

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**Especies vegetales con potencial forrajero de las islas del Delta superior del río Paraná. Caracterización química y biológica en rumen *in sacco* e *in vitro***

**Tesis**

presentada para optar al título de Doctor en Ciencias Veterinarias por:

Médico Veterinario - Magister en Cs. Veterinarias. Roberto María Figallo

Directora de Tesis: Profesora Dra. Ana María Smacchia

Miembros del jurado:

Dr. Alcides Slanac  
Dr. Alfredo Rigalli  
Dr. Gustavo Giménez

Cátedra de Química Biológica. Facultad de Ciencias Veterinarias.  
Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario.

**AÑO 2024**

## Resumen

El Delta del río Paraná es una zona de islas sedimentarias, que conforman un mosaico de humedales integrado en una extensa planicie inundable con una superficie aproximada de 17.000 km<sup>2</sup>, con una diversidad y riqueza de fauna y flora superior a la de las zonas adyacentes. La intensificación agrícola ha desplazado la ganadera desde la región pampeana hacia otras zonas menos explotadas, entre ellas las islas del Delta del Paraná. El objetivo de este trabajo fue identificar especies vegetales nativas o naturalizadas con potencial forrajero de las islas del Delta superior del río Paraná, y determinar su caracterización química y biológica en el rumen *in sacco* e *in vitro*. Las especies vegetales identificadas y seleccionadas fueron las Herbáceas: *Hymenachne pernambuscensis* (C1) *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC), *Polygonum acuminatum* (PA) y *Vigna luteola* (VL), las Arbóreas: *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH) y *Tessaria integrifolia* (TI), y las Arbustivas: *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA). Para cada una de las especies vegetales se presentan y discuten resultados de la composición química: MS, PB, FDA, FDN, Celulosa, Lignina y CNES, y de la caracterización biológica: degradación en el rumen *in sacco* y producción de gas en el rumen *in vitro*. La mayoría de las especies vegetales estudiadas presentaron una caracterización química y biológica que los ubica en el rango de forrajeras de buena calidad, resultando un interesante recurso para su utilización en la alimentación del ganado.

Palabras clave: especies forrajeras nativas, islas, Delta del río Paraná, composición química, proteína, rumen, *in vitro*, *in sacco*.

## Abstract

The Paraná River Delta is an area of sedimentary islands, which make up a mosaic of wetlands integrated into an extensive floodplain with an approximate surface area of 17,000 km<sup>2</sup>, with a diversity and richness of fauna and flora greater than that of adjacent areas. Agricultural intensification has displaced livestock farming from the Pampas region to other less exploited areas, including the islands of the Paraná Delta. The objective of this work was to identify plant species with forage potential native or naturalized from the islands of the upper Delta of the Paraná River, and determine their chemical and biological characterization in the rumen *in sacco* and *in vitro*. The plant species identified and selected were Herbaceous: *Hymenachne pernambuscensis* (C1) *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC), *Polygonum acuminatum* (PA) and *Vigna luteola* (VL), the Trees: *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH) and *Tessaria integrifolia* (TI), *Tessaria integrifolia* (TI), and the Shrubs: *Baccharis salicifolia* (BS) and *Lippia alba* (LA). For each of the plant species, results of the chemical composition are presented and discussed: DM, CP, FDA, NDF, Cellulose, Lignin and CNES, and the biological characterization: Degradation in the rumen *in sacco* and gas production in the rumen *in vitro*. Most of the plant species studied presented a chemical and biological characterization that places them in the range of good quality forage, resulting in an interesting resource for use in livestock feeding.

Keywords: native forage species, islands, Delta of Paraná river, chemical composition, protein, rumen, *in vitro*, *in sacco*.



## Acta N° 40 de Evaluación, Carrera de Doctorado en Ciencias Veterinarias

A las 10 horas del día veintiocho de junio de dos mil veinticuatro en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario, se reúne el Jurado designado por Resolución del CD N° 307/2023, integrado por el Dr Ing. Zoot. Gustavo Daniel Gimenez, Dr. Bioq. Alfredo Rigalli, Dr. MV Alcides Ludovico Slanac, en forma remota (según Resolución Rector N° 2809), para dictaminar sobre el Trabajo de Tesis del Doctorando MV Roberto María Figallo, DNI N° 16.149036, titulado, “**Especies vegetales con potencial forrajero de las islas del Delta superior del río Paraná. Caracterización química y biológica en rumen *in sacco* e *in vitro***”, realizado bajo la dirección de la Dra. MV. Ana María Smacchia, para acceder al título de Doctor en Ciencias Veterinarias de la UNR.

Visto el texto y oído la presentación del doctorando MV Roberto María Figallo, este jurado determina que por la labor ardua en el trabajo de campo y de laboratorio, y la claridad expuesta en la redacción y presentación de su tesis, así como por el interés por la caracterización del valor forrajero y la importancia de su investigación por aplicabilidad a la producción ganadera regional y preservación del medioambiente.

Por todo lo considerado, este Jurado considera a la Tesis APROBADA con una máxima calificación de diez (10, Sobresaliente)

Dr Ing. Zoot. Gustavo Daniel Gimenez,

DNI N° 21.096.501

Dra. Mariana Biscia  
Coordinadora de la  
Carrera de Doctorado

DNI N° 31.113.857

Dr. Javier Sarradell  
Director de la Carrera

DNI N° 22.337.143

## Agradecimientos

Agradezco a la Dra. Ana María Smacchia por haber aceptado dirigirme en esta tesis, por permitir desarrollar las actividades experimentales con los animales y la infraestructura disponible en el Laboratorio de Bioquímica del Rumen, por la claridad y creatividad desplegadas que ayudaron a salir del laberinto de esta tesis, por toda la paciencia dispensada.

Al Dr. Alejandro Pidello Profesor Titular de la Cátedra Química Biológica gracias por su continua predisposición, por incentivar permanentemente a que demos lo mejor, a su sobredosis de creatividad. Por haberme permitido realizar actividades analíticas en el Laboratorio de Química Biológica y colaborar en su equipo de trabajo.

A la Dra. Elda B.R. Perotti por la permanente colaboración ofrecida y por la ayuda para lograr la obtención del subsidio externo que permitió solventar los gastos de parte de los resultados obtenidos en este proyecto.

También quiero agradecer a los demás compañeros de la Cátedra de Química Biológica, en especial a Hugo Faienza y Liliana Menendez por haber compartido mucho más que sus saberes. A mis actuales compañeros Tamara Coletti, Eugenia Zerbatto y Pablo Ronzano, por el apoyo en las tareas docentes, sobretodo durante la pandemia y la etapa final de este trabajo. A los más jóvenes, colaboradores y becarios por la ayuda en actividades no menos importantes.

Al Sr Jorge Racca por los momentos compartidos durante la etapa experimental y por el cuidado otorgado a los animales.

A otros compañeros y amigos de este gran espacio que colaboraron desinteresadamente en la etapa inicial de este trabajo. Al Profesor Sergio Mellano, docente a cargo de la Sección Arboricultura de la Escuela Agrotécnica Libertador General San Martín de la UNR por facilitar material bibliográfico que fue muy útil y preciso para la identificación de las especies vegetales. Al Mg - Ing. Renato Biolatto e integrantes de la Cátedra de Agrostología de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR por su colaboración en la identificación de las especies vegetales pertenecientes a la familia *Poaceae*.

Agradezco al Profesor Med. Vet. Juan Carlos Hrdalo de la Cátedra de Cirugía de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR y a su equipo de trabajo por preparar a los animales experimentales.

A Verónica y Hernán por su hospitalidad en su parador isleño, y por permitir todas las veces que fuera necesario la extracción de material para la identificación de las especies vegetales.

A las ovejas que participaron de este trabajo, les pido perdón por las molestias ocasionadas.

A los miembros del jurado por aceptar la ardua tarea de leer esta tesis y por los aportes y sugerencias que fueron de gran utilidad para mejorar dicho manuscrito.

Por los diferentes aportes que hicieron posible concretar este trabajo a:

- Secretaría de Posgrado de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR.
- Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario.
- Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario (CIUNR).
- Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Rosario.
- Agencia Santafesina de Ciencia Tecnología e Innovación.

A Luly (Adriana).  
A Catalina y Mateo.

## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....	4
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	68
4. RESULTADOS.....	78
5. DISCUSIÓN.....	114
6. CONCLUSIONES.....	133
7. GLOSARIO DE TÉRMINOS BOTÁNICOS.....	137
8. BIBLIOGRAFÍA.....	139

ANEXOS

## Abreviaturas empleadas

<b>CNES</b>	Carbohidratos no estructurales solubles
<b>DIMS</b>	Digestibilidad de la materia seca
<b>DR</b>	Degradabilidad ruminal
<b>DRISMS</b>	Degradabilidad ruminal <i>in sacco</i> de la materia seca
<b>EE</b>	Extracto etéreo
<b>EV</b>	Equivalente vaca
<b>FC</b>	Fibra cruda
<b>FDA</b>	Fibra detergente ácido
<b>FDN</b>	Fibra detergente neutro
<b>LR</b>	Líquido ruminal
<b>MS</b>	Materia seca
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Nitrógeno amoniacal
<b>NEA</b>	Noreste argentino
<b>NIRS</b>	Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano
<b>NNP</b>	Nitrógeno no proteico
<b>NOA</b>	Noroeste argentino
<b>NP</b>	Nitrógeno proteico
<b>ORP</b>	Potencial de óxido reducción
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>ZG</b>	Zona ganadera

# **1. INTRODUCCIÓN**

El Delta del río Paraná es una extensa zona de islas sedimentarias formada por la dinámica hidrológica del río Paraná, el cual con 4.000 km de recorrido y una cuenca de casi 3 millones de km<sup>2</sup>, se ubica entre los diez ríos más grandes del planeta. Se denomina Delta del río Paraná al sector que en su curso inferior se abre en brazos naturales, islas, islotes y bancos, que se extiende en la porción inferior de la cuenca de este río a lo largo de aproximadamente 300 km, con una superficie aproximada de un millón de hectáreas, y que se ubica entre las islas que están frente a la Ciudad de Diamante en la Provincia de Entre Ríos y las islas del Departamento San Fernando en la Provincia de Buenos Aires. La región está formada por una planicie inundable con una superficie aproximada de 17.000 km<sup>2</sup>, y se la puede definir como un extenso mosaico de humedales, cuya heterogeneidad se debe fundamentalmente a características propias como son los patrones de paisaje y el régimen hidrológico. A su vez el Delta se subdivide en superior, medio e inferior. El Delta superior es el sector comprendido desde la Ciudad de Diamante, Provincia de Entre Ríos, hasta la ciudad de Villa Constitución, Provincia de Santa Fe. El Delta medio termina en la bifurcación del río Paraná en los ríos Paraná Guazú y Paraná de las Palmas. El Delta inferior es el sector final que se extiende desde la bifurcación citada anteriormente, hasta el frente de avance sobre el estuario del río de la Plata, a la altura de la ciudad de San Fernando.

En el delta del río Paraná se encuentra una mayor diversidad y riqueza de animales y vegetales que en las zonas geográficas adyacentes, sin embargo, la gran mayoría no son elementos exclusivos o propios (especies endémicas) de la región. Desde el punto de vista de su flora, esto se debe a la génesis reciente del paisaje, la ausencia de barreras geográficas para la dispersión y a la presencia de los corredores fluviales del río Paraná y el río Uruguay que han permitido la penetración de especies de origen subtropical, chaqueño y paranaense, coexistiendo con las provenientes de las llanuras templadas: pampeana y mesopotámica. Se conforma así un espectro de distintas comunidades, que son propias del Delta, donde predominan los ecosistemas de humedal debido a la importancia de las inundaciones.

Si bien la vegetación del Delta del Paraná ha sido objeto de interés, los estudios de la región completa son escasos, debido a las dificultades de acceso y la gran extensión del área. La identificación y descripción más completa de las comunidades vegetales encontradas en las islas del Delta fue la realizada por Burkart (1957), en la cual determinó

que su flora abarca alrededor de 700 especies en 102 familias, y las que tienen mayor representación son las pertenecientes a las familias *Poaceae* (Gramíneas), *Asteraceae* (Compuestas) y *Fabaceae* (Leguminosas).

La abundante diversidad biológica presente en el del Delta del río Paraná, asociada a la ocurrencia de eventos periódicos de inundación y sequía, se encuentra afectada por la intervención humana. Las principales actividades que se desarrollan en toda la región del Delta son ganadería extensiva, pesca (comercial y de subsistencia), caza, apicultura, extracción de recursos (pajas para techado, leña, arenas, arcillas) y en menor medida: producción de mimbre y formio, y fruticultura. En el caso de la ganadería en las islas su producción se sostiene en base a la disponibilidad de forraje proveniente de especies vegetales nativas de calidad, sin embargo, la presencia de un número inadecuado de animales, tanto en defecto como en exceso, pastando en las islas no solo pone en riesgo la capacidad de regeneración de las especies vegetales utilizadas como fuente de alimento para el ganado, sino también la pérdida en la capacidad de retener los excedentes hídricos con consecuencias inmediatas sobre la calidad del agua y la estabilidad de las islas frente a los procesos de erosión. Además, en los últimos años, la intensificación agrícola en la Pampa Húmeda desplazó la actividad ganadera hacia otras regiones del país, entre ellas el Delta del Paraná, y la apertura del corredor vial Rosario – Victoria hizo mucho más accesible la región.

Desde el punto de vista productivo, las islas ofrecen recursos naturales de alta calidad y en cantidad (pasturas y agua), lo que hace posible desarrollar allí, el ciclo completo de producción (cría, recría y engorde). Su aislamiento natural y su condición climática atemperada por efecto del agua, permiten producir carnes de calidad diferencial respecto de las de tierra firme.

Las especies vegetales forrajeras presentan una gran variabilidad en sus componentes y digestibilidad, y por ende en su valor nutritivo, lo que se debe a factores de la propia planta (especie, estado fenológico, etc.) y ambientales, por ello, es de importancia realizar una evaluación alimenticia, especialmente en sistemas productivos donde la base de la alimentación de los animales es predominantemente pastoril. Resulta de interés conocer los recursos forrajeros nativos y evaluar su calidad nutritiva con el fin de hacer una utilización

más racional, optimizar la producción animal y mejorar la eficiencia económica del sistema productivo.

#### OBJETIVO GENERAL

Identificar y caracterizar especies vegetales provenientes de islas del Delta superior del río Paraná con potencial forrajero.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar especies vegetales nativas y/o naturalizadas con potencial forrajero provenientes de islas del Delta superior del río Paraná.

Caracterizar químicamente las especies vegetales identificadas a través de la determinación de la concentración de la materia seca, proteína, componentes de la fibra (Fibra Detergente Acida, Fibra Detergente Neutra, celulosa y lignina) y carbohidratos no estructurales solubles.

Hacer una caracterización biológica en el rumen *in sacco* e *in vitro* de las especies vegetales.

Medir la cinética de degradación en el rumen *in sacco* y las correspondientes fracciones soluble, lentamente y potencialmente degradables y la tasa de degradación de las especies vegetales identificadas.

Caracterizar y comparar el efecto de especies vegetales del Delta del Paraná sobre la actividad microbiana ruminal medida a través de la producción de gas en el rumen *in vitro*.

Comparar el efecto de especies vegetales del Delta del Paraná sobre factores fisicoquímicos en el líquido ruminal *in vitro*: pH, Potencial de Óxido Reducción (ORP) y concentración de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

## **2. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA**

2. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. <b>Delta del Paraná:</b> .....	6
2.1.1. Características.....	6
2.1.2. Vegetación del Delta.....	9
2.1.3. Actividades productivas del Delta.....	14
2.1.4. La actividad ganadera en las islas y su evolución reciente.....	15
2.1.5. Especies forrajeras de las islas.....	18
2.2. <b>Evaluación / Valoración de los forrajes</b> .....	20
2.3. <b>Caracterización química de especies forrajeras de las islas. Antecedentes</b> .....	21
2.3.1. Materia Seca (MS).....	21
2.3.2. Proteína Bruta (PB).....	24
2.3.3. Sistema Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Acida (FDA).....	26
2.3.3.1. Fibra Detergente Neutra (FDN).....	26
2.3.3.2. Fibra Detergente Acida (FDA).....	28
2.4. <b>Caracterización biológica de especies forrajeras de las islas. Antecedentes</b> .....	29
2.4.1. Metodologías propuestas en este estudio.....	29
2.4.2. En el rumen <i>in sacco</i> .....	30
2.4.3. En el rumen <i>in vitro</i> .....	34
2.5. <b>Descripción de las especies vegetales objeto de estudio</b> .....	37
2.5.1. Herbáceas.....	38
2.5.1.1. <i>Hymenachne pernambucensis</i> (Spreng.) Zuloaga (Carrizo) (C1).....	38
2.5.1.2. <i>Panicum elephantipes</i> Nees ex Trin. (Canutillo) (C2).....	40
2.5.1.3. <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc. (Pasto de laguna) (C3).....	42
2.5.1.4. <i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth. (Aguapé, Camalote). (EA).....	44
2.5.1.5. <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) (Camalote, Jacinto de agua). (EC).....	46
2.5.1.6. <i>Polygonum acuminatum</i> Kunth. (Catay grande). (PA).....	48
2.5.1.7. <i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth. (Porotillo). (VL).....	50

2.5.2. Arbóreas / arbustivas.....	52
2.5.2.1. <i>Vachellia caven</i> (Molina) Molina (Espinillo). (AC).....	52
2.5.2.2. <i>Gleditsia triacanthos</i> L. (Acacia Negra). (GT).....	55
2.5.2.3. <i>Salix humboldtiana</i> Willd. (Sauce criollo). (SH).....	57
2.5.2.4. <i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav. (Aliso de río) (TI).....	59
2.5.2.5. <i>Baccharis salicifolia</i> Nutt. (Chilca). (BS).....	62
2.5.2.6. <i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson. (Salvia Morada) (LA).....	64

## **2.1. Delta del río Paraná**

### **2.1.1. Características**

El río Paraná es uno de los diez sistemas fluviales más grandes del planeta, en América del Sur es considerado el segundo en importancia por su extensión, tamaño de la cuenca y caudal (Malvarez, 1997). Nace en territorio brasilero a 15° 30' S y termina en las cercanías de la ciudad de Buenos Aires, Argentina a 34° 29' S. Con aproximadamente 4.000 km de recorrido, ocupa una cuenca de 2,3 millones de km<sup>2</sup>, con un caudal medio de 18.000 m<sup>3</sup> / s y una descarga de 200 millones de t / año de sedimentos (Latrubesse, 2008; Ramonell, 2021). Se lo divide de norte a sur, de acuerdo a sus características geomorfológicas e hidrológicas, en cuatro partes: Alto Paraná, Paraná Superior, Paraná Medio y el Delta del Paraná (Bonfils, 1962).

La región del Delta del río Paraná se extiende en la porción inferior de la cuenca de este río a lo largo de aproximadamente 300 km, desde los 32° 05' S de latitud, al sur de la ciudad de Diamante, provincia de Entre Ríos, y su desembocadura en el río de la Plata en la localidad de San Fernando, provincia de Buenos Aires (Burkart, 1957) (Figura 1.1.). La región está formada por una planicie inundable con una superficie aproximada de 17.000 km<sup>2</sup> (Bonfils, 1962), definida por Malvarez (1997) como un extenso mosaico de humedales, cuya heterogeneidad se debe fundamentalmente a características propias como son los patrones de paisaje y el régimen hidrológico.

A su vez dicho Delta se subdivide en superior, medio e inferior (Burkart, 1957). El Delta superior es el sector comprendido desde la Ciudad de Diamante, Provincia de Entre Ríos, donde se hallan las primeras islas deltaicas, hasta la ciudad de Villa Constitución, Provincia de Santa Fe, lugar donde se abre un gran brazo del cauce principal del río Paraná, el río Paraná Pavón. El Delta medio es la zona de islas que comienza en Villa Constitución, Provincia de Santa Fe y termina en la bifurcación del río Paraná en los ríos Paraná Guazú y Paraná de las Palmas, en la línea imaginaria entre las localidades de Ibicuy, Provincia de Entre Ríos, y Baradero, Provincia de Buenos Aires. El Delta inferior es el sector final que se extiende desde la bifurcación citada anteriormente, hasta el frente de avance sobre el estuario del río de la Plata, a la altura de la ciudad de San Fernando. Las dos primeras partes, Delta superior y medio, constituyen las regiones deltaicas más

antiguas y el Delta inferior es considerada el frente de avance del Delta o Delta propiamente dicho (Burkart, 1957).

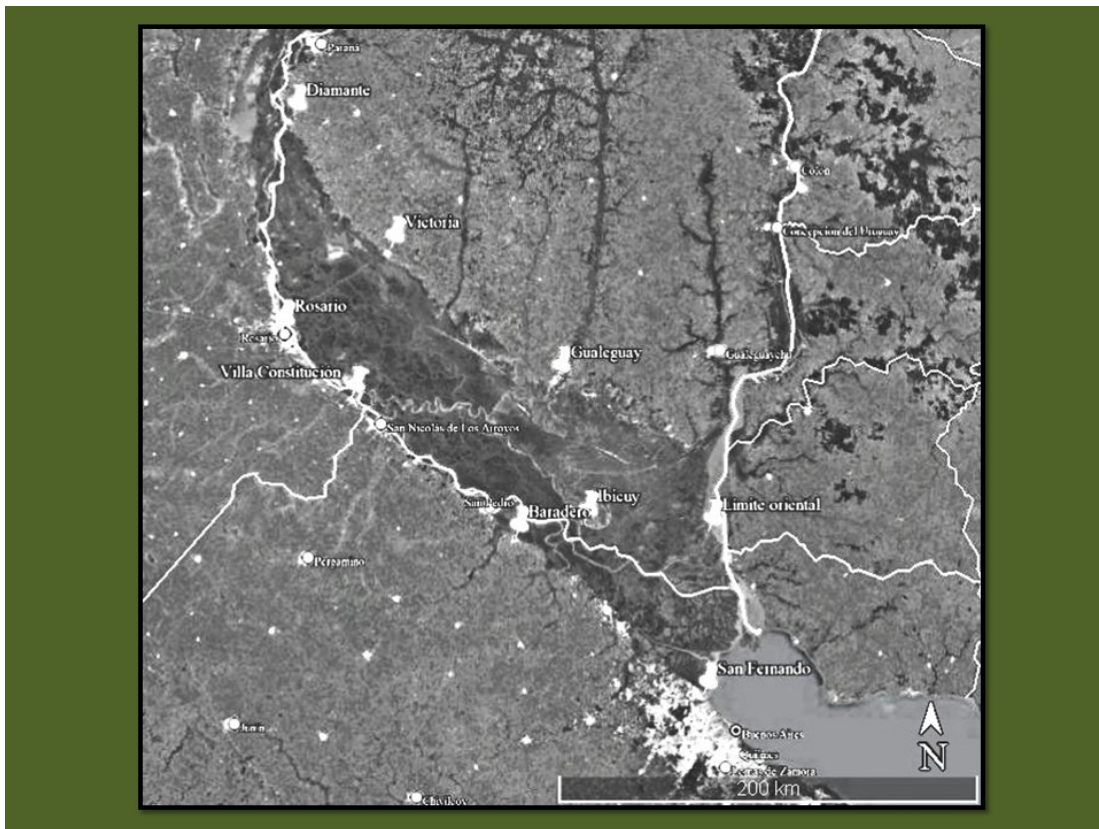


Figura 1.1.: Imagen Satelital Landsat - Copernicus que muestra el Delta del río Paraná en la República Argentina y las principales localidades que lo limitan. Fuente: Imagen obtenida y adaptada de Google Earth Pro, 2022.

El clima del Delta se caracteriza por ser de tipo templado con precipitaciones de alrededor de 1.000 mm / año distribuidas durante todo el año, con temperaturas medias anuales entre 16,7 y 18 ° C y la del mes más cálido superior a 22 ° C (Bo, 2006; Ramonell, 2021). Además, debido a la gran masa de agua que alberga el río se llegan a modificar los principales parámetros climáticos respecto de las zonas limítrofes del Delta, como por ejemplo son la humedad relativa media y la temperatura mínima media en la planicie que es superior a la del entorno en casi 2 ° C (Malvarez, 1997).

La geomorfología de la región del Delta del Paraná, cuya impronta se puede observar en los distintos elementos del paisaje, es el producto del efecto de procesos tectónicos y cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario reciente, que originaron cambios en

los caudales y determinaron una morfología compleja en la llanura aluvial, y también por los procesos de ingresión y regresión marinos ocurridos durante el Holoceno (20.000 años antes del presente: AP) (Iriondo, 1988).

La hidrología de la región presenta un patrón complejo que depende de las precipitaciones locales (1.000 mm / año) y del aporte fluvial de los grandes ríos. La mayor parte de la región está influenciada por el régimen hidrológico del río Paraná. Sin embargo, inciden también, y de manera importante en la porción final de la región, los regímenes de inundación del río Gualeguay (en Delta medio e inferior) y del río Uruguay. También en esta última adquieren mayor importancia los efectos de las mareas que afectan las aguas del río de la Plata, en forma diaria, y los vientos del sector Sur Este (sudestadas). Estos suelen producir ascensos importantes del nivel de las aguas, con influencia hasta la ciudad de Rosario en el caso de las primeras y hasta Zárate, en el de las segundas (Kandus, 1997; Morandeira, 2014,).

El caudal del río Paraná depende principalmente de las precipitaciones de las regiones tropicales y subtropicales de su cuenca, con un período de ascenso a partir del mes de setiembre, culminando con un máximo en el mes de marzo. Luego comienza a descender hasta el mes de agosto, con algunos repuntes excepcionales, uno en junio y otro en octubre. Este régimen presenta importantes variaciones entre años, pudiendo ocurrir crecientes extraordinarias que cubren enteramente la planicie de inundación, eventos que se pueden relacionar con fenómenos climáticos naturales como El Niño / Oscilación del Sur (ENOS), aunque también se los asocia al manejo hidráulico que se realiza en las altas cuencas (Morandeira, 2014, Ramonell, 2021).

Esta región tiene una gran diversidad y riqueza de especies de flora y fauna, aunque la gran mayoría no son elementos exclusivos o propios (especies endémicas) del Delta. Desde el punto de vista de su flora, esto se debe a la génesis reciente del paisaje, factor al que podría agregarse la ausencia de barreras geográficas para la dispersión y a la presencia de los corredores fluviales de los ríos Paraná y Uruguay, que han permitido la penetración de especies de origen subtropical, chaqueño y paranaense, coexistiendo con las provenientes de las llanuras templadas vecinas: pampeana y mesopotámica (Burkart, 1957; Malvarez, 1997). Se conforma así un espectro de distintas comunidades, que son propias del Delta,

donde predominan los ecosistemas de humedal debido a la importancia de las inundaciones de los grandes ríos.

### 2.1.2. Vegetación del Delta

La vegetación del Delta del Paraná ha sido objeto de interés para la comunidad científica, sin embargo, los estudios de la región completa son escasos, debido a las dificultades de acceso y la gran extensión del área.

La identificación y descripción más completa de las comunidades vegetales encontradas en las islas del Delta fue realizada por Burkart (1957) en base a bibliografía existente como los trabajos de Morello (1949) y sus propios relevamientos de campo, confeccionando un detallado cuadro de las comunidades presentes. Como resultado determinó que la flora presente en el Delta comprende alrededor de 700 especies en 102 familias; las que representaron mayor porcentaje fueron las pertenecientes a las familias *Poaceae* (14,3 %), *Asteraceae* (14,3%) y *Fabaceae* (6,4 %), seguidas por *Cyperaceae* (5,7 %), Pteridófitas (3,7 %), *Solanaceae* (3,1 %), y en menor proporción (entre 1,4 y 2,8 % cada una), las integrantes de las familias *Polygonaceae*, *Brassicaceae*, *Amaranthaceae*, *Euforbiaceae*, *Malvaceae*, *Onagraceae*, *Apiaceae*, *Convolvulaceae*, *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae* y *Rubiaceae*.

Burkart (1957) además, en base al predominio de las especies vegetales determinó 35 comunidades diferentes, lo que constituyó la primera aproximación a la caracterización completa de la región. Como ejemplos de comunidades de especies herbáceas pueden citarse: el “Camalotal”, que crece flotando o arraigado al borde de los cursos de agua con predominio de *Eichhorna crassipes*, *Eichhornia azurea* y otras *Pontederiaceae* y el “Cañaverl flotante” o “Canutillar”, que crece en los ríos, riachos, arroyos y madrejones, con predominio de *Panicum elephantipes*, *Paspalum repens* y *Echinochloa polyslachya*. Ejemplos de Comunidades de especies arbóreas son el “Sauzal”, que se desarrolla en bancos, islas nuevas y albardones en los que predomina *Salix humboldtiana* (sauce criollo), el “Alisal”, en bancos e islas nuevas con predominio de *Tessaria intengrifolia* (aliso de río) y el “Espinillar”, en áreas altas y medias lomas en los que predomina *Vachellia caven* (espinillo).

Relevamientos destacados de las especies vegetales, pero en zonas más restringidas, fueron realizados en la región del Delta superior por Franceschi y Lewis (1979), Lewis y Franceschi (1979), Franceschi *et al.* (1985), Zambiasio (2019), en el Delta medio por Morandeira (2014) y Kaufman (2016) y en el Delta inferior por Kandus (1997), Rossi y De Magistris (2014) y Bazylenko *et al.* (2022).

Otro trabajo relacionado con la vegetación de todo el Delta fue el realizado por Malvarez (1997), en el que se tuvo en cuenta los patrones de paisaje, su interacción con el régimen hidrológico y tipo de vegetación predominante (fisonomía, formas de vida y principales especies vegetales presentes), determinando zonas ecológicas de toda la región y como resultado se determinaron las siguientes Unidades de paisaje de la Región del Delta del Paraná, que también se presentan en la figura 1.2.:

- A. Bosques, praderas y lagunas de llanura de meandros.
- B. Isletas de praderas de albardones bajos.
- C. C1. Praderas de cordones y depresiones; C2. Praderas con isletas de bosque de cordones y depresiones; C3. Bosques, praderas y arroyos de cordones y depresiones.
- D. Praderas de antigua llanura de mareas.
- E. Bosques y praderas de las islas de cauce y fajas de meandros del río Paraná.
- F. Praderas y sabanas de la antigua llanura litoral.
- G. Arbustales de antiguos deltas.
- H. Praderas de la isla de Ibicuy.
- I. Pajonales y bosques del Bajo Delta.

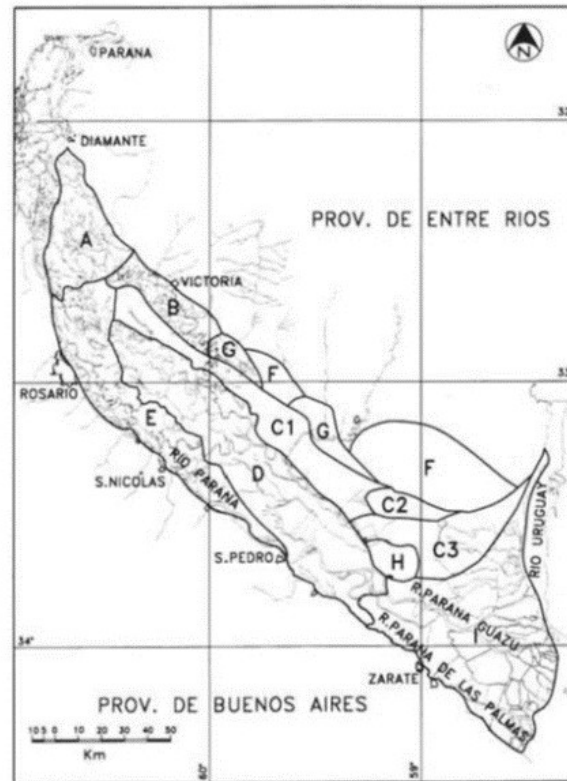


Figura 1.2.: Unidades de paisaje de la Región del Delta del Paraná (Fuente: Malvarez, 1997).

Malvarez (1997) definió la Unidad E, donde se radica este trabajo, como una unidad compleja desde el punto de vista del patrón de paisaje, originada por procesos recientes de sedimentación y erosión del río y sus principales canales de distribución en la planicie de inundación; su extensión equivale al 12% de la región. El cauce del río Paraná presenta un diseño típicamente trenzado, con divisiones dentro del mismo en varios brazos que encierran bancos e islas (Iriondo, 1993).

Una característica saliente es el dinamismo que presentan los procesos geomórficos, lo que implica un cambio permanente en los elementos, tanto en la forma como en el funcionamiento. El patrón se conforma por secuencias de altos, o albardones, y depresiones. Sobre estas secuencias se desarrolla un gradiente con zonas inundables de forma temporaria a permanente y lagunas en las partes más deprimidas. Los altos pueden ser resultado de los depósitos de sedimentos fluviales en los bancos e islas, o constituir fajas de meandro. Las porciones deprimidas, a su vez, son resultado de depresiones entre fajas sucesivas o entre bancos adosados progresivamente. En este último caso pueden generarse lagunas de una profundidad de hasta 6 m (Iriondo y Drago, 1972; Drago, 1989).

En los albardones con inundación temporaria, se presentan principalmente bosques de una sola especie dominados por *Salix humboldtiana* (sauce criollo), especie que al igual que *Tessaria integrifolia* (aliso de río) es típica de las etapas iniciales de colonización de bancos e islas. En posiciones de inundabilidad temporaria a semipermanente pueden encontrarse praderas de herbáceas graminiformes altas como *Hymenachne grumosa* o *Hymenachne rivulare* (carrizo). Dependiendo de la longitud del gradiente de inundación se encuentran, hacia las zonas más deprimidas, comunidades de herbáceas latifoliadas (plantas de hojas anchas) medianas dominadas por *Polygonum* sp. (cataysales), *Ludwigia* sp. (verdolagales) o de herbáceas gramniformes (plantas de hojas acintadas) flotantes como *Panicum elephantipes* (canutillo) o *Echinochloa polystachya*, que ocupan los madrejones (cauces secos donde se acumula agua) con agua en circulación (Kandus 1997, Ramonell, 2021).

En la tabla 1.1. se presentan las comunidades vegetales presentes en el Delta superior del río Paraná según las especies dominantes y el ambiente donde se desarrollan. Cabe aclarar que estas comunidades se presentan tanto en la unidad E como en las otras que integran el Delta superior como las unidades A, B, C1 y D.

Tabla 1.1.: Comunidades vegetales presentes en la región del Delta superior del río Paraná  
(Fuente: Burkart, 1957, modificado por Malvarez, 1997).

Comunidad	Ambiente	Especies dominantes
Camalotal	Cursos de agua Pueden ser arrastrados por la corriente aguas abajo	<i>Eichhornia crassipes</i> <i>Eichhornia azurea</i> <i>Pontederia cordata</i>
Cañaveral flotante (Canutillar)	Ríos, riachos, arroyos y madrejones	<i>Panicum elephantipes</i> <i>Paspalum repens</i> <i>Echinochloa polyslachya</i>
Tapices verdes flotantes	Lagunas y madrejones abiertos	<i>Asolla</i> sp <i>Salvinia</i> sp <i>Lemna</i> sp <i>Pistia stratiotes</i>
Verdolagal	Lagunas y madrejones durante el estiaje	<i>Ludwigia</i> sp.
Cataysal	Áreas bajas de las islas, con aguas poco profundas	<i>Polygonum</i> sp. (Especies robustas del género)
Carrizal	Albardones bajos o desmontados	<i>Hymenachne grumosa</i> <i>Hymenachne rivulare</i>
Cardasal	Áreas medianamente altas	<i>Eryngium eburneum</i> <i>Eryngium pandanifolium</i>
Varillal	Áreas planas e inundables, con suelos saturados la mayor parte del año	<i>Solanum glaucophyllum</i> <i>Phalaris angusta</i> <i>Eleocharis</i> sp. <i>Alternanthera philoxeroides</i> <i>Plagiocheilus tanacetoides</i>
Chilcal	Albardones bajos o sumamente intervenidos	Distintas especies del género <i>Baccharis</i>
Espinillar manso	Áreas de interfase internas entre albardones y bajos	<i>Mimosa pigra</i> <i>Mimosa bonplandii</i> <i>Sesbania virgata</i> <i>Sesbania punicea</i>
Espinillar	Áreas altas y medias lomas	<i>Vachellia caven</i>
Sauzal	Albardones de bancos e islas nuevas	<i>Salix humboldtiana</i>
Alisal	En márgenes de bancos e islas nuevas	<i>Tessaria intengrifolia</i>
Timbozal	Albardones de islas	<i>Albizia inundata</i>
Curupizal o lecheronal	Albardones de islas	<i>Sapium haematospermum</i>
Bosque fluvial mixto	Albardones de mayor desarrollo.	<i>Nectandra falcifolia</i> <i>Albizia inundata</i> <i>Sapium haematospermum</i> <i>Erythrina crista-galli</i>

### 2.1.3. Actividades productivas del Delta

La abundante diversidad biológica presente en el Delta del río Paraná, asociada a la ocurrencia de eventos periódicos de inundación y sequía, se encuentra evidentemente afectada por la intervención humana (Bo, 2006). Las principales actividades que se desarrollan en toda la región del Delta son ganadería extensiva, pesca (comercial y de subsistencia), caza, apicultura, extracción de recursos (pajas para techado, leña, arenas, arcillas) y en menor medida: producción de mimbre y formio y fruticultura (Malvarez, 1997; Kandus, 1997). En el Delta inferior, además de lo detallado anteriormente, se destacan la forestación con salicáceas con el fin de satisfacer la demanda de pasta de papel y madera de calidad (Sauces: *Salix* sp, y álamos: *Populus* sp), el turismo ecológico y las actividades recreativas como descanso en playas y balnearios, deportes náuticos, pesca y caza deportivas (Baigun *et al.*, 2009; Kandus *et al.* 2010, Rossi, 2013).

