, aunque no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

En la fecha de siembra de enero existe un aumento significativo en el peso seco de las raíces, de 0,957 a 2,025 gramos por planta, evidenciando que la planta destina en este periodo fotoasimilados a la conformación de su sistema radicular.

**Figura 18**

*Proporción del peso aéreo y de las raíces a los 90 y 120 DDS*



En este gráfico se observa un aumento en la proporción de raíces tanto en la fecha de siembra del 17 de enero (F1) como en la fecha de siembra de abril (F3). El aumento

para la fecha de siembra de abril no se corresponde con una mayor producción de materia seca. Carámbula (1977) relaciona la capacidad de las especies de sobrevivir en el invierno con la cantidad de reservas almacenadas, siendo las raíces uno de los órganos de supervivencia de la especie en el periodo desfavorable de crecimiento, contando además *Paspalum notatum* Flüggé con un sistema de rizomas que le permite el almacenaje de reservas para la supervivencia y colonización de ambientes (Giorello, Do Canto et al., 2021).

**Tabla 10**

*Peso seco aéreo y de raíces por planta según fecha de siembra*

<b>Fecha de siembra</b>	<b>PA/p (g)</b>	<b>PR/p (g)</b>
17 de enero	4,12 A	1,49 A
8 de marzo	1,44 AB	0,42 B
4 de abril	0,26 B	0,04 B

*Nota.* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de siembra para cada variable.

Analizando el comportamiento de ambas variables para la siembra del 17 de enero, en su estación de crecimiento, no sólo se logró una planta con un mayor tamaño aéreo (diferencia estadística con fecha del 4 de abril), sino que además esta planta logró generar raíces con mayor peso, estadísticamente diferente al de las restantes fechas de siembra (marzo y abril). Preparando de esta manera una planta más adaptada, cuando las temperaturas y la radiación tiendan a disminuir condicionando el crecimiento aéreo de la especie.

La bibliografía menciona que, frente a condiciones de déficit hídrico, como las analizadas en la fecha de siembra de enero, se reduce el crecimiento de la parte aérea previo a que se reduzca la capacidad fotosintética de la planta lo que provoca que exista una disponibilidad de asimilados disponible para el crecimiento de la raíz (Colabelli et al., 1998). Durante los 70 a los 110 días aproximadamente el contenido volumétrico a los 5 cm de profundidad se encontró a niveles inferiores al punto de marchitez permanente.

Considerando la diferencia estadísticamente significativa en la evolución de los gramos por planta de raíces (figura 17) y evaluando la figura 18 que muestra un cambio en la proporción de los pesos raíz/ peso aéreo en la fecha de siembra del 17 de enero, es posible afirmar que frente a las mayores condiciones de estrés hídrico la planta destino fotoasimilados a la producción de raíces, concordando con lo expresado por García et al. (2010) quienes determinan que la partición a órganos sumideros es uno de los mecanismos para incrementar la supervivencia frente al estrés.

## 4.2.2.2. Relación Biomasa aérea/ Biomasa raíces

**Tabla 11***Relación Biomasa aérea / Biomasa raíces*

<b>Fecha de siembra</b>	<b>Relación PA/PR</b>
17 de enero	3,1 A
8 de marzo	4,0 A
4 de abril	4,1 A

*Nota.* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de siembra.

La relación entre biomasa aérea y de raíces no presentó diferencias significativas lo que quizá estaría condicionado estadísticamente por el bajo número de muestras evaluadas. De la misma manera, Martín et al. (2018) en evaluaciones para *Brachiaria (Brachiaria híbrido)*, gramínea estival que produce estolones, evaluada bajo dos condiciones de riego en México, no encontraron diferencias significativas en la relación parte aérea/ raíz. Estudiando al mismo género (Ricaurte et al., 2007) determinaron que la producción de biomasa de raíces varió con los cambios climáticos (sequía y lluvias) y con la fertilidad del suelo.

Es interesante incursionar en una evaluación del comportamiento de esta variable dado a que podría estar condicionando la sobrevivencia de la especie cuando se aleja de su estación de crecimiento.

Con un aumento de significancia al 10 % no se encuentran diferencias significativas en la relación parte aérea/ raíz entre las fechas de siembra.

En un estudio realizado en México por Ramos-Hernández y Martínez Sánchez (2020) en pasturas ya conformadas, donde participaba *Paspalum notatum* Flügge, el 74,5 % del carbono de la especie se localizó en la parte radicular y el 25,5 % en la parte aérea. Encontrándose en los primeros 50 cm de suelo el 96 % de la biomasa y del C radicular determinando la importancia del aporte de las raíces de estas especies tropicales en ser un reservorio de carbono terrestre y que una vez implantadas, logran una proporción elevada de raíces en el sistema.