Numerosas especies de fauna y flora son utilizadas en la región con diversos fines. Si se consideran los recursos ícticos, a pesar de la alta diversidad de especies (200 aproximadamente), sólo un reducido número de peces (sábalo: *Prochilodus lineatus*, boga: *Megaleporinus obtusidens*, dorado: *Salminus brasiliensis*, surubí: *Pseudoplatystoma corruscans*, armado: *Pterodoras granulosus*, patí: *Luciopimelodus pati*, etc.) conforma la base de las pesquerías deportivas y comerciales. Una especie de reptil, el lagarto overo (*Salvator merianae*), conocida popularmente como “iguana”, es explotada comercialmente. En cuanto a los mamíferos, dos especies están sujetas a una fuerte presión de caza: la falsa nutria o coipo (*Myocastor coipus*) y el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) (Kandus *et al.* 2010).

En la zona E donde está emplazado este estudio, (descrita anteriormente en la página 11), denominada “Bosques y praderas de las islas de cauce y fajas de meandros del río Paraná”, los usos dominantes son en primer lugar la ganadería, seguido por apicultura, pesca comercial, turismo y actividades recreativas, y la extracción de recursos, descritos en párrafos más arriba (Quintana, 2014).

La apicultura es una actividad productiva alternativa y de bajo impacto en las islas (Gurini y Basilio 1995). En el Delta Medio la flora apícola comprende especies como *Polygonum* sp., *Eichhornia* sp., *Pontederia* sp., *Vigna luteola*, *Sagittaria montevidensis*, *Nymphoides indica*, *Mikania* sp., *Bidens laevis* y *Cleome hassleriana* (Basilio *et al.*, 2010). Muchas de

estas plantas nativas que son de ambientes inundables tienen además valor forrajero, cuya persistencia también radica en el mantenimiento de las condiciones hidrológicas de la región. (Neiff *et al.*, 2009, Kandus *et al.*, 2010).

#### **2.1.4. La actividad ganadera en las islas y su evolución reciente**

En el caso de la ganadería en las islas su producción se sostiene en base a la disponibilidad de forraje proveniente de las especies vegetales nativas de calidad, como son *Glyceria multiflora*, *Panicum elephantipes*, *Hymenachne grumosa*, *Althernanthera phyloxeroides*, *Luziola peruviana*, *Leersia hexandra*, *Echinochloa helodes* (Rossi *et al.*; 2013, Rossi y De Magistris, 2014; Quintana, 2014). Las islas con una elevada productividad presentan extensos canutillares y carrizales asociados a los ambientes de mayor inundabilidad. Sin embargo, la presencia de un número inadecuado de animales, tanto en exceso como en defecto, pastando en las islas no solo pone en riesgo la capacidad de regeneración de las especies vegetales utilizadas como fuente de alimento para el ganado, sino también la pérdida en la capacidad de retener los excedentes hídricos con consecuencias inmediatas sobre la calidad del agua y la estabilidad de las islas frente a los procesos de erosión (Kandus *et al.*, 2010; Quintana, 2014).

En nuestro país a partir de 1996 se comenzó a cultivar soja (*Glycine max*) transgénica resistente al herbicida glifosato bajo el sistema de siembra directa, y en el 2002 se generaron condiciones macroeconómicas favorables para exportación de materias primas, profundizando el proceso de agriculturización en zonas de la región pampeana y de la provincia de Entre Ríos, tradicionalmente dedicadas a la ganadería. Esto llevó a una reconfiguración territorial de la ganadería, lo que causó que un número significativo de cabezas de ganado sea desplazado desde la región pampeana hacia zonas de menor aptitud agrícola como el NEA, NOA y las islas del Delta del Paraná, particularmente en sus porciones media y superior, más frágiles desde el punto de vista ecológico (Astrada *et al.*, 2018).

La inauguración en el año 2003 de la conexión vial Rosario – Victoria, que atraviesa el Delta, facilitó el creciente uso de las tierras insulares para la ganadería. Las islas adyacentes se convirtieron en un territorio visible y accesible para productores que comenzaron a invertir más en ganadería en la zona.

Además, esta región ofrece varias ventajas comparativas respecto de otras áreas ganaderas del país. Una de las principales es su cercanía con los centros de comercialización y consumo más importantes del país; el valor de las tierras insulares es menor al de las continentales, debido a su carácter inundable. Una desventaja es el alto costo del traslado de ganado por vía fluvial que se genera en cada movimiento de animales.

Desde el punto de vista productivo, las islas ofrecen recursos naturales de alta calidad y en cantidad (pasturas y agua), lo que hace posible desarrollar allí, el ciclo completo de producción bovina (cría, recría y engorde). Su aislamiento natural y su condición climática atemperada por efecto del agua, permiten producir carnes de calidad diferencial respecto de las de tierra firme. Una de las restricciones de la actividad está ligada a la dinámica ecológica propia del área como es el ciclo de inundaciones periódicas, que puede afectar las instalaciones ganaderas y la infraestructura habitacional, sin embargo, es la que aporta a la vez las ventajas productivas (Quintana, 2014).

Quintana, (2014) diferenció 10 zonas ganaderas (ZG) en el Delta del río Paraná con características particulares respecto al tipo de modalidad predominante de producción ganadera vacuna. El lugar de muestreo de las especies vegetales estudiadas en esta tesis, se ubica en la zona ganadera 2 (ZG 2) denominada “Sector Norte del Delta Medio - Islas del Departamento Victoria” y que incluye la Unidad E de paisaje (Malvarez, 1997) “Bosques y praderas de las islas de cauce y fajas de meandros del río Paraná”.

En esta zona ganadera (ZG 2) antes del 2002 no se hacía cría, solo se llevaba el ganado de descarte (vacas flacas o novillos *Holstein*) para su engorde con las modalidades de ciclo corto (desde septiembre a marzo - abril) o de ciclo largo durante dos años o más. No había instalaciones y los barcos de transporte de hacienda eran escasos. Las crecientes periódicas no permitían demasiado el desarrollo de la ganadería, sumado a problemas de tenencia de tierras.

A partir del año 2003, ingresan a la zona de islas animales de todas las categorías. Hay un mayor ordenamiento de la producción ganadera debido a la implementación del régimen de arrendamientos de tierras fiscales y a la creciente valorización del recurso forrajero por parte de los productores.

Se detallan a continuación algunas particularidades y características de la actividad ganadera desarrollada actualmente en esta zona (ZG 2) (Quintana, 2014):

La mitad de los productores son grandes (superficie mayor a 1.500 ha) y son propietarios de las islas, el resto son medianos productores que en su mayoría arriendan tierras fiscales con hacienda propia o de clientes. Los pequeños productores son puesteros que tienen vacas dentro de los campos donde trabajan.

Los rodeos tienen un tamaño promedio de 470 animales, con el 75% de los establecimientos que presentan menos de 580, y en el 25% restante, superan los 2.000, y en algunos casos 4.000 animales.

El tipo de producción que predomina es el engorde de animales, a largo plazo (invernada) y corto plazo (veranada). Hay cría en baja proporción. La categoría de animales más frecuente corresponde a novillos con un índice novillo promedio de 0,37; sin embargo, el 75% de los establecimientos presentaron un valor de hasta 0,60. Cabe aclarar que el índice novillo en un rodeo es igual al número novillos sobre el número total de animales de todas las categorías (índice novillo: n.º novillos / n.º total de animales del rodeo).

Los bovinos utilizados en su mayoría provienen de cruces de las razas británicas *Aberdeen Angus* y *Hereford* con razas índicas, también razas índicas puras.

La base de la alimentación del ganado es exclusivamente en pastizales naturales, a través de pastoreo continuo. La provisión de agua de bebida se encuentra limitada a los cursos de agua naturales.

Aproximadamente la mitad de los productores utiliza potreros y alambrados eléctricos móviles, con el fin de hacer pastoreo rotativo.

El ganado es movilizado, en promedio, tres veces por año y la mayor parte de los productores utilizan barcos para trasladarlos.

El fuego constituye una práctica habitual para el manejo de los pastizales, con el fin de favorecer su rebrote tierno y eliminar los excedentes de pastos de menor digestibilidad.

Para mantener libres de pastos debajo de los alambrados eléctricos algunos productores utilizan herbicidas.

El manejo reproductivo y sanitario del rodeo en la mayoría de los establecimientos es mínimo, siendo los servicios de manera continua. Se realizan desparasitaciones y se aplican los planes de vacunación obligatorios.

La cantidad de animales o Carga Animal (EV / ha), registrada en la zona ganadera 2 es muy variable. Según Quintana (2014), en islas bien manejadas es de 0,5 EV / ha durante todo el año, subiendo a valores entre 1 y 2 EV / ha en el verano y disminuyendo a 0,3 - 0,5 EV / ha en el invierno.

La definición de la unidad de medida, denominada Equivalente Vaca (EV / ha), habitualmente empleada para expresar Carga Animal en el ganado, es el promedio anual de los requerimientos nutricionales diarios de una vaca de 400 kg de peso, en condiciones de pastoreo, que gesta los últimos 6 meses de un ternero y lo cría hasta el destete a los 6 meses de edad con 160 kg de peso, incluyendo el forraje consumido por el ternero (Cocimano *et al.* 1977).

### **2.1.5. Especies forrajeras de las islas**

En los pastizales naturales en general hay mayor cantidad y diversidad de especies vegetales que la presente en los sistemas productivos con pasturas cultivadas. En el Delta del río Paraná la cantidad y diversidad de especies va en aumento de norte a sur durante todo su recorrido (Burkart, 1957).

En un sistema silvopastoril del Delta inferior del río Paraná, Rossi (2013) hizo un inventario de la flora y determinó la composición específica y encontró un total de 343 especies vegetales pertenecientes a 78 familias. Del total de plantas relevadas, 110 especies vegetales con potencial forrajero, de las cuales 76 son monocotiledóneas (*Poaceae*: 60, *Cyperaceae*: 14 y *Juncaceae*: 2) y 34 son dicotiledóneas (*Fabaceae*: 20 y No *Fabaceae*: 14). En función de los resultados obtenidos en el estudio de abundancia y de preferencia animal eligió 18 especies con potencial forrajero. Estas fueron para las especies herbáceas: Familia *Amarantaceae*: *Alternanthera philoxeroides* (Lagunilla), Familia *Cyperaceae*:

*Carex chilensis* (Pajilla), Familia *Fabaceae*: *Vigna luteola* (Porotillo) y Familia *Poaceae*: *Bromus catharticus* (Cebadilla criolla), *Deyeuxia viridiflavescens* (Pasto plateado), *Echinochloa helodes* (Pasto de laguna), *Glyceria multiflora* (Cebadilla de agua), *Hymenachne grumosa* (Carrizo). *Leersia hexandra* (Arrocillo), *Lolium multiflorum* (Raigrás), *Panicum elephantipes* (Canutillo); *Paspalum urvillei* (Pasto macho), *Phalaris angusta* (Alpistillo), *Setaria geminata* (Pastito de agua), y en las arbóreas: Familia *Fabaceae*: *Amorpha fruticosa* (Sauce indio), *Gleditsia triacanthos* (Acacia negra). y Familia *Salicaceae*: *Populus deltoides* (Álamo), *Salix nigra* (Sauce).

En otro estudio en el Delta superior del río Paraná Morandeira (2014) relevó un total de 124 especies vegetales, 87,4 % nativas y el 80,2 % perennes. Las familias representadas con más especies fueron *Poaceae* (25), *Asteraceae* (19), *Polygonaceae* (9), *Cyperaceae* (7), *Apiaceae* (7), *Fabaceae* (5) y *Solanaceae* (5).

En un pastizal ubicado en el interior de una isla del Delta medio del río Paraná, en las inmediaciones de la ciudad de Baradero, provincia de Buenos Aires, Argentina, Kaufmann (2016) determinó la riqueza botánica del estrato herbáceo, sin tener en cuenta las especies arbóreas. Este pastizal estaba integrado por 27 especies vegetales pertenecientes a 12 familias, de las cuales las más representadas fueron las familias *Asteraceae* (Compuestas) y *Poaceae* (Gramíneas), con 8 y 5 especies respectivamente, acumulando el 48 % del total. Las especies descriptas se presentan en la tabla 1.2.

Tabla 1.2.: Especies vegetales herbáceas descriptas en una isla del Delta medio del río Paraná. Fuente: Kaufmann (2016).

<i>Familia</i>	<i>Especie</i>
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Alternanthera philoxeroides</i>
<i>Apiaceae</i>	<i>Eryngium chubutense</i>
<i>Asteraceae</i>	<i>Acmella decumbens</i>
	<i>Dipsacus sativus</i>
	<i>Erigeron tweediei</i>
	<i>Hypochaeris microcephala</i>
	<i>Pluchea sagittalis</i>
	<i>Symphotrichum squamatatum</i>
	<i>Taraxacum officinale</i>
	<i>Xanthium cavallinesii</i>
<i>Brassicaceae</i>	<i>Lepidium didymium</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Mimosa sp.</i>
	<i>Trifolium repens</i>
<i>Malvaceae</i>	<i>Malvella leprosa</i>

<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago myosuroides</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
	<i>Distichlis spicata</i>
	<i>Oplismenus sp.</i>
	<i>Poa annua</i>
<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum sp.</i>
	<i>Rumex crispus</i>
<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca sp.</i>
<i>Solanaceae</i>	<i>Jaborosa integrifolia</i>
	<i>Solanum glaucophyllum</i>
<i>Verbenaceae</i>	<i>Phyla canescens</i>
	<i>Verbena gracilenscens</i>

## 2.2. Evaluación / Valoración de los forrajes

### *Generalidades*

Resulta de interés conocer los recursos forrajeros nativos y evaluar su calidad nutritiva con el fin de hacer una utilización más racional, optimizar la producción animal y mejorar la eficiencia económica del sistema productivo (Rossi y De Magistris, 2014).

Los forrajes presentan una gran variabilidad en sus componentes y digestibilidad, y por ende en su valor nutritivo, lo que se debe a factores de la propia planta (especie, estado fenológico, etc.) y ambientales (suelo, régimen hídrico, estación del año, fertilización, etc.); por lo tanto, es de importancia realizar una evaluación alimenticia, especialmente en sistemas productivos donde la base de la alimentación de los animales es predominantemente pastoril (Huhtanen *et al.*, 2006).

Las técnicas de evaluación de alimentos en los sistemas de producción animal tienen como principal objetivo predecir el valor alimenticio y la disponibilidad de sus nutrientes. Los principales métodos disponibles incluyen el análisis químico proximal, las pruebas de digestibilidad *in vitro* con inóculo de bacterias del rumen o enzimática, la incubación dentro del rumen *in situ* o *in sacco* de bolsitas de nylon y la espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS) (Huhtanen *et al.*, 2006).

El análisis químico proximal de los alimentos, utilizado ampliamente, comprende los siguientes componentes presentes en la materia seca (MS): Cenizas, Proteína Bruta (PB), Extracto Etéreo (EE) y Fibra Cruda (FC). Posteriormente, se desarrollaron otros métodos

para evaluar los componentes de la fibra de los forrajes. Van Soest (1981), propone el uso del fraccionamiento de los componentes de las paredes celulares de los forrajes, que discriminan la celulosa, hemicelulosa y lignina, a través de la determinación de la Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Acida (FDA).

### **2.3. Caracterización química de las forrajeras de las islas. Antecedentes**

#### **2.3.1. Materia Seca (MS)**

La concentración de la Materia Seca (MS %) de un alimento es la cantidad de compuestos, con la excepción del agua retenida entre sus tejidos. La MS de los forrajes es muy variable, dependiendo principalmente de la especie vegetal, estado fenológico, condiciones ambientales de crecimiento, etc. Es importante determinarla debido a que los cálculos de raciones se hacen a través de la comparación entre los nutrientes ofrecidos en el forraje y los requerimientos de los animales. Asimismo, en los sistemas productivos en condiciones de pastoreo, la cantidad de Materia Seca y la estimación de la biomasa vegetal (kg MS / ha) son variables a tener en cuenta para ajustar la carga animal (número de animales o kg de peso vivo (PV) por ha), con el fin de mantener sin alterar la diversidad y cantidad de las especies vegetales presentes y la sustentabilidad tanto en los pastizales naturales como en las pasturas cultivadas (Petruzzi *et al.*, 2005).

El consumo voluntario de alimentos en rumiantes es variable y está regulado por factores físicos y químicos del alimento. El conocimiento de la concentración de Materia Seca es importante para mantener un aporte adecuado de nutrientes que permita cubrir los requerimientos de los animales en sus diferentes estados fisiológicos (mantenimiento, crecimiento, gestación, lactación, producción, etc.). En los rumiantes alimentados con dietas con predominio de pastos que contienen una concentración de MS baja, el consumo voluntario se puede limitar por distensión del tracto gastrointestinal (mayormente rumen), debido al gran volumen que ocupan este tipo de forrajes (Tarazona *et al.*, 2012; Allen, 2020).

Además, constituye un importante valor de referencia, debido a que las restantes determinaciones que se le pueden hacer a una muestra (PB, FDN, FDA, etc.), no se realizan sobre el material fresco recién cosechado sino luego de secado. Sin embargo, por

el difícil acceso que tienen muchos establecimientos la determinación de la concentración de la Materia Seca de los forrajes no se puede hacer, por lo tanto, es una variable escasamente reportada en la mayoría de los estudios y particularmente en los pastizales naturales como son los de las islas del Delta del río Paraná.

En las tablas de composición química de los alimentos para animales rumiantes (Gaggiotti, *et al.*, 1996; Jaurena y Danelón, 2006; NRC, 1989, 2021) se presentan valores sistematizados de forrajes conservados, alimentos concentrados, subproductos y en menor proporción forrajes frescos. En la mayoría de estas fuentes se refieren a pasturas y verdeos de plantas herbáceas cultivadas. Los valores de Materia Seca ahí relevados en forrajes frescos oscilan entre 18 y 43,6 %.

En la tabla de composición química de alimentos de sistemas productivos de la zona centro de Provincia de Santa Fe (Gaggiotti, *et al.*, 1996,), los valores de Materia Seca de forrajes frescos cultivados en diferentes grados de maduración (estados fenológicos), para pasturas como alfalfa (*Medicago sativa*) es de 20,1 a 26,6 %, para trébol de olor (*Mellilotus alba*) de 22,4 a 28,6 %, para cebadilla criolla (*Bromus* sp.) de 19,2 a 28,3 %, para festuca (*Festuca arundinacea*) de 23 % y raigrás anual (*Lolium multiflorum*) de 19,2 a 24,1 %, y para verdeos como avena (*Avena sativa*) de 21,8 a 36,3 % y maíz (*Zea mays*) del 19,9 al 28,8 %.

En las tablas de composición de alimentos para rumiantes de la región Pampeana Argentina (Jaurena y Danelón, 2006) informan la MS % en pasturas. Entre las pertenecientes a la familia *Fabaceae*: para alfalfa pre floración y 50 % de floración la MS es de 18,3 y 22,4 %, respectivamente, para trébol rojo (*Trifolium pratense*) es de 18,8 % y para lotus (*Lotus corniculatus*) de 24,5 %. Entre la familia *Poaceae*: para pasto ovilla (*Agropirum elongatum*) es de 40,4 %, festuca de 35,8 %, raigrás anual de 19,6 %, grama rodhes (*Cloris gayana*) de 43,6 % y para los verdeos como trigo (*Triticum eastivum*) es de 27,7 %, avena de 20,4 %; maíz de 28,2 % y sorgo (*Sorghum* sp.) de 24 %.

La información de la Materia Seca de los alimentos contenida en las tablas de requerimientos de nutrientes para rumiantes del NRC (National Research Council, 1989, 2021), tienen escasos reportes para los forrajes frescos (cebadilla: 34, trébol rojo: 20 y 26, festuca: 29, pasto ovilla: 23, verdeos de sorgo: 18 a 23 y de trigo: 22 %).

*Antecedentes en especies vegetales de las islas*

Existen escasos e insuficientes resultados publicados por la comunidad científica sobre las especies vegetales con potencial forrajero que crecen en el Delta del río Paraná. En general se refieren a valores promedio de las comunidades vegetales predominantes y no corresponden a nivel de especie vegetal.

En el trabajo de relevamiento de las especies vegetales que crecen en el Delta inferior del Paraná, realizado por Rossi y De Magistris, (2014), fue estudiado el valor nutricional de 18 plantas nativas y naturalizadas de interés forrajero, tanto herbáceas como arbóreas. En él se determinaron las concentraciones de PB, FDN, FDA; degradabilidad ruminal *in sacco* de la Materia Seca (DRISMS) y digestibilidad *in vitro* (DIVMS), no presentaron resultados de la concentración de Materia Seca de cada una de las especies vegetales estudiadas.

En un sistema silvopastoril del Delta inferior del río Paraná integrado por plantaciones de salicáceas (*Populus* sp y *Salix* sp) y pastizal natural, Casaubon, *et al.*, (2015) determinaron la concentración de la Materia Seca de toda la comunidad vegetal herbácea, sin distinguir por especie, que integra el pastizal natural, la que osciló entre 39,8 y 52,4 %.

Massa *et al.*, (2015) en un sistema silvopastoril natural de las islas del Parque Nacional Predelta (Diamante, provincia de Entre Ríos) formado por monte de sauce criollo (*Salix humboldtiana*) y un estrato herbáceo dominado por gramíneas (*Poaceae*) determinaron que la variación en la producción de Materia Seca de las herbáceas en primavera, verano, otoño e invierno fue 1.669,3; 2.544,8; 370,3 y 626,2 kg MS / ha, respectivamente (5.210,6 kg MS / ha / año). Si bien la información es de mucha utilidad, no informaron la concentración de la Materia Seca.

En una experiencia realizada en islas del departamento Diamante, Entre Ríos, Massa *et al.*, (2018) encontraron alta productividad de una herbácea perenne, la falsa verdolaga (*Ludwigia peploides*, familia: *Onagraceae*), que es consumida por el ganado y crece en el verano en lagunas de los interiores de las islas, ocupando grandes superficies. La producción de Materia Seca en kg MS / ha / día fue 92,5; 83,1 y 18,1 para los meses de diciembre, febrero y marzo, respectivamente. Tampoco reportaron de la concentración de la Materia Seca de la especie forrajera estudiada.

En un estudio previo en el Delta superior del río Paraná, que reporta valores de la concentración de la Materia Seca, discriminado a nivel de especie vegetal, los valores de Materia Seca hallados en plantas enteras de *Eichhornia crassipes* (Camalote) y *Panicum elephantipes* (Canutillo), fueron 7,8 y 18,6 %, respectivamente (Figallo *et al.*, 2013).

### 2.3.2. Proteína Bruta (PB)

El contenido de proteínas de los forrajes habitualmente se determina indirectamente a través del método de Kjeldahl, que mide la concentración de nitrógeno (N). Por este método se cuantifica tanto el N proveniente de las proteínas como el N no proteico (NNP: ácidos nucleicos, urea, aminoácidos libres, amino azúcares, alcaloides, ácido úrico, etc.) de la muestra. Dado que en los forrajes el contenido N de las proteínas es el 16 % y la relación NNP / NP en forrajes es baja y constante, el resultado de N obtenido en los forrajes debe ser multiplicado por 6,25 (AOAC, 2000), para obtener la concentración de las proteínas.

#### *Antecedentes en especies vegetales de las islas*

Rossi *et al.*, (2005) en un sistema silvopastoril del Delta inferior del Paraná determinaron que en hojas de árboles los niveles de Proteína Bruta fueron 18,68 % para las de sauces (*Salix* sp.) y 17,44 % para las de álamos (*Populus* sp.). Además, consideran a dichas hojas como un recurso forrajero de buena calidad y complementario del pastizal natural en estos sistemas productivos.

Rossi (2013) en un relevamiento de la vegetación que crece en el Delta inferior del Paraná, determinó la concentración de PB de 18 especies vegetales con potencial forrajero. En la tabla 1.3. se puede observar que los valores hallados están dentro del rango de 23,9 al 6,5 %. Destacó que *Gleditsia triacanthos* y *Amorpha fruticosa* presentaron valores similares a los reportados para alfalfa (*Medicago sativa*) de buena calidad, que fluctúa entre 18 y 26,5 % (Gaggiotti, *et al.*, 1996; Jaurena y Danelón, 2006; NRC, 1989, 2021), y que de todas las especies estudiadas solo una (*Deyeuxia viridiflavescens*) presentó valores limitantes (6,5 %) para satisfacer los requerimientos para el crecimiento de los microorganismos presentes en el rumen. Además, en base a análisis estadísticos de los valores promedio de la PB propone una clasificación de especies estudiadas con altos (mayor a 18 %), intermedios (entre 18 y 10 %) y bajos (menores a 10 %) niveles de proteína. De las especies vegetales estudiadas, aquellas con niveles de PB altos corresponden a las familias *Fabaceae*,

*Salicaceae* y *Amarantaceae*, y con intermedios y bajos a las gramíneas pertenecientes a las familias *Poaceae* y *Cyperaceae*.

**Tabla 1.3.:** Concentración de Proteína Bruta (%) de especies vegetales con potencial forrajero del Delta inferior del río Paraná. Fuente: Rossi (2013).

Familia	Nombre científico	Nombre vulgar	PB %
<i>Fabaceae</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Acacia negra	23,9
	<i>Amorpha fruticosa</i>	Falso índigo	23,3
	<i>Vigna luteola</i>	Porotillo	20,3
<i>Salicaceae</i>	<i>Populus deltoides</i>	Álamo	20,0
<i>Amarantaceae</i>	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Lagunilla	20,0
<i>Salicaceae</i>	<i>Salix nigra</i>	Sauce	18,4
<i>Poaceae</i>	<i>Phalaris angusta</i>	Alpistillo	16,4
	<i>Lolium multiflorum</i>	Raigrás	16,3
	<i>Glyceria multiflora</i>	Cebadilla de agua	16,0
<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex chilensis</i>	Pajilla	15,6
<i>Poaceae</i>	<i>Bromus catharticus</i>	Cebadilla criolla	15,4
	<i>Echinochloa helodes</i>	Pasto de laguna	15,3
	<i>Paspalum urvillei</i>	Pasto macho	14,9
	<i>Leersia hexandra</i>	Arrocillo	13,8
	<i>Hymenachne grumosa</i>	Carrizo	11,2
	<i>Panicum elephantipes</i>	Canutillo	8,1
	<i>Setaria geminata</i>	Pastito de agua	7,7
	<i>Deyeuxia viridiflavescens</i>	Pasto plateado	6,5

A dos especies vegetales que crecen en el Delta superior del río Paraná le determinaron la concentración de Proteína Bruta en las plantas enteras, y los valores reportados fueron 12,44 % en *Eichhornia crassipes* (Camalote) y 8,6 % en *Panicum elephantipes* (Canutillo) (Figallo *et al.* 2013).

Gonzalez *et al.*, (2018) determinaron que la concentración promedio de PB de las forrajeras herbáceas fue 7,32; 6,86; 10,74 y 10,12 % en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente; en un estudio realizado a lo largo de todo el año en un campo de cría isleño (Pre Delta del Paraná, Diamante, Entre Ríos, Argentina) formado por un bosque de sauce criollo (*Salix humboldtiana*) más una comunidad herbácea compuesta por alpistillo (*Phalaris angusta*), cola de zorro (*Setaria geniculata*), gramilla (*Cynodon dactylon*), acompañados por latifoliadas como *Conyza sumatrensis* y *Commelina erecta*.

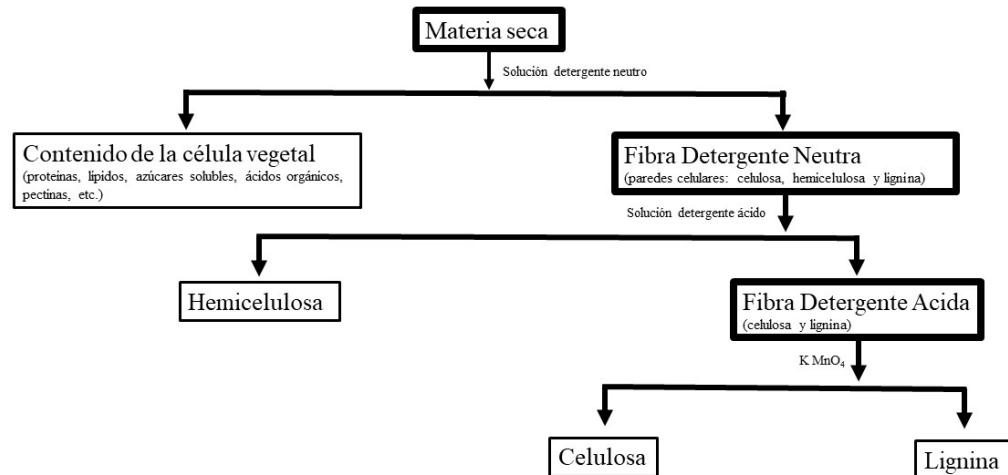
### **2.3.3. Sistema Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA)**

El sistema de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA), es considerado importante para la caracterización de la fibra de los forrajes. Una alta concentración de FDA en forrajes se asocia con una baja digestibilidad, mientras que una alta concentración de FDN, con un menor consumo de alimento. O sea, a medida que aumenta la FDA, se reduce la capacidad de digestión de un forraje, y cuando va en aumento la FDN disminuye el consumo voluntario de Materia Seca (Fahey y Berger, 1988). Por dicha razón, FDN y FDA son utilizadas por los nutricionistas como indicadores de la ingesta de alimentos y de la digestibilidad, respectivamente y, por lo tanto, del consumo de energía digestible.

La lignina es considerada la principal responsable de la limitación de la digestión de los forrajes porque inhibe la adhesión de las bacterias a la pared vegetal y su resistencia a la degradación de las enzimas de los microorganismos ruminales y de esa manera, actúa reduciendo la degradación de la fracción fibrosa potencialmente degradable de la pared celular (celulosa). En especies vegetales herbáceas anuales, a medida que avanza el estado de madurez de la planta, aumenta la concentración de lignina y disminuye su digestibilidad. En plena madurez la concentración de lignina puede superar el 10 % y la digestibilidad disminuir al 40 %. Se considera que la lignina restringe 1,4 veces su peso la degradabilidad máxima de un forraje, protegiendo a los carbohidratos estructurales de la fermentación microbiana (Van Soest, 1981).

#### **2.3.3.1. Fibra Detergente Neutra (FDN)**

La Fibra Detergente Neutra (FDN) de un forraje se refiere a la fracción compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. Para la determinación de la FDN se utiliza el método de Goering y Van Soest (1970) que emplea una solución de detergente (lauril sulfato de sodio) a pH neutro que permite extraer compuestos de rápida degradación presentes en el contenido celular (proteínas, azúcares solubles, lípidos, etc.) y en la pared celular, como las pectinas. El residuo insoluble presenta compuestos de variada degradación que representan el contenido de la pared celular de la planta de forraje como son celulosa, hemicelulosa y lignina (Figura 1.3.).



**Figura 1.3.:** Esquema del método de Goering y Van Soest (1970) para el fraccionamiento de los componentes de las paredes celulares de los vegetales.

Los compuestos presentes en el contenido celular tienen alta degradabilidad potencial (90 – 100 %) y velocidad de degradación a nivel del ambiente ruminal, al igual que las pectinas. Sin embargo, los componentes del residuo insoluble presentes en la pared celular son lentamente e incompletamente degradables y las tasas de degradación en el rumen son variables (Van Soest *et al.*, 1991; Huhtanen *et al.*, 2006).

#### *Antecedentes en especies vegetales de las islas*

Gonzalez *et al.* (2008) en un sistema silvopastoril del Delta inferior del río Paraná determinaron la concentración de FDN de la comunidad herbácea. La FDN fue 67,95 %, valor próximo a 70 %, el que es elevado y puede ser considerado una limitante del consumo voluntario de alimentos en los rumiantes que pastan en las islas.

Rossi (2013) en el relevamiento de la vegetación que crece en el Delta inferior del río Paraná, también determinó la concentración de FDN de las 18 especies vegetales con potencial forrajero. La concentración de FDN en *Populus deltoides*, *Alternanthera philoxeroides*, *Salix nigra*, *Gleditsia triacanthos*, *Phalaris angusta*, *Lolium multiflorum*, *Bromus catharticus*, *Amorpha fruticosa*, *Vigna luteola*, *Leersia hexandra*, *Setaria geminata*, *Carex chilensis*, *Echinochloa helodes*, *Glyceria multiflora*, *Paspalum urvillei*,

*Panicum elephantipes*, *Hymenachne grumosa* y *Deyeuxia viridiflavescens* fue 46,73; 47,17; 53,94; 55,84; 58,12; 58,27; 59,36; 59,98; 65,98; 67,25; 68,54; 71,1; 71,65; 72,79; 73,72; 74,52; 76,31 y 76,94 %, respectivamente. Estableció tres grupos según el nivel de FDN, el primero las especies con los valores más bajos de 46,73 y 47,17, el segundo grupo de 53,94 a 59,98 y el grupo de los valores más altos de 65,98 a 76,94 %. Concluye que solo las especies del primer grupo se encuentran dentro del rango de valores observados en especies consideradas de buena calidad como la pastura de alfalfa en estado de desarrollo temprano.

Casaubon *et al.* (2015) realizaron un trabajo de similares características al de Gonzalez *et al.* (2008) en el cual determinaron la concentración de FDN de la comunidad herbácea en un sistema silvopastoril del Delta inferior del Paraná. La FDN fue 66,14 %, valor similar al reportado por Gonzalez *et al.* (2008).

Como valores de referencia en las tablas de requerimiento de nutrientes para el ganado del NRC (1989, 2021) la concentración de FDN de forrajes en diversos estados de madurez, para alfalfa en estado vegetativo temprano y medio fue 38 y 40 % y en floración temprana, media y total fue 42, 46 y 50 %, para trébol rojo al inicio y total de floración fue de 40 y 43 %, para raigrás anual en estado vegetativo temprano, tardío e inicio de la floración fue 61, 64 y 69 % y para rastrojos de cebada y avena del 80 y 70 %. Los valores de FDN publicados en las tablas de composición química de alimentos del INTA (Gaggiotti *et al.*, 1996) en alfalfa en diferentes estados vegetativos como son los rebrotes de otoño e invierno y en 10, 30, 50, 80 y 100 % de floración, oscilaron entre 42,5 y 55,9 %.

### **2.3.3.2. Fibra Detergente Acida (FDA)**

La Fibra Detergente Acida (FDA) de un forraje se refiere a la fracción compuesta por celulosa y lignina. Para la determinación de la FDA (Goering y Van Soest, 1970) se emplea una solución de detergente (Bromuro de cetil trimetil amonio) a pH ácido que permite extraer las hemicelulosas a partir del residuo fibroso obtenido luego de la determinación de FDN (Figura 1.3.).

*Antecedentes en especies vegetales de las islas*

En un sistema silvopastoril del Delta inferior del río Paraná Gonzalez *et al.* (2008) determinaron los valores de la concentración de FDA de la comunidad herbácea los cuales fueron del 40,63 %, y en semejantes condiciones Casaubon *et al.* (2015) obtuvieron valores similares de FDA los que fueron 38,98 %.

Para Rossi (2013) en el relevamiento de la vegetación del Delta inferior del río Paraná, la concentración de FDA en *Alternanthera philoxeroides*, *Bromus catharticus*, *Lolium multiflorum*, *Gleditsia triacanthos*, *Phalaris angusta*, *Setaria geminata*, *Vigna luteola*, *Populus deltoides*, *Glyceria multiflora*, *Panicum elephantipes*, *Carex chilensis*, *Salix nigra*, *Echinochloa helodes*, *Leersia hexandra*, *Deyeuxia viridiflavescens*, *Hymenachne grumosa*, *Amorpha fruticosa* y *Paspalum urvillei* fue 23,87; 31,62; 33,98; 34,8; 35,24; 36,31; 37,05; 37,35; 39,29; 39,76; 39,98; 40,28; 41,56; 43,53; 45,19; 45,55; 46,19 y 47,06 %, respectivamente. Concluyó que *Alternanthera philoxeroides* presentó valores muy bajos y que *Bromus catharticus*, *Lolium multiflorum*, *Gleditsia triacanthos*, *Phalaris angusta*, *Setaria geminata* y *Vigna luteola*, están dentro del rango de valores reportados para una pastura de alfalfa de buena calidad.

## 2.4. Caracterización biológica de especies forrajeras de las islas. Antecedentes

### 2.4.1. Metodologías propuestas en este estudio

#### *Generalidades*

El valor nutritivo de un alimento o ingredientes utilizados en la alimentación de rumiantes está determinado por las concentraciones de sus componentes químicos, así como su velocidad y grado de digestión (Getachew *et al.*, 2004). La digestibilidad de los alimentos es la proporción de los nutrientes disponibles para los distintos procesos fisiológicos y productivos que son absorbidos durante la digestión, y puede ser determinada a través de métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro*.