## 4.2.2.3. Producción de MS por hectárea de Biomasa aérea y raíces

**Tabla 12***Producción de MS por hectárea de biomasa aérea y raíces*

<b>Fecha de siembra</b>	<b>Biomasa aérea Kg MS ha<sup>-1</sup></b>	<b>Biomasa raíz kg MS ha<sup>-1</sup></b>
17 de enero	1064,9 A	385,8 A
8 de marzo	372,0 AB	109,0 B
4 de abril	68,0 B	10,3 B

*Nota.* Materia seca (MS). Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) mediante test de Tukey entre fechas de siembra para cada variable.

Tanto la producción de biomasa aérea como la producción de biomasa raíces fueron superiores para la siembra de enero a los 120 días desde la siembra con respecto a la de abril, y con respecto a marzo se diferenció solo en la producción de biomasa de raíces. La superioridad biológica de la fecha de siembra de enero es de aproximadamente 700 a 900 kg de MS/ha con respecto a las siembras de marzo y abril.

La bibliografía cita para el cultivar INIA Sepé, en su primer año de implantación y bajo fechas de siembra recomendadas (noviembre) valores de producción de forraje entre 1500-2000 kg MS/ha (Giorello, Do Canto et al., 2021). Valores que se diferencian por 500 kilogramos respecto a los encontrados en este trabajo, considerando la diferencia en la fecha de siembra y las evaluaciones de forraje más cercanas a primavera.

## 5. CONCLUSIÓN

Siembra de enero del cultivar *INIA Sepé* de *Paspalum notatum* Flüggé logra concretar un mayor número de plantas por metro lineal, alcanzando porcentajes superiores de implantación que siembras de otoño (marzo y abril). Dando origen a plantas más vigorosas definidas por una superioridad en valores de variables estructurales como el número de hojas por planta, el largo del tallo principal y el número macollos por planta a los 120 días desde la siembra.

Es en verano donde el cultivar *INIA Sepé* de *Paspalum notatum* Flüggé define una planta mejor adaptada para enfrentar el invierno, con una superioridad en biomasa aérea, pero fundamentalmente con una mayor proporción de raíces. Existe un aumento significativo de las raíces en esta fecha de siembra, dos veces de su peso, en el último periodo de muestreo en la implantación.

En la partición de fotoasimilados, no existe diferencias significativas en la relación parte aérea raíz entre ninguna fecha de siembra.

En el manejo agronómico del cultivar, los resultados del año evaluado permiten elaborar una recomendación de siembra más favorables dentro de su estación de crecimiento, pero si nos movemos hacia el otoño, se recomienda siembras tempranas antes que esperar el ingreso de condiciones ambientales de invierno.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agnusdei, M. G., & Di Marco, O. N. (2010). *Ganadería en suelos bajos: El potencial productivo de las pasturas perennes en la región templado-húmeda bonaerense*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/suelos\\_salinos/169-suelos\\_bajos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/169-suelos_bajos.pdf)
- Alemeraya del Valle, E. V., & Sánchez Quintanar, E. (2015). Adaptaciones fotosintéticas en las plantas para mejorar la captación del carbono. *Ciencia*, 66(4), 72-79. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66\\_4/PDF/Adaptaciones\\_Fotosinteticas.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_4/PDF/Adaptaciones_Fotosinteticas.pdf)
- Aliscioni, S. S. (2002). Contribución a la filogenia del género *Paspalum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89(4), 504-523. <https://doi.org/10.2307/3298593>
- Altamirano, A., Da Silva, H., Durán, A., Echevarría, A., Panario, D., & Puentes, R. (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Vol. 1. Clasificación de suelos del Uruguay*. MAP.
- Anibalini, V., Galleano, A., Siena, L., Ortiz, J. P., Martín, B., Calderón, M., Cortés, M., García, E., & Biolatto, M. (2015). *Paspalum notatum* Flüggé: Una alternativa forrajera para mejorar los bajos inundables en el sur de la provincia de Santa Fe. *Agromensajes*, (42), 25-30. <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/e99260bb-e0d2-4849-ae5a-a370fe367cd8/content>
- Anslow, R. C. (1966). The rate of appearance of leaves on tillers of the gramineae. *Herbage abstracts*, 36(3), 149-155.
- Arce, M., Fernández, P., & Ricetto S. (2013). *Respuesta Estival de Festuca arundinacea, Paspalum dilatatum, Paspalum notatum y Pennisetum purpureum cv Mott al riego suplementario* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Barbera, P., & Benítez, J. (2017). Producción inicial de materiales del género *Paspalum* en Mercedes. En O. Álvarez (Ed.), *XXIV Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur Bioma Campos: Retomando un camino de oportunidades para una producción ganadera sustentable: Memorias* (p. 68). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7112/1/Grupo-Campo-2017.pdf>
- Batista, L. A. R., & Godoy, R. (1998). Capacidade de produção de sementes em acessos do gênero *Paspalum*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27(5), 841-847. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/44263>
- Berretta, E. J. (1998). Principales características climáticas y edáficas de la región de basalto en Uruguay. En E. J. Berretta (Ed.), *Seminario de Actualización en tecnologías para Basalto* (pp. 3-10). INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630011107100024.pdf>