La determinación de la digestibilidad de alimentos *in vivo* es laboriosa, costosa, requiere una gran cantidad de muestra de alimento y para su medición se usa casi exclusivamente en raciones completas, siendo muy limitada su aplicación para los alimentos individuales.

Dentro de los métodos *in vitro* para estimar la digestibilidad, la técnica ampliamente utilizada es la descrita por Tilley y Terry (1963) modificada por Goering y Van Soest (1970), en la cual se incuba una muestra de alimento en líquido ruminal por un tiempo determinado. Otras técnicas *in vitro* consisten en la utilización de enzimas en lugar de líquido ruminal, no requiere animales como donadores de inóculo, lo que constituye su principal ventaja. En estas técnicas solo se estima la digestibilidad final de una muestra de alimento y no proveen información sobre la dinámica de la digestión a lo largo del tiempo.

La técnica *in situ* o *in sacco* descrita por Mehrez y Orskov (1977) en la que se incuban bolsitas de nylon con muestras de alimentos durante diferentes tiempos, dentro del rumen de animales con cánula, supera esta limitante al proporcionar la dinámica de la degradación de los constituyentes de un alimento y estima las diferentes fracciones degradables y aquéllas que no lo son, y la tasa o velocidad de degradación de la fracción insoluble pero degradable. Una limitante es que la tasa de degradación de la fracción soluble o rápidamente degradable no se puede estimar con la técnica *in sacco*, y parte de esa fracción soluble puede ser indegradable.

La técnica de producción de gas en rumen *in vitro* a partir de muestras de alimento incubadas con líquido ruminal ha sido utilizado para predecir el valor nutritivo del sustrato fermentado (Menke *et al.*, 1979). La técnica de producción de gas es otro método *in vitro* que permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante fermentación (Theodorou *et al.*, 1994). Una de las ventajas de este método es que permite medir el efecto de los componentes solubles de los forrajes.

#### **2.4.2. En el rumen *in sacco***

##### *Descripción*

El método *in situ* o *in sacco*, también denominado de la bolsita de nylon, descrito por Mehrez y Orskov (1977), es una técnica ampliamente utilizada para medir la dinámica y extensión de la degradación en el rumen de un forraje y predecir su valor nutritivo. Permite medir la tasa de degradación y las fracciones que son degradables e indegradables en el rumen de la materia seca, materia orgánica, proteínas y componentes estructurales (fibra) de los alimentos de manera individual (Weakley *et al.*, 1983, Nocek y Grant, 1987).

Esta técnica consiste en introducir en el saco dorsal del rumen, a través de una cánula permanente, durante intervalos de tiempo definidos, una pequeña cantidad (3 a 5 g de MS) de material a estudiar (muestra de alimento, forraje, etc.) en bolsitas de tela sintética (nylon, poliéster, dacron) que tiene pequeños poros (40 a 60 micras), que permiten solo el ingreso y egreso de la fase líquida (líquido ruminal), los microorganismos del rumen y productos finales de la degradación. Hay dos maneras para incubar las bolsitas en el rumen, su elección dependerá de la cantidad de muestras a analizar y la especie de rumiante disponible en el laboratorio (bovino, ovino, caprino, etc.). Una forma es colocar en el rumen todas las bolsitas simultáneamente y recuperarlas en los diferentes tiempos programados. La otra forma, es ir colocando las bolsitas en el rumen en los diferentes tiempos y retirarlas todas juntas. La cantidad de muestra que desaparece de la bolsita se considera que ha sido digerida o degradada (Mehrez y Orskov, 1977, Orskov *et al.*, 1980).

Hay muchas ecuaciones que se han ido desarrollando a lo largo del tiempo para describir la cinética de degradación en el rumen (Dhanoa, 1988; Dhanoa *et al.*, 1995), sin embargo, la más utilizada es la propuesta por Orskov y McDonald (1979):  $DR = a + b(1 - e^{-ct})$ . Donde **DR** es el porcentaje de degradación en un tiempo *t*, **a** es la fracción soluble, rápidamente degradable o degradable en el tiempo 0 (intercepción de la curva con el eje), **b** es la fracción insoluble pero lentamente degradable si el tiempo no es una limitante (diferencia entre *a* y la asíntota de la curva), **c** es la tasa o velocidad de degradación y **e** es el número irracional *e*. El valor *a + b* corresponde a la degradabilidad potencial o fracción potencialmente degradable de un material determinado. Todos los valores de las fracciones (*a*, *b* y *a + b*) se expresan en porcentaje (%); mientras que tasa de degradación (*c*) se expresa en por ciento por hora (% / h).

Dentro de las ventajas que tiene la técnica *in sacco* es que está altamente relacionada con la digestibilidad *in vivo* y además, es muy útil para determinar la digestibilidad de muestras de alimentos individuales. Dentro de las desventajas, no puede estimar la tasa de degradación de la fracción soluble o rápidamente degradable, debido a que no es suficiente el tiempo de incubación en los estados iniciales de la degradación. Puede sobrestimar la fracción rápidamente degradable, ya que no diferencia los componentes solubles degradables de las partículas muy pequeñas que son indegradables. Debido a la constante dilución producida por el ingreso y egreso de líquido ruminal de las bolsitas, la degradabilidad no es afectada por potenciales compuestos tóxicos o metabolitos

secundarios presentes en la muestra que pueden tener un efecto inhibitorio sobre la actividad microbiana ruminal.

*Antecedentes en especies vegetales en las islas*

Rossi *et al.* (2008) determinaron la degradabilidad de la Materia Seca *in sacco* a las 24 y 48 horas de incubación en el rumen de novillos *Hereford* alimentados *ad libitum* con heno de alfalfa (*Medicago sativa*) de alta calidad (MS 85,1%; PB 18,3%; FDN 47,6 %; FDA 35,2%). Entre las especies herbáceas en un sistema silvopastoril en Delta inferior del río Paraná encontraron: *Hymenachne pernambucensis*, *Panicum elephantipes*, *Paspalidium paludivagum*, *Alternanthera philoxeroides*, *Carex riparia*, *Paspalum urvillei*, *Lolium multiflorum*, *Phalaris angusta*, *Glyceria multiflora*, *Leersia hexandra* y *Echinochloa helodes*. La degradabilidad ruminal a las 24 h fue entre 19,7 y 78,5 %, y a las 48 h entre 24,2 y 80,7 %. Concluyen que *A. philoxeroides* resultó ser la especie de mayor degradabilidad *in situ*, con porcentajes elevados; además, *L. multiflorum*, *P. angusta* y *E. helodes* merecen ser destacadas ya que presentaron valores relativamente elevados que superan el 40 % para las 24 h y el 50% para las 48 h.

En otro trabajo publicado por Rossi (2013), realizado en un sistema silvopastoril del Delta inferior del río Paraná, informó la degradabilidad de la Materia Seca *in sacco* a las 24 y 48 horas de incubación en el rumen de bovinos alimentados con heno de alfalfa de cada una de las especies herbáceas y arbóreas estudiadas. La degradabilidad ruminal a las 24 y 48 horas de incubación fue en las herbáceas: Familia *Amarantaceae*: *Alternanthera philoxeroides* 78,6 y 80,8; Familia *Cyperaceae*: *Carex chilensis* 25,1 y 24,6; Familia *Fabaceae*: *Vigna luteola* 49,6 y 58,2; y Familia *Poaceae*: *Bromus catharticus* 49,4 y 64,4; *Deyeuxia viridiflavescens* 37,8 y 52,1; *Echinochloa helodes* 43 y 52,4; *Glyceria multiflora* 33,2 y 46,6; *Hymenachne grumosa* 22,2 y 24,6; *Leersia hexandra* 27,4 y 37,3; *Lolium multiflorum* 50,7 y 62,4; *Panicum elephantipes* 25,7y 34; *Paspalum urvillei* 20,2 y 29,1; *Phalaris angusta* 42,8 y 61; *Setaria geminata* 38 y 45,1; y en las Arbóreas: Familia *Fabaceae*: *Amorpha fruticosa* 45 y 60,5; *Gleditsia triacanthos* 42,7 y 53,1; y Familia *Salicaceae*: *Populus deltoides* 48 y 64; *Salix nigra* 58,4 y 67 %; respectivamente. Concluyó que de las 18 especies estudiadas 8 superan el valor crítico (55 %) que puede afectar el consumo voluntario de alimentos.

En el Delta superior del río Paraná le fue determinada a dos especies vegetales la cinética de degradación ruminal *in sacco*. Los valores obtenidos fueron para la fracción soluble (a) 18 y 21,6 %, la fracción lentamente degradable (b) 50,9 y 41,5 %, la tasa de degradación (c) 0,019 y 0,0384 % / h y la fracción potencialmente degradable (a + b) 69 y 63,1 % en *Eichhornia crassipes* (Camalote) y *Panicum elephantipes* (Canutillo), respectivamente (Figallo *et al.*, 2013).

En la tabla 1.4. se presentan como valores de referencia las fracciones degradables en el rumen de pasturas cultivadas en estado vegetativo temprano de *Lolium multiflorum* (Raigrás anual), *L. perenne* (Raigrás perenne), *Dactylis glomerata* (Pasto ovilla), *Trifolium pratense* (Trébol rojo) y *Medicago sativa* (Alfalfa), que presentaron altas degradabilidad potencial (a + b), fracción soluble (a) y tasa de degradación (c).

Tabla 1.4.: Fracciones degradables en rumen *in sacco* (DR/SMS) de pasturas cultivadas.

Fuente: Dohme *et al.*, 2007)

PASTURA	DR/SMS			
	a	b	a + b	c
Raigrás anual	44,3	47,0	91,3	0,060
Raigrás perenne	40,5	50,4	90,9	0,051
Pasto ovilla	33,7	50,0	83,6	0,048
Trébol rojo	36,2	49,8	86,0	0,096
Alfalfa	39,8	36,1	75,9	0,088

Nota: a: fracción rápidamente degradable, b: fracción lentamente degradable, c: tasa de degradación y a + b: fracción potencialmente degradable.

A continuación (Tabla 1.5.) se presentan las fracciones degradables en el rumen y la composición química de pasturas cultivadas, las leguminosas (*Fabaceae*) *Medicago sativa* (Alfalfa), *Mellilotus Alba* (Trébol de olor o Mellilotus), *Trifolium repens* (Trébol blanco); y las gramíneas (*Poaceae*) *Bromus sp.* (Cebadilla criolla), *Avena sativa* (Avena) en la pampa húmeda argentina y de rastrojos de cosecha como *Glicine max* (Soja), *Triticum aestivum* (Trigo), *Zea mays* (Maíz) y *Sorghum sp.* (Sorgo). En las pasturas en general se puede observar una mayor proporción de componentes celulares (PB y CNES) que de pared celular y mayores fracciones solubles (a) y tasas de degradación (c); en contraposición a los rastrojos de cosecha. Es de destacar que el rastrojo de soja, que mostró el valor más alto de lignina (9,6 %), presentó las menores fracciones lentamente y potencialmente degradables.

**Tabla 1.5.:** Fracciones degradables en rumen *in sacco* (DR/SMS) y composición química de pasturas cultivadas, y rastrojos de cosecha. Fuentes: Figallo *et al.*, 2008a y 2008b.

FORRAJE		DR/SMS				Composición química				
		a	b	a + b	c	PB	CNES	FDN	FDA	Lignina
Pasturas	Alfalfa	34,1	45,6	79,7	0,105	20,4	7,6	39,2	28,4	6,1
	Mellilotus	25,8	49,5	75,3	0,100	20,3	5,7	42,0	31,9	5,6
	Trébol Blanco	39,0	52,7	91,7	0,096	22,6	6,3	29,8	26,6	4,5
	Cebadilla	36,0	56,1	92,1	0,095	21,7	2,8	59,2	40,9	7,4
	Avena	39,8	50,4	90,2	0,060	18,4	11,9	47,8	30,5	4,6
Rastrojos de Cosecha	Soja	16,9	29,9	46,8	0,031	10,7	3,5	60,5	54,8	9,6
	Trigo	3,6	93,1	96,7	0,010	4,2	0,9	81,9	57,3	6,0
	Maíz	17,8	68,3	86,1	0,016	5,2	1,3	80,7	50,2	6,0
	Sorgo	14,8	58,4	73,2	0,017	7,2	2,9	70,0	45,1	5,2

Nota: a: fracción rápidamente degradable, b: fracción lentamente degradable, c: tasa de degradación; a + b: fracción potencialmente degradable, PB: proteína bruta, CNES: carbohidratos no estructurales solubles, FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida.

### 2.4.3. En el rumen *in vitro*

#### *Descripción*

La técnica de producción de gas en rumen *in vitro* a partir de muestras de forrajes incubados con líquido ruminal (Menke *et al.*, 1979), es utilizada para predecir el valor nutritivo de un alimento fermentado y permite determinar la extensión y la cinética de degradación de un alimento a través del volumen de gas producido durante fermentación (Theodorou *et al.*, 1994). Es de gran utilidad para comparar el efecto de diferentes forrajes, aditivos (antibióticos, probióticos), compuestos bioactivos del metabolismo secundario de los vegetales, (alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos, compuestos fenólicos, terpenoides, aceites esenciales, etc.) sobre actividad microbiana en el rumen *in vitro* (Kuralkar y Kuralkar, 2021).

La técnica *in vitro* de producción de gas en el rumen es básicamente similar a la descrita por Tilley y Terry (1963) que es utilizada para determinar la digestibilidad de un alimento. En ella se incuba una muestra con líquido ruminal y se mide la Materia Seca que desaparece (degradada) en 24 horas, pero con la diferencia de que se mide el gas producido durante la incubación. Las dos técnicas miden la cantidad de sustrato fermentado (Blummel y Orskov, 1993).

El método de producción de gas en rumen *in vitro* se basa en los sistemas publicados por Menke *et al.* (1979), en los cuales se incuba una muestra de alimento con líquido ruminal y solución tampón, dentro de una jeringa de vidrio de precisión, calibrada y hermética a los gases, mantenida de manera horizontal a 39 ° C, y se registra el gas producido por desplazamiento del émbolo a las 24 horas de incubación. Para medir la dinámica y la tasa de fermentación o de producción de gas, se puede ir registrando en el émbolo de la jeringa el aumento en el volumen del gas producido en intervalos de tiempo previamente definidos (Theodorou *et al.*, 1994).

Según las necesidades metodológicas esta técnica ha tenido modificaciones, como la incubación de manera vertical en frascos de boca angosta, de variado volumen, provistos de septum o tapones de goma o válvulas de presión, dejando un espacio de cabeza. El gas producido por la fermentación puede ser registrado a través de la medición del volumen real del gas (por desplazamiento del émbolo de las jeringas, etc.), presión generada por el gas dentro de los frascos (transductor de presión) o mediante el uso de sistemas automáticos o semiautomáticos (Sileshi *et al.*, 1996).

Dentro de las ventajas que tiene este método es que permite estudiar los cambios del sustrato durante las primeras horas de la incubación, medir el efecto de forrajes individuales y el rol que tienen sus componentes solubles, evaluar pequeñas cantidades de muestra o sustratos puros, la posibilidad de analizar un número mayor de tratamientos (muestras) en el mismo ciclo de incubación, y es una alternativa más rápida y menos laboriosa que la técnica *in sacco* y los ensayos *in vivo*, etc. (Pell *et al.*, 1997).

Para determinar la tasa y la extensión de la producción de gas, una práctica posible se basa en ajustar los datos obtenidos durante los diferentes tiempos de incubación a la ecuación exponencial de Orskov y Mc Donald (1979):  $\text{Gas} = a + b(1 - e^{-ct})$  (Blummel y Orskov, 1993; Getachew *et al.*, 2004).

Por otro lado, está descrito que la producción de gas *in vitro* se encuentra relacionada con la composición química de forrajes incubados durante 24 horas. La Proteína Bruta tiene una relación negativa y los carbohidratos no estructurales solubles se relacionan de manera positiva (Getachew *et al.*, 2004).

*Antecedentes en especies vegetales de las islas*

Es de destacar la ausencia de estudios con esta metodología referente a la flora con potencial forrajero que crece en las islas del Delta del río Paraná.

### 2.5.1. Descripción de las especies vegetales objeto de estudio

Las especies vegetales con potencial forrajero objeto de estudio que crecen en las islas del Delta superior del río Paraná, frente a la ciudad de Rosario, nativas o naturalizadas de dicho ambiente, fueron clasificadas teniendo en cuenta las familias botánicas a las cuales pertenecen, se incluyeron gramíneas (*Poaceae*) y leguminosas (*Fabaceae*), debido a su complementariedad nutricional, y otras familias como es el caso de integrantes de las familias *Verbenaceae*, *Polygonaceae*, *Salicaceae*, *Asteraceae*, *Pontederiaceae*. Además, se trabajó tanto con especies vegetales con hábito de crecimiento o comportamiento vegetativo “herbáceo”, como así también las menos estudiadas “arbóreas y arbustivas”.

Las especies vegetales empleadas con su correspondiente nombre científico (Género y especie, en letra cursiva) seguido de sus correspondientes descriptores, son las siguientes: *Hymenachne pernambucensis* (Spreng.) Zuloaga, *Panicum elephantipes* Nees ex Trin., *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc., *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, *Eichhornia crassipes* (Mart.), *Polygonum acuminatum* Kunth, *Vigna luteola* (Jacq.) Benth., *Vachellia caven* (Molina) Molina, *Gleditsia triacanthos* L., *Salix humboldtiana* Willd., *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav., *Baccharis salicifolia* Nutt. y *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson,

Para cada una de las especies vegetales utilizadas, a continuación, se presenta información general, la distribución geográfica y hábitat donde crecen naturalmente, una descripción botánica sencilla, datos sobre su composición química y usos descriptos.

## 2.5.1. HERBÁCEAS

### 2.5.1.1. *Hymenachne pernambucensis* (Spreng.) Zuloaga. (Carrizo). (C1)

*Hymenachne pernambucensis* (Spreng.) Zuloaga, (Sinónimo: *Panicum pernambucense* (Spreng.) Pilg.), es una planta herbácea perenne que crece en los márgenes de lagunas, arroyos y ríos (Lahitte y Hurrell, 2004), perteneciente a la familia *Poaceae* (Gramíneas), subfamilia *Panicoideae*, tribu *Paniceae*. Dicha familia botánica es una de las más numerosas, incluye aproximadamente 700 géneros y 11.000 especies, se encuentra distribuida prácticamente sobre toda la superficie terrestre, en una gran diversidad de ecosistemas. Sus especies están presentes en ambientes tan variados como bosques tropicales, sabanas, desiertos y semidesiertos, pampas, estepas, etc., y si bien no son particularmente abundantes en los bosques, sí son dominantes en ambientes abiertos como sabanas, estepas y praderas. En su gran mayoría son plantas de comportamiento herbáceo, a veces arbustos altos y leñosos como el Bambú. Entre las *Poaceae* se encuentran algunos de los cultivos de mayor importancia económica para el hombre, como trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), etc. Además, muchas especies de *Poaceae* se utilizan ampliamente como forrajeras naturales o cultivadas, debido a que producen una gran cantidad de biomasa con mayor concentración de fibra y menor de proteína y lignina que las leguminosas. Son ejemplos de gramíneas forrajeras algunas integrantes de los géneros *Lolium*, *Festuca*, *Bromus*, *Paspalum*, *Hordeum*, *Panicum*, *Sorghum*, etc. (Biganzoli y Zuloaga, 2015). Otros usos son, como fijadoras de dunas, césped en parques, con fines ornamentales, algunas son aromáticas para la extracción de aceites esenciales (Citronella y Vetiver), etc.

El nombre común en la región de *Hymenachne pernambucensis* es "carrizo" y es considerada una buena planta forrajera en las islas del Delta del río Parana. (Lahitte y Hurrell, 2004).

#### *Distribución y hábitat*

*Hymenachne pernambucensis* es una especie nativa de América del Sur, que se halla desde el nordeste de Brasil hasta Paraguay y Argentina. En Argentina desde el nordeste hasta la provincia de Buenos Aires. Es común en márgenes de ríos y arroyos, donde forma densas colonias. Florece y fructifica desde el mes de octubre a febrero (Lahitte y Hurrell, 2004).

*Descripción*

Son plantas herbáceas perennes, rizomatosas, robustas, con cañas huecas de 200 a 300 cm de largo y 0,8 a 1 cm de diámetro. Entrenudos de 8 a 22 cm de largo, glabros o pilosos. Nudos castaños; glabros o pubescentes. Ramas laterales amplias; que surgen de la parte media o superior del tallo. Vainas de las hojas de 8,7 a 18 cm de largo; glabras sobre la superficie o pilosas, con pelos en la base de los tubérculos. Lígula membranosa de 0,5 a 1,3 mm de largo. Cuello oscuro. Las láminas de las hojas son lanceoladas; de 17 a 60 cm de largo y 0,8 a 2 cm de ancho, con la base redondeada y el ápice atenuado, y la nervadura central evidente. La superficie de la lámina de la hoja es glabra o pilosa. La Inflorescencia es una panícula abierta; lanceolada o elíptica de 27 a 40 cm de largo y 8 a 12 cm de ancho. Las flores son espiguillas elipsoides de 1,7 a 2,2 mm de largo, 0,4 a 0.8 mm de ancho. El fruto es una cariopsis elipsoide; de 0,9 a 1 mm de largo. (Lahitte y Hurrell 2004; Anton y Zuloaga, 2021).

*Hymenachne pernambucensis* (Spreng.) Pilg. (Carrizo).



Figura 1.4.: *Hymenachne pernambucensis* (Spreng.) Zuloaga, (Sinónimo: *Panicum pernambucense* (Spreng.) Pilg.) A: Vista de panoja y las hojas. B: Aspecto de una mata de carrizo (Carrizal) con las cañas erguidas. Fotos: R:M: Figallo. Lugar: Isla de los Mástiles.

*Composición Química*

En un estudio junto a otras especies forrajeras que crecen en un sistema silvopastoril del Delta inferior del río Paraná (Rossi *et al.*, 2008), la planta entera de *Hymenachne pernambucensis* presentó una baja degradabilidad ruminal a las 24 y 48 horas de incubación *in sacco* (19,68 y 24,17 %, respectivamente).

*Usos*

Es considerada una especie vegetal con buena aptitud forrajera para el ganado que pasta en las islas del Delta del río Paraná (Lahitte y Hurrell, 2004).

**2.5.1.2. *Panicum elephantipes* Nees ex Trin. (Canutillo). (C2)**

*Panicum elephantipes* Nees ex Trin. (Sinónimo: *Louisiella elephantipes* (Nees ex Trin.) Zuloaga), es una planta herbácea perenne, acuática, arraigada a los bordes de los cursos de agua, cuyas hojas son consumidas por los animales herbívoros como alimento o forraje fresco (Lahitte y Hurrell, 2004), que pertenece a la familia *Poaceae* (Gramíneas), subfamilia *Panicoideae*, tribu *Paniceae*. Los nombres comunes más utilizados en nuestro país son “Canutillo y Carrizo” (Lahitte y Hurrell, 2004).

*Distribución y hábitat*

*Panicum elephantipes* es una especie nativa de América tropical y subtropical desde el sur de México y el Caribe hasta América del Sur en Venezuela, Colombia, Guayana, Ecuador, Perú; Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina hasta el Río de la Plata. Crece de forma natural y es muy frecuente en los ríos formando embalsados o canutillos (Marchettia y Scarabottiba, 2015).

*Descripción*

Hierbas perennes, robustas, de 1 a 1,5 m de alto, acuáticas; cañas largamente tendidas, con raíces adventicias en los nudos inferiores, luego ascendentes, suculentas, huecas, verdosas a castañas, glabras; entrenudos de 8 a 20 cm de largo y 0,8 a 2 cm de diámetro; nudos violáceos, glabros. Hojas con vainas hendidas, estriadas, mayores o menores que los entrenudos, de 8,3 a 15,5 cm de largo, con nerviación reticulada, pajizas, glabras, de bordes membranáceos, ocasionalmente pubescentes en un margen; lígulas en arco,

membranáceas en la base y luego largamente pestañosas, de 2 a 4 mm de largo, con cortos pelos por detrás en la base de la lámina; cuello castaño a violáceo, glabro; láminas oblongo lanceoladas a lanceoladas, planas, de 20 a 50 cm por 0,7 a 3 cm, de base subcordada, esparcidamente pilosas en la cara adaxial a glabras, papiloso pilosas hacia la base en la cara adaxial o no, los bordes escabrosos. Inflorescencias (panículas) laxas, difusas, piramidales, de 25 a 50 cm por 4 a 18 cm, ramificaciones de segundo orden divergentes del raquis, espiguillas solitarias o apareadas sobre las ramas de tercer orden; eje principal anguloso, escabroso, ramas inferiores verticiladas u opuestas, las superiores alternas. El fruto es una cariopsis fusiforme, de 2,2 a 2,3 mm por 0,8 a 0,9 mm, blanquecina (Lahitte y Hurrell, 2004; Anton y Zuloaga, 2021).



**Figura 1.5.:** *Panicum elephantipes* Nees ex Trin. (Sinónimo: *Louisiella elephantipes* (Nees ex Trin.) Zuloaga). A: Vista lateral del tallo (caña) con hojas, B: Vista dorsal de la caña con hojas, C: Vista dorsal de la inflorescencia (Panoja laxa), D: Vista lateral de la panoja; E: Típico cúmulo o embalsado de canutillos (Canutillal) creciendo con sus cañas flotantes sobre el agua, arraigado a la orilla de un riacho. Fotos: R:M: Figallo. Lugar: Riacho Paraná Viejo.

*Composición Química*

En un sistema silvopastoril del Delta Inferior del río Paraná, Rossi, (2013) estimó el valor nutritivo a partir de la concentración (%) de Proteína Bruta (8,14), de FDN (74,52) y de FDA (39,76), digestibilidad de la Materia Seca (DIMS: 57,93 %) y la degradabilidad ruminal de la Materia Seca *in sacco* a las 24 y 48 horas de incubación (25,73 y 33,98 %, respectivamente).

*Usos*

Está descrito que es una especie vegetal con muy buena aptitud forrajera para rumiantes como los bovinos y otros herbívoros como los equinos. Muy valorada por los productores de ganado en las islas del Delta del río Paraná (Rossi, 2013, 2014; Zambiasio, 2019.). Además, forma parte de la dieta de animales salvajes como algunas tortugas acuáticas de la cuenca del río Amazonas. (Lahitte y Hurrell, 2004).

**2.5.1.3. *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc. (Pasto de laguna). (C3)**

*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, es una planta herbácea perenne, que crece en terrenos bajos, bañados, bordes de lagunas, cuyas hojas frescas son consumidas por los animales herbívoros salvajes y domésticos como alimento o forraje fresco (Lahitte y Hurrell, 2004), pertenece a la familia *Poaceae* (Gramíneas), subfamilia *Panicoideae*, tribu *Paniceae*. El nombre común más utilizado en nuestra zona es “Pasto de Laguna” (Lahitte y Hurrell, 2004). En estas latitudes florece y fructifica entre los meses de enero y mayo.

*Distribución y hábitat*

Es una herbácea nativa ampliamente distribuida desde los Estados Unidos de Norte América por Centro América, el Caribe y América del Sur hasta la Argentina. En Argentina es común en lugares con suelos húmedos, en zonas pantanosas en el borde de esteros y lagunas de las regiones biogeográficas Paranaense, Pampeana y Chaqueña.

*Descripción*

Son plantas herbáceas perennes, con tallos (cañas) de 1,5 a 3 m de largo por 0,6 a 1,2 cm de diámetro, decumbentes en la base, luego erguidos; entrenudos de 6 a 21 cm de largo, glabros, cilíndricos, huecos; nudos glabros. Las vainas de 10 a 15 cm de largo, iguales o más cortas que los entrenudos, glabras, hendidas desde la base, los márgenes glabros;

lígulas formadas por una hilera de pelos erguidos, tiesos, de 2 a 5 mm de largo. Las láminas son lineales a lanceoladas, de 20 a 60 cm de largo por 1 a 2,5 cm de ancho, planas, glabras, de base subcordada y ápice atenuado, con los bordes basales pilosos, con el nervio medio evidente. Las inflorescencias son panojas erectas o colgantes, angostamente elípticas, de 10 a 25 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho, pedúnculo hasta de 35 cm de largo. El fruto es una cariopsis ovoide, de 2,7 a 3 mm de largo por 1,8 mm de ancho con hilo punctiforme.



Figura 1.6.: *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc. A: Matas con abundante “pasto de laguna” creciendo en el lecho de una laguna, B: Inflorescencia, C: Ramas decumbentes y luego erguidas desarrollándose arraigadas en el borde de un riacho. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

#### *Composición Química*

Rossi y De Magistris (2014) estudiaron diversas especies vegetales en sistemas silvopastoriles del Delta Inferior del Río Paraná y le determinaron las concentraciones de PB, FDN, FDA y la digestibilidad de la Materia Seca (DIMS) y degradabilidad de la Materia Seca a las 24 h de incubación en el rumen *in sacco* (DRISMS 24h). Para

*Echinochloa helodes*, especie afín a *E. polystachia*, fueron 15,3; 71,6; 41,6; 56,5; y 52,4 % en la PB, FDN, FDA, DIVMS y DRISMS 24 h, respectivamente.

#### *Usos*

Está descrito que, por su abundancia y calidad, en el Delta del río Paraná es una especie vegetal con potencial forrajero que puede contribuir significativamente en la alimentación del ganado que pasta en las islas.

#### **2.5.1.4. *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth. (Aguapé, Camalote). (EA)**

*Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth., es una planta acuática herbácea perenne, flotante y arraigada al margen de arroyos y lagunas, perteneciente a la familia de las *Pontederiaceae*. Las pontederiáceas son plantas de una pequeña familia que tiene alrededor de 6 géneros y 30 a 35 especies distribuidas en regiones tropicales a templadas del norte de África, Asia y especialmente en América (Eckenwalder y Barrett, 1986). Son hierbas monocotiledóneas, con hábitos acuáticos, emergentes o flotantes, con tallos rizomatosos o estoloníferos, hojas bifaciales que salen envainadas desde la base, pecioladas, simples, planas y con nervaduras convergentes paralelas, que presentan tejido esponjoso o aerénquima en ramas y peciolo. Sus inflorescencias pueden ser un racimo terminal o axilar con flores múltiples o solitarias. Las flores son bisexuales con seis pétalos y fruto en forma de cápsula. (De Sousa *et al.*, 2016). Algunas especies de esta familia son cultivadas como plantas ornamentales y otras presentan partes comestibles. Los nombres comunes más utilizados en nuestra zona de *Eichhornia azurea* son “Aguapé” y “Camalote”.

#### *Distribución y hábitat*

Su área de distribución nativa es desde el sur de México por todos los países de América Central y en América del Sur hasta la desembocadura del río de la Plata. Se la encuentra mayormente entre la vegetación acuática de charcos, lagunas y bordes de riachos de aguas someras. En el Delta del Paraná suele formar parte de los embalsados o camalotales junto a otras especies.

#### *Descripción*

Son plantas herbáceas perennes, arraigadas y a veces libres, con tallos flotantes alargados. Hojas alternas, con peciolo alargado y láminas orbiculares de 8 a 10 cm de diámetro.

Flores cigomorfas, azuladas o violáceas, de 4 a 5 cm de largo, con una mancha amarilla en el lóbulo superior, dispuestas en espigas de 7 a numerosas flores, de 8 a 12 cm de largo. El fruto es una cápsula apiculada de 1 a 1,5 cm de largo. Los frutos maduran sumergidos en el agua.



Figura 1.7.: *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth. A: Vista de un tallo flotante con hojas alternas orbiculares, B: Hoja orbicular, C: Planta con sus hojas consumidas por el ganado, D: Detalle de una inflorescencia o espiga con las flores cigomorfas azuladas con mancha amarilla en el lóbulo superior. E: Conjunto de plantas arraigadas en el margen de un riacho, desplegando sus tallos flotantes sobre el agua. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

#### *Composición Química*

Es una planta de la familia de *E. crassipes*, pero mucho menos estudiada, por lo que se espera que presente una composición química y compuestos de su metabolismo secundario similares.

*Usos*

Es utilizada como especie vegetal ornamental en estanques. También está considerada una de las herbáceas que sustenta la oferta de néctar para la producción apícola en las islas del delta del Río Paraná.

**2.5.1.5. *Eichhornia crassipes* (Mart.) (Camalote, Jacinto de agua). (EC)**

*Eichhornia crassipes* (Mart.), es una planta acuática herbácea perenne flotante, generalmente libre y rara vez arraigada al margen de arroyos y lagunas, que también pertenece a la familia *Pontederiaceae*. Es una especie que se reproduce sexualmente a través de semillas y asexualmente por la emisión de plantas satélites a través de estolones, y que tiene una alta tasa de crecimiento y reproducción cuando las condiciones son favorables, razón por la cual constituye un problema en vías navegables, embalses y represas, en especial en aquellos países tropicales donde fue introducida. El nombre común más utilizado en nuestra zona es “Camalote”, y “Jacinto de Agua”, por su parecido con la flor de la planta de Jacinto.

*Distribución y hábitat*

Si bien es una especie ampliamente distribuida en el mundo, su área de distribución nativa es en los cursos de agua de toda América cálida desde Estados Unidos hasta el Río de la Plata en la Argentina.

*Descripción*

Son plantas herbáceas perennes, flotantes libres o a veces arraigadas, con tallos cortos y estoloníferos. Las hojas se disponen en forma de rosetas, con pecíolos alargados y ensanchados con abundante aerénquima y las láminas son reniformes u orbiculares de 6 a 9 cm de diámetro. Flores cigomorfas, azuladas o violáceas, de 4 a 5 cm de largo, con una mancha amarilla en el lóbulo superior, dispuestas en espigas de 7 a numerosas flores, de 8 a 12 cm de largo. El fruto es una cápsula apiculada de 1 a 1,5 cm de largo. Florece casi todo el año, con mayor intensidad en primavera y verano, y los frutos maduran sumergidos en el agua.

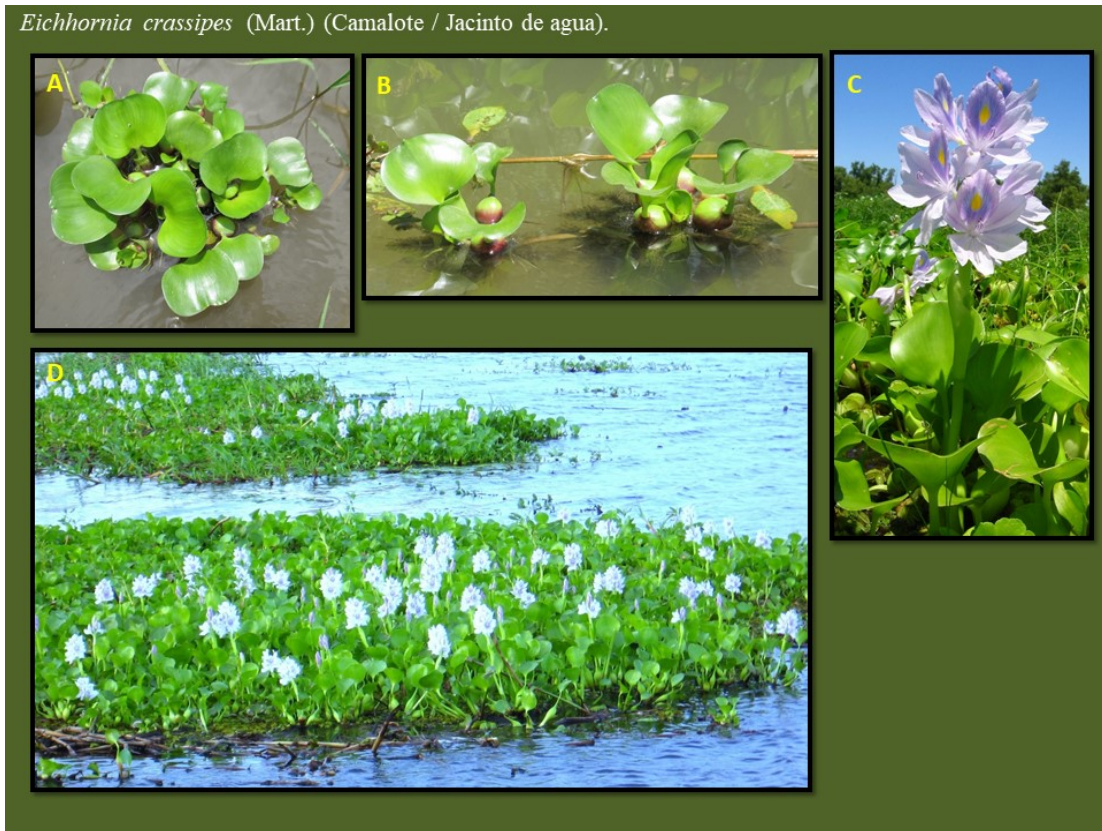


Figura 1.8.: *Eichhornia crassipes* (Mart.). A: Vista dorsal de una planta flotante donde se observan hojas arriñonadas, B: Planta madre y su hija satélite. Además, se aprecian algunos pecíolos globosos ensanchados con abundante aerénquima, C: Detalle de una inflorescencia o espiga con las flores cigomorfas de color lila con mancha amarilla en el lóbulo superior. D: Camalotal o embalsado de abundantes plantas de camalote. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

### *Composición Química*

Con el fin de sustituir insumos en una dieta experimental Sotolu (2010) incorporó una harina de planta entera de *E. crassipes* que presentó una concentración de Proteína Bruta de 24,2; Extracto etéreo de 2,4; Fibra Cruda de 19,6 y Cenizas de 11,3 %. La harina de *E. crassipes* que utilizaron en otro ensayo (Igbinosun *et al.*, 1988), presentó un nivel de Proteína Bruta menor (14,7), similar de Extracto Etéreo (2,3) y Fibra Cruda (18) y mayor de Cenizas 17,6 (%). En los dos ensayos los niveles de Proteína fueron diferentes pero alcanzaron para cubrir los requerimientos de la categoría de bovinos que pastan en las islas. Diversos estudios fitoquímicos han llevado al aislamiento e identificación de esteroides, flavonoides y compuestos tipo fenalenona (Malik, 2007).