- Berretta, E. J. (2003). *Uruguay, perfil del recurso pastura/forraje*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/origenes\\_evolucion\\_y\\_estadisticas\\_de\\_la\\_ganaderia/44-uruguay.pdf](https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/44-uruguay.pdf)
- Bertoncelli, P. (2018). *Produção e germinação de sementes de Paspalum notatum: Resposta à fertilização nitrogenada e manejo de cortes* [Disertación doctoral]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Biganzoli, F., & Zuloaga, F. (2015). Análisis de diversidad de la Familia Poaceae en la región austral de América del Sur. *Rodriguésia*, 66(2), 337-351. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566205>
- Boddey, R. M., Chalk, P. M., Victoria, R. L., Matsui, E., & Döbereiner, J. (1983). The use of the <sup>15</sup>N isotope dilution technique to estimate the contribution of associated biological nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of *Paspalum notatum* cv. batatais. *Canadian Journal of Microbiology*, 29(8), 1036-1045. <https://doi.org/10.1139/m83-161>
- Boggiano, P., Zanoniani, R., Cadenazzi, M., Giménez, L., Formoso, D., Aguirre, S., Irazabal, N., Otegui, I., Arce, M., Fernández, P. A., & Ricetto, S. (2014). Evaluación de la respuesta al riego suplementario de gramíneas perennes durante el período estival. En L. Giménez. (Ed.), *Riego suplementario en cultivos y pasturas* (pp. 29-43). INIA. [http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/fpta-55\\_2014.aspx](http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/fpta-55_2014.aspx)
- Boldrini, I. I. (2009). A flora dos campos do Rio Grande do Sul. En V. P. De Patta Pillar, S. C. Müller, Z. M. de Souza Castilhos & A. V. Ávila Jacques (Eds.), *Campos sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade* (pp. 63-77). Ministério do Meio Ambiente Brasília. [https://multimedia.ufrgs.br/conteudo/labgeo-ecologia/Arquivos/Publicacoes/Livros\\_ou\\_capitulos/2009/Pillar\\_et\\_al\\_2009\\_Campos\\_Sulinos.pdf](https://multimedia.ufrgs.br/conteudo/labgeo-ecologia/Arquivos/Publicacoes/Livros_ou_capitulos/2009/Pillar_et_al_2009_Campos_Sulinos.pdf)
- Bourdin Medici, A. D., Franco Fraguas Souto, J. M., & Burgos Valiente, M. J. (2015). *Respuesta física al riego suplementario y desarrollo de tecnologías de riego por melgas en pasturas artificiales* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Buckeridge, M. S., Yepes, A., de Souza, A. P., Marabesi, M., & Tonini, P. P. (2015). *Comparação entre os sistemas fotossintéticos C3 e C4*. <https://profsaulblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/10/sistemas-c3-c4.pdf>
- Carámbula, M. (1977). *Producción y manejo de pasturas sembradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (1991). *Aspectos relevantes para la producción forrajera*. INIA.
- Carámbula, M. (2002). *Pasturas y forrajes: Vol.1. Potenciales y alternativas para producir forraje*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2013). *Pasturas y forrajes: Vol. 2. Insumos, implantación y manejo de pasturas*. Hemisferio Sur.
- Chase, A. (1929). The North American species of *Paspalum*. *Contributions from the United States National Herbarium*, 28(1), 1-310. <http://www.jstor.org/stable/23492605>

- Childe Pereira, R., Achkar, M., Freitas, G., & Webler Cancelier, J. (2020). Transformaciones socio-territoriales de la región noreste del Uruguay 2000-2018. *Geografares*, (31), 241-267.  
<https://journals.openedition.org/geografares/1003>
- Cibils, X., & García, A. (2017). Protección de pasturas durante la implantación. *Revista INIA*, (48), 17-21.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6779/1/revista-INIA-48-marzo-2017-ok.pdf>
- Colabelli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A., & Labreveux, M. (1998). *El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso\\_crecimiento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso_crecimiento.pdf)
- Cook, B., Pengelly, B., Schultze Kraft, R., Taylor, M., Burkart, S., Cardoso Arango, J. A., González Guzmán, J. J., Cox, K., Jones, C., & Peters, M. (2020). *Paspalum notatum*. En B. Cook, B. Pengelly, R. Schultze Kraft, M. Taylor, S. Burkart, J. A. Cardoso Arango, J. J. González Guzmán, K. Cox, C. Jones & M. Peters (Eds.), *Tropical Forages*.  
[https://www.tropicalforages.info/text/entities/paspalum\\_notatum.htm#](https://www.tropicalforages.info/text/entities/paspalum_notatum.htm#)
- Cooperativa Agraria Nacional. (2022, 12 de enero). *COPAGRAN impulsa el Paspalum notatum, una pastura perenne estival para ganadería de carne*.  
[https://www.copagran.com.uy/?option=com\\_content&view=article&id=104&Itemid=64](https://www.copagran.com.uy/?option=com_content&view=article&id=104&Itemid=64)
- Costa, N. (2015). *Efecto de la incorporación de dos gramíneas perennes estivales en mezclas forrajeras convencionales* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Cruz, P., & Boval, M. (2000). Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger & P. C. de F. Carvalho (Eds.), *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 151-168). CABI.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7146/1/G-Lemaire-J-Hodgson-A-Moraes-P-C-F-Cavalho-C-Nabinger-Grassland-Ecophysiology-and-Grazing-Ecology.pdf>
- Dahmer, N., Schifino-Wittmann, M. T., Dall'Agnol, M., & Castro, B. D. (2008). Cytogenetic data for *Paspalum notatum* Flüggé accessions. *Scientia Agricola*, (65), 381-388.
- De Barbieri, D. I., Giorello, D., Van Lier, E., Tafernaberry, A., Romaniuk, E., Caravia, E., Díaz, R., Rattin, F., & Reyno, R. (2022). Una buena cría de corderos utilizando *Paspalum notatum* INIA Sepé. *Revista INIA*, (66), 51-54.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16533/1/Revista-INIA-69-Junio-2022-7.pdf>
- de Souza, F. H. D., Cavallari, M. M., & Gusmão, M. R. (2020). *Produção comercial de sementes de Paspalum notatum var. notatum*. Embrapa Pecuária Sudeste.  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213146/1/Documentos-136.pdf>

- Döbereiner, J. (1966). *Azotobacter paspali* sp. n., una bacteria fijadora de nitrógeno en la rizosfera de *Paspalum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1(1), 357-365. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/18041/12103>
- Döbereiner, J., Day, J. M., & Dart, P. J. (1972). Nitrogenase activity and oxygen sensitivity of the *Paspalum notatum*-*Azotobacter paspali* association. *Journal of General Microbiology*, 71(1), 103-116. <https://doi.org/10.1099/00221287-71-1-103>
- Dogliotti, S., Colnago, P., Galván, G., & Aldabe, L. (2011). *Bases Fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas: Tomate (Lycopersicon esculentum), Papa (Solanum tuberosum) y Cebolla (Allium cepa)*. Facultad de Agronomía. [https://olericultura.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/12/fisio-y-crec-papa\\_toma\\_ceb.pdf](https://olericultura.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/12/fisio-y-crec-papa_toma_ceb.pdf)
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 74-85. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>
- Durán, A. (1998). Caracterización de suelos de la Región Basáltica del Uruguay. En E. J. Berretta (Ed.), *Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos: Anales* (pp. 3-10). INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807103205.pdf>
- Enríquez Quiroz, J. F., Meléndez Nava, F., Bolaños Aguiar, E. D., & Esqueda Esquivel, V. A. (2011). *Producción y manejo de forrajes tropicales*. SAGARPA; INIFAP; CIRGC. [https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/produccion\\_forrajes.pdf](https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/produccion_forrajes.pdf)
- Fargione, J. E., & Tilman, D. (2005). Diversity decreases invasion via both sampling and complementarity effects. *Ecology Letters*, 8(6), 604-611. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00753.x>
- Ferri, C. M., Brizuela, M. A., Cid, M. S., & Stritzler, N. P. (2006). Dinámica de Acumulación de Láminas Foliarias y Estructura del Forraje Diferido de *Panicum coloratum* L. *Agricultura Técnica*, 66(4), 376-384. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072006000400006>
- Figueredo, S. (2022). *Evaluación de mezclas forrajeras sobre suelo de basalto en la zona norte del país* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Forcella, F., Benech Arnold, R. L., Sanchez, R., & Ghera, C. M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, 67(2), 123-139. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00088-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00088-5)
- Formoso, F. (2007). Conceptos sobre implantación de pasturas. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada Instalación y Manejo de Pasturas* (pp. 19-38). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15664/1/ad-483.pdf:pasturas#page=19>
- García, A., Dorado, M., Pérez, I., & Montilla, E. (2010). Efecto del déficit hídrico sobre la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Interciencia*, 35(1), 47-54. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913146008>