*Usos*

Es una planta que se cultiva como acuática ornamental; además, por su abundante producción de biomasa en muchos países se la utiliza como forrajera, para la preparación de abonos, producción de biogás y para la remoción de sustancias tóxicas y excesos de nutrientes en aguas estancadas (Barros Cardoso *et al.*, 2010). También, es utilizada en la medicina popular para calmar diversas dolencias. Malik (2007) informó que extractos de *E. crassipes* mostraron actividades antioxidante y antimicrobiana (bacterias y hongos).

**2.5.1.6. *Polygonum acuminatum* Kunth. (Catay grande). (PA)**

*Polygonum acuminatum* Kunth. es una herbácea perenne, flotante, que crece erguida arraigada a los bordes de los cursos de agua, que pertenece a la familia *Poligonaceae*. Dicha familia tiene alrededor de 50 géneros y 1.100 especies, comprende árboles, arbustos, lianas o hierbas, con tallos generalmente engrosados en los nudos, con hojas simples, con una vaina (ócrea) que rodea completamente al tallo a nivel de cada nudo. Tienen flores pequeñas agrupadas en inflorescencias y los frutos son aquenios lenticulares o triquetros. Algunas especies tienen importancia económica como ornamentales, forestales y comestibles; otras son malezas sumamente perjudiciales. El género *polygonum* tiene alrededor de 300 especies distribuidas en zonas templadas de todo el mundo, y representado en Argentina con 21 especies. Los nombres vulgares de *P. acuminatum* más utilizados son “Catay”, “Catay grande” o “Lagunilla”.

*Distribución y hábitat*

Su área de distribución nativa es desde América Central y el Caribe, hasta América del Sur hasta los 38° de latitud sur. Crece en zonas muy húmedas, inundables, a orillas de arroyos y lagunas, también en acequias y cultivos considerándosele maleza en cultivos de arroz. Suele crecer en zonas húmedas y bordes de lagunas como única especie dando los denominados “Catayzales”, y también suele conformar embalsados, los “Camalotales”, junto a otras plantas acuáticas como *E. crassipes*, *P. elephantipes*, *etc.*

*Descripción*

Son hierbas perennes, flotantes arraigadas al borde de los cursos de agua, con tallos ascendentes de 0,5 a 2 m de altura, glabros, con pelos ásperos debajo de los nudos. Las hojas de 6 a 23 cm de largo por 0,8 a 4 cm de ancho, son simples, alternas, lanceoladas con

ápice agudo, glabras a seríceas, con ócreas cilíndricas con borde ciliado. Las flores son blancas, dispuestas en inflorescencias terminales en forma de panícula densa, con ramificaciones con pedúnculos hasta de 5 cm. Flores pequeñas de 3 a 5 mm sobre pedicelos de 1 a 5 mm. Los frutos son aquenios lenticulares de 3 a 4 por 2 a 2,5 mm.



**Figura 1.9.:** *Polygonum acuminatum* Kunth. A: Plantas de Catay vistas desde dorsal, B: Vista ventral donde se aprecian las hojas alternas y algunas inflorescencias terminales, C: Detalle de una inflorescencia en forma de panícula densa con algunas flores blancas. D: Cataizal o conjunto de plantas de Catay. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

### *Composición Química*

Estudios fitoquímicos de varias especies del género *Polygonum* han identificado una amplia gama de compuestos con posible actividad biológica producto del metabolismo secundario como triterpenos, flavonoides, antraquinonas, lignanos, cumarinas, compuestos fenólicos, taninos, etc. (Derita *et al.*, 2009; Huang *et al.*, 2015). En *P. acuminatum* se ha comprobado la presencia de polygodial, un sesquiterpeno con comprobada actividad antifúngica (Derita *et al.*, 2008).

### Usos

En el Delta del Paraná es de las especies vegetales herbáceas más utilizadas como alimento para el ganado, y que aporta una importante cantidad de néctar para la producción de miel (Rossi y De Magistris, 2014). Además, está descrito que es utilizada en la medicina tradicional por sus propiedades antifúngicas (Derita *et al.*, 2009).

#### 2.5.1.7 *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. (Porotillo). (VL)

*Vigna luteola* (Jacq.) Benth. es una enredadera herbácea que pertenece a la familia de las *Fabaceae* (Leguminosas). Esta gran familia cosmopolita está dividida en tres subfamilias *Mimosoideae*, *Cesalpinoideae* y *Papilionoideae* o *Faboideae*, que comprende alrededor de 650 géneros y 18.000 especies aproximadamente de herbáceas, arbóreas y arbustivas de importancia ecológica (por la simbiosis en sus nódulos radicales con microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico del suelo) y económica, especialmente como proveedores de alimentos ricos en proteínas como semillas (*Phaseolus* sp.: porotos) y forrajes (*Medicago sativa*: alfalfa), plantas medicinales (*Myroxylon balsamum*, *M. peruiiferum*: bálsamo del Perú), maderas para usos diversos usos (*Prosopis* sp.: algarrobo), etc. (Dellacassa, 2010; Castañeda *et al.*, 2017).

*V. luteola* pertenece a la subfamilia *Faboideae*, a la tribu: *Phaseoleae* y a la Subtribu *Phaseolinae*. Esta subtribu posee, entre otros tantos, a los géneros *Phaseolus* y *Vigna* de gran importancia ya que muchas de sus especies son cultivadas como alimenticias por sus frutos (Porotos) o como forrajeras por sus hojas, especialmente en áreas intertropicales. *Vigna luteola* es una planta denominada comúnmente “Porotillo” o “Frijol Cimarrón” en español, en portugués “*Feijoa da Praia*” y en inglés “*Cow pea*” (Lahitte y Hurrell, 2004).

#### Distribución y hábitat

*Vigna luteola* es considerada una especie nativa tanto del Continente Africano como del Continente Americano. Crece en pajonales y bañados, a veces es invasora de arrozales, y en América se encuentra distribuida desde el sur de Estados Unidos, México, América Central y del Sur. En Argentina se distribuye desde el norte del país hasta el delta del Paraná, en las provincias de Buenos Aires, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe y Tucumán.

*Descripción*

Son enredaderas herbáceas anuales que crecen hasta 1,5 metros de altura, con tallos volubles con pelos ásperos al tacto. Hojas alternas, compuestas pinnado trifoliadas, con folíolos de 3 a 10 cm de largo por 1,5 a 5,5 cm de ancho, lanceolados a oval lanceolados, con pecíolos de 1,5 a 6 cm de largo. Flores bisexuales cigomorfas, amarillo pálido, de entre 1,5 y 2 cm de largo, dispuestas en racimos de 3 a 5 flores, sobre pedúnculos axilares más largos que las hojas. El fruto es una legumbre linear, de 4 a 7 cm de largo por 0,6 a 0,8 cm de ancho, recta o ligeramente arqueada, subpéndula, pubescente y negra a la madurez. Las legumbres tienen entre 5 y 8 semillas con forma de riñón de entre 3,3 y 5 mm de largo, entre 3 y 4,9 mm de ancho y 2,3 a 3,5 mm de espesor. Las semillas son de superficie lisa, opaca, negra o marrón amarillento grisáceo intenso (Lahitte y Hurrell, 2004; Ojeda *et al.*, 2013).

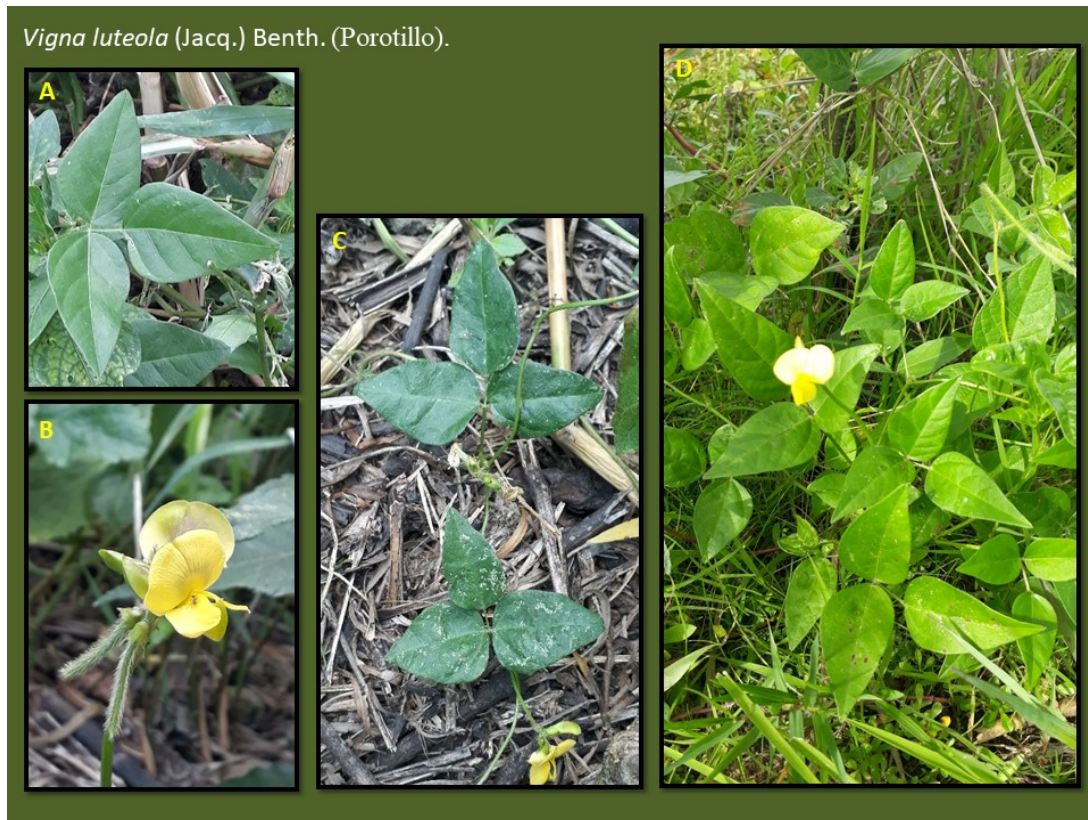


Figura 1.10.: *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. A: Vista dorsal de una hoja pinnado trifoliar, B: Flores y legumbres pilosas, C: Hojas con su disposición alterna, D: Planta trepando sobre otras hierbas. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

### *Composición Química*

En muestras de hojas de *Vigna luteola* tomadas en el Delta inferior del río Paraná determinaron que la PB, FDN y FDA fue el 20,3, 65,9 y 37,0 % base Materia Seca, respectivamente (Rossi, 2013). Además, varios autores han determinado la presencia de compuestos bioactivos como flavonoides (Kaempferol) en diversos tejidos como hojas, tallos y flores de *V. luteola* y otras plantas del mismo género (Zalocchi y Pomilio, 1994; Williams *et al.*, 1995).

### *Usos*

Lahitte y Hurrell (2004), describieron que *V. luteola* tiene potencial como ornamental y forrajera. Ojeda *et al.* (2013) señalaron que es una especie económicamente importante como promotor cultivo forrajero en áreas tropicales y subtropicales e incluso en las llanuras aluviales por sus propiedades fijadoras de nitrógeno. Según Rossi (2013), en los sistemas productivos del Delta del Paraná es considerada una forrajera muy buscada y apetecida por el ganado, y debido a su hábito trepador, complementa la oferta forrajera basada en las gramíneas y palustres sobre las que crece.

## 2.5.2. ARBÓREAS / ARBUSTIVAS

### 2.5.2.1. *Vachellia caven* (Molina) Molina, (Ex *Acacia caven*) (Espinillo). (AC)

*Vachellia caven* (Molina) Molina, es un árbol de pequeño a mediano porte que pertenece a la familia *Fabaceae* (Leguminosas), a la subfamilia *Mimosoideae*, a la tribu *Acacieae*. Esta planta es conocida con el nombre común “Espinillo”, “Aromo” y “Charqui”, y “Caven” es su nombre en Mapuche. *Vachellia Caven* tiene la particularidad de tener una abundante floración en primavera, antes de la foliación, lo que la hace destacar por su agradable aroma y color amarillo.

### *Distribución y hábitat*

Su área de distribución nativa es desde Bolivia hasta el sur de América del sur. Crece en Bolivia, en el centro, oeste y sur de Brasil, en todo el territorio de Chile, Paraguay y Uruguay y en Argentina en las provincias del noroeste y noreste, región cuyana, centro y Delta del río de la Plata hasta la Bahía de Samborombón. Es una especie que en Argentina habita de 0 a 2.500 m.s.n.m. y que está ampliamente distribuida en las regiones

fitogeográficas del Chaco, Monte, Espinal y Paranaense, tanto en zonas serranas como llanas. Si bien está adaptada a vivir en zonas áridas y semiáridas, es común encontrarla en los bordes de los ríos, arroyos y lagunas, ya que tolera suelos anegadizos.

#### *Descripción*

Es un árbol o arbolito caducifolio de entre 1,5 y 5 m de altura con copa esférica y rala, tronco de hasta 25 cm de diámetro, corteza persistente, color marrón oscuro o grisáceo, con grietas profundas longitudinales. Las ramas extendidas glabras a pubescentes con espinas dispuestas de a pares en los nudos, cónicas rectas, agudas, blancas o grises, de entre 5 y 25 mm de largo. Las hojas son caducas, alternas, bipinnadas con 3 a 15 pares de pinnas de 1 a 2,5 cm de largo; folíolos numerosos, opuestos, de 1 a 4 mm de largo por 0,5 a 1 mm de ancho, 10 a 30 pares por raquis secundario. Las flores son hermafroditas muy pequeñas de 6 a 8 mm de largo con cáliz y corola tubulares, sésiles, de color amarillo dorado anaranjado, que se disponen en inflorescencias esféricas (capítulos) de 0,7 a 1 cm de diámetro, parecidas a pompones, muy perfumadas, sostenidas sobre pedúnculos cortos. Los frutos son legumbres o vainas, indehiscentes, gruesas, cilíndricas, de 3 a 10 cm de largo, por 1,2 a 3 cm de diámetro, que termina en punta, con el pericarpio de color negro brillante en la madurez, en su interior presenta tejido esponjoso que rodea a las semillas. Las semillas color verde oliváceo a castañas, son comprimidas, de 5 mm de diámetro aproximadamente, 25 a 35 por fruto.

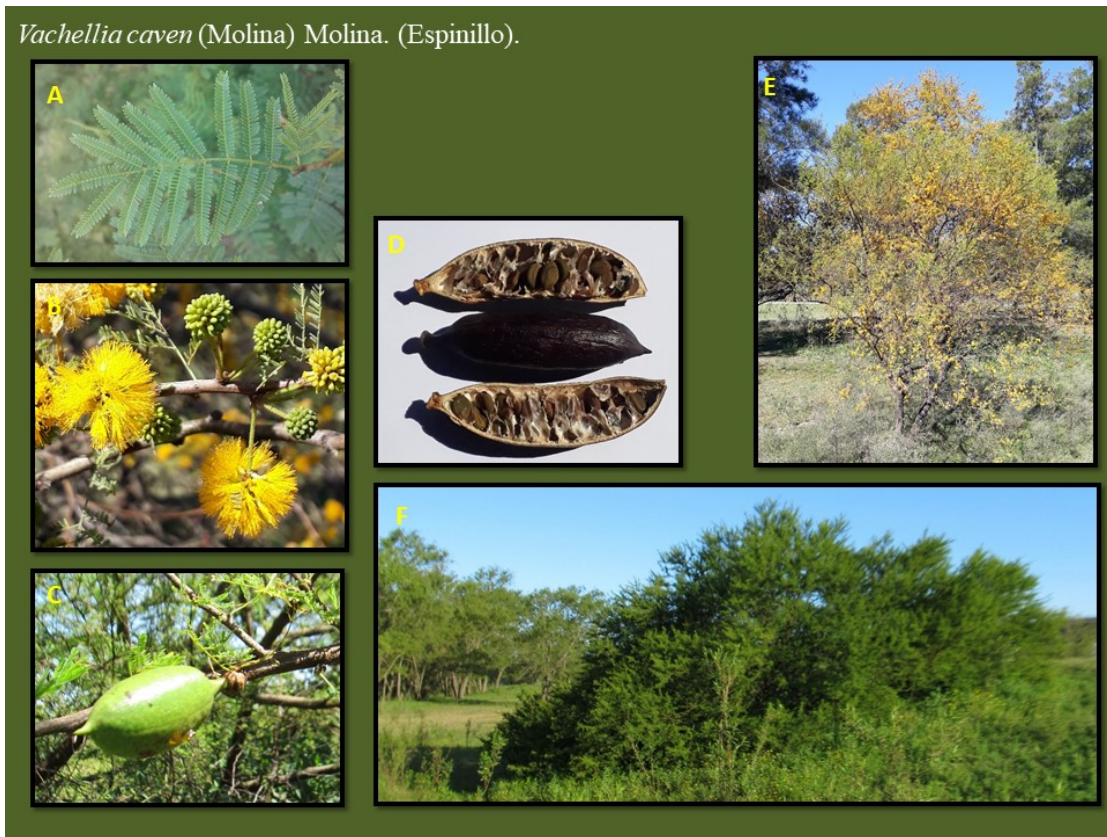


Figura 1.11.: *Vachellia caven* (Molina) Molina. A: Hoja bipinnada, B: Inflorescencias y pimpollos en capítulos; C: Fruto en estado inmaduro, D: Fruto maduro, se aprecia en su interior las semillas y tejido esponjoso que las rodea, E: Aspecto de un árbol florecido y F: Arbol con las típicas ramas extendidas. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

### *Composición Química*

Respecto de otras fuentes forrajeras, Serra (1997) ha determinado que la concentración de proteína fue elevada en hojas y semillas peladas, del orden del 23,9 y 48,7 %, respectivamente. Si bien faltan estudios de las especies del género *Vachellia* (ex *Acacia*) de manera individual, está descrito que en diversas estructuras de la planta, contienen compuestos del metabolismo secundario con actividades biológicas diversas como aminas, alcaloides simples, glucósidos cianogénicos, aceites esenciales, diterpenos, ácidos grasos, fluoroacetato, gomas, aminoácidos no proteicos, triterpenos, fitoesteroles, saponinas, flavonoides y taninos hidrolizables y condensados (Seigler, 2003). *V. Caven* en sus semillas posee una proporción elevada de ácido linolénico (18:2) correspondiente al 54 % del total de los ácidos grasos (Seigler, 2003), valores similares encontraron otros autores (Benedetti y Pavez, 2012).

*Usos*

*Vachellia caven* en zonas áridas es considerado como forrajero debido a que sus hojas, flores, frutos y semillas son consumidas por el ganado vacuno, ovino, caprino y equino (Benedetti, 2012; Ledesma *et al.*, 2017). Como su madera es dura, se utiliza principalmente para hacer carbón o leña, en la fabricación de postes, tirantes, mangos de herramientas, etc. Además, están descriptos numerosos usos en la medicina popular, por ejemplo, el polvo de hojas y corteza se usa como cicatrizante, y la infusión de hojas y semillas para problemas digestivos, reumatismo, depurativo orgánico, etc. Las flores presentan intensos aromas por lo que se utilizan para la elaboración de fragancias en perfumería. Los frutos se emplean para la extracción de sus taninos y para teñir prendas de color gris oscuro o negro. El espinillo, además, es considerado una especie melífera y especialmente, muy buena productora de polen (Demaio *et al.*, 2002; Ledesma *et al.*, 2017; Tonelli y Masuelli, 2019).

**2.5.2.2. *Gleditsia triacanthos* L. (Acacia Negra). (GT)**

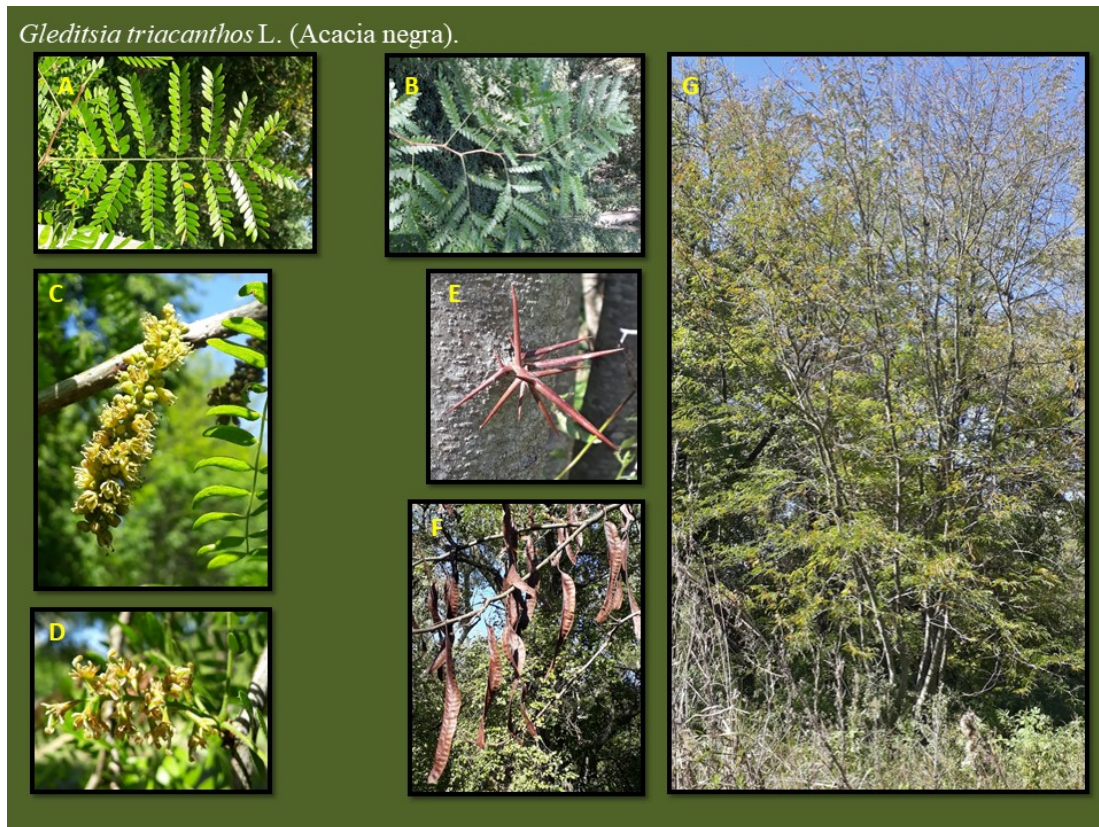
*Gleditsia triacanthos* L. es un árbol de hojas caducas que pertenece a la familia *Fabaceae* (Leguminosas), a la subfamilia *Caesalpinioideae*, a la tribu *Caesalpinieae* y al género *Gleditsia*. Género con aproximadamente 14 especies, de regiones templadas y subtropicales; aparentemente de gran antigüedad por sus áreas disjuntas en el viejo y nuevo mundo. En Argentina crecen dos, *Gleditsia amorphoides* que es nativa y *G. triacanthos* que es exótica y naturalizada. Es una especie considerada altamente invasora en muchas regiones del mundo debido a características reproductivas como: precocidad en alcanzar la madurez reproductiva (7 años); alta producción de semillas (14.000 semillas/planta/año); frutos apetecidos por animales, lo que favorece la dispersión de semillas, y altas tasas de germinación y viabilidad de las semillas (3 a 5 años). En la Argentina, sus poblaciones se están expandiendo sobre la vegetación nativa como en los pastizales pampeanos y los bosques del Chaco, Espinal y Yungas. *Gleditsia triacanthos* en Argentina es conocida con los nombres comunes “Acacia negra”, “Espina corona de Cristo”, “Algarroba turca” y en su país de origen “*Honey locust*”.

*Distribución y hábitat*

Originaria del centro y este de Estados Unidos de América, difundida por cultivo en casi todo el mundo; cultivada y naturalizada en Argentina.

*Descripción*

*Gleditsia triacanthos* L. es un árbol caducifolio, dioico, con tronco liso con espinas largas y ramificadas en tres puntas, que puede alcanzar hasta 20 metros de altura. Sus hojas son alternas, dimorfas, pinnadas y bipinnadas, con 6 a 16 folíolos elípticos y denticulados de 1 a 4 cm de largo por 0,4 a 1,5 cm de ancho. Tiene flores pequeñas de 4 a 6 mm, poco perceptibles, dispuestas en racimos axilares densos de 4 a 12 cm de largo. Los frutos son legumbres o vainas lineales, aplanadas, retorcidas, rojizas o negras, de 15 a 42 cm de largo por 3 a 4 cm de ancho.



**Figura 1.12.:** *Gleditsia triacanthos* L. A: Hoja bipinnada, B: Disposición de las hojas opuestas en una rama, C: Flores masculinas dispuestas en racimos, D: Flores femeninas dispuestas en racimos, E: Espinas ramificadas típicas, F: conjunto de vainas o frutos y G: Árbol. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

*Composición Química*

En un estudio en el Delta inferior del río Paraná las hojas y frutos enteros de Acacia negra, presentaron una concentración de PB del 23,8, y 10,2 y la degradabilidad ruminal *in sacco*

a las 48 h de 53,05 y 69,98 %, respectivamente (Rossi *et al.*, 2009). Está descrita la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides basados en las estructuras de apigenina y luteolina (Mohammed *et al.*, 2014,).

#### *Usos*

El ganado vacuno, ovino y caprino ramonea su follaje durante casi todo el año y también consume sus frutos (Rossi *et al.*, 2009). Es cultivada como planta ornamental y para la producción de madera para leña y postes. Sus vainas ocasionalmente comestibles por el hombre. También han sido muy utilizados frutos y espinas en la medicina tradicional China para tratar la apoplejía, el dolor de cabeza, tos, asma y enfermedades supurativas de la piel (Mohammed *et al.*, 2014). Estudios fitoquímicos de extractos de hojas describieron actividades antioxidante y citotóxica contra líneas celulares de cáncer de laringe, mama, cuello uterino, hígado y colon (Mohammed *et al.*, 2014).

#### **2.5.2.3. *Salix humboldtiana* Willd. (Sauce criollo). (SH)**

*Salix humboldtiana* Willd. es un árbol dioico, de hojas caducas, perteneciente a la familia *Salicaceae*. Familia de árboles o arbustos dioicos que tiene amplia distribución a nivel mundial, y que está constituida por 55 géneros y cerca de 1.010 especies (Mendez, 2012). En la Argentina está representada por 8 géneros, con 31 especies nativas. El género *Salix* comprende unas 300 especies (más un gran número de híbridos), denominadas comúnmente “Sauces”, la más conocida es el “Sauce llorón o Sauce de Babilonia” (*Salix babylonica*), muy utilizada como planta ornamental. Del género *Salix*, *S. humboldtiana* es la única especie nativa de Argentina. En la región es común denominarlo “Sauce criollo”, y otros nombres muy usados son “Sauce colorado” y “Sauce chileno” (Demaio *et al.*, 2002; De la Peña y Pensiero, 2011).

#### *Distribución y hábitat*

Es un árbol nativo del Continente Americano, que se distribuye desde México hasta Chile y Argentina, en nuestro país llega hasta la provincia de Santa Cruz. Especie que crece en las riberas de los ríos, arroyos e islas. Es un elemento típico de islas arenosas y los bordes de ríos y arroyos, que a veces forma bosques casi puros llamados sauzales. Es una especie pionera, al igual que *Tessaria integrifolia* (Aliso de río), que cumple la función de colonizar y fijar nuevos bancos e islas, común en el Delta superior y medio del río Paraná.

*Descripción*

Arboles caducifolios de gran porte, de 5 a 18 metros de altura y 1 metro de diámetro de tronco, dioicos. Copa amplia, abierta, con ramas principales ascendentes, erectas o inclinadas en la vertical y no péndulas. Corteza gruesa muy rugosa, color gris oscura, surcada de profundas grietas que se unen oblicuo y lateralmente. Ramas del año anterior de una tonalidad marrón rojiza, llevando ramas del año, alternas, cortas. Hojas color verde claras, glabras, alternas, simples, lineal a lineal lanceoladas, de 4 a 15 cm de largo por 1 cm de ancho con margen finamente aserrado. Flores unisexuales dispuestas en amentos (racimos) de 3 a 6 cm de largo, los masculinos amarillentos, los femeninos verdosos. El fruto es una cápsula piriforme que se abre en dos valvas, de color claro, de 4 a 5 mm de largo; las numerosas semillas poseen un gran mechón de pelos blancos algodonosos característico, son dispersadas por el viento y el agua. (Lahitte y Hurrell, 2004).

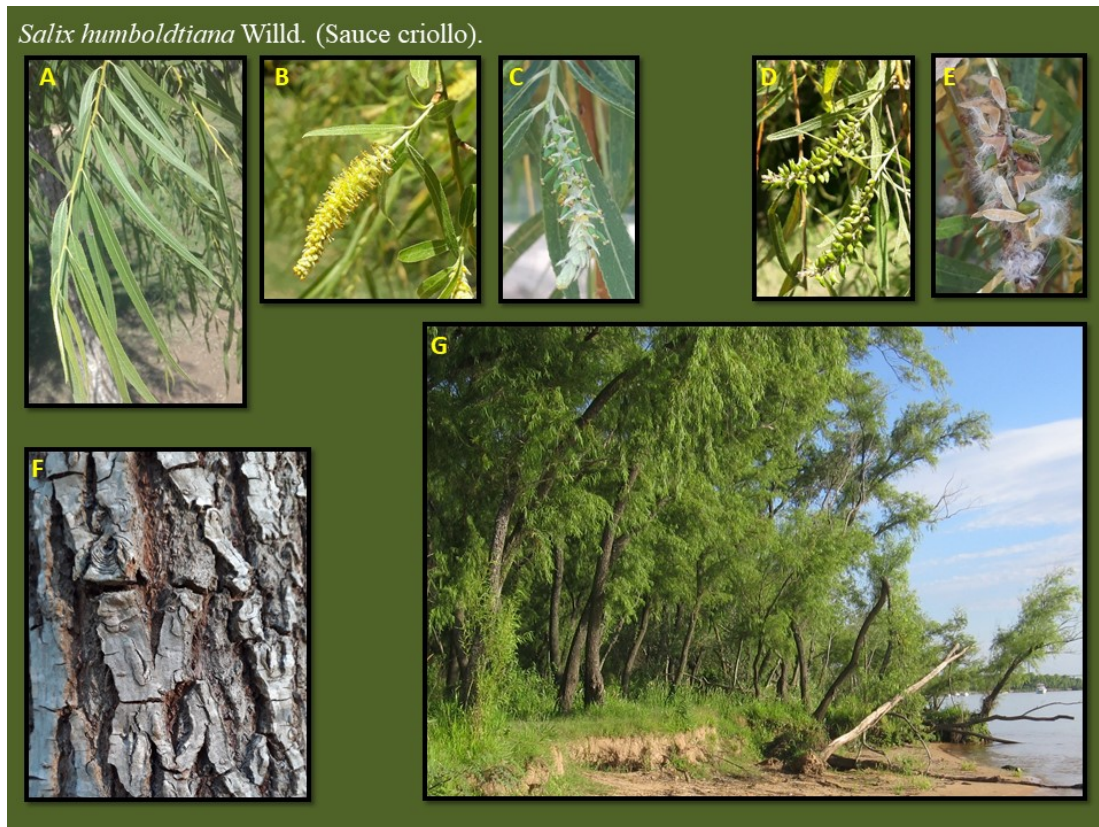


Figura 1.13.: *Salix humboldtiana* Willd. A: Vista dorsal de las hojas alternas, B: Inflorescencias masculinas, C: Inflorescencias femeninas, D: Infrutescencias, E: frutos maduros, F: Corteza, G: Bosque de sauces criollos (Sauzal) en una zona alta de la isla o albardón. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

### *Composición Química*

Fino *et al.*, 2013, determinaron la calidad nutricional de hojas de *Salix Humboldtiana* a través de la concentración de la Materia Seca (MS: 23 %), Proteína Bruta (19,35 %), Fibra Cruda (FC: 15,13 %), Fibra Detergente Neutro (FDN: 55,47 %), Extracto Etéreo (EE: 1,17 %), Extracto No Nitrogenado (ENN: 62,24 %) y Cenizas (5,42 %) y la degradabilidad ruminal de la Materia Seca *in sacco* a las 24 horas (DRISMS 24h: 71,05 %). Es conocido que la corteza de especies del género *Salix*, incluida *S. humboldtiana*, presenta diversas concentraciones de compuestos fenólicos, que son en su mayoría salicilatos, flavonoides y otros, responsables de sus reconocidas actividades farmacológicas y antioxidantes (Waizel Bucay, 2011; Forster *et al.*, 2021).

### *Usos*

Es una especie que se usa como ornamental y con fines forestales, para la producción de madera blanda y liviana, utilizada en la producción de celulosa y fabricación de cajones, fósforos, remos, etc. Sus hojas y ramas son apetecidas por el ganado (Fino *et al.*, 2013). Las propiedades curativas de los sauces son conocidas desde la antigüedad, han sido la fuente de la aspirina utilizada hasta la actualidad. Su corteza ha sido empleada desde hace mucho tiempo en medicina popular en Argentina en decocciones como febrífuga y analgésica (Haene y Aparicio, 2001). Son unas de las plantas consideradas más importantes dentro la flora melífera para la producción de miel y propóleos en la zona del Delta del Paraná (Lahitte y Hurrell, 2004). Toribio *et al.* (2009) demostraron la actividad antimicrobiana de sus extractos metanólicos de las partes aéreas de *Salix humboldtiana* contra microorganismos patógenos (*Staphylococcus aureus*).

#### **2.5.2.4. *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. (Aliso de río). (TI)**

*Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. es un árbol monoico de hojas perennes, perteneciente a la familia *Asteraceae* (Ex *Compositae* o compuestas), y a la tribu *Inuleae*. Esta familia, cuyo nombre actual deriva del griego Aster (Estrella), y tiene como característica distintiva la presencia de inflorescencias como una cabezuela o capítulo que se forma por la fusión de decenas a cientos de flores pequeñas. Típico ejemplo es el girasol (*Helianthus annuus* L.) Es la familia más numerosa de las plantas vasculares con alrededor de 24.000 especies y más de 1.500 géneros, e incluye plantas alimenticias, medicinales, ornamentales, industriales, tóxicas, etc. La tribu *Inuleae* es cosmopolita y está constituida por 200

géneros y 2.100 especies aproximadamente. En la Argentina del género *Tessaria* habitan 4 especies. A *T. integrifolia* se la denomina comúnmente “Aliso de río”, otros nombres vulgares en castellano: “Aliso”, “Pájaro bobo”, “Brea”, “Palo bobo”, y en portugués: “*lomba verde*” y “*bôbo*”.

#### *Distribución y hábitat*

Es un árbol nativo de Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. En Argentina crece en el norte y centro hasta el delta del Paraná en la cercanía de cursos de agua como ríos y arroyos. Forma bosques densos, casi puros llamados ”Alisales”, que en parte se debe a que presentan raíces gemíferas, que hacen que prolifere rápidamente por la producción de vástagos a su alrededor. También se reproduce por semilla. Es una planta que en estas latitudes florece desde diciembre a junio y fructifica en invierno.

#### *Descripción*

Son árboles esbeltos, de hojas perennes, de pequeña a mediana altura, de 2 a 8 metros, de copa estrecha y alargada. El tronco es recto y delgado, con pocas ramas finas laterales y verticales. La corteza es delgada, lisa, de color verdosa en ejemplares juveniles y gris verdosa cuando son adultos, con algunas verrugas lenticulares pequeñas. Hojas perennes alternas, decurrentes en un pseudopetíolo, simples, oblongas, oblongo lanceoladas a lanceoladas de 6 a 8 cm por 1 a 1,5 cm de ancho, ápice agudo y base atenuada, color verde grisáceas (glaucas) de margen entero o dentado con pubescencia densa, aromáticas. Las flores son rosado pálidas a violáceas agrupadas en inflorescencias llamadas capítulos de 1 cm de altura dispuestos en corimbos densos. Los frutos son aquenios glabros de 4 mm, con pappus blanco formado por cerdas simples en la parte superior y escabrosas hacia la base.



Figura 1.14.: *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. A: rama con hojas desde dorsal, B: rama con hojas desde lateral, C: Bosquecito de alisos de río en un albardón, D: Vista dorsal de la inflorescencia, E: corteza de un ejemplar juvenil; F: Corteza de un ejemplar adulto. Fotos: R:M: Figallo. Lugar: Riacho Paraná Viejo.

### *Composición Química*

Si bien no se encontró información disponible respecto a su composición química proximal, diversos autores (Perez Azahuanche *et al.*, 2007; Silva Correa *et al.*, 2018) en hojas de *Tessaria integrifolia* determinaron la presencia de metabolitos secundarios: esteroides, terpenos, flavonoides, compuestos fenólicos, lactonas, cumarinas y saponinas. Además, Soberon *et al.* (2020) en un estudio reciente determinaron la actividad antifúngica (*Cándida albicans*) de las flavanonas naringenina y pinocembrina provenientes de extractos de hojas de una especie del mismo género, *Tessaria dodoneifolia*.

### *Usos*

La madera es muy liviana y fácil de trabajar, se utiliza para fabricar pasta de papel y para hacer los armazones de techos que se utilizan en construcciones rústicas, especialmente de dos aguas, como los ranchos. Se la reconoce como especie vegetal muy melífera y

forrajera. En medicina popular se la ha utilizado para tratar infecciones y como cicatrizante (Haene y Aparicio, 2001). Las hojas se usan en medicina popular peruana para curar los trastornos hepáticos; se le aprovecha por sus propiedades diuréticas y como agente antiasmático y antiinflamatorio (Caballero Palacios, 2014).

#### **2.5.2.5. *Baccharis salicifolia* Nutt. (Chilca). (BS)**

*Baccharis salicifolia* Nutt. es un arbusto de hojas perennes perteneciente a la familia *Asteraceae*, a la tribu *Astereae* y a la subtribu *Baccharinae*. El género *Baccharis* L. del latín *Bacchus* (Baco), el dios romano del vino y las vendimias, en relación al aroma a especias de estas plantas, las que se consumían en la antigüedad en postres acompañados por vino. Es un género con 400 especies aproximadamente, que se distribuye exclusivamente en el Continente Americano. En Argentina está representado por 96 especies. Se la denomina comúnmente “Chilca”, otros nombres vulgares son “Chilca amarga”, “Chilca dulce”, “Chirca”, “Jarilla”, “Jarilla del río”, “Junco”, “Suncho”, “Vara dulce”, “Yuno”.

##### *Distribución y hábitat*

Especie con una amplia distribución, que crece desde el sur de los Estados Unidos (California) en toda América del Sur hasta la Patagonia y Tierra del Fuego (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela). Crece principalmente en suelos húmedos a ligeramente secos, terrenos arenosos a lo largo de ríos o cerca de cursos de agua. La floración se produce en verano y otoño, y las flores son polinizadas por insectos (entomófila). La diseminación de las semillas se da por el viento.

##### *Descripción botánica*

Arbusto dioico, de hojas perennes, de 1 a 2 m de altura, erecto, tallos estriados, con ramas y hojas densas. Las hojas son simples, alternas, angostamente elípticas a lineales, agudas en el ápice y atenuadas en la base, con tres nervaduras longitudinales, aserradas en los 2/3 superiores del margen, con pecíolo corto (0,2 a 0,7 cm), y de 4 a 9 cm de largo por 0,7 a 1,5 cm de ancho. Las inflorescencias se encuentran en capítulos pedunculados dispuestos en corimbos densos, en el extremo de las ramas. Los capítulos masculinos (estaminados) con involucre acampanado de 3 a 4 mm de altura por 3 a 4 mm de diámetro y con flores

tubulosas ensanchadas. Los capítulos femeninos (pistilados) presentan el involucreo acampanado de 3 mm de altura por 4 mm de diámetro, flores filiformes numerosas, glabras, con el borde fimbriado. El fruto es un aquenio de 1 mm de largo, rojizos, con 5 costillas blancas y papus blanco.

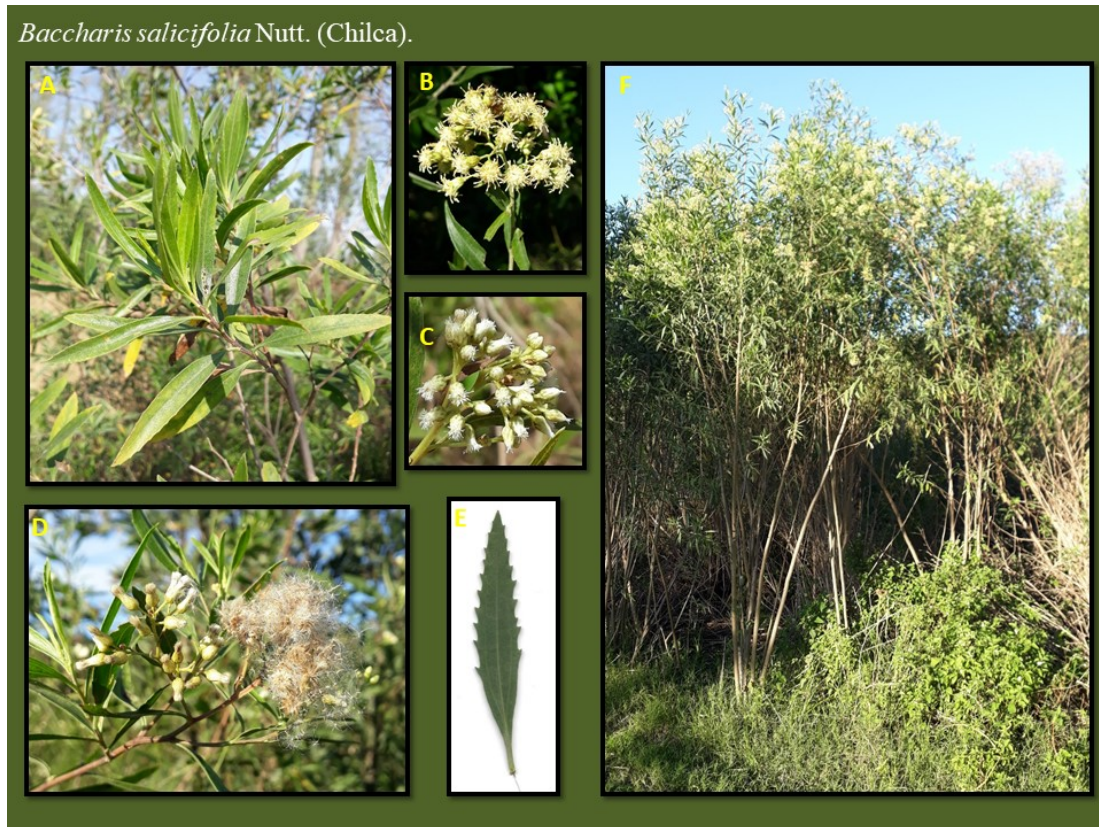


Figura 1.15.: *Baccharis salicifolia* Nutt. A: Rama con hojas alternas, B: Inflorescencia masculina, C: Inflorescencia femenina; D: Rama con inflorescencias femeninas y frutos. E: Hoja aserrada, F: Conjunto de plantas. Fotos: R:M: Figallo. Lugar: Riacho Paraná Viejo.

#### *Composición Química*

Si bien no se encontró información disponible respecto a su composición química proximal, Loayza *et al.* (1995); Carrizo Flores *et al.* (2009) describieron la presencia de metabolitos secundarios como monoterpenos y sesquiterpenos (aceites esenciales) con actividades biológicas diversas.

#### *Usos*

Esta planta es utilizada en la medicina popular para tratar el reumatismo, diversas infecciones, como antiinflamatorio y antiparasitario (Loayza *et al.*, 1995). Carrizo Flores *et*

*al.* (2009), determinaron la actividad antimicrobiana de aceites esenciales de *B. salicifolia* sobre bacterias Gram positivas (*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*) y no así sobre las Gram negativas testeadas (*Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium* y *Proteus mirabilis*). Singh *et al.* (2021) encontraron que aceites esenciales de *B. salicifolia* producen efectos tóxicos y repelentes sobre *Tribolium castaneum* (Escarabajo rojo de la harina) y las larvas del mosquito *Aedes aegypti*.

#### **2.5.2.6. *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson. (Salvia Morada) (LA)**

*Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson es un arbusto aromático, perenne, perteneciente a la familia *Verbenaceae*. Dicha familia botánica es amplia, con un total de 70 géneros y 2.000 especies aproximadamente, proveedora de plantas ornamentales y medicinales, siendo particularmente abundantes en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Dentro de esta familia, el género *Lippia* está integrado aproximadamente por 200 especies, que incluyen plantas con hábitos herbáceo, arbustivo y arbóreo, que se distribuyen principalmente en América Central, América del Sur y África tropical. La mayoría se utilizan en medicina popular como remedios gastrointestinales, respiratorios, etc. Además, las hojas de muchas de las especies se utilizan como condimento para preparaciones alimenticias (Pascual *et al.*, 2001).

##### *Distribución y hábitat*

*Lippia alba* es una especie nativa del Continente Americano, se encuentra distribuida en diversos tipos de ambientes, encontrándose en regiones secas del sur de Estados Unidos, México, América Central y del Sur, así como en las regiones húmedas del Caribe y de América del Sur, como la región del río Amazonas y el Delta del río Paraná. Debido a su gran distribución en el continente americano, desde el sur de Estados Unidos hasta las zonas templadas del centro de Argentina, su nombre vulgar varía según el país donde se encuentre, en nuestro país se denomina comúnmente “Salvia Morada” (Henaó *et al.*, 2011; Blanco *et al.*, 2013). Si bien es una especie perenne, en regiones con presencia de heladas las hojas se secan y se caen durante la estación fría.

##### *Descripción*

Es un arbusto aromático perenne ralo, con ramas largas con tallos cuadrangulares que suelen ser erguidas o péndulas, que puede alcanzar hasta los 2 metros de altura. Las ramas

tienden a hacer acodos terrestres. Las hojas son simples, de 2 a 7 cm de largo, opuestas, a veces ternadas, ovadas hasta oval oblongas y elípticas, rugosas y con pilosidad áspera en la cara superior, con nervaduras muy marcadas y pilosidad suave en la cara inferior. Borde dentado y con pecíolo corto. Flores hermafroditas tubulares, de 4 a 5 mm de largo, de color rosa violáceas excepcionalmente pudiendo ser blancas o amarillas, que se disponen en cabezuelas globosas en las axilas de las hojas, sobre pedúnculos más cortos que las hojas y con brácteas dispuestas en varias series. El fruto está formado por dos núcleos indehiscentes y cada uno contiene dos semillas que se separan a la madurez (Hennebelle *et al.*, 2008; Dellacassa, 2010).

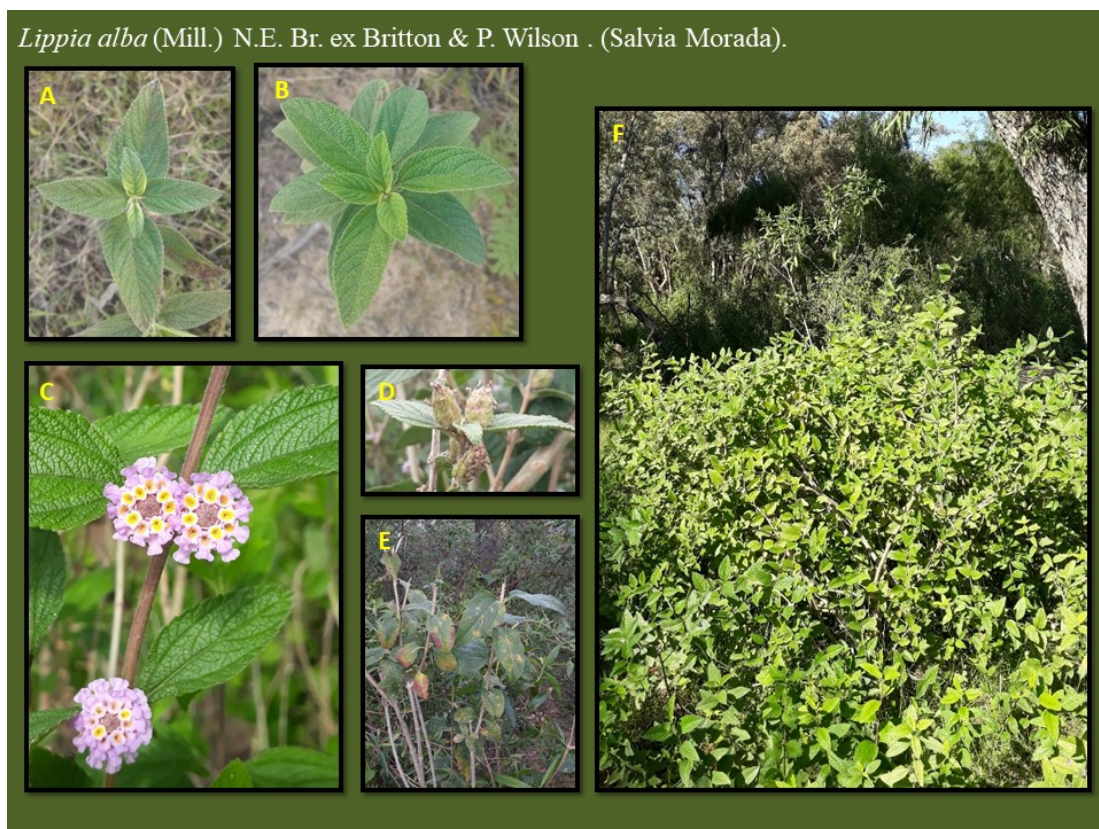


Figura 1.16.: *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson. A: Vista dorsal de hojas opuestas más frecuentes, B: Hojas ternadas, C: Inflorescencias, D: Infrutescencias, E: Ramas consumidas por el ganado y F: Arbusto recientemente brotado en primavera. Fotos: R. M. Figallo. Lugar: Islas de la Invernada y de los Mástiles, km 430 del río Paraná.

#### *Composición Química*

La concentración de Materia Seca, Proteína Bruta, Extracto Etéreo, Cenizas y Carbohidratos, de muestras de hojas de plantas *Lippia alba* cultivadas en dos aldeas de la

India, fue de 34,0; 20,3; 1,4; 20,0 y 7,6 % base seco, respectivamente (Brahma y Brahma, 2016).

*Lippia alba* en América es una de las plantas aromáticas con bastante investigación química, sobre todo en cuanto a la composición de sus Aceites Esenciales (Ciccio y Ocampo, 2006), los que pueden variar cualitativa o cuantitativamente, dependiendo de factores ambientales como distribución geográfica, característica del suelo, régimen hídrico, estación del año, o de la planta como genética, edad y estado fenológico (Lermen *et al.*, 2017). Debido a la variabilidad de *Lippia alba*, que permite la existencia de un elevado número de genotipos, denominados también quimiotipos, Hennebelle *et al.* (2008) propusieron la siguiente clasificación en base a la posible vía biosintética y a los componentes mayoritarios de los Aceites Esenciales:

Quimiotipo 1: Las plantas que contienen Citral, Linalool y/o  $\beta$  – Cariofileno, a su vez se clasifican en los siguientes Subtipos:

*Subtipo 1a*: Citral durante todo el año.

*Subtipo 1b*: Linalool durante todo el año.

*Subtipo 1c*: Citral o Linalool indistintamente en diferentes épocas del año.

*Subtipo 1d*:  $\beta$  – Cariofileno durante todo el año.

Quimiotipo 2: Plantas con Tagetenona como compuesto mayoritario.

Quimiotipo 3: Las plantas que contienen Limoneno y una de las siguientes cetonas cíclicas: Carvona, Dihidrocarvona, Piperitona, Piperitenona o Lippiona. También se divide en Subtipos:

*Subtipo 3a*: Limoneno y Carvona.

*Subtipo 3b*: Limoneno y Dihidrocarvona, Piperitona, o Lippiona.

Quimiotipo 4: Plantas que contienen Mirceno.

Quimiotipo 5: Plantas que contienen  $\gamma$ -Terpineno.

Quimiotipo 6: Las plantas en cuyos aceites de encuentran Alcanfor y 1,8-Cineol.

Quimiotipo 7: Las plantas que contienen Estragol.

En la República Argentina han sido encontrados el Quimiotipo 1 con los Subtipo 1a y 1c en la Provincia del Chaco, el Quimiotipo 2 en la Provincia de Corrientes, el Quimiotipo 3 Subtipo 3b, con Dihidrocarvona (Provincia de Santa Fe), Piperitona (Provincias de Entre Ríos y Tucumán) y Lippiona (Provincia de Entre Ríos) (Ciccio y Ocampo, 2006).

También se han identificado compuestos no volátiles con diversas actividades biológicas como son los alcaloides, iridoides, flavonoides (Alonso y Desmarchelle, 2015), taninos, fenoles, saponinas, etc. (Brahma y Brahma, 2016).

*Usos*

Los usos más frecuentes son en forma de infusión o tintura de sus hojas, para el tratamiento de problemas digestivos y respiratorios. Es una planta que tiene descritas numerosas propiedades terapéuticas como antiespasmódica, carminativa, digestiva, diurética, expectorante, laxante, sedante, somnífera, sudorífica, antimicrobiana, antioxidante, antiulcerosa y anticonvulsivante (Hennebelle *et al.*, 2008). No se hallaron reportes de su utilización como especie forrajera, sin embargo, se observaron evidencias de su consumo por bovinos en islas del Delta del Paraná como se muestra en la figura 4.13. E.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	68
<b>3.1. Ubicación geográfica de este estudio.....</b>	<b>69</b>
<b>3.2. Especies vegetales utilizadas.....</b>	<b>69</b>
3.2.1. Selección e identificación.....	69
3.2.2. Especies vegetales estudiadas.....	70
<b>3.3. Toma de muestras y procesamiento.....</b>	<b>70</b>
<b>3.4. Animales experimentales.....</b>	<b>71</b>
<b>3.5. Caracterización química de las especies vegetales.....</b>	<b>71</b>
3.5.1. Materia Seca.....	72
3.5.2. Proteína Bruta.....	72
3.5.3. Fibra Detergente Neutra.....	72
3.5.4. Fibra Detergente Acida.....	72
3.5.5. Celulosa y Lignina.....	73
3.5.6. Carbohidratos No Estructurales Solubles.....	73
<b>3.6. Caracterización biológica de las especies vegetales. Metodología empleada.....</b>	<b>73</b>
3.6.1. En el rumen <i>in sacco</i> .....	73
3.6.2. En el rumen <i>in vitro</i> .....	74
3.6.2.1. Sistemas <i>in vitro</i> . Descripción.....	74
3.6.2.2. Líquido ruminal empleado como inóculo.....	75
<b>3.7. Determinaciones analíticas.....</b>	<b>75</b>
3.7.1. pH.....	75
3.7.2. Potencial de Óxido Reducción (ORP).....	75
3.7.3. Concentración de N - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/dl).....	75
3.7.4. Medición de la producción de gas.....	76
<b>3.8. Composición química de henos de alfalfa utilizados.....</b>	<b>76</b>
<b>3.9. Análisis estadístico.....</b>	<b>76</b>

### **3.1. Ubicación geográfica de este estudio**

La identificación y toma de las muestras de las especies vegetales utilizadas en este trabajo, se llevó a cabo en las islas sedimentarias pertenecientes al Delta superior del Río Paraná ubicadas a la altura del km 430 del canal de navegación, frente al límite norte de la Ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe, República Argentina, entre 32° 48' - 55' de latitud sur y 60° 37' - 40' de longitud Oeste. El lugar de muestreo está comprendido dentro de la Unidad E de paisaje denominada por Malvarez (1997) "Bosques y praderas de las islas de cauce y fajas de meandros del río Paraná" y de la zona ganadera 2 (ZG 2) denominada por Quintana (2014) "Sector Norte del Delta Medio - Islas del Departamento Victoria".

Las otras actividades experimentales desarrolladas fueron realizadas en dependencias y con equipamientos pertenecientes a los Laboratorios de Bioquímica del Rumen y de Química Biológica de la Cátedra de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario, en la Ciudad de Casilda, Santa Fe, República Argentina, ubicada en Spangenberg y Ruta 33.

### **3.2. Especies vegetales empleadas**

#### **3.2.1. Selección e identificación**

Para seleccionar las especies vegetales nativas o naturalizadas provenientes de las Islas del Delta superior del Río Paraná a trabajar, se elaboró una nómina preliminar de las especies vegetales con potencial forrajero y consumidas por el ganado que pasta en las islas basada en la bibliografía existente (Burkart, 1957; Demaio *et al.*, 2002; Lahitte y Hurrell, 2004, Pensiero *et al.*, 2006).

De las especies vegetales presentes en el lugar del muestreo, se seleccionaron solo aquellas que mostraron evidencias de ser ingeridas por el ganado, mediante un registro visual y/o fotográfico.

La identificación y descripción de las especies vegetales seleccionadas se hizo a partir de muestras de plantas enteras y diversas estructuras (hojas, tallos, flores, frutos, etc.) e imágenes digitales en su hábitat natural tomadas en el lugar de muestreo, las que se

contrastaron con los materiales existentes en obras disponibles en sitios *web* oficiales para tal fin como las del Jardín Botánico de Londres (*Plants of the world online*, *The Botanical Royal Garden Kew*), de Flora Argentina del Instituto de Botánica Darwinion (IBODA – CONICET), y otras.

### 3.2.2. Especies vegetales estudiadas

Se trabajó con 13 especies vegetales con potencial forrajero provenientes de las islas del delta superior del río Paraná, de las cuales 7 son herbáceas, y las 6 restantes arbóreas y arbustivas. A continuación, se presenta la nómina de las especies y familia botánica a la que pertenecen:

Familia **Poaceae**: *Hymenachne pernambucensis* (Spreng.) Zuloaga, *Panicum elephantipes* Nees ex Trin. y *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc.

Familia **Pontederiaceae**: *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth y *Eichhornia crassipes* (Mart.).

Familia **Polygonaceae**: *Polygonum acuminatum* Kunth.

Familia **Fabaceae**: *Vigna luteola* (Jacq.) Benth., *Vachellia caven* (Molina) Molina y *Gleditsia triacanthos* L.

Familia **Salicaceae**: *Salix humboldtiana* Willd.

Familia **Asteraceae**: *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. y *Baccharis salicifolia* Nutt.

Familia **Verbenaceae**: *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson,

### 3.3. Toma de muestras y procesamiento

Las muestras de las especies vegetales fueron obtenidas durante su ciclo de crecimiento vegetativo 2015 - 2016, cada 30 días aproximadamente, teniendo en cuenta la disponibilidad en el sitio de recolección y accesibilidad respecto de las condiciones climáticas. Fueron obtenidas entre 6 y 8 muestras de cada una de las especies vegetales, constituyendo un total de 90. La cantidad de muestras obtenidas para cada especie vegetal fue 6 en: *Panicum elephantipes*, *Echinochloa polystachya*, *Polygonum acuminatum* y *Baccharis salicifolia*, 7 en: *Hymenachne pernambucensis*, *Vigna luteola*, *Vachellia caven*, *Salix humboldtiana*, *Tessaria integrifolia* y *Lippia alba*, y 8 en: *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes* y *Gleditsia triacanthos*.

El material que componía las muestras de las especies vegetales estudiadas, en las herbáceas pertenecientes a las familias *Poaceae* y *Poligonaceae* estaba formado por tres a cuatro hojas terminales y su fracción de tallo correspondiente, y en las arbóreas, arbustivas y las restantes herbáceas (*Fabaceae* y *Pontederiaceae*) solo por hojas enteras (pecíolo y lámina foliar). Las partes de cada una de las plantas que se incluyeron en las muestras son aquellas que presentaron evidencias de ser consumidas por los bovinos en condiciones naturales de pastoreo.

Las muestras del material vegetal se obtuvieron por corte con tijera mecánica y transportadas hacia la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR en bolsas de nylon negro y conservadas refrigeradas. Inmediatamente de arribadas al laboratorio fueron secadas en estufa a 60°C, durante 48 horas, molidas con molino Willey y tamizadas con una criba de 2 mm; y herméticamente conservadas al resguardo de la luz y la humedad, hasta la realización de los restantes análisis.

### **3.4. Animales experimentales**

Se trabajó con tres ovinos (*Ovis ovis*) hembra de la raza Pampinta, de 70 kg de peso promedio, con fistula en rumen y equipados con cánula de 4 cm de diámetro. Los animales fueron alimentados con heno de alfalfa (*Medicago sativa*) de excelente calidad a voluntad y libre acceso al agua de bebida. Se siguió el protocolo informado y aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario.

### **3.5. Caracterización química de las especies vegetales**

La caracterización química se realizó a través de métodos convencionales de análisis de alimentos para herbívoros rumiantes como son la determinación de la concentración de Materia Seca, Proteína Bruta, Fibra Detergente Neutra, Fibra Detergente Acida, Celulosa, Lignina y Carbohidratos No Estructurales Solubles. Las determinaciones fueron realizadas por el Laboratorio de Nutrición y Evaluación de Calidad de Forrajes de la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, laboratorio considerado de referencia y que pertenece al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). La Materia Seca, se determinó en el Laboratorio de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR, inmediatamente de recolectadas las muestras.

### 3.5.1. Materia Seca

La Materia Seca (MS % o g / 100 Materia Verde) se determinó inmediatamente de arribada la muestra al laboratorio, sobre una submuestra, que se mantuvo en estufa de secado a 60° C durante 48 horas o hasta peso constante. (AOAC, 2000). Su valor es de fundamental importancia, no solo por su relación con otras variables, sino como referencia debido a que todas las determinaciones restantes se hicieron a partir de la muestra secada, y por lo tanto deben expresarse en base a la MS.

### 3.5.2. Proteína Bruta

Para medir la Proteína Bruta (PB % o g / 100 g MS) se determinó el N a través del método de combustión (oxidación en seco) en atmósfera de oxígeno ultra puro descrito por Horneck y Miller (1998). Luego se estimó el contenido de Proteína Bruta de cada muestra multiplicando la concentración de N por 6,25.

### 3.5.3. Fibra Detergente Neutra

La Fibra Detergente Neutra (FDN % o g / 100 g MS) se determinó a través de la fracción de las muestras que es insoluble en detergente neutro con la metodología de la bolsita filtrante, en equipo Ankom A220 (Komareck *et al.*; 1994). Dicha porción está constituida básicamente por celulosa, hemicelulosa y lignina, denominada comúnmente como componente de la pared celular.

### 3.5.4. Fibra Detergente Ácido

Para medir la Fibra Detergente Ácido (FDA % o g / 100 g MS) fue determinada la fracción de las muestras que es insoluble en detergente ácido través de la metodología de la bolsita filtrante, en equipo Ankom A220 (Komareck *et al.*; 1994). Dicha porción está constituida básicamente por celulosa, y lignina.

### 3.5.5. Celulosa y Lignina

Las concentraciones de Celulosa y Lignina (% o g / 100 g MS) fueron determinadas a través del método lignina permanganato, a partir del residuo de la FDA. (Goering y Van Soest, 1970).

### 3.5.6. Carbohidratos No Estructurales Solubles

Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES % o g / 100 g MS) fueron determinados los carbohidratos solubles en agua por colorimetría con los reactivos de Antrona. (Morris, 1948).

## 3.6. Caracterización biológica de las especies vegetales. Metodología empleada.

La caracterización biológica de las especies vegetales se determinó a través de la Degradabilidad de la Materia Seca en el rumen *in sacco*, y mediante incubaciones en el rumen *in vitro*, se estudió su comportamiento sobre indicadores fisicoquímicos (pH, Potencial de Oxido Reducción y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y la producción de gas por la actividad microbiana (Gas, ml), tras la incubación en el rumen *in vitro*.

### 3.6.1. En rumen *in sacco*

La degradabilidad ruminal de la Materia Seca de las especies vegetales se realizó en los tres ovinos hembra de la raza Pampinta con fistula ruminal, alimentados con el heno de alfalfa H 16 a voluntad, cuya composición química se presenta más adelante.

Se utilizaron bolsas de 15 por 6 cm, confeccionadas con tela de Nylon ASTM 230 con un tamaño de poro de 64 micras, de acuerdo al método propuesto por Mehrez y Orskov (1977). A partir de las muestras tomadas a cada una de las plantas en el período de muestreo se confeccionaron muestras compuestas para cada especie vegetal.

Las bolsas fueron cargadas con los 3 g de MS (17 mg MS / cm<sup>2</sup>) de cada una de las muestras de las especies vegetales, remojadas en agua por un minuto e incubadas en el rumen durante 0, 3, 6, 12, 24 y 48 horas, durante 2 períodos (días diferentes) y en los 3 ovinos alimentados con el heno de alfalfa.

Después de transcurrido el horario de incubación correspondiente, cada una de las bolsas fue removida del rumen, lavada con agua corriente, por aproximadamente un minuto o hasta que al agua salió completamente transparente. Posteriormente fueron llevadas a estufa de secado a 60° C durante 48 horas o hasta peso constante y luego pesadas para calcular el porcentaje de degradación.

Los resultados obtenidos en la degradabilidad ruminal de la Materia Seca (DRMS) *in sacco* fueron ajustados al modelo exponencial descrito por Orskov y McDonald (1979):

$$\text{DRMS \%} = a + b (1 - e^{-ct})$$

Donde es: a, la fracción soluble o rápidamente degradable.

b, la fracción lentamente degradable.

c, la tasa de degradación de b.

a + b, la fracción potencialmente degradable.

t, tiempo de incubación.

e, número e.

### **3.6.2. En el rumen *in vitro*.**

#### **3.6.2.1. Sistemas *in vitro*. Descripción**

Se utilizaron sistemas cerrados en rumen *in vitro* desarrollados por Smacchia *et al.* (1995); descritos detalladamente en Smacchia (2004). Los sistemas, se conformaron por botellas de vidrio de 50 ml, cerrados con tapón de goma con una aguja 25/8 insertada, conectado a través de una válvula de tres vías a una jeringa de vidrio de 20 ml. Los sistemas fueron cargados con 30 ml de líquido ruminal (LR) filtrado solo (control) o más 300 mg de MS de las muestras de especies vegetales (tratamientos y testigo). Las incubaciones se hicieron a 39° C en baño de agua termostatzado durante 24 h, fueron repetidas tres veces (días diferentes), y además cada tratamiento se hizo por triplicado.

### 3.6.2.2. Líquido ruminal empleado como inóculo

El líquido ruminal (LR) proveniente de 3 ovinos con fistula ruminal de la raza Pampinta, alimentados con heno de alfalfa, se extrajo previo a la ingesta de la mañana (9 h), con pera de goma y filtrado con malla 2 mm. Con el LR de cada animal, en partes iguales, se formó un *pool*. Luego de filtrado, se mantuvo en erlenmeyer cerrado a 39° C en baño de agua termostatzado, en constante agitación, hasta cargar todos los sistemas.

### 3.7. Determinaciones analíticas

Muestras de 10 ml de líquido ruminal tomadas, al inicio y al final de las incubaciones en rumen *in vitro* fueron utilizadas para determinar el pH y Potencial de Óxido Reducción, y conservadas a - 20° C para la posterior determinación de la Concentración de N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/dl).

#### 3.7.1. pH

Se utilizó un electrodo de vidrio y potenciómetro Horiba D - 22 (Horiba Ltd, Kyoto, Japón). El equipo fue calibrado con un buffer de pH 7.

#### 3.7.2. Potencial de Óxido Reducción (ORP)

El ORP, fue medido en mV. Se utilizó un electrodo de platino (Pt) y potenciómetro Horiba D - 22 (Horiba Ltd, Kyoto, Japón), calibrados antes de cada determinación utilizando solución Zo Bell (Pidello, 2014). El electrodo de referencia empleado fue de tipo Calomel.

#### 3.7.3. Concentración de N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/dl)

Se utilizó la técnica colorimétrica del azul de indofenol, con lectura en espectrofotómetro Hitachi U - 1500 (Hitachi Instruments, Inc. U.S.A.) con filtro de 540 nm. La combinación del amoníaco con hipoclorito y fenol en medio alcalino produce azul de indofenol que tiene su máxima absorbancia a 540 nm. Se utilizó una solución estándar de (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> con una concentración de 5 mg de N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / dl.

### 3.7.4. Medición de la Producción de Gas

La producción de gas (ml / 0,3 g MS) se midió por desplazamiento del émbolo de la jeringa, a las 1, 3, 6, 12 y 24 horas de iniciada la incubación. Los valores obtenidos en cada especie vegetal y horario de incubación fueron ajustados al Modelo Exponencial descrito por Orskov y McDonald (1979):

$$\text{Gas (ml / 0,3 g MS)} = a + b (1 - e^{-ct})$$

Donde es: **a**, la fracción soluble o rápidamente fermentescible.

**b**, la fracción lentamente fermentescible.

**c**, la tasa de producción de gas de b.

**t**, tiempo de incubación

**e**, número e.

### 3.8. Composición química de henos de alfalfa utilizados

A continuación, en la tabla 3.1. se presenta la composición química de los henos de alfalfa (*Medicago sativa*) utilizados en las diferentes actividades experimentales. En la alimentación de los ovinos experimentales, durante los estudios en el rumen *in sacco* se utilizó el heno H 16 y en las incubaciones en rumen *in vitro* el heno H 18. El heno H 3 se empleó como Testigo en las incubaciones en el rumen *in vitro*.

Tabla 3.1.: Composición química de los henos de alfalfa (*Medicago sativa*) utilizados en las experiencias *in sacco* e *in vitro*.

Henos de alfalfa	Composición química						
	MS	PB	FDN	FDA	Celulosa	Lignina	CNES
H 16 ( <i>in sacco</i> )	87,3	32,3	49,7	33,3	17,7	5,4	3,5
H 18 ( <i>in vitro</i> )	89,6	24,4	53,0	35,6	25,8	5,9	3,5
H 3 (Testigo)	87,7	13,0	62,8	54,2	8,6	9,7	1,9

Nota: MS: materia seca, PB: proteína bruta, FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, CNES: carbohidratos no estructurales solubles.

### 3.9. Análisis estadístico

A las variables estudiadas se le realizó una descripción estadística, a través del cálculo de los valores promedio, mínimo, máximo y desvío estándar (DE).

Fueron estudiados a través de Análisis de la Varianza a uno y dos criterios de clasificación los datos obtenidos en la caracterización química (MS, PC, FDN, FDA, Celulosa, Lignina y CNES), degradabilidad ruminal *in sacco*, e indicadores fisicoquímicos (pH, ORP y concentración de N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y producción de gas medidos en el rumen *in vitro* de las especies vegetales.

Las comparaciones entre medias se hicieron a través del test de Duncan ( $P \leq 0,05$ ).

Además, a través de la estimación del coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal simple se estudió la asociación entre los datos obtenidos en la producción de gas al final de la incubación (24 h) en el rumen *in vitro* de las especies vegetales con su caracterización química (PC, FDN, FDA, Celulosa, Lignina y CNES).

## **4. RESULTADOS**

4. RESULTADOS.....	78
<b>4.1. Caracterización química de las especies vegetales.....</b>	<b>79</b>
4.1.1. Materia Seca (MS).....	80
4.1.2. Proteína Bruta (PB).....	83
4.1.3. Componentes de la Fibra: Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Acida (FDA), Celulosa y Lignina.....	84
4.1.4. Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES).....	87
<b>4.2. Caracterización biológica de las especies vegetales.....</b>	<b>88</b>
4.2.1. Degradabilidad en el rumen <i>in sacco</i> .....	88
4.2.2. Comportamiento en el rumen <i>in vitro</i> .....	98
4.2. 2.1. pH del líquido ruminal al inicio y final de la incubación.....	98
4.2.2.2. Potencial de Óxido Reducción (ORP, mV) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación.....	100
4.2.2.3. N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/100 ml) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación.....	103
4.2.2.4. Producción de gas en el rumen <i>in vitro</i> durante la incubación.....	104
4.2.2.5. Relación de la producción de gas con la composición química.....	111

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS ESPECIES VEGETALES

La tabla 4.1. presenta la nómina las especies vegetales identificadas y empleadas en el trabajo, agrupadas según su comportamiento vegetativo (Herbáceas y Arbóreas / Arbustivas), en la primera columna se muestra la “familia botánica” a la que pertenecen, y en las columnas siguientes la información referente al “nombre científico” (Género y especie), “nombre común” más utilizado en la zona y la abreviatura asignada (Abrev.). Este orden se mantiene a lo largo del capítulo de resultados de este trabajo, con el fin facilitar la comparación entre las especies vegetales (tratamientos).

Tabla 4.1.: Especies vegetales de islas del Delta superior del río Paraná con potencial forrajero utilizadas.

	<b>Familia Botánica</b>	<b>Nombre Científico (Género y especie)</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Abrev.</b>
HERBACEAS	Poaceae	<i>Hymenachne perambucensis</i>	Carrizo / Canutillo	C1
		<i>Panicum elephantipes</i>	Canutillo	C2
		<i>Echinochloa polystachya</i>	Pasto de laguna / Canutillo	C3
	Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>	Aguapé / Camalote	EA
		<i>Eichhornia crassipes</i>	Camalote / Jacinto de agua	EC
	Polygonaceae	<i>Polygonum acuminatum</i>	Catay Grande	PA
ARBOREAS / ARBUSTIVAS	Fabaceae	<i>Vigna luteola</i>	Porotillo	VL
		<i>Vachellia caven</i>	Espinillo	AC
		<i>Gleditsia triacanthos</i>	Acacia negra	GT
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce criollo	SH
	Asteraceae	<i>Tessaria integrifolia</i>	Aliso de río	TI
		<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	BS
Verbenaceae	<i>Lippia alba</i>	Salvia morada	LA	

#### 4.1.1. Materia Seca (MS)

La concentración de la Materia Seca (MS % ó g MS /100g de Materia Húmeda) de las muestras de las especies vegetales estudiadas, medida inmediatamente de recolectadas, presentó un amplio rango de variación (tabla 4.2. y figura 4.1.), con el valor promedio de 23,82 (DE: 11,4), mínimo de 10,5 en *Eichhornia crassipes* (EC) y máximo de 42,3 % en *Vachellia caven* (AC).