- García, P., & Posada, M. (2019). *Efecto de la fecha de siembra en Paspalum dilatatum sobre basalto* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- García Favre, J., Zanoniani, R., Cadenazzi, M., & Boggiano, P. (2017). Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. *Agrosur*, 45(1), 3-10. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n1-02>
- Gates, R. N., Quarin, C. L., & Pedreira, C. G. S. (2004). Bahiagrass. En L. E. Moser, B. L. Burson & L. E. Sollenberger (Eds.), *Warm-season (C4) grasses* (pp. 651-680). ASA; CSSA; SSSA.
- Giorello, D., Do Canto, J., Porcile, V., De Barbieri, I., Soares de Lima, J., Montossi, F., Rossi, C., Maranges, F., & Reyno, R. (2021). *Paspalum notatum* INIA Sepé: Una gramínea nativa de alta productividad y persistencia. *Revista INIA*, (66), 51-54. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Revista-INIA-66-Setiembre-2021-14.pdf>
- Giorello, D., Sbrissia, A., & Da Silva, S. (2021). Acúmulo de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé. *Agrociencia Uruguay*, 25(1), Artículo e348. <https://doi.org/10.31285/AGRO.25.348>
- Giorello, D. G. (2020). *Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de Paspalum notatum cv. INIA Sepé a regímenes de defoliación* [Disertación doctoral]. Universidade de São Paulo.
- Glison, N. (2023). *Dormición de semillas de especies sexuales de Paspalum del grupo Dilatata (Poaceae): Estudios ecológicos, fisiológicos y genéticos* [Disertación doctoral]. Universidad de la República.
- González Rebolgar, J. L. & Chueca, A. (2010). *C4 y CAM: Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas: Homenaje al doctor Julio López Gorgé*. CSIC. <http://hdl.handle.net/10261/29768>
- Hirata, M., & Pakiding, W. (2001). Tiller dynamics in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands*, 35(3), 151-160.
- Hirata, M., Ogawa, Y., Koyama, N., Shindo, K., Sugimoto, Y., Higashiyama, M., & Fukuyama, K. (2006). Productivity of bahiagrass pastures in south-western Japan: Synthesis of data from grazing trials. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(2), 79-91.
- Huang, J., Xia, H., Li, Z. A., Xiong, Y., Kong, G., & Huang, J. (2009). Soil aluminium uptake and accumulation by *Paspalum notatum*. *Waste management & research*, 27(7), 668-675. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103835>
- INIA Tacuarembó. (2019). *INIA Sepé: Una forrajera nativa de alta productividad y persistencia*. INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-59656.aspx>
- Jaurena, M., Formoso, D., Gómez Miller, R., & Rebuffo, M. (2013). Campo natural: Patrimonio del país y fundamento de la estabilidad productiva de la ganadería. *Revista INIA*, (32), 31-35. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7041/1/revista-INIA-32-p.31-35.pdf>

- Lemaire, G., & Agnusdei, M. (2000). Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, P. C. F. Carvalho & C. Nabinger (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology* (pp. 265-288). CABI. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7146/1/G-Lemaire-J-Hodgson-A-Moraes-P-C-F-Cavalho-C-Nabinger-Grassland-Ecophysiology-and-Grazing-Ecology.pdf>
- Lezama, F., Altesor, A., Pereira, M., & Paruelo, J. M. (2011). Descripción de la heterogeneidad florística de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. En A. Altesor, W. Ayala & J. M. Paruelo (Eds.), *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales: Descripción de la heterogeneidad florística y seguimiento de la productividad primaria y secundaria del campo natural* (pp.15-32). INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429020511100111.pdf>
- Llull, P. L., & Paturllane, M. E. (2018). *Modelado del flujo de emergencia de conyza bonariensis "Rama negra"* [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional de la Pampa.
- Mailhos, M. E. (2022). *Efecto de diferentes métodos de siembra en la implantación, producción y sobrevivencia estival de pasturas sembradas* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Manrique, D. L. (2018). *Número de hojas verdes por macollo como criterio para determinar el momento óptimo de cosecha en pasturas de Brachiaria decumbens del piedemonte Araucano* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Marousky, F. J., & West, S. H. (1988). Germination of bahiagrass in response to temperature and scarification. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113(6), 845-849.
- Martín, R., Dell'Amico, J. M., & Cañizares, P. J. (2018). Respuesta del pasto cayman (*Brachiaria híbrido* cv. Ciat Bro2/1752) al déficit hídrico. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 113-118.
- Martinez, E. J. (2001). *Herencia de la reproducción apomíctica e identificación de marcadores moleculares ligados al carácter en Paspalum notatum* [Disertación doctoral]. Universidad de Buenos Aires.
- Martínez, M., & Pereira, M. (2011). *Pautas para el manejo de campo natural*. MGAP; IPA; BID. <https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/filemanager/source/2021/Librillos/pdf/Pautas%20para%20el%20manejo%20del%20campo%20natural.pdf>
- Matthew, C., Assuero, S. G., Black, C. K., & Sackville Hamilton, N. R. (2015). Tiller dynamics of grazed swards. En G., Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, P. C. F. Carvalho & C. Nabinger (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology* (pp. 127-150). CABI. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7146/1/G-Lemaire-J-Hodgson-A-Moraes-P-C-F-Cavalho-C-Nabinger-Grassland-Ecophysiology-and-Grazing-Ecology.pdf>
- Medrano, H., & Flexas, J. (2000). Fijación del dióxido de carbono y biosíntesis de fotoasimilados. En J. Azcón Bieto & M. Talón (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (pp. 173-185). Universidad de Barcelona.

- Méndez Soto, C. (2015). *Edad fisiológica de los cultivos: El uso de grados día*. Ministerio de Ganadería de Costa Rica.  
<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/av-1816.pdf>
- Mérola, R., Calistro, E., Do Canto, J., & Reyno, R. (2018). Respuesta a la fertilización nitrogenada en *Paspalum notatum* INIA Sepé. En Asociación Uruguaya de Producción Animal (Ed.), *VI Congreso Aupa - Asociación Uruguaya De Producción Animal* (p. 80).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9008/1/AUPA-2018-COMPLETO1.pdf>
- Millot, J. C. (1969). Mejoramiento de gramíneas forrajeras. En Plan Agropecuario (Ed.), *Reunión Técnica: Producción y conservación de pasturas y forrajes* (pp. 101-110). MGAP.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5923/1/UY.CIAAB.MISCELANEA.1969.n.7.pdf>
- Millot, J. C., Risso, D., & Methol, R. (1987). *Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay*. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2021, 26 de mayo). *Actualización de Cobertura y Uso del Suelo del Uruguay al año 2020/2021*.  
<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/actualizacion-cobertura-uso-del-suelo-del-uruguay-ano-20202021>
- Moliterno, E. (1995). Aspectos relevantes de la implantación de Pasturas. *Revista Plan Agropecuario*, (69), 16-23.  
[https://planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R69/R\\_69\\_16.pdf](https://planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R69/R_69_16.pdf)
- Nabinger, C., & Dall'Agnol, M. (2019). *Guia para Reconhecimento de Espécie dos Campos Sulinos*. IBAMA.  
<https://www.ibama.gov.br/component/phocadownload/file/7819-guia-para-reconhecimento-de-especie-dos-campos-sulinos>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1997). *Zonificación agro-ecológica: Guía general*.  
[https://www.faoswalim.org/resources/Land/Land\\_resource\\_Mgt/pdfdocs/aezs.pdf](https://www.faoswalim.org/resources/Land/Land_resource_Mgt/pdfdocs/aezs.pdf)
- Otegui, M. B., Pérez, M. A., & Maia, M. D. S. (2005). Efecto de la temperatura y la luz en la germinación de semillas de *Paspalum guenoarum*. *Revista Brasileira de Sementes*, 27(1), 190-194. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100024>
- Pakiding, W., & Hirata, M. (2001). Leaf appearance, death and detachment in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands*, 35(2), 114-123.
- Palamar, N. G., Basso, C., Pacheco Duarte, L., Zubieta, A., de Faccio Carvalho, P. C., & da Silva, J. C. (2020). Morfogênese de *Paspalum notatum* e *Andropogon lateralis* em pasto nativo. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 10(2).  
<https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/100816>