Tabla 4.2.: Valores promedio, mínimo y máximo y desvío estándar (DE) de la concentración de la Materia Seca (MS % ó g MS /100g de Materia Húmeda, MH) de las especies vegetales estudiadas de las islas del Delta superior del río Paraná.

ESPECIE VEGETAL			Promedio	Mínimo	Máximo	DE
HERBACEAS	<i>Hymenachne perambucensis</i>	C1	17,5 bc	13,7	21,5	2,68
	<i>Panicum elephantipes</i>	C2	12,1 ab	9,6	17,0	2,67
	<i>Echinochloa polystachya</i>	C3	17,0 abc	13,0	24,7	4,70
	<i>Eichhornia azurea</i>	EA	11,7 ab	9,5	13,5	1,28
	<i>Eichhornia crassipes</i>	EC	10,5 a	8,8	11,6	1,04
	<i>Polygonum acuminatum</i>	PA	16,1 abc	15,3	16,8	0,76
	<i>Vigna luteola</i>	VL	23,8 cd	20,9	26,2	2,08
ARBOREAS / ARBUSTIVAS	<i>Vachellia caven</i>	AC	42,3 f	38,1	47,1	2,80
	<i>Gleditsia triacanthos</i>	GT	39,4 ef	29,5	44,5	5,53
	<i>Salix humboldtiana</i>	SH	36,8 ef	34,8	39,9	1,94
	<i>Tessaria integrifolia</i>	TI	25,4 d	23,8	27,6	1,46
	<i>Baccharis salicifolia</i>	BS	30,6 de	29,5	31,7	1,59
	<i>Lippia alba</i>	LA	29,3 d	25,8	33,2	2,75

Nota: a, b, c, d, e, f, letras distintas en una columna indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

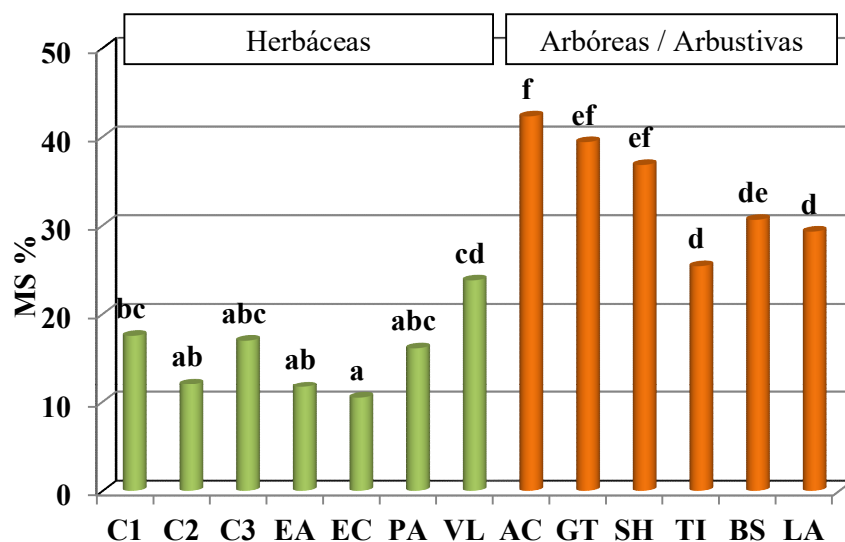


Figura 4.1.: Concentración de Materia Seca (MS % ó g MS /100g MH) de las especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná.

A simple vista en la figura 4.1. se puede observar que todas las herbáceas presentaron menor concentración de Materia Seca que las especies con comportamiento arbóreo / arbustivo, y al analizar el efecto del comportamiento vegetativo se comprobaron tales diferencias (tabla 4.3.). Es de resaltar que dentro de las herbáceas el nivel más bajo de Materia Seca se dio en *Eichhornia crassipes* (EC), especie vegetal con hábito acuático de vida libre, seguido por las herbáceas acuáticas que crecen arraigadas al sustrato del borde los cursos de agua como *Eichhornia azurea* (EA), *Panicum elephantipes* (C2), *Polygonum acuminatum* (PA), *Echinochloa polystachya* (C3) y *Hymenachne pernambucensis* (C1), y el valor más alto se dio en la herbácea terrestre *Vigna luteola* (VL). En las especies de comportamiento arbóreo / arbustivo los mayores valores se determinaron en *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Salix humboldtiana* (SH), seguido por las arbustivas *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA) y el menor valor en la arborea *Tessaria integrifolia* (TI).

**Tabla 4.3.:** Valores promedio (DE), mínimo y máximo de la concentración de la Materia Seca (%) según el comportamiento vegetativo de las especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná.

	Promedio	Minino	Máximo	DE
<i>COMPORTAMIENTO:</i>				
Herbáceas	15,1 a	8,9	26,2	5,0
Arbóreas / Arbustivas	34,6 b	23,8	47,1	6,9
<i>Promedio general</i>	23,8	8,9	47,1	11,4

Nota: a, b, letras diferentes indican diferencias entre promedios (Duncan,  $P \leq 0,05$ ).

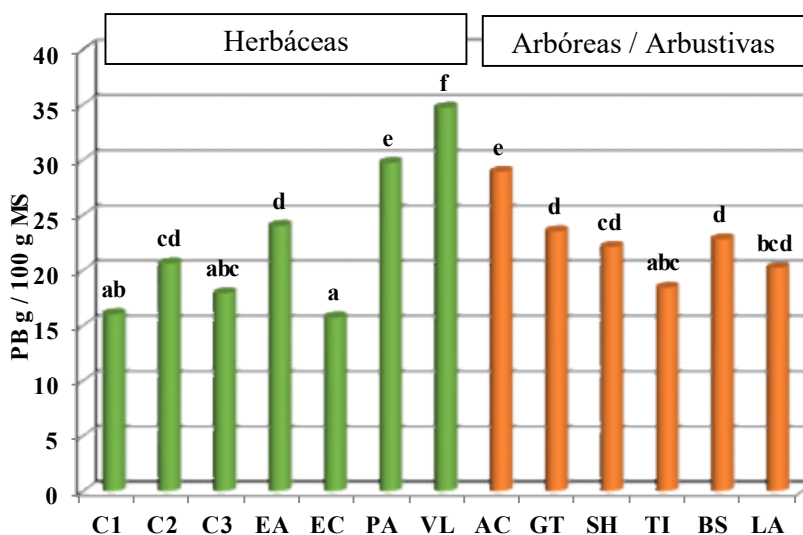
A continuación, se presentan los resultados de la composición química: Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Celulosa, Lignina y Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES). En la tabla 4.4. se pueden observar todos los valores promedio correspondientes a cada parámetro.

**Tabla 4.4.:** Composición Química (g / 100g MS) de las especies vegetales estudiadas de las islas del Delta superior del río Paraná.

Especie vegetal		Composición Química (g / 100 g MS)						
		PB	FDN	FDA	Celulosa	Lignina	CNES	PB:CNES
<i>Hymenachne pernambucensis</i>	C1	16,1	67,9	37,2	29,8	7,1	7,2	2,2
<i>Panicum elephantipes</i>	C2	20,7	68,2	40,9	33,6	7,5	7,2	2,9
<i>Echinochloa polystachya</i>	C3	18,0	71,2	37,7	32,9	3,3	7,3	2,5
<i>Eichhornia azurea</i>	EA	24,1	76,5	46,1	35,0	9,7	7,4	3,3
<i>Eichhornia crassipes</i>	EC	15,8	54,0	42,6	29,8	8,0	7,4	2,1
<i>Poligonum acuminatum</i>	PA	29,8	58,9	47,5	36,6	10,7	8,4	3,5
<i>Vigna luteola</i>	VL	34,8	61,3	27,9	20,5	7,0	7,9	4,4
<i>Vachellia caven</i>	AC	29,0	44,8	26,0	29,1	8,0	4,0	7,2
<i>Gleditsia triacanthos</i>	GT	23,6	40,9	26,5	19,9	5,9	6,6	3,6
<i>Salix Humboldtiana</i>	SH	22,2	35,4	28,7	19,5	9,0	9,8	2,3
<i>Tessaria integrifolia</i>	TI	18,5	52,8	32,7	26,4	12,2	7,4	2,5
<i>Baccharis salicifolia</i>	BS	22,9	35,3	33,0	32,6	13,9	7,8	2,9
<i>Lippia alba</i>	LA	20,3	59,5	38,1	25,7	11,4	8,7	2,3
Promedio		22,7	55,9	35,8	28,6	8,7	7,5	3,2
DE		5,6	13,6	7,3	5,8	2,8	1,3	1,4

#### 4.1.2. Proteína Bruta (PB)

La concentración de Proteína Bruta (g / 100 g MS) presentó variaciones entre las especies vegetales estudiadas con un promedio de 22,7 (DE: 5,6); con el mayor valor de 34,8 en *Vigna luteola* (VL), seguido por *Polygonum acuminatum* (PA) y *Vachellia caven* (AC), luego por *Eichhornia azurea* (EA), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Baccharis salicifolia* (BS), *Salix humboldtiana* (SH), *Panicum elephantipes* (C2), *Lippia alba* (LA), *Tessaria integrifolia* (TI) y *Echinochloa polystachya* (C3) y los menores de 16,1 en *Hymenachne pernambucensis* (C1) y 15, 8 en *Eichhornia crassipes* (EC) (Tabla 4.4).



**Figura 4.2.:** Proteína Bruta (PB, g / 100 g MS) de las especies vegetales de islas del Delta superior del río Paraná estudiadas. Nota: a, b, c, d, e, f, letras distintas indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

En la figura 4.2. se puede observar que la concentración de Proteína Bruta de las distintas especies estudiadas presentó variaciones, las cuales no tuvieron relación con su hábito de crecimiento o comportamiento vegetativo ( $P > 0,05$ ). Es de destacar, que los valores más altos de PB corresponden a las hojas de las leguminosas (Familia *Fabaceae*) *Vigna luteola* (VL) y *Vachellia caven* (AC), y a la representante de la familia *Polygonaceae*: *Polygonum acuminatum* (PA).

### 4.1.3. Componentes de la Fibra: Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Celulosa y Lignina

En la figura 4.3. se observan los valores promedio (g / 100 g MS) de los componentes de la Fibra, (I) Fibra Detergente Neutra (FDN), (II) Fibra Detergente Ácida (FDA), (III) Celulosa y (IV) Lignina, de las especies vegetales estudiadas del Delta del río Paraná.

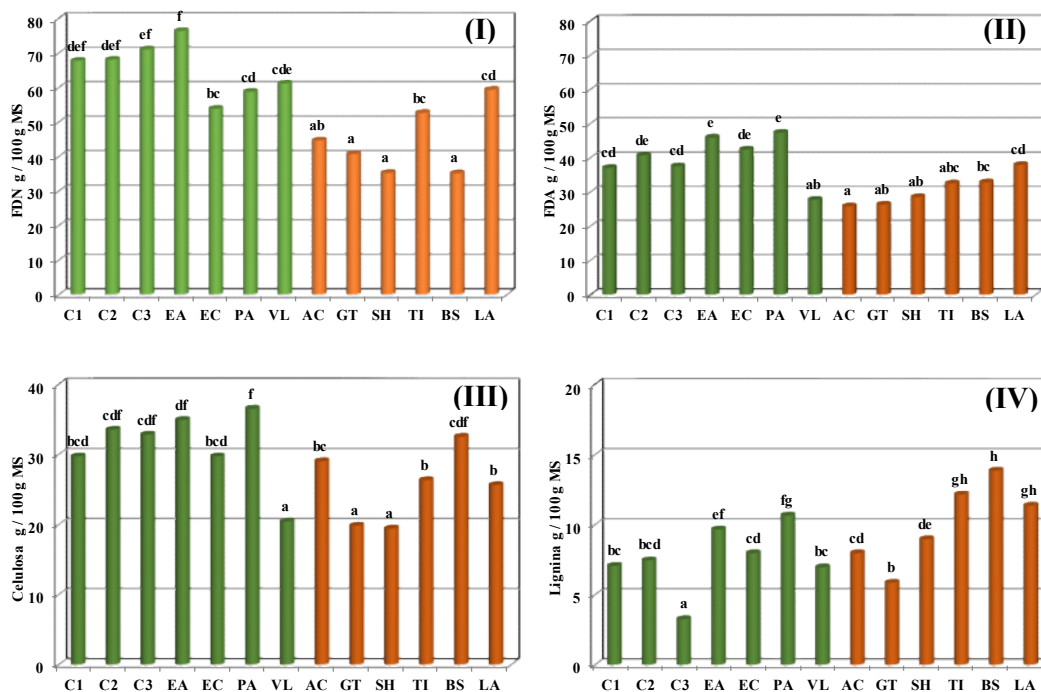


Figura 4.3.: (I) Fibra Detergente Neutra (FDN), (II) Fibra Detergente Ácida (FDA), (III) Celulosa y (IV) Lignina (g / 100 g MS) de las especies vegetales estudiadas de islas del Delta superior del río Paraná. Nota: a, b, c, d, e, f, g, letras distintas indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

La concentración de FDN (g / 100 g MS) presentó valores promedio de 55,9 (DE: 13,6); máximo de 76,5 y mínimo de 35,3. El máximo valor lo presentó *Eichhornia azurea* (EA) y el mínimo corresponde a *Baccharis salicifolia* (BS). Los mayores valores se observaron en las especies de comportamiento herbáceo *Eichhornia azurea* (EA), *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2) y *Hymenachne perambucensis* (C1), los menores en las especies arbóreas / arbustivas *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH) y *Baccharis salicifolia* (BS) y en un lugar intermedio *Tessaria integrifolia* (TI), *Vigna luteola* (VL), *Lippia alba* (LA), *Polygonum acuminatum* (PA) y *Eichhornia crassipes* (EC), (tabla 4.4. y figura 4.3. I). Es de destacar que las

especies herbáceas mostraron una tendencia a presentar valores más altos de FDN que las especies vegetales arbóreas / arbustivas estudiadas.

La FDA presentó valores promedio, máximo y mínimo de 35,8 (DE: 7,3); 47,5 y 26 g / 100 g MS; respectivamente. Los valores máximo y mínimo le corresponden a *Polygonum acuminatum* (PA) y *Vachellia caven* (AC), respectivamente. Los valores mayores se presentaron en *Polygonum acuminatum* (PA) y *Eichhornia azurea* (EA), seguidos por *Eichhornia crassipes* (EC), *Panicum elephantipes* (C2), *Lippia alba* (LA), *Echinochloa polystachya* (C3) y *Hymenachne pernambucensis* (C1), luego *Baccharis salicifolia* (BS), *Tessaria integrifolia* (TI), *Salix humboldtiana* (SH) y *Vigna luteola* (VL), y los valores menores en *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Vachellia caven* (AC) (tabla 4.4. y figura 4.3. II). En la FDA también puede observarse una tendencia similar a la de la FDN, presentando los valores más altos en las especies herbáceas respecto de las arbóreas / arbustivas, con excepción de la herbácea *Vigna luteola*, con uno de los valores más bajos.

Al estimar la digestibilidad de la Materia Seca (DIMS) a través de la ecuación Rohweder *et al.* (1978), que tiene en cuenta la concentración de FDA ( $DIVMS = 88.9 - (\% \text{ FDA} \times 0.779)$ ), las especies vegetales estudiadas muestran el siguiente orden decreciente: 68,6 en *Vachellia caven* (AC); 68,3 en *Gleditsia triacanthos* (GT); 67,2 en *Vigna luteola* (VL); 66,5 en *Salix humboldtiana* (SH); 63,4 en *Tessaria integrifolia* (TI); 63,2 en *Baccharis salicifolia* (BS); 59,9 en *Hymenachne pernambucensis* (C1); 59,5 en *Echinochloa polystachya* (C3); 59,2 en *Lippia alba* (LA); 57 en *Panicum elephantipes* (C2); 55,7 en *Eichhornia crassipes* (EC); 53 en *Eichhornia azurea* (EA) y 51,9 % en *Polygonum acuminatum* (PA).

La determinación de la concentración de la Celulosa en las especies estudiadas presentó valores promedio de 28,6 (DE: 5,8); máximo de 36,6 y mínimo de 19,5 g / 100 g MS (tabla 4.4.). El máximo valor lo presentó *Polygonum acuminatum* (PA) y el mínimo corresponde a *Salix humboldtiana* (SH). Los valores mayores se observaron en *Polygonum acuminatum* (PA) y *Eichhornia azurea* (EA), seguido por *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3), *Baccharis salicifolia* (BS), *Eichhornia crassipes* (EC), *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Vachellia caven* (AC), luego por *Tessaria integrifolia* (TI) y *Lippia alba* (LA), y los menores valores en *Vigna luteola* (VL), *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Salix humboldtiana* (SH), (figura 4.3. III). Al igual que en la FDN y la FDA, las herbáceas presentaron una tendencia similar para la concentración de Celulosa.

La Lignina en las especies estudiadas presentó un valor promedio de 8,7 (DE: 2,8); que varió entre 13,9 y 3,3 g / 100 g de MS. El máximo valor se observó en *Baccharis salicifolia* (BS) y el mínimo en *Echinochloa polystachya* (C3). Los valores mayores se observaron en *Baccharis salicifolia* (BS), *Tessaria integrifolia* (TI), *Lippia alba* (LA) y *Polygonum acuminatum* (PA), seguido por *Eichhornia azurea* (EA), *Salix humboldtiana* (SH), *Eichhornia crassipes* (EC), *Vachellia caven* (AC), *Panicum elephantipes* (C2), *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Vigna luteola* (VL), y los menores valores en *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Echinochloa polystachya* (C3), (tabla 4.4. y figura 4.3. IV). Si bien hay importantes variaciones en la concentración de Lignina entre las especies estudiadas, en general las especies herbáceas mostraron una tendencia a mostrar valores más bajos que las arbóreas / arbustivas.

Al estudiar el efecto del tipo de comportamiento vegetativo, se observó que las especies vegetales herbáceas, presentaron mayor concentración de FDN, FDA y Celulosa, y una tendencia, aunque no significativa, a una menor cantidad de Lignina respecto de las arbóreas / arbustivas (tabla 4.5.).

Tabla 4.5.: Valores promedio de FDN, FDA, Celulosa y Lignina (g / 100g MS) según el Comportamiento Vegetativo de las especies vegetales herbáceas y arbóreas / arbustivas provenientes de las islas del Delta Superior del río Paraná.

	<b>FDN</b>		<b>FDA</b>		<b>Celulosa</b>		<b>Lignina.</b>	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE.
<b>Herbáceas</b>	65,4	7,7	39,9	6,6	31,2	5,3	7,6	2,3
<b>Arbóreas / Arbustivas</b>	44,8	9,7	30,8	4,6	25,5	5,1	10,1	2,9
<i>Valor-P</i>	0,001		0,016		0,079		0,124	

En general los componentes de la fibra FDN, FDA, Celulosa y lignina presentaron variaciones entre las especies estudiadas, mostrando mayor concentración en FDN, FDA y Celulosa en las especies con comportamiento herbáceo respecto de las arbóreas / arbustivas, y con una tendencia inversa para la concentración de Lignina.

#### 4.1.4. Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES)

En la tabla 4.4. y figura 4.4. se puede observar que la concentración de CNES presentó un valor promedio de 7,5 (DE: 1,3) y varió entre 9,8 y 4,0 g / 100 g de MS. El máximo valor se observó en *Salix humboldtiana* (SH) y el mínimo en *Vachellia caven* (AC). Los valores mayores se observaron en *Salix humboldtiana* (SH), *Lippia alba* (LA) y *Polygonum acuminatum* (PA), seguido por *Vigna luteola* (VL), *Baccharis salicifolia* (BS), *Tessaria integrifolia* (TI), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC), *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2) y *Hymenachne pernambucensis* (C1), y los menores valores en *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Vachellia caven* (AC).

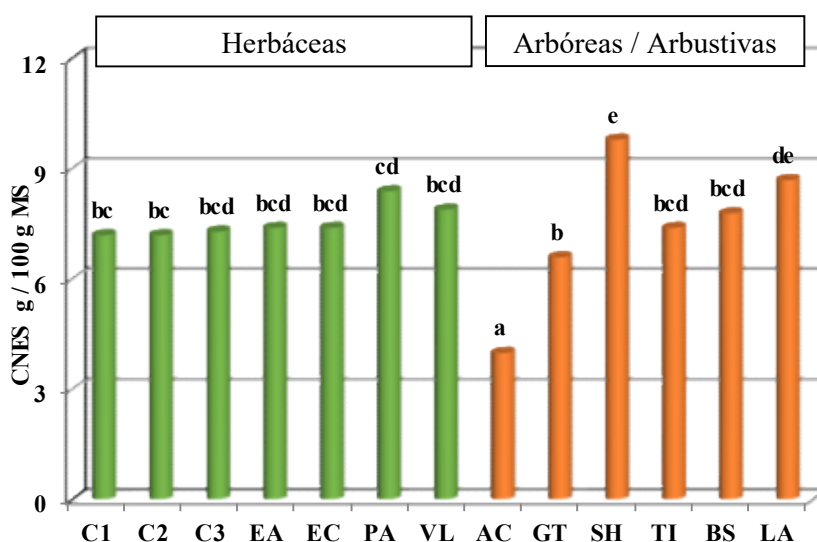


Figura 4.4.: Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES, g / 100 g MS) de las especies vegetales estudiadas de islas del Delta superior del río Paraná. Nota: a, b, c, d, e, letras distintas indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

En la concentración de CNES, si bien las especies vegetales herbáceas fueron más homogéneas que las arbóreas / arbustivas, no se observaron diferencias entre las medias debido al comportamiento vegetativo.

## 4.2. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE LAS ESPECIES VEGETALES

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización biológica de las especies vegetales estudiadas, realizada mediante la medición de la degradabilidad de la Materia Seca en el rumen *in sacco*, y a través del estudio del comportamiento de las especies vegetales sobre indicadores fisicoquímicos (pH, Potencial de Óxido Reducción y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y la producción de gas por la actividad microbiana (Gas, ml), tras la incubación en el rumen *in vitro*.

### 4.2.1. DEGRADABILIDAD EN EL RUMEN *IN SACCO*

En la tabla 4.6. se presentan los valores observados promedio y las diferencias ( $P \leq 0,05$ ) en la degradabilidad de la Materia Seca de especies vegetales estudiadas, durante 0, 3, 6, 12, 24 y 48 horas de incubación en el rumen *in sacco*.

**Tabla 4.6.:** Valores observados (Promedio, DE) de la degradabilidad de la Materia Seca (DR/MSMS % ó g / 100 g MS) a las 0, 3, 6, 12, 24 y 48 h de incubación en el rumen *in sacco* de las especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná.

Especie Vegetal	Degradabilidad ruminal de la Materia Seca <i>in sacco</i>											
	0 h		3 h		6 h		12 h		24 h		48 h	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
C1	21,4 de	0,0	24,0 bc	0,7	31,3 cd	1,5	41,2 b	3,2	55,2 c	2,0	64,1 d	2,1
C2	25,7 i	0,0	28,9 cd	1,9	34,0 def	2,0	49,1 c	3,1	67,2 f	2,5	80,5 i	1,1
C3	17,4 b	0,0	20,4 a	1,6	26,2 ab	2,2	40,8 b	2,7	57,8 cd	3,8	73,4 fgh	2,5
EA	22,5 f	0,6	26,6 cd	2,5	30,9 cd	1,1	34,7 a	1,7	43,7 b	2,6	54,5 c	3,5
EC	26,8 j	0,4	27,5 cd	1,2	27,8 bc	1,9	29,6 a	1,5	40,1 ab	2,3	41,3 a	2,3
PA	20,3 c	1,6	22,9 ab	3,3	29,2 bc	0,8	33,9 a	3,3	59,0 cde	4,3	67,5 e	2,7
VL	32,5 k	0,0	37,4 g	3,0	49,6 h	6,1	71,1 d	3,8	78,8 g	3,0	80,2 i	1,3
AC	15,1 a	0,6	20,5 a	1,6	23,5 a	2,0	29,7 a	2,5	39,1 a	1,9	46,4 b	2,1
GT	24,6 gh	0,7	32,4 f	6,7	38,8 g	2,8	41,6 b	8,9	60,9 de	2,1	63,9 d	1,4
SH	24,9 h	0,5	30,4 df	0,6	35,6 efg	3,1	44,5 bc	7,4	66,9 f	2,6	72,3 fg	1,8
TI	21,7 e	0,6	26,6 cd	0,8	28,3 bc	1,1	29,9 a	3,2	62,6 e	4,9	71,8 f	1,4
BS	20,9 cd	0,5	25,7 bcd	2,5	33,3 de	3,6	49,4 c	3,3	70,4 f	5,4	75,5 h	2,4
LA	23,9 g	0,9	26,9 cd	2,1	37,4 fg	5,2	48,8 c	5,8	70,5 f	2,9	74,7 gh	2,4

Nota: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, letras distintas en una columna indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

La degradabilidad ruminal de la Materia Seca al final (48 h) de la incubación *in sacco* presentó el menor valor en *Eichhornia crassipes* (EC), le siguieron *Vachellia caven* (AC) y *Eichhornia azurea* (EA), luego *Gleditsia triacanthos* (GT), *Hymenachne perambucensis* (C1), *Polygonum acuminatum* (PA), *Tessaria integrifolia* (TI), *Salix humboldtiana* (SH), *Echinochloa polystachya* (C3), *Lippia alba* (LA) y *Baccharis salicifolia* (BS), y los valores mayores en *Vigna luteola* (VL) y *Panicum elephantipes* (C2). El valor del promedio general entre todas las especies estudiadas en la degradabilidad ruminal de la Materia Seca al final de la incubación *in sacco* fue 66,5 % (DE: 12,2).

En la tabla 4.7. se presentan las fracciones soluble o rápidamente (**a**), lentamente (**b**) y potencialmente (**a + b**) degradables en el rumen *in sacco* de la Materia Seca y la tasa o velocidad de degradación (**c**) de **b**, obtenidas tras el ajuste al modelo Exponencial de Orskov y McDonald (1979).

El grado de ajuste de los resultados obtenidos en la degradabilidad de la Materia Seca en el rumen *in sacco*, al modelo Exponencial propuesto, se puede considerar adecuado para describir y comparar la cinética de degradación de las especies vegetales estudiadas, debido a que se presentaron valores muy buenos, entre 0,90 y 0,99 (tabla 4.7.), en el coeficiente de determinación  $R^2$ .

**Tabla 4.7.:** Estimadores de los parámetros de la cinética de degradabilidad de la Materia Seca en rumen *in sacco* de las especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná, obtenidos por ajuste al Modelo de Orskov y McDonald (1979).

Especie vegetal		Degradabilidad ruminal de la Materia Seca: Estimadores de los parámetros del Modelo de Orskov & Mc Donald (1979).				
		a	b	a + b	c	R <sup>2</sup>
<i>Hymenachne pernambucensis</i>	C1	19,37 cd	50,31 cd	69,67 c	0,0480 bc	0,99
<i>Panicum elephantipes</i>	C2	21,93 e	65,73 gh	87,65 d	0,0456 bc	0,99
<i>Echinochloa polystachya</i>	C3	13,54 a	66,18 h	79,72 d	0,0456 bc	0,99
<i>Eichhornia azurea</i>	EA	22,07 e	35,42 b	57,49 b	0,0432 ab	0,96
<i>Eichhornia crassipes</i>	EC	25,32 f	20,98 a	46,30 a	0,0336 ab	0,98
<i>Poligonum acuminatum</i>	PA	17,84 b	64,00 fgh	81,84 d	0,0336 ab	0,90
<i>Vigna luteola</i>	VL	28,87 g	54,07 de	82,94 d	0,0959 d	0,99
<i>Vachellia caven</i>	AC	15,20 a	34,56 b	49,76 a	0,0480 bc	0,99
<i>Gleditsia triacanthos</i>	GT	24,45 f	42,26 c	66,71 c	0,0623 c	0,92
<i>Salix Humboldtiana</i>	SH	22,51 e	55,28 def	77,79 d	0,0528 bc	0,98
<i>Tessaria integrifolia</i>	TI	19,24 bc	79,65 i	98,89 e	0,0240 a	0,97
<i>Baccharis salicifolia</i>	BS	17,11 b	63,06 fgh	80,17 d	0,0624 c	0,96
<i>Lippia alba</i>	LA	20,19 d	58,88 efg	79,07 d	0,0624 c	0,97

Nota: **a, b y a + b:** % y **c:** % / h. Letras distintas en una columna (a, b, c, d, e, f, g, h, i) indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

En la tabla 4.7. y figura 4.5. (I), se pueden ver los valores de la fracción rápidamente degradable (**a**) de la Materia Seca en rumen *in sacco* (% o g / 100 g MS) de las especies vegetales estudiadas, también denominada fracción soluble, y que es la parte de la muestra de forraje que se va liberando o degradando durante su paso hacia el rumen, la cual no depende de la actividad enzimática presente. Dicha fracción presentó variaciones entre las especies vegetales, siendo los valores menores en *Echinochloa polystachya* (C3) y *Vachellia caven* (AC), y el mayor lo encontramos en *Vigna luteola* (VL), con un nivel del orden del doble que C3. Las restantes especies vegetales estudiadas, *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC), *Polygonum acuminatum* (PA), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA), presentaron valores intermedios en la fracción soluble.

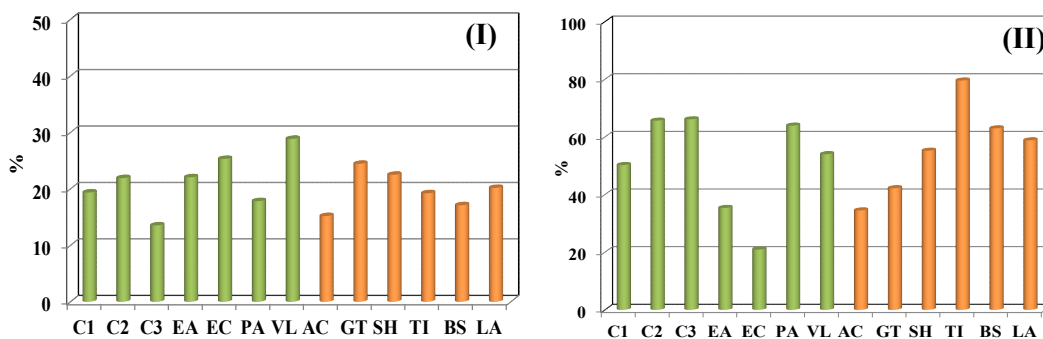
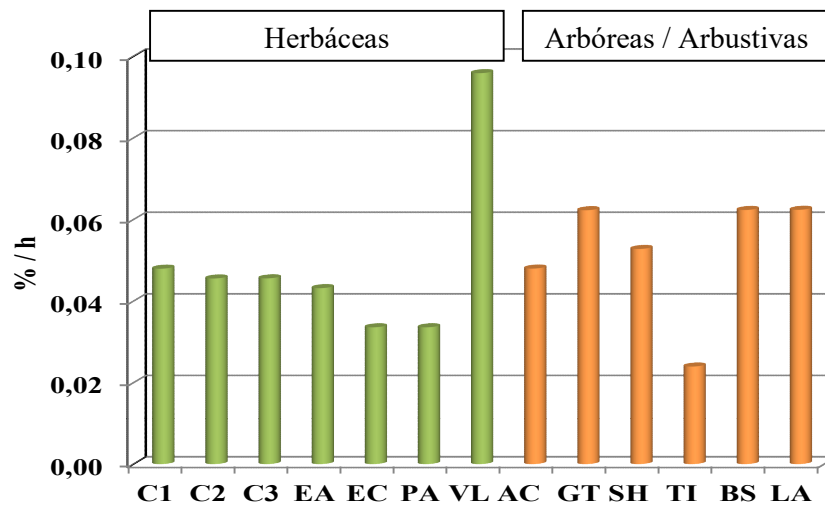


Figura 4.5.: (I) Fracciones soluble o rápidamente degradables (a) y (II) lentamente degradables (b) de la Materia Seca en rumen *in sacco* (% o g / 100 g MS) de las especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná.

La fracción lentamente degradable (b) de la Materia Seca (% o g / 100 g MS) en el rumen *in sacco*, que corresponde a los componentes del forraje que se degradan gracias a la actividad enzimática presente en el rumen, puede observarse en la tabla 4.7. y figura 4.5. (II). Dicha fracción presentó diferencias entre las especies vegetales, el menor valor lo encontramos en *Eichhornia crassipes* (EC), seguido de *Vachellia caven* (AC), *Eichhornia azurea* (EA) y *Gleditsia triacanthos* (GT), *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Vigna luteola* (VL), *Salix humboldtiana* (SH); *Lippia alba* (LA), *Polygonum acuminatum* (PA), *Baccharis salicifolia* (BS); *Panicum elephantipes* (C2) y *Echinochloa polystachya* (C3) y el mayor valor lo presentó *Tessaria integrifolia* (TI).

En la tabla 4.7. se pueden observar los valores en las tasas o velocidades de degradación (c) de la Materia Seca en rumen *in sacco*. y las diferencias encontradas entre las especies vegetales. La figura 4.6. muestra que las especies con menor velocidad de degradación (c) fueron *Tessaria integrifolia* (TI), *Polygonum acuminatum* (PA) y *Eichhornia crassipes* (EC), con una velocidad intermedia *Eichhornia azurea* (EA), *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2), *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Salix humboldtiana* (SH); seguido por *Vachellia caven* (AC), *Baccharis salicifolia* (BS), *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Lippia alba* (LA), y la mayor velocidad la presentó la *Vigna luteola* (VL).



**Figura 4.6.:** Tasa de degradación (c) de la Materia Seca (% / h) en el rumen *in sacco* de especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná.

En la tabla 4.7. se puede observar la fracción potencialmente degradable de la Materia Seca (a + b) en rumen *in sacco* de las especies vegetales estudiadas. Cabe recordar que este estimador mide la degradabilidad total o a tiempo infinito de incubación en el rumen que podría alcanzar una muestra de forraje. La figura 4.7. muestra que el mayor valor, cercano al 100 %, se observó en *Tessaria integrifolia* (TI), seguido por *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2), *Polygonum acuminatum* (PA), *Vigna luteola* (VL), *Salix humboldtiana* (SH), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA), en el siguiente nivel *Hymenachne perambucensis* (C1) y *Gleditsia triacanthos* (GT), luego por *Eichhornia azurea* (EA), y la menor degradabilidad la presentaron *Eichhornia crassipes* (EC) y *Vachellia caven* (AC).

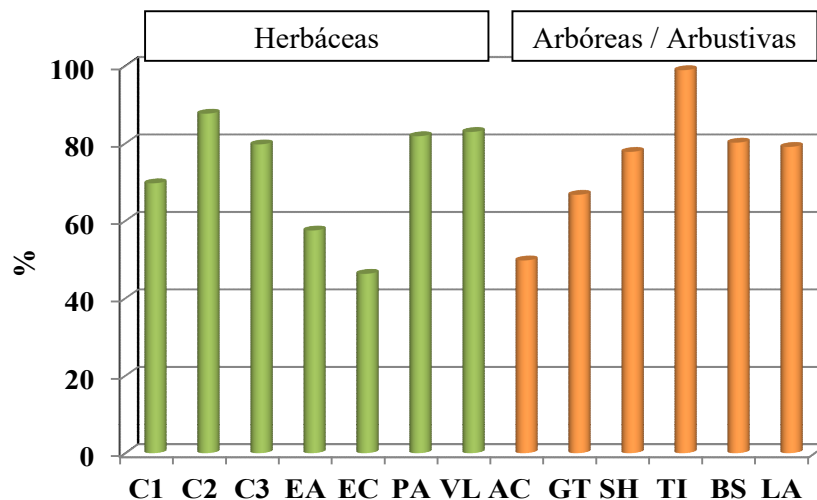


Figura 4.7.: Fracción potencialmente degradable (a + b) de la Materia Seca en el rumen *in sacco* (% o g / 100 g MS) de especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná.