- Pallarés, O. R., Berretta, E. J., & Maraschin, G. E. (2005). The South American campos ecosystem. En J. M. Suttie, S. G. Reynolds & C. Batello (Eds.), *Grasslands of the World* (pp. 171-219). FAO.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6168/1/The-South-American-Berretta-2005.pdf>
- Parodi, L. R. (1937). Contribución al estudio de las Gramíneas del género "Paspalum" de la flora uruguaya. *Revista del museo del Plata*, (1), 211-250.
- Pavelacki, D. P. (2016). *Produção e qualidade de sementes de Paspalum notatum acesso TB42* [Trabajo final de grado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Perrachón, J. (2015). *Instalación y manejo de praderas*. IPA.  
<https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/librillos/31/files/assets/common/downloads/publication.pdf>
- Pita Villamil, J. M., & Pérez García, F. (1998). *Germinación de semillas*. MAPA.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1998\\_2090.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf)
- Pizarro, E. (2005). Potencial forrajero del género Paspalum. *Pasturas Tropicales*, 22(1), 38-46. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_CIAT/Vol\\_22\\_01\\_08.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/Vol_22_01_08.pdf)
- Prólogo. (2017). En P. Speranza (Ed.), *Utilización y domesticación de gramíneas forrajeras del género Paspalum en Uruguay* (pp. 7-8). INIA.
- Quarin, C. L., Espinoza, F., Martínez, E. J., Pessino, S. C., & Bovo, O. A. (2001). A rise of ploidy level induces the expression of apomixis in *Paspalum notatum*. *Sexual Plant Reproduction*, 13(5), 243-249. <https://doi.org/10.1007/s004970100070>
- Quero Carrillo, A. R., Enríquez Quiroz, J. F., Morales Nieto, C. R., & Miranda Jiménez, L. (2010). Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales: Revisión. *Técnica Pecuaria en México*, 48(1), 25-42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61312094003>
- Ramos-Hernández, E., & Martínez Sánchez, J. L. (2020). Almacenes de biomasa y carbono aéreo y radicular en pastizales de *Urochloa decumbens* y *Paspalum notatum* (Poaceae) en el sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 440-451. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.37395>
- Reyno, R., Do Canto, J., Mérola, R., Silveira, F., Viana, A., & Sosa, M. (2014). Mejoramiento Genético de leguminosas y gramíneas forrajeras: Pasado, presente y futuro. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos de Basalto* (pp. 29- 43).  
<http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/Basalto%202011%20y%202012%20de%20diciembre%202014/Reyno%20Mejoramiento%20Gen%C3%A9tico%20de%20leguminosas%20y%20gramineas.pdf>
- Reyno, R., Narancio, R., Speranza, P., Do Canto, J., López-Carro, B., Hernández, P., Burgueño, J., Real, D., & Dalla Rizza, M. (2012). Molecular and cytogenetic characterization of a collection of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) native to Uruguay. *Genetic resources and crop evolution*, 59(8), 1823-1832.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10722-012-9806-x>
- Ricaurte, J., Rao, I. M., & Menjivar, J. C. (2007). Estrategias de enraizamiento de genotipos Brachiaria en suelos ácidos y de baja fertilidad en Colombia. *Acta Agronómica*, 56(3), 107-115.

- Rodríguez Romero, M. P. (2010). *Estudios de factores genéticos y epigenéticos sobre la expresión de la apomixis en Paspalum notatum* [Disertación doctoral]. Universidad Nacional de Rosario.
- Romaniuk Colman, E., & Tafernaberry Panissa, A. I. (2018). *Opciones de suplementación para un adecuado crecimiento post-destete de corderos pastoreando Paspalum notatum INIA Sepé* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Romero, R. (1996). Relaciones agua planta en el sistema suelo-planta-atmósfera. En A. Moron, D. Martino & J. Sawchik (Eds.), *Manejo y fertilidad de suelos* (pp. 115-124). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807173934.pdf>
- Rosengurtt, B. (1943). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: Tercera contribución*. Barreiro.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9662/1/3%C2%B0%20CONTRIBUCI%C3%93N%20-%20COMPLETA.pdf>
- Rosengurtt, B. (1946). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: Quinta contribución*. Rosgal. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/9664>
- Rosengurtt, B., Arrillaga de Maffei, B. R., & Izaguirre, P. (1970). *Gramíneas uruguayas*. Universidad de la República
- Rosengurtt, B., Arrillaga de Maffei, B. R., & Sierra de Soriano, B. (1960). Caracteres vegetativos y forrajeros de 175 gramíneas del Uruguay. *Revista de la Facultad de Agronomía*, (47), 1-168.
- Saldanha, S., Viega, L., & Speranza, P. (2017). Comparación productiva de tres especies de Paspalum en Uruguay. En P. R. Speranza (Ed.), *Utilización y domesticación de gramíneas forrajeras del género Paspalum en Uruguay* (pp. 11-15). INIA.
- Santiñaque, F. (1979). *Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Santos, E. R., Dubeux J. C., Jr., Mackowiak, C., Blount, A. R., Jaramillo, D. M., Garcia, L., & Ruiz-Moreno, M. (2019). Sward responses of bahiagrass cultivars under no nitrogen fertilization. *Crop Science*, 59(6), 2893-2902.
- Sawchik, J. (1999). Agua en el suelo. En A. Morón, D. Martino, & J. Sawchik (Eds.), *Manejo y fertilidad de suelos* (pp. 107-113). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8464/1/111219240807135249-Sawchik-p.107-113.pdf>
- Sawchik, J. (2000). Algunos conceptos básicos para el manejo del riego. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de Cultivos de Verano: Tecnología de producción de cultivos y pasturas bajo riego* (pp. 1-5).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12279/1/UY.INIA.SAD.2000.n.27.p.1-6-Sawchik.pdf>
- Sevrini, M., & Zanoniani, M. (2010). *Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de Bromus auleticus trinus en campo natural* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

- Suertegaray, D. M. A., & Pires da Silva, L. A. (2009). Tchê Pampa: História da natureza gaúcha. En V. P. De Patta Pillar, S. C. Müller, Z. M. de Souza Castilhos, & A. V. Ávila Jacques (Eds.), *Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade* (pp. 42-62). Ministério do Meio Ambiente Brasília.  
[https://multimedia.ufrgs.br/conteudo/labgeo-ecologia/Arquivos/Publicacoes/Livros\\_ou\\_capitulos/2009/Pillar\\_et\\_al\\_2009\\_Campos\\_Sulinos.pdf](https://multimedia.ufrgs.br/conteudo/labgeo-ecologia/Arquivos/Publicacoes/Livros_ou_capitulos/2009/Pillar_et_al_2009_Campos_Sulinos.pdf)
- Thomas, D., & da Rocha, C. M. C. (1984). Manejo de pasturas y evaluación de la producción animal. En C. Lascano & E. Pizarro (Eds.), *Evaluación de pasturas con animales: Alternativas metodológicas: Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú* (pp. 43-59). CIAT.
- Unruh, J. B., Gaussoin, R. E., & Wiest, S. C. (1996). Basal growth temperatures and growth rate constants of warm-season turfgrass species. *Crop Science*, 36(4), 997-999. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X0036000400030x>
- Vendramini, J. M., Sollenberger, L. E., Blount, A. R., Aguiar, A. D., Galzerano, L., Valente, A., Alves, E., & Custodio, L. (2013). Bahiagrass Cultivar Response to Grazing Frequency with Limited Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal*, 105(4), 938-944. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0404>
- Villaseca, S. (1990). La temperatura del suelo. *Agricultura técnica*, 50(2), 155-160. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/35216>
- Wallau, M., Vendramini, J., Dubeux, J., & Blount, A. (2019). Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flueggé): Overview and Pasture Management. *EDIS 2019*, (4), 1-10. <https://doi.org/10.32473/edis-ag342-2019>
- West, S. H. (1992). Reducing dormancy in Pensacola bahiagrass. *Journal of Seed Technology*, 16(1/2), 1-8. <https://www.jstor.org/stable/23432783>
- Wilson, J. R., Hill, K., Cameron, D. M., & Shelton, H. M. (1990). The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. *Tropical Grasslands*, (24), 24-28.
- Yoon, S. Y., Murayama, S., & Kosaka, S. I. (1985). Studies on temperature responses of grasses: Comparison of germination of temperate and tropical grasses in various temperature conditions. *Journal of the Yamagata Agriculture and Forestry Society*, (42), 21-25.
- Zuloaga, F. O., Pensiero, J., & Morrone, O. (2004). Systematics of Paspalum Group Notata (Poaceae-Panicoideae-Paniceae). *Systematic Botany Monographs*, (71), 1-75. <https://doi.org/10.2307/25027926>