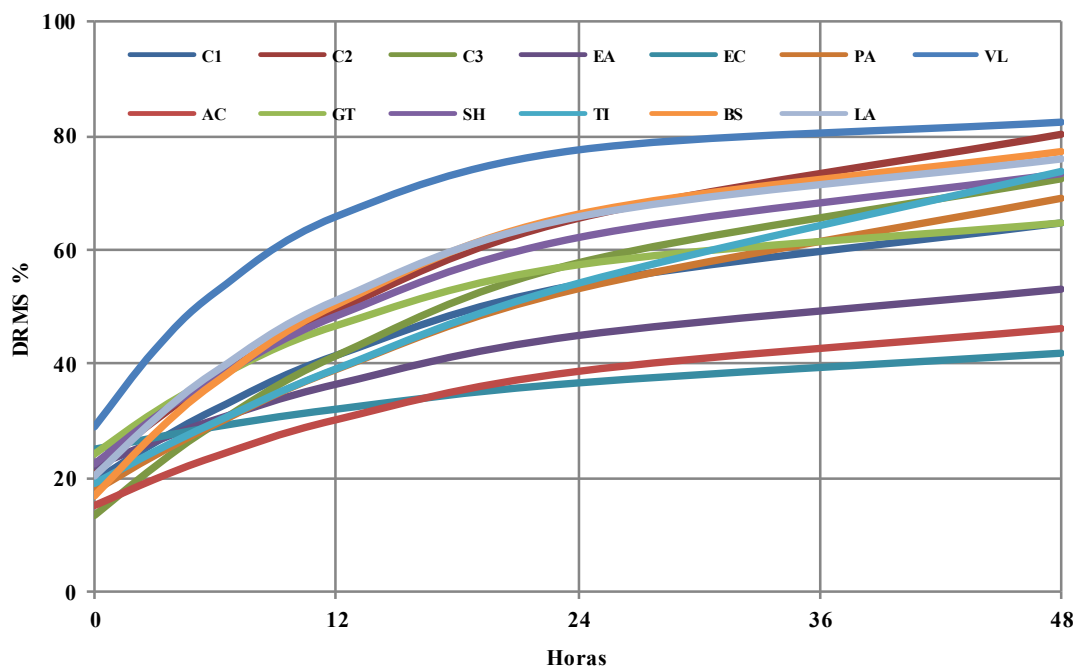
Cuando se compararon las fracciones degradables en el rumen *in sacco* de las especies vegetales herbáceas respecto de las arbóreas / arbustivas, se vio que las primeras presentaron mayor fracción rápidamente degradable (a), y menores fracción lentamente (b) y potencialmente (a + b) degradables de la Materia Seca ( $P \leq 0,05$ ) (tabla 4.8).

Tabla 4.8.: Valores promedio de los estimadores de los parámetros del Modelo de Orskov & Mc Donald (1979) según el comportamiento vegetativo de las especies vegetales del Delta superior del río Paraná estudiadas.

	<b>Degradabilidad Ruminal de la Materia Seca:</b> Estimadores de los parámetros del Modelo de Orskov & Mc Donald (1979).			
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a + b</b>	<b>c</b>
<i>COMPORTAMIENTO VEGETATIVO:</i>				
Herbáceas	21,2 b	51,5 a	72,7 a	0,0505
Arbóreas / Arbustivas	19,6 a	56,4 b	76,0 b	0,0534

Nota: a, b, letras diferentes en una columna indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

La figura 4.8. muestra las cinéticas de degradación de la Materia Seca en rumen *in sacco*, de todas las especies vegetales estudiadas, ajustadas a partir de los estimadores de los parámetros obtenidos en el Modelo de Orskov y McDonald (1979).



**Figura 4.8.:** Cinéticas de degradación ruminal de la Materia Seca *in sacco* (DRISMS, %) de especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná, valores ajustados al modelo de Orskov & Mc Donald (1979).

En la figura 4.8., que muestra de manera conjunta todas las cinéticas de degradación de las especies estudiadas, puede observarse que solo pueden diferenciarse claramente *Vigna luteola* (VL) y *Vachellia caven* (AC). *Vigna luteola* (VL) es la herbácea que su cinética de degradación superó a todas las especies vegetales estudiadas en todo su recorrido, mostrando las mayores fracción rápidamente degradable o soluble (**a**), tasa de degradación (**c**) y degradabilidad a las 48 h (DRISMS 48h), y *Vachellia caven* (AC) es la arbórea que tiene las menores fracción soluble (**a**) y potencialmente degradables (**a +b**), y una de las curvas de cinética de degradación que se observa bien abajo durante todo su recorrido. Para una mejor descripción, se presentan por separado las especies herbáceas en la figura 4.9., y las arbóreas / arbustivas en la figura 4.10.

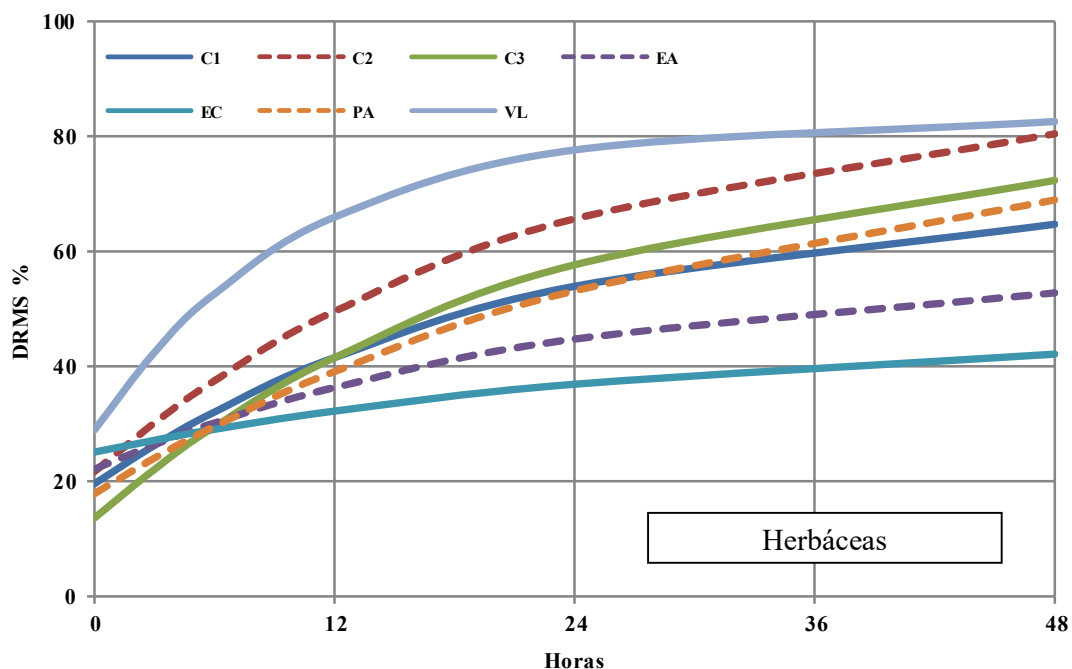


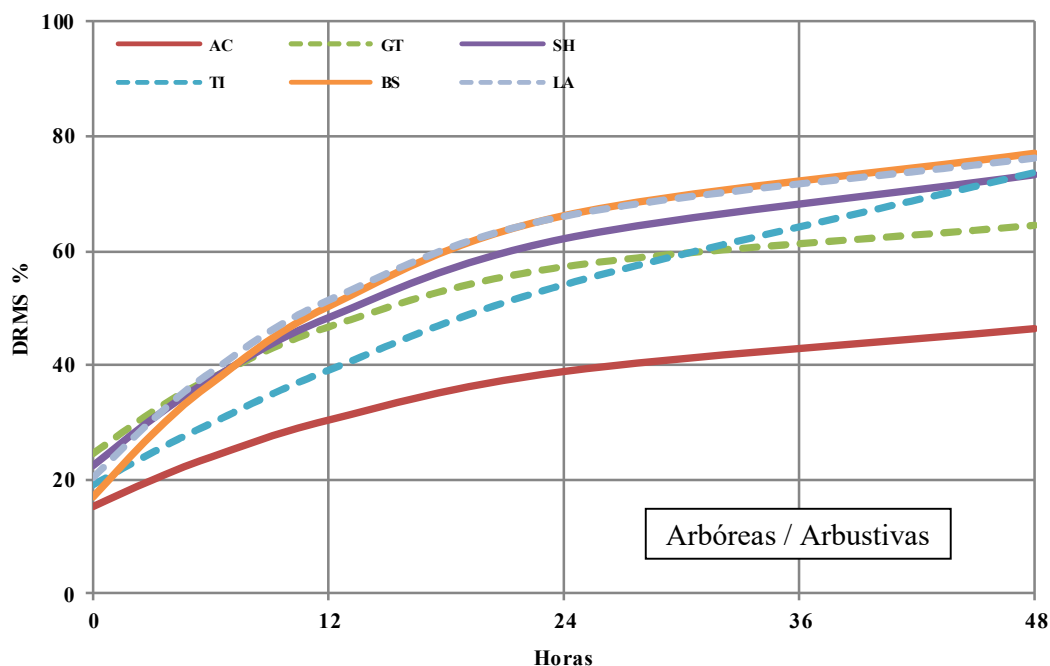
Figura 4.9.: Cinética de degradación ruminal de la Materia Seca *in sacco* (DRISMS %) de especies vegetales herbáceas estudiadas del Delta superior del río Paraná, valores ajustados al modelo de Orskov & Mc Donald (1979).

En la figura 4.9. que muestra las cinéticas de degradación de las herbáceas, se puede observar que *Vigna luteola* (VL) es la especie que se degrada más rápidamente, y su curva supera durante todo su recorrido a las de las restantes especies vegetales, y alcanzaría su máximo porcentaje de degradación durante el período de medición (48 h). En orden de degradabilidad ruminal de la Materia Seca a las 48 h, la siguiente curva le corresponde a *Panicum elephantipes* (C2) que inicia su degradación (fracción **a**) en un nivel intermedio, y se caracteriza por una alta fracción lentamente degradable (**b**) con baja tasa de degradación (**c**) que hace que se libere lentamente en el rumen, no alcanzando su máximo potencial de degradación (**a + b**) durante el período analizado. La próxima es *Echinochloa polystachya* (C3), que tiene una cinética de degradación similar a C2, pero con la fracción soluble (**a**) menor de todas las herbáceas estudiadas. Si bien la tasa de degradación (**c**) de *Poligonum acuminatum* (PA) fue menor (0,0336 % / h) que la de *Hymenachne pernambuscensis* (C1) (0,048 % / h), presentaron curvas similares. Luego encontramos a *Eichhornia azurea* (EA) con fracción soluble (**a**) alta (22,07 %), fracción lentamente degradable (**b**) baja (35,42 %) y tasa de degradación (**c**) intermedia (0,0432 % / h). *Eichhornia crassipes* (EC) es la que presentó menor degradabilidad potencial (**a + b**) de todas las especies vegetales estudiadas, además su cinética de degradación se caracterizó por poseer una fracción soluble (**a**) alta

(25,32 %) y una fracción lentamente degradable (**b**) muy baja (20,98 %), la más baja de todas las especies vegetales estudiadas.

Es de remarcar, que *Vigna luteola* (VL) fue diferente a las otras herbáceas, con las más altas fracción soluble (**a**) y tasa de degradación (**c**) y alta fracción lentamente degradable (**b**), lo que resulta en una alta degradabilidad ruminal. *Polygonum acuminatum* (PA), *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3) y *Hymenachne pernambuscensis* (C1) tienen también altos niveles de degradabilidad, muy superiores al 60%; sin embargo, los valores obtenidos al final de la incubación *in sacco* (48 h) son menores que los estimados con la fracción potencialmente degradable, lo que indica que su máximo potencial de degradación lo lograrían más adelante, pasado el período de medición (72 h, 96 h).

Las integrantes de la familia *Pontederiaceae* (Camalotes), *Eichhornia azurea* (EA) y *Eichhornia crassipes* (EC), se caracterizaron por tener una fracción soluble (**a**) muy alta en relación a la fracción lentamente degradable (**b**) y una fracción potencialmente degradable (**a + b**) menor al 60 %.



**Figura 4.10.:** Cinéticas de degradación ruminal de la Materia Seca *in sacco* (DRISMS %) de especies vegetales arbóreas / arbustivas estudiadas del Delta superior del río Paraná, valores ajustados al modelo de Orskov & Mc Donald (1979).

La figura 4.10. muestra las cinéticas de degradación de las especies vegetales arbóreas / arbustivas estudiadas, *Baccharis salicifolia* (BS) es la arbórea que presentó la mayor degradabilidad al final de la incubación *in sacco* (48 h) y fracción potencialmente degradable (**a + b**), similar a las obtenidas por *Lippia alba* (LA) y *Salix humboldtiana* (SH). Estas tres especies vegetales también tuvieron similares fracciones lentamente degradables (**b**) y tasas de degradación (**c**), y se diferenciaron en que BS presentó menor fracción soluble (**a**).

En orden de degradabilidad a las 48 h de incubación (DRISMS 48 h: 71,8 %) en el rumen *in sacco* sigue *Tessaria Integrifolia* (TI), con una cinética de degradación diferente, con una fracción soluble (**a**) intermedia, las más altas fracciones lentamente (**b**) y potencialmente (**a + b**: 98,9 %) degradables y la más baja tasa de degradación de todas las especies vegetales estudiadas. Esa gran diferencia de TI entre la DRISMS 48 h y la fracción **a + b**, que representa el 27,4 %, pone en evidencia que esta especie tampoco ha alcanzado el máximo de degradación al final del período de incubación de 48 horas en el rumen *in sacco*.

Le sigue *Gleditsia triacanthos* (GT) con las más altas fracción soluble y tasa de degradación de las especies arbóreas y con intermedia fracción lentamente degradable, es de destacar que la DRISMS 48 h (63,9) y la fracción **a + b** (66,7 %) presentan una escasa diferencia (4,2), también indicando que a las 48 horas ha alcanzado su máximo de degradación. La especie vegetal arbórea con menor degradabilidad ruminal fue *Vachellia caven* (AC), con las más bajas fracciones soluble (**a**) y potencialmente degradables (**a + b**) e intermedias fracción lentamente (**b**) degradable y tasa de degradación (**c**). La DRISMS 48 h (46,4) y la fracción **a + b** (49,76 %) de AC también fueron similares entre sí, e inferiores al 60 %.

Al analizar el porcentaje que representa la fracción soluble (**a**) de la fracción potencialmente degradable (**a + b**) de las especies vegetales estudiadas, el valor promedio fue el 29,4 % ( $a : a + b = 0,29$ ). Es destacable que las integrantes de la familia *Pontederiaceae* (Camalotes) presentaron los valores más altos de dicha relación, 54,7 % en *Eichhornia crassipes* (EC) y 38,4 % en *Eichhornia azurea* (EA), y los valores más bajos se observaron en la Poácea *Echinochloa polystachya* (C3) del 17 % y la Asterácea *Tessaria integrifolia* (TI) del 19,5 %.

Según el nivel de degradabilidad potencial (**a + b**) que posee un forraje puede considerarse de alta, intermedia o baja degradabilidad ruminal a aquellos que tienen valores mayores de 60, entre 60 y 40, o menores de 40 %, respectivamente. Por lo tanto, *Eichhornia crassipes* (EC), *Eichhornia azurea* (EA) y *Vachellia caven* (AC), que tienen valores de 46,3; 57,49 y 49,76 %, respectivamente, pueden ser consideradas especies forrajeras de intermedia degradabilidad, y las restantes con alta degradabilidad ruminal, con valores de 69,67 en *Hymenachne pernambucensis* (C1), 87,65 en *Panicum elephantipes* (C2), 79,72 en *Echinochloa polystachya*, (C3), 81,84 en *Poligonum acuminatum* (PA), 82,94 en *Vigna luteola* (VL), 66,71 en *Gleditsia triacanthos* (GT), 77,79 en *Salix Humboldtiana* (SH), 98,89 en *Tessaria integrifolia* (TI), 80,17 en *Baccharis salicifolia* (BS) y 79,07 % en *Lippia alba* (LA).

#### 4.2.2. COMPORTAMIENTO EN EL RUMEN *IN VITRO*

A continuación, se presentan los resultados observados luego de incubar las muestras de las especies vegetales estudiadas en el rumen *in vitro*. En primer lugar, los indicadores fisicoquímicos: pH, ORP (Potencial de óxido reducción, mV) y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml) en el líquido ruminal, al inicio (0 h) y al final (24 h) de la incubación, y posteriormente la producción de gas acumulada como consecuencia de la actividad microbiana medida a las 1, 3, 6, 12 y 24 horas.

##### 4.2.2.1. pH del líquido ruminal al inicio y final de la incubación

En la tabla 4.9. se observan los valores promedio en la medición del pH en el líquido ruminal, determinados al inicio (0 h) y final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* en los Tratamientos (C1, C2, C3, EA, EC, PA, VL, AC, GT, SH, TI, BS y LA) correspondientes a las especies vegetales estudiadas, Testigo (H3) y sistemas Control (LR). Se puede observar (tabla 4.9.) que los valores del pH del líquido ruminal en todos los sistemas *in vitro*, disminuyeron hacia el final (24 h) respecto del inicio (0 h) de la incubación. Los valores promedio del pH en el líquido ruminal fueron al inicio (0 h) de 7,31 (DE: 0,15) y al final (24 h) de la incubación de 6,41 (DE: 0,12) ( $P \leq 0,05$ ), la variación observada fue del orden de 1,1 unidad de pH. Además, solo se encontraron

diferencias debidas a los Tratamientos en el pH del líquido ruminal al final (24 h) de la incubación.

**Tabla 4.9.:** pH del líquido ruminal al inicio (0 h) y final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* de especies vegetales estudiadas del Delta Superior del río Paraná.

Tratamiento	pH				
	0 h		24 h		Δ 24 – 0 h
	Promedio	DE	Promedio	DE	
<b>C1</b>	7,35	0,06	6,40 bcd	0,06	0,95
<b>C2</b>	7,35	0,09	6,40 bcd	0,07	0,95
<b>C3</b>	7,34	0,08	6,39 bcd	0,08	0,95
<b>EA</b>	7,35	0,09	6,45 de	0,08	0,90
<b>EC</b>	7,31	0,12	6,49 e	0,09	0,82
<b>PA</b>	7,30	0,05	6,43 cde	0,09	0,87
<b>VL</b>	7,27	0,12	6,32 ab	0,07	0,95
<b>AC</b>	7,31	0,21	6,39 bcd	0,07	0,91
<b>GT</b>	7,19	0,20	6,33 ab	0,10	0,86
<b>SH</b>	7,25	0,23	6,28 a	0,09	0,97
<b>TI</b>	7,29	0,22	6,46 de	0,07	0,83
<b>BS</b>	7,30	0,17	6,38 bcd	0,06	0,92
<b>LA</b>	7,28	0,16	6,36 bc	0,07	0,93
<b>LR (Control)</b>	7,39	0,13	6,64 f	0,08	0,75
<b>H3 (Testigo)</b>	7,34	0,15	6,40 bcd	0,08	0,94

Nota: a, b, c, d, e, f; letras distintas en una columna indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

En tabla 4.9. se pueden observar los valores de pH en el líquido ruminal al inicio (0 h) de la incubación *in vitro*, dichos valores no presentaron diferencias en los sistemas debidas a los Tratamientos, resultando todos inferiores a los sistemas Control (LR).

El pH del líquido ruminal al final (24 h) de la incubación *in vitro* presentó diferencias debido a las especies vegetales estudiadas (tabla 4.9.). El menor valor del pH se dio en el tratamiento con *Salix humboldtiana* (SH), seguido por *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Vigna luteola* (VL), en un lugar intermedio el Testigo (H3), *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3), *Vachellia caven* (AC), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA), luego por *Tessaria integrifolia* (TI), *Eichhornia azurea* (EA) y *Polygonum acuminatum* (PA), mayor en *Eichhornia crassipes* (EC), y el valor mayor en los sistemas incubados solo con LR (Control).

La diferencia en unidades de pH entre el inicio (0 h) y fin (24 h) de la incubación en los sistemas *in vitro*, fue del orden 0,75 unidades en el Control (LR); 0,94 en el Testigo (H3), y en los Tratamientos (Especies vegetales) con valores que estuvieron entre 0,82 (*Eichhornia crassipes*) y 0,97 (*Salix humboldtiana*).

La tendencia a la disminución del pH en el líquido ruminal en los sistemas incubados con las especies vegetales (Tratamientos) respecto del Control (LR solo) pone en evidencia que las especies vegetales estudiadas producen un impacto sobre el pH, y que es de similar magnitud al originado por el Heno de Alfalfa correspondiente al Testigo (H3).

Si bien las especies pertenecientes a las familias *Poaceae* (C1, C2 y C3) y *Pontederiaceae* (EA y EC) presentaron una notable homogeneidad, no se observaron variaciones en el pH del líquido ruminal ni al inicio ni al final de la incubación *in vitro*, debido al Comportamiento Vegetativo o a la Familia Botánica a la que pertenecen las especies vegetales estudiadas.

#### **4.2.2.2. Potencial de Óxido Reducción (ORP, mV) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación**

En la tabla 4.10. se observan los valores promedio en el ORP (mV) del líquido ruminal, determinados al inicio (0 h) y final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* en los Tratamientos (C1, C2, C3, EA, EC, PA, VL, AC, GT, SH, TI, BS y LA) correspondientes a las especies vegetales estudiadas, Testigo (H3) y sistemas Control (LR). Se puede observar (tabla 4.10.) que los valores del ORP (mV) del líquido ruminal en la mayoría de los sistemas *in vitro*, presentaron un leve aumento hacia el final (24 h) respecto del inicio (0 h) de la incubación. Los valores promedio observados en el ORP (mV) en el líquido ruminal en todos los tratamientos fueron al inicio -337,4 (DE: 21,45) y al final de la incubación -325,2 (DE: 15,0) mV. Además, se encontraron diferencias entre los Tratamientos en el ORP (mV) del líquido ruminal, tanto al inicio (0 h) como al final (24 h) de la incubación.

Tabla 4.10.: Potencial de Óxido Reducción (ORP, mV) del líquido ruminal, al inicio (0 h) y final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* de especies vegetales estudiadas del Delta Superior del río Paraná.

Tratamiento	ORP (mV)				
	0 h		24 h		Δ 0 – 24 h
	Media	DE	Media	DE	
<b>C1</b>	-347,2 ab	9,2	-324,0 def	9,0	23,2
<b>C2</b>	-317,5 cd	30,4	-337,6 bc	8,7	-20,1
<b>C3</b>	-321,2 cd	27,4	-333,0 bcd	6,4	-11,8
<b>EA</b>	-305,5 e	30,7	-319,8 efg	12,4	-14,3
<b>EC</b>	-338,2 abc	14,6	-328,7 cde	10,5	9,5
<b>PA</b>	-330,2 bc	8,7	-323,0 defg	12,8	7,2
<b>VL</b>	-339,8 abc	9,7	-319,1 efg	10,5	20,7
<b>AC</b>	-346,4 ab	12,0	-316,7 fg	17,1	29,7
<b>GT</b>	-351,2 ab	9,6	-312,9 fg	14,0	38,3
<b>SH</b>	-348,4 ab	6,8	-311,9 g	11,9	36,5
<b>TI</b>	-354,4 a	7,4	-350,2 a	9,0	4,2
<b>BS</b>	-351,0 ab	11,1	-322,2 efg	8,0	28,8
<b>LA</b>	-348,2 ab	12,2	-321,6 efg	9,6	26,6
<b>LR (Control)</b>	-321,6 cd	25,6	-342,4 ab	11,0	-20,8
<b>H3 (Testigo)</b>	-347,2 ab	9,5	-320,3 efg	10,5	26,9

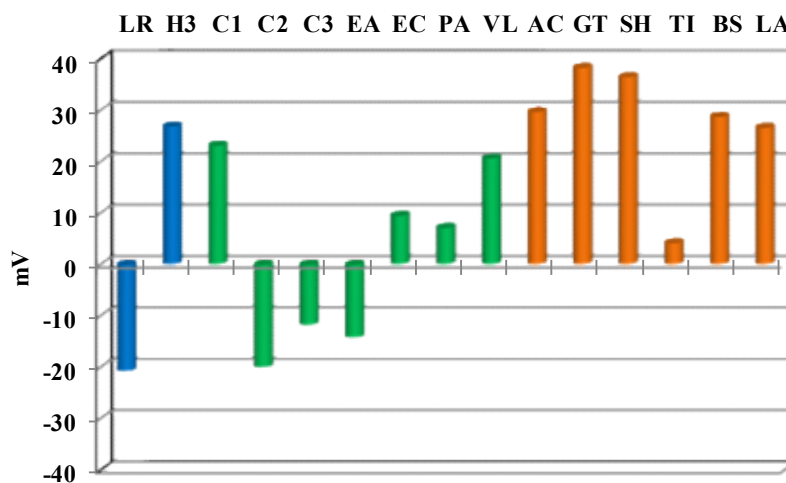
Nota: a, b, c, d, e, f, g; letras distintas en una columna indican diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

En la tabla 4.10. se puede observar que el ORP (mV) del líquido ruminal al inicio (0 h) de la incubación presentó diferencias entre los tratamientos, el valor mayor se observó en *Eichhornia azurea* (EA), seguido por *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3) y Control (LR), luego por *Polygonum acuminatum* (PA), en un lugar intermedio por *Eichhornia crassipes* (EC) y *Vigna luteola* (VL) y los valores menores en *Vachellia caven* (AC), *Hymenachne pernambucensis* (C1), Testigo (H3), *Lippia alba* (LA), *Salix humboldtiana* (SH), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Gleditsia triacanthos* (GT) y el menor de todos en *Tessaria integrifolia* (TI).

Al final de la incubación (24 h) el ORP (mV) del líquido ruminal también presentó variaciones entre los tratamientos (tabla 4.10.). El valor mayor se observó en *Salix humboldtiana* (SH), seguido por *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Vachellia caven* (AC), luego por *Vigna luteola* (VL), *Eichhornia azurea* (EA), Testigo (H3), *Lippia alba* (LA) y *Baccharis salicifolia* (BS), en un lugar intermedio por *Polygonum acuminatum* (PA) y *Hymenachne pernambucensis* (C1) y los valores menores en *Eichhornia crassipes* (EC),

*Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2) y Control (LR) y nuevamente el menor de todos en fue *Tessaria integrifolia* (TI).

Al comparar los valores obtenidos al inicio (0 h) y final (24 h) de la incubación en los sistemas *in vitro*, se puede observar que el ORP (mV) del líquido ruminal tiende a aumentar en el Testigo (H3) y disminuir en el Control (LR). En los sistemas incubados con las muestras de las especies vegetales estudiadas (Tratamientos) el ORP (mV) hacia el final de la incubación *in vitro*, en las herbáceas *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Eichhornia crassipes* (EC), *Polygonum acuminatum* (PA) y *Vigna luteola* (VL) como las Arbóreas / Arbustivas *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA), presentaron el mismo comportamiento a aumentar que en el Testigo (H3), y tanto las tres restantes herbáceas *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3) y *Eichhornia azurea* (EA) presentaron la misma tendencia a disminuir que en los sistemas Control (LR) (figura 4.11.).



**Figura 4.11.:** Diferencia en los valores del Potencial de Oxido Reducción (ORP, mV) en el líquido ruminal, entre el inicio (0 h) y el final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* de LR, H3 y las especies vegetales del Delta Superior del río Paraná.

Por lo tanto, hay dos grupos de especies vegetales respecto de su comportamiento sobre el ORP, el primer grupo tiene una tendencia similar a la de los sistemas que se les adicionó Heno de Alfalfa (Testigo) y el otro grupo al que no se les adicionó un sustrato (Control).

#### 4.2.2.3. N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación

Los valores observados en la concentración de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml) del líquido ruminal aumentaron en todos los tratamientos desde el inicio (17,72; DE: 3,31) al final de la incubación (54,60; DE: 9,83), ( $P \leq 0,05$ ). En la tabla 4.11. se pueden observar los valores promedio en la medición de la concentración de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml) en el líquido ruminal, al inicio (0 h) y final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* impuesto por los tratamientos (C1, C2, C3, EA, EC, PA, VL, AC, GT, SH, TI, BS y LA) los correspondientes a las especies vegetales estudiadas, Testigo (H3) y Control (LR). Además, solo se encontraron diferencias debidas a los Tratamientos en la concentración de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml) del líquido ruminal al inicio (0 h) de la incubación.

En la tabla 4.11. se puede comparar la Concentración de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml) en líquido ruminal entre el inicio y final de la incubación *in vitro*, entre los tratamientos correspondientes a las especies vegetales, Testigo (H3) y el Control (LR).

Tabla 4.11.: Valores promedio en la Concentración de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml), al inicio (0 h) y final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* de especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná.

Tratamiento	Concentración de N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/100 ml)				
	0 h		24 h		Δ 0 – 24 h
	Promedio	DE	Promedio	DE	
C1	16,42 abc	2,3	50,98	9,4	34,6
C2	16,46 abc	2,1	52,75	7,3	36,3
C3	16,83 abc	1,6	52,38	12,8	35,6
EA	16,58 abc	2,0	50,30	9,2	33,7
EC	16,51 abc	3,8	52,71	9,5	36,2
PA	15,75 ab	1,6	46,62	10,1	30,9
VL	16,86 abc	1,7	54,99	9,0	38,1
AC	20,17 c	5,0	55,70	12,6	35,5
GT	18,77 abc	3,3	58,64	10,4	39,9
SH	18,91 abc	3,6	54,19	9,0	35,3
TI	19,14 abc	3,8	56,86	7,8	37,7
BS	19,28 abc	3,5	59,58	11,3	40,3
LA	19,75 bc	3,8	56,00	10,6	36,2
LR (Control)	15,33 a	2,7	52,80	10,8	37,5
H3 (Testigo)	18,79 abc	3,3	58,32	9,4	39,5

Nota: a, b, c, letras diferentes en una columna indican diferencias entre tratamientos ( $P \leq 0,05$ ).

La Concentración de N-  $\text{NH}_4^+$  (mg/100 ml) del líquido ruminal al inicio de la incubación presentó algunas variaciones entre los tratamientos ( $P \leq 0,05$ ), el valor mayor en *Vachellia caven* (AC), luego por *Lippia alba* (LA), seguido por *Polygonum acuminatum* (PA), *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2), *Eichhornia crassipes* (EC), *Eichhornia azurea* (EA), *Echinochloa polystachya* (C3), *Vigna luteola* (VL), *Gleditsia triacanthos* (GT), Testigo (H3), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI) y *Baccharis salicifolia* (BS), y el menor fue observado en el Control (LR) (tabla 4.11.).

La Concentración de N-  $\text{NH}_4^+$  (mg/100 ml) en el líquido ruminal al final de la incubación, no presentó diferencias entre todos los sistemas *in vitro* (tabla 4.11.).

Se pueden observar que los sistemas con especies vegetales (Tratamientos y Testigo) presentaron valores más altos que los incubados solo con LR (Control), especialmente al inicio de la incubación. Las especies herbáceas, *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC), *Polygonum acuminatum* (PA) y *Vigna luteola* (VL), presentaron valores menores que las arbóreas / arbustivas, tanto al inicio como al final de la incubación. Los sistemas incubados con las especies vegetales arbóreas / arbustivas, *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA), presentaron un comportamiento similar al de los sistemas correspondientes al Testigo (H3).

En general la concentración de N-  $\text{NH}_4^+$  (mg/100 ml) en el líquido ruminal tanto al inicio (0 h) como al final (24 h) de la incubación *in vitro*, en las especies herbáceas presentó un comportamiento similar al del Control (LR) con los valores más bajos, en cambio en las Arbóreas / Arbustivas los valores fueron más altos y similares a los del Testigo (H3).

#### **4.2.2.4. Producción de gas en el rumen *in vitro* durante la incubación**

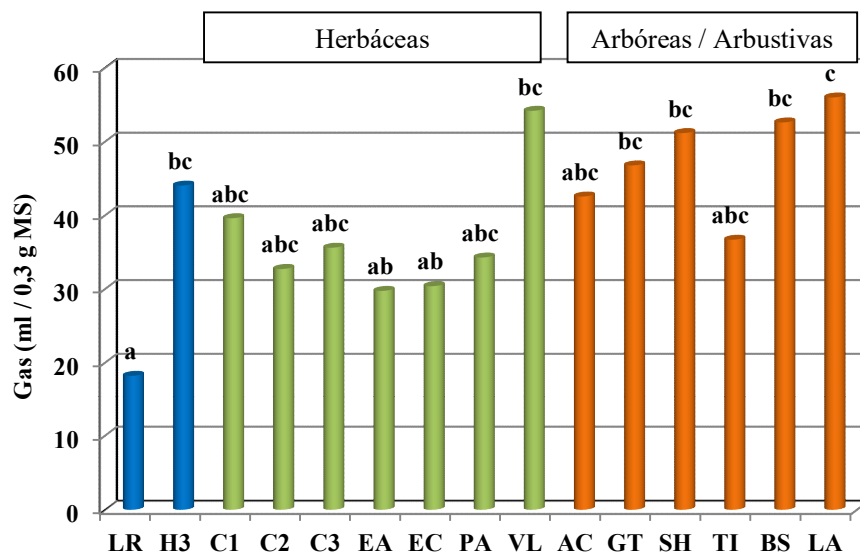
Se describen a continuación los resultados de la producción de gas, registrados a las 1, 3, 6, 9, 12, 21 y 24 horas, luego de incubar las especies vegetales en el rumen *in vitro* durante 24 horas. En la tabla 4.12. se presentan los valores observados (Promedio, DE) de los sistemas incubados con muestras correspondientes a los Tratamientos: *Hymenachne*

*pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC), *Polygonum acuminatum* (PA), *Vigna luteola* (VL), *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA), comparados con un Testigo (H3) y un Control (LR). La Producción de Gas fue superior en todos los sistemas *in vitro* correspondientes a los tratamientos y al testigo (Heno de Alfalfa: H3), en todos los horarios de medición, respecto a la registrada en los sistemas incubados solo con líquido ruminal (Control, LR), como era de esperar.

Tabla 4.12.: Valores observados promedio (DE) en la Producción de Gas (ml / 0,3 g MS) a las 1, 3, 6, 9, 12, 21 y 24 h en rumen *in vitro* en los sistemas incubados con las especies vegetales estudiadas del Delta Superior del río Paraná (Tratamientos), H3 (Testigo) y LR (Control).

Tratamientos	Producción de gas (ml / 0,3 g MS)						
	1 h	3 h	6 h	9 h	12 h	21 h	24 h
C1	3,5(0,9)	6,1(1,7)	10,9(2,3)	15,3(3,3)	21,7(8,3)	34,8(14,4)	39,6(14,9)
C2	2,5(0,6)	4,1(1,2)	6,7(1,9)	10,4(2,1)	15,4(7,5)	27,9(10,9)	32,7(11,3)
C3	2,8(0,4)	4,8(0,5)	8,4(0,4)	11,9(1,3)	18,2(6,0)	30,8(9,8)	35,6(10,3)
EA	3,3(0,6)	6,0(0,7)	9,9(1,2)	13,1(2,4)	18,7(6,8)	26,1(8,6)	29,7(9,3)
EC	3,6(0,4)	4,7(1,8)	8,6(1,3)	11,7(1,4)	18,3(7,2)	26,8(9,4)	30,4(10,0)
PA	3,2(0,5)	5,4(0,8)	9,8(1,4)	13,5(1,9)	20,1(5,7)	30,6(7,9)	34,3(8,5)
VL	5,9(1,8)	11,1(3,0)	17,0(4,1)	23,6(6,1)	34,7(13,0)	49,9(17,2)	54,2(18,2)
AC	5,4(0,5)	10,1(1,4)	14,8(1,8)	18,3(2,3)	25,2(5,5)	37,4(5,5)	42,6(12,6)
GT	4,9(2,0)	9,9(3,8)	13,5(5,6)	17,8(5,5)	26,3(9,2)	41,2(9,8)	46,8(17,4)
SH	6,7(1,2)	11,1(2,6)	16,0(3,6)	21,6(3,9)	29,9(7,1)	45,2(7,0)	51,2(15,8)
TI	3,1(0,9)	6,4(2,1)	11,3(3,3)	15,2(3,7)	22,2(7,3)	30,8(7,1)	36,7(10,7)
BS	4,6(0,9)	9,2(2,3)	14,8(2,7)	20,1(3,4)	29,6(7,8)	45,9(9,8)	52,6(18,9)
LA	4,0(2,0)	7,5(1,9)	12,5(2,8)	17,2(3,9)	26,2(7,9)	48,7(5,7)	56,0(17,9)
LR (Control)	1,6(0,9)	3,2 (1,4)	5,8(1,8)	8,1(2,9)	9,9(3,6)	15,1(6,4)	18,2(8,0)
H3 (Testigo)	3,3(0,9)	6,3(1,4)	10,2(2,3)	14,1(3,7)	21,9(8,2)	34,1(13,5)	44,1(15,8)

Para una mejor visualización de los datos presentados en la tabla 4.12., se presenta la figura 4.11. que muestra los valores promedios y las diferencias encontradas ( $P \leq 0,05$ ) en la Producción de Gas al final (24 h) de la incubación en rumen *in vitro* en los sistemas Control (LR), Testigo (H3) y aquellos con muestras de las especies vegetales estudiadas (Tratamientos).



**Figura 4.11.:** Producción de Gas (ml / 0,3 g MS) a las 24 horas en rumen *in vitro*, en los sistemas incubados con las especies vegetales estudiadas del Delta Superior del río Paraná (Tratamientos), H3 (Testigo) y LR (Control).

La Producción de Gas entre las especies vegetales al final (24 h) de la incubación presentó variaciones entre 29,7 y 56 ml / 0,3 g MS, teniendo el menor valor *Eichhornia azurea* (EA) y el mayor *Lippia alba* (LA), respectivamente. Con la excepción de *Vigna luteola* (VL), las especies herbáceas *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2), *Echinochloa polystachya* (C3), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC) y *Polygonum acuminatum* (PA), mostraron una tendencia a producir menor cantidad de gas que las arbóreas / arbustivas, *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI), *Baccharis salicifolia* (BS) y *Lippia alba* (LA). La producción de Gas correspondiente al Testigo (H3) presentó un valor intermedio respecto de las especies vegetales estudiadas.

Dentro de las especies herbáceas (figura 4.11.), (VL) *Vigna luteola* (Familia *Fabaceae*) superó marcadamente a las restantes, le siguieron las pertenecientes a la Familia *Poaceae* *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Echinochloa polystachya* (C3), *Polygonum acuminatum* (PA), *Panicum elephantipes* (C2), y la menor producción la tuvieron *Eichhornia azurea* (EA) y *Eichhornia crassipes* (EC), de la Familia *Pontederiaceae*. Entre las arbóreas / arbustivas, *Lippia alba* (LA) fue la que produjo más cantidad de Gas, seguida con valores similares entre *Baccharis salicifolia* (BS), *Salix humboldtiana* (SH) y *Gleditsia*

*triacanthos* (GT), luego por *Vachellia caven* (AC) y la menor producción se dio en *Tessaria integrifolia* (TI).

Debido a las variaciones observadas entre las muestras de las Especies vegetales estudiadas (Tratamientos), Testigo (H3) y Control (LR), en la manera en la que se fue produciendo el Gas en los sucesivos horarios de incubación en rumen *in vitro*, a los datos obtenidos se los describió a través del ajuste a un Modelo Exponencial de Orskov y McDonald (1979). Los estimadores de los parámetros de la Cinética de Producción de Gas en rumen *in vitro* de las Especies vegetales estudiadas obtenidos mediante el ajuste al modelo propuesto, se presentan en la tabla 4.13.

**Tabla 4.13.:** Estimadores de los parámetros de la Cinética de Producción de Gas en rumen *in vitro* de las Especies vegetales estudiadas, ajustados al Modelo de Orskov y McDonald (1979).

Especie vegetal		Producción de Gas <i>in vitro</i> : Estimadores de los parámetros del Modelo de Orskov & McDonald (1979)			
		a	b	c	R <sup>2</sup>
<i>Hymenachne pernambucensis</i>	C1	-0,019	94,50	0,02193	0,99
<i>Panicum elephantipes</i>	C2	-0,662	262,15	0,00548	0,99
<i>Echinochloa polystachya</i>	C3	-0,071	283,93	0,00548	0,99
<i>Eichhornia azurea</i>	EA	0,499	43,30	0,04385	0,99
<i>Eichhornia crassipes</i>	EC	0,568	71,65	0,02193	0,99
<i>Polygonum acuminatum</i>	PA	-0,062	69,99	0,02740	0,99
<i>Vigna luteola</i>	VL	0,881	87,73	0,03838	0,99
<i>Vachellia caven</i>	AC	2,788	80,11	0,02741	0,99
<i>Gleditsia triacanthos</i>	GT	1,867	134,76	0,01644	0,99
<i>Salix Humboltiana</i>	SH	2,972	115,14	0,02193	0,99
<i>Tessaria integrifolia</i>	TI	-0,104	58,31	0,03837	0,99
<i>Baccharis salicifolia</i>	BS	0,496	124,04	0,02193	0,99
<i>Lippia alba</i>	LA	-1,041	450,75	0,00548	0,99
Control	LR	0,250	31,12	0,03289	0,99
Testigo	H3	0,104	378,96	0,00480	0,98

El grado de ajuste al Modelo Exponencial de Orskov y McDonald (1979) de los resultados obtenidos en la Cinética de Producción de Gas en rumen *in vitro*, fue muy bueno, con valores del coeficiente de determinación R<sup>2</sup> entre 0,98 y 0,99 (tabla 4.13.); o sea adecuado para describir y comparar las Especies vegetales estudiadas.

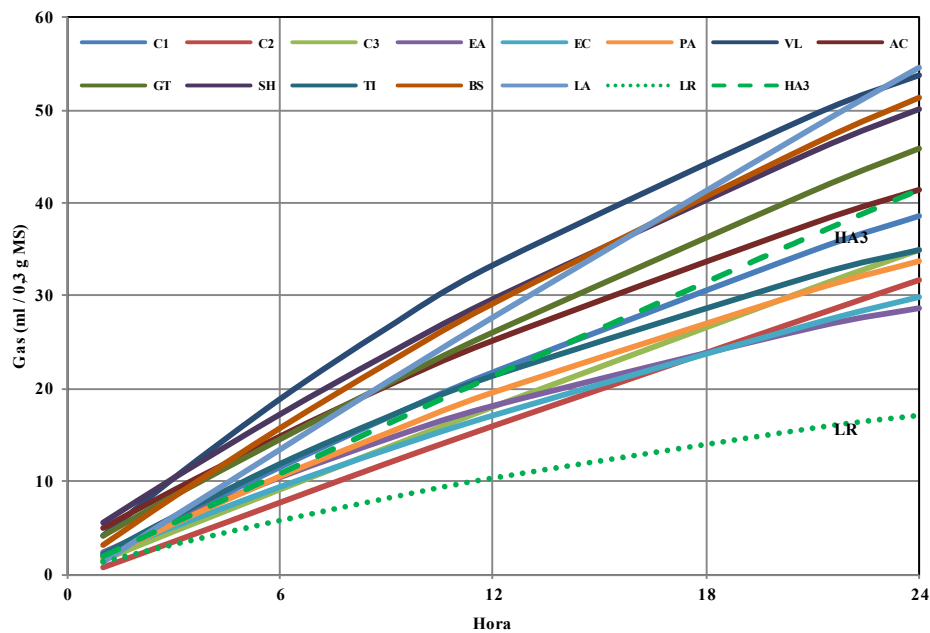


Figura 4.12.: Cinéticas de Producción de Gas (ml / 0,3 g MS) en rumen *in vitro* de las especies vegetales estudiadas del Delta superior del río Paraná, ajustadas al modelo de Orskov & Mc Donald (1979).

La figura 4.12. muestra las cinéticas de producción de gas de todas las Especies vegetales estudiadas (Tratamientos), Testigo (H3, Heno de Alfalfa) y Control (LR). Durante todo su recorrido son claramente diferenciables la curva que se ve abajo, que corresponde al Control (LR) y la que está arriba de todas, la de *Vigna luteola* (VL). La cinética de producción de gas en el Testigo (H3) va tomando valores intermedios en los diferentes horarios de incubación, respecto de las desarrolladas por las especies vegetales estudiadas. Para una mejor descripción de las cinéticas de producción de gas, se presentan por separado, en la figura 4.13., las especies vegetales herbáceas y en la figura 4.14., las arbóreas / arbustivas.

En la figura 4.13. se muestran las Cinéticas de Producción de Gas en el rumen *in vitro* obtenidas a partir de los valores ajustados al modelo de Orskov & Mc Donald (1979) de las especies vegetales herbáceas. Se puede observar que *Vigna luteola* (VL) se caracterizó por tener una cinética de producción de gas que durante todas las horas de incubación fue significativamente superior, diferenciándose claramente de las restantes especies vegetales. En el siguiente nivel inferior, con casi idéntica cinética de Producción de gas, siguieron el Heno de Alfalfa utilizado como Testigo (H3) e *Hymenachne pernambucensis* (C1). En el

próximo nivel, si bien *Echinochloa polystrachya* (C3) comenzó antes a producir gas que *Poligonum acuminatum* (PA), estas dos especies vegetales llegaron a las 24 h de incubación a la misma Producción de Gas.

Las especies vegetales pertenecientes a la familia *Pontederiaceae* *Eichhornia azurea* (EA) y *Eichhornia crassipes* (EC) se caracterizaron por poseer una alta producción de gas al inicio de la incubación (1 y 3 h), sin embargo, fueron las dos especies que produjeron menor cantidad de gas a las 24 h de incubación en el rumen *in vitro*. Si bien *Panicum elephantipes* (C2) fue la especie que tardó más tiempo (3 h) en dar inicio a la Producción de Gas, a las 24 h superó los niveles alcanzados por EA y EC.

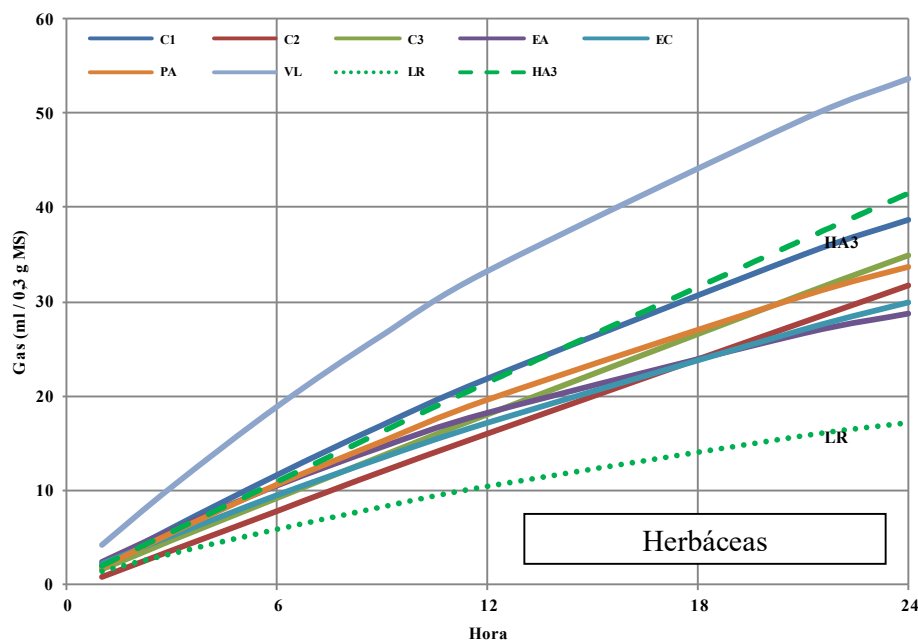
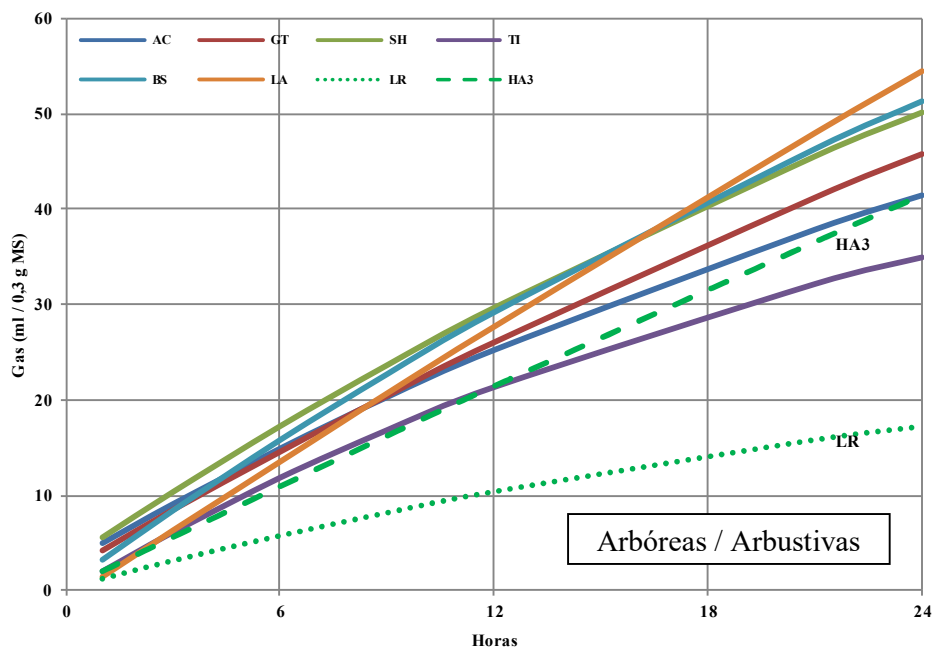


Figura 4.13.: Cinéticas de Producción de Gas (ml / 0,3g MS) en rumen *in vitro* ajustadas al modelo de Orskov & Mc Donald (1979) de especies vegetales herbáceas estudiadas del Delta Superior del río Paraná.

En la figura 4.14. se observan las Cinéticas de Producción de Gas en el rumen *in vitro* obtenidas a partir de los valores ajustados al modelo de Orskov & Mc Donald (1979) de las especies vegetales arbóreas y arbustivas provenientes de las islas del Delta Superior del río Paraná incubadas.

Se puede observar que la Producción de Gas de las especies vegetales arbóreas / arbustivas se presentó en tres niveles, en el nivel más alto encontramos a *Lippia alba* (LA), *Bacharis salicifolia* (BS) y *Salix homboldtiana* (SH), en el nivel intermedio se ubicaron el heno de Alfalfa utilizado como Testigo (H3) y *Gleditsia triacanthos* (GT), y en el nivel menor a *Vachellia caven* (AC) y *Tessaria integrifolia* (TI).



**Figura 4.14.:** Cinéticas de Producción de Gas (ml / 0,3g MS) en rumen *in vitro* ajustadas al modelo de Orskov & Mc Donald (1979) de especies vegetales arbóreas / arbustivas estudiadas del Delta Superior del río Paraná.

Si bien las especies vegetales herbáceas tuvieron una tendencia a una menor Producción de Gas que las arbóreas / arbustivas, *Vigna luteola* (VL) superó durante todos los tiempos de incubación a las especies vegetales estudiadas, con la excepción de *Lippia alba* (LA) que solo la alcanzó hacia el final de la incubación.

#### 4.2.2.5. Relación de la producción de gas con la composición química

Con el fin de explicar las diferencias encontradas entre las especies vegetales en la producción de gas (ml / 0,3 g MS) al final de la incubación (24 h) en el rumen *in vitro* se estudió el grado de asociación con la composición química (PB, FDA, FDN, Celulosa, Lignina y CNES), a través de la estimación del coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4.14.

Tabla 4.14.: Correlación entre la producción de gas (Gas 24 h: ml / 0,3 g MS) al final de la incubación (24 h) en el rumen *in vitro* con la composición química (PB, FDA, FDN, Celulosa, Lignina y CNES %) de las especies vegetales estudiadas.

	Composición Química					
	PB	FDN	FDA	Celulosa	Lignina	CNES
Gas 24 h	0,341	<b>- 0,531</b>	<b>- 0,652</b>	<b>- 0,668</b>	0,21	0,282
	(0,255)	<b>(0,062)</b>	<b>(0,016)</b>	<b>(0,013)</b>	(0,492)	(0,35)

Nota: Coeficientes de correlación, (Valores de P).

De las correlaciones estudiadas solo fueron significativas la producción de gas (Gas 24 h) con la FDN, FDA y Celulosa. En la tabla 4.14. y figura 4.15., también se puede ver que la producción de gas a las 24 h de incubación en el rumen *in vitro* se relacionó inversamente con FDN, FDA y la Celulosa, todos componentes estructurales de la pared celular, de lo cual se deduce que una mayor producción de gas estaría asociada a los componentes citoplasmáticos.

Cuando se analizó la relación entre la Producción de Gas con los Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES) no se halló una asociación entre ambos, lo cual muestra que los métodos convencionales empleados no fueron suficientes para explicar los componentes de las especies vegetales responsables de la producción de gas.

En la figura 4.15. se pueden observar los ajustes al modelo lineal de la producción de gas (Gas 24 h) con la FDN (I), FDA (II) y Celulosa (III).

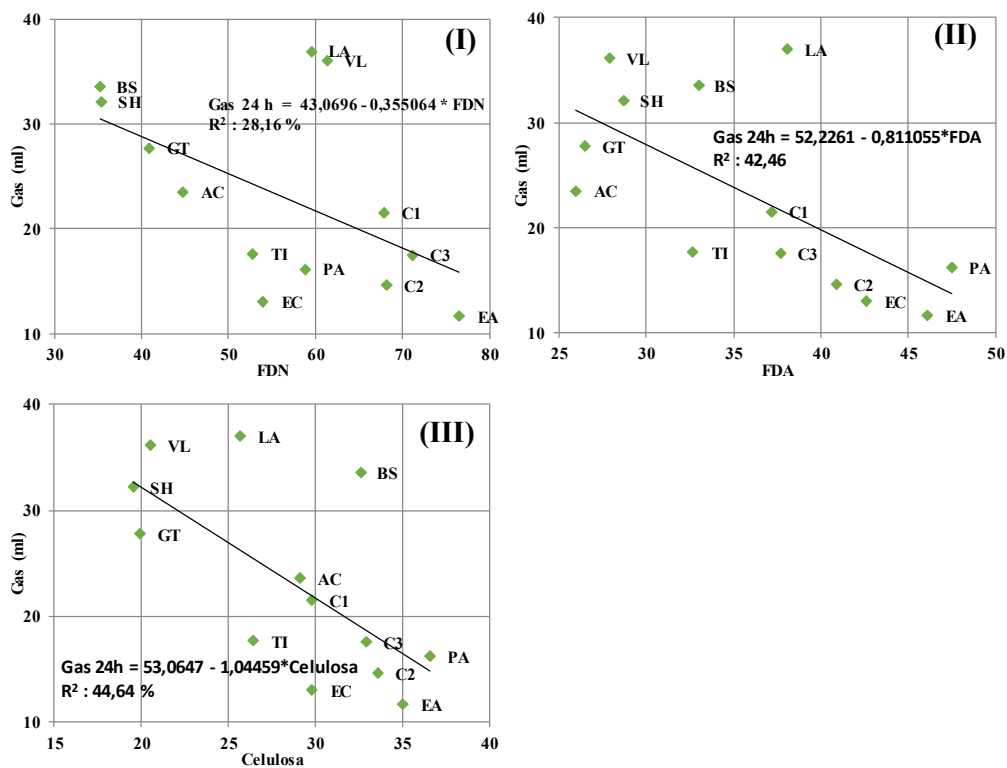


Figura 4.15.: Regresión Lineal Simple entre la Producción de gas (ml) a las 24 h de incubación en rumen *in vitro* con la FDN (I), la FDA (II) y Celulosa (III) de las especies vegetales.

A continuación, se presenta una síntesis de los resultados de la Composición Química y la Caracterización Biológica en el rumen *in sacco* e *in vitro* de las especies vegetales estudiadas, que pueden ser de utilidad como valores de referencia (tabla 4.15.). Esta tabla ordena cada especie vegetal por su nombre científico seguido del nombre común, y su abreviatura. Se presentan los valores promedio para cada especie vegetal, de la Composición Química (MS, PB, FDN, FDA, DIMS, Celulosa, Lignina y CNES), de la degradabilidad ruminal *in sacco* (DR 24 h, DR 48 h, a, b, c y a + b) y de la producción de gas (Gas 24 h) en el rumen *in vitro*. En negrita se muestran los valores de la composición química que se hallan dentro de los límites críticos para el correspondiente parámetro y en los cuales pueden ser considerados de baja calidad.

Tabla 4.15.: Composición química, degradabilidad ruminal *in sacco* y producción de gas en el rumen *in vitro* de las especies vegetales estudiadas del delta superior del río Paraná.

Especie vegetal			Caracterización Química								Caracterización Biológica en el rumen						
			Composición Química								<i>In sacco</i>				<i>In vitro</i>		
Nombre Científico	Nombre común		MS	PB	FDN	FDA	DIMS	Celulosa	Lignina	CNES	DR 24	DR 48	a	b	c	a + b	Gas 24
<i>Hymenachne pernambucensis</i>	Carrizo / Canutillo	C1	<b>17,5</b>	16,1	67,9	37,2	59,9	29,8	7,1	<b>7,2</b>	55,2	64,1	19,4	50,3	0,048	69,7	39,6
<i>Panicum elephantipes</i>	Canutillo	C2	<b>12,1</b>	20,7	68,2	40,9	57,0	33,6	7,5	<b>7,2</b>	67,2	80,5	21,9	65,7	0,046	87,7	32,7
<i>Echinochloa polystachya</i>	Pasto de laguna	C3	<b>17,0</b>	18,0	<b>71,2</b>	37,7	59,5	32,9	3,3	<b>7,3</b>	57,8	73,4	13,5	66,2	0,046	79,7	35,6
<i>Eichhornia azurea</i>	Aguapé / Camalote	EA	<b>11,7</b>	24,1	<b>76,5</b>	46,1	<b>53,0</b>	35,0	9,7	<b>7,4</b>	43,7	54,5	22,1	35,4	0,043	57,5	29,7
<i>Eichhornia crassipes</i>	Camalote	EC	<b>10,5</b>	15,8	54,0	42,6	55,7	29,8	8,0	<b>7,4</b>	40,1	41,3	25,3	21,0	0,034	46,3	30,4
<i>Polygonum acuminatum</i>	Catay Grande	PA	<b>16,1</b>	29,8	58,9	47,5	<b>51,9</b>	36,6	10,7	<b>8,4</b>	59,0	67,5	17,8	64,0	0,034	81,8	34,3
<i>Vigna luteola</i>	Porotillo	VL	23,8	34,8	61,3	27,9	67,2	20,5	7,0	<b>7,9</b>	78,8	80,2	28,9	54,1	0,096	82,9	54,2
<i>Vachellia caven</i>	Espinillo	AC	42,3	29,0	44,8	26,0	68,6	29,1	8,0	<b>4,0</b>	39,1	46,4	15,2	34,6	0,048	49,8	42,6
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Acacia negra	GT	39,4	23,6	40,9	26,5	68,3	19,9	5,9	<b>6,6</b>	60,9	63,9	24,5	42,3	0,062	66,7	46,8
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce criollo	SH	36,8	22,2	35,4	28,7	66,5	19,5	9,0	<b>9,8</b>	66,9	72,3	22,5	55,3	0,053	77,8	51,2
<i>Tessaria integrifolia</i>	Aliso de río	TI	25,4	18,5	52,8	32,7	63,4	26,4	<b>12,2</b>	<b>7,4</b>	62,6	71,8	19,2	79,7	0,024	98,9	36,7
<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	BS	30,6	22,9	35,3	33,0	63,2	32,6	<b>13,9</b>	<b>7,8</b>	70,4	75,5	17,1	63,1	0,062	80,2	52,6
<i>Lippia alba</i>	Salvia morada	LA	29,3	20,3	59,5	38,1	59,2	25,7	<b>11,4</b>	<b>8,7</b>	70,5	74,7	20,2	58,9	0,062	79,1	56,0
Promedio			23,8	22,7	59,5	35,8	61,0	28,6	8,7	7,5	59,4	66,6	20,6	53,1	0,051	73,7	41,7

Nota: **g / 100 g ó %** en MS, PB, FDN, FDA, DIMS, Celulosa, Lignina, CNES, DR 24, DR 48, a, b y a + b.

**% / h** en c

**ml / 0,3 g MS** en Gas 24h.

Valores críticos: MS < 20%, PB < 11 %, FDN > 70 %, FDA > 50 %, Lignina > 10 % y CNES < 10 %.

## **5. DISCUSIÓN**

5. DISCUSIÓN.....	114
<b>5.1. Caracterización química de las especies vegetales.....</b>	<b>115</b>
5.1.1. Materia Seca (MS).....	115
5.1.2. Proteína Bruta (PB).....	116
5.1.3. Componentes de la Fibra: Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Celulosa y Lignina.....	118
5.1.4. Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES).....	122
<b>5.2. Caracterización biológica de las especies vegetales.....</b>	<b>123</b>
5.2.1. Degradabilidad en el rumen <i>in sacco</i> .....	123
5.2.2. Comportamiento en el líquido ruminal <i>in vitro</i> .....	128
5.2.2.1. pH del líquido ruminal al inicio y final de la incubación.....	128
5.2.2.2. Potencial de Óxido Reducción (ORP, mV) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación.....	129
5.2.2.3. N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/100 ml) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación.....	130
5.2.3. Producción de gas en el rumen <i>in vitro</i> durante la incubación.....	131

## 5.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS ESPECIES VEGETALES

### 5.1.1. Materia Seca (MS)

La determinación de la concentración de la Materia Seca es un indicador de la cantidad total de nutrientes de un forraje. Es importante a tener en cuenta en forrajes frescos ya que puede ser una limitante del consumo voluntario de alimentos, especialmente en aquellos que están en estados de crecimiento temprano y su concentración es baja (inferior al 20 %) (Elizalde, 2003). Además, constituye un importante valor de referencia debido a que todas las mediciones que luego se pueden hacer a una muestra determinada se deben hacer sobre el material secado.

Las especies vegetales estudiadas presentaron un amplio rango de variación en la concentración de Materia Seca, con un valor promedio general de 23,8 % (DE: 11,4), con una gran diferencia entre los valores promedio más bajo (EC: 10,5) y más alto (AC. 42,3), del orden de 4 veces (400 %). La variación en los valores obtenidos fue mayor a la reportada en tablas de composición de alimentos para rumiantes (Gaggiotti, *et al.*, 1996, Jaurena y Danelón, 2006; NRC, 1989, 2021) para forrajes frescos cultivados, la que está en el rango de 18 a 43,6 %.

Al analizar el efecto del comportamiento vegetativo de las especies vegetales estudiadas, se pudo observar una menor concentración de Materia Seca (%) en las herbáceas respecto de las arbóreas / arbustivas (tabla 4.3. de resultados). La única herbácea que superó el valor considerado crítico (20 %) fue VL (*Vigna luteola*) con un promedio de 23,8 % (tabla 4.2. de resultados).

Entre las especies estudiadas que no superaron el valor menor crítico del 20 % de Materia Seca hay dos niveles, en el nivel más bajo las herbáceas integrantes de la familia *Pontederiaceae*: (EC) *Eichhornia crassipes* (10,5 %) y (EA) *Eichhornia azurea* (11,7 %), seguido por la integrante de la familia *Poaceae*: (C2) *Panicum elephantipes* (12,1 %), y en el siguiente nivel la *Polygonaceae*: (PA) *Polygonum acuminatum* (16,1 %), y las *Poaceae*: (C3) *Echinochloa polystachya* (17 %) y (C1) *Hymenachne pernambucensis* (17,5 %). Es comprensible, ya que estas plantas para adaptarse a las condiciones ambientales como las del Delta (con cambios en el nivel y corrientes del agua, etc.), tienen tejidos con mayor

contenido de agua y estructura más flexible, que aquellas herbáceas que crecen sobre suelo firme.

Las especies de comportamiento arbóreo más leñosas presentaron altas concentraciones de Materia Seca, superiores al 35 %, como las *Fabaceae* (AC) *Vachellia caven* (42,3 %) y (GT) *Gleditsia triacanthos* (39,4 %) y la *Salicaceae* (SH) *Salix humboldtiana* (36,8 %). Las hojas de los árboles no suelen ser lo suficientemente apreciadas como recurso alimentario, sin embargo, estas plantas por su alta concentración de Materia Seca y biomasa disponible, resultan de interés considerarlas como recursos forrajeros que pueden ser complementarios de las otras especies vegetales que integran la pastura.

Respecto de las especies vegetales herbáceas, se recomienda prestar atención en aquellas plantas que tienen el nivel más bajo de Materia Seca, debido a que pueden limitar el consumo voluntario de forraje en el ganado si son consumidas en gran cantidad, como es en el caso de las *Pontederiaceae*: *Eichhornia crassipes* (EC) y *Eichhornia azurea* (EA) y la *Poaceae*: *Panicum elephantipes* (C2), en especial cuando en las islas se dan las condiciones que favorecen su predominio entre el forraje disponible, como lo es durante los meses más cálidos o cuando el nivel del agua en el río supera sus valores medios.

La mayor variación encontrada en este estudio en la concentración de la Materia Seca respecto de los valores reportados en forrajes cultivados, y a la ocurrencia de una significativa cantidad de valores inferiores a 20 %, demuestra la importancia de determinar dicho parámetro. Es recomendable emplear los datos reales medidos a través de los análisis de laboratorio, sin embargo, los valores obtenidos en este trabajo pueden servir como referencia.

### **5.1.2. Proteína Bruta (PB)**

La Proteína Bruta es un indicador utilizado para determinar la calidad de los forrajes; a mayor concentración se consideran de mejor calidad. La pastura de alfalfa (*Medicago sativa*), referencia de calidad proteica, es una especie forrajera cultivada, considerada de buena calidad especialmente en los estados de crecimiento tempranos (prefloración, inicio y mitad de floración), debido a la alta concentración de proteína y digestibilidad de sus nutrientes. En tablas de composición química de alimentos para rumiantes (Gaggiotti, *et*

al., 1996, Jaurena y Danelon, 2006; NRC, 1989, 2021) la concentración de PB de la alfalfa en los estados de crecimiento temprano, presenta valores dentro del rango de 18 al 26,9 %.

Los valores promedio general, mínimo y máximo en la concentración de Proteína Bruta (PB %) de las especies vegetales estudiadas fueron de 22,7 (DE: 5,6), 15,8 y 34,8; respectivamente. Las especies vegetales estudiadas presentaron diferencias entre ellas ( $P \leq 0,05$ ). Estas diferencias no se atribuyen a su comportamiento vegetativo (herbácea o arbórea / arbustiva).

Solo existen reportes de la concentración de proteína de algunas de las especies vegetales estudiadas y en condiciones ambientales diferentes. Valores similares a los de este trabajo fueron obtenidos en (EC) *Eichhornia crassipes* (14,7 %) por Igbinosun *et al.* (1988), en (GT) *Gleditsia triacanthos* (23,81 %) por Rossi (2013), en (SH) *Salix humboldtiana* (19,35 %) por Fino *et al.* (2013) y en (LA) *Lippia alba* (20,3 %) por Brahma y Brahma (2016). Valores menores fueron reportados en (VL) *Vigna luteola* (20,28 %), (C2) *Panicum elephantipes* (8,14 %) y *Echinochloa helodes*, especie muy afín a (C3) *E. polystachya*, (15,31 %) por Rossi (2013) y en (AC) *Vachellia caven* (23,9 %) por Serra (1997), y mayores en (EC) *Eichhornia crassipes* (24,2 %) por Sotolu (2010).

Las especies vegetales estudiadas en general presentaron alta concentración de Proteína Bruta superando el valor reportado (18 %) que se tiene en cuenta como límite para definir a una especie forrajera de buena calidad. Las excepciones fueron (C1) *Hymenachne pernambucensis* (16,1 %) y (EC) *Eichhornia crassipes* (15,8 %), que se ubicaron en un nivel intermedio, según la clasificación sugerida por Rossi (2013) para especies vegetales del Delta, quien propone los niveles alto: mayor a 18 %, intermedio: entre 18 y 10 % y bajo: menor a 10 % de PB. Además, todas las especies estudiadas superaron el mínimo de proteína descrito por (Kaufman y Luppig, 1981) que permite garantizar un crecimiento óptimo de la población microbiana ruminal (11 % de PB).

Las especies que pueden ser consideradas de mejor calidad, según este parámetro, con el mayor valor en la concentración de proteína son las *Fabaceae*: (VL) *Vigna luteola* (34,8 %) y (AC) *Vachellia caven* (29 %) y la *Poligonaceae*: (PA) *Poligonum acuminatum* (29,8 %).

### 5.1.3. Componentes de la fibra: Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Celulosa y Lignina

Para medir los componentes de la fibra de los forrajes se utilizó el sistema de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) descrito por Goering y Van Soest (1970). La concentración de FDN de los forrajes, se encuentra relacionada directamente con el llenado ruminal e inversamente con el consumo voluntario de Materia Seca (Van Soest *et al.*, 1991; Tarazona *et al.*, 2012) y la concentración de FDA está inversamente relacionada con la digestibilidad de la Materia Seca (DIMS).

La calidad de un forraje puede ser definida a través de diversos criterios. Independientemente de la metodología utilizada, se considera que un forraje es de buena calidad cuando tiene aproximadamente 70 % de DIMS, menos de 50% de FDN y más de 15% de PB. Por el contrario, un forraje de baja calidad tiene menos de 50% de DIMS, más de 65 % de FDN y menos del 8% de PB (Calsamiglia, S., 1997). Según Leng (1990), un forraje de baja calidad presenta una digestibilidad menor a 55 %, es deficiente en proteína verdadera, o sea con niveles de PB menores al 8 %, y además tiene un contenido de Carbohidratos No Estructurales Solubles (azúcares solubles, almidones) menor al 10 %.

En este trabajo se vió que los valores promedio general, mínimo y máximo de los componentes de la fibra fueron para FDN 55,9; 35,3 y 76,5; para FDA 35,8; 26 y 47,5; para Celulosa 28,6; 19,5 y 36,6 y Lignina 8,7; 3,3 y 13,9 g / 100g MS, respectivamente. Al ordenar los valores promedio de los componentes de la Fibra se puede ver que en general hay un mayor número de especies arbóreas que presentan menor concentración de Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) y Celulosa y mayores en Lignina. La situación inversa se ve con las herbáceas.

#### *Fibra Detergente Neutra (FDN)*

La concentración de FDN en las especies vegetales estudiadas presentó valores entre 35,5 y 76,5 %, este rango es más amplio que el reportado por Rossi (2013) a partir de 18 especies vegetales (14 herbáceas y 4 arbóreas) con potencial forrajero muestreadas en el Delta inferior del río Paraná (de 46,7 a 76,9 %). Esta diferencia entre los estudios, podría deberse a una mejor calidad de las especies empleadas en este trabajo, a la influencia de la

distinta proporción de especies arbóreas respecto de herbáceas relevadas en ambos trabajos, a diferencias en la metodología de muestreo u otras variables no contempladas.

Pocos reportes de la concentración de FDN fueron hallados en la bibliografía relevada, todos los valores fueron mayores a los obtenidos en este estudio. Así, para (SH) *Salix humboldtiana* Fino *et al.* (2013) reportaron un 55,5 versus el 35,4 % obtenido en este trabajo; y Rossi (2013) reportó para (GT) *Gleditsia triacanthos*, 55,8 versus 40,9 %, para (VL) *Vigna luteola* 66 versus 61,3 %, para (C3) *Echinochloa helodes* 71,6 versus 71,2 % y para (C2) *Panicum elephantipes*, 74,5 versus 68,2 %. Demostrando que la mejor calidad reportada no está influenciada por la distinta proporción de especies incluidas en las categorías mencionadas en el párrafo anterior.

Las especies vegetales estudiadas que presentaron los niveles más bajos de FDN y en el rango de forrajeras cultivadas de buena calidad como Alfalfa y Raigrás Anual (inferiores a 60 %), se encuentran las arbóreas *Baccharis salicifolia* (BS), *Salix humboldtiana* (SH), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Vachellia caven* (AC), *Tessaria integrifolia* (TI) y *Lippia alba* (LA) y las herbáceas *Eichhornia crassipes* (EC) y *Polygonum acuminatum* (PA). Entre aquellas con valores superiores al 70 % como los rastrojos de cosecha se hallan, *Echinochloa polystachya* (C3) y *Eichornia azurea* (EA). En un nivel intermedio las herbáceas *Vigna luteola* (VL), *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Panicum elephantipes* (C2) (figura 4.3. (I) de resultados).

Respecto de la concentración de FDN observada en las especies vegetales estudiadas, solo las herbáceas de la familia *Poaceae*: *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2) y *Echinochloa polystachya* (C3) y la *Pontederiaceae*: *Eichornia azurea* (EA), superaron el límite del 65 %, por lo tanto, teniendo en cuenta este parámetro (FDN), podrían ser consideradas forrajeras de baja calidad. Es de destacar que una alta cantidad de estas especies en la dieta del ganado podrían limitar el consumo voluntario total de Materia Seca de los animales.

#### *Fibra Detergente Ácida (FDA)*

El rango de variación de la FDA de las especies vegetales estudiadas (26 a 47,5 %) fue similar al obtenido por Rossi (2013) en el estudio de 18 especies vegetales del delta

inferior río Paraná, con valores promedio, mínimo y máximo de 38,8; 23,9 y 47,1 %, respectivamente.

De las especies vegetales estudiadas, solo se hallaron valores citados por la bibliografía para (GT) *Gleditsia triacanthos* (34,8 %), (VL) *Vigna luteola* (37,0 %), *Echinochloa helodes* (41,6 %) especie muy afin a (C3) *E. Polystachya* y (C2) *Panicum elephantipes* (39,8 %), por Rossi (2013).

Las especies vegetales que presentaron valores de FDA similares a alfalfa de buena calidad, cuyo rango fluctúa entre 28 a 38 %, fueron las arbóreas: *Vachellia caven* (AC), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI), *Baccharis salicifolia* (BS) y las herbáceas: *Vigna luteola* (VL), *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Echinochloa polystachya* (C3). Aquellas que tienen niveles intermedios de FDA, que no superaron el rango reportado para Raigrás Anual (de 38 a 45 %), fueron *Lippia alba* (LA), *Panicum elephantipes* (C2) y *Eichhornia crassipes* (EC), y los valores superiores se observaron en *Eichhornia azurea* (EA) y *Polygonum acuminatum* (PA) (figura 4.3. (II) de resultados). Es de destacar, que ninguna de las especies vegetales estudiadas presentó valores que se acercaron a los niveles reportados en forrajes en estado avanzado de madurez o de baja calidad como los rastrojos de cosecha (mayor a 54 %).

El promedio general de la DIMS de las especies vegetales estudiadas, a través de la ecuación Rohweder *et al.* (1978) que tiene en cuenta la concentración de FDA ( $DMS = 88.9 - (\% \text{ FDA} \times 0.779)$ ), fue 61,03 (DE: 5,7), valor semejante a los de la pastura de alfalfa de buena calidad. De las especies vegetales estudiadas solo *Eichhornia azurea* (EA) y *Polygonum acuminatum* (PA) presentaron valores inferiores al 55 % considerado el límite para que un forraje sea calificado como de baja digestibilidad (Leng, 1990).

### *Celulosa*

Para las especies vegetales estudiadas no se encontraron reportes de la concentración de celulosa. A continuación, y a modo de referencia se presentan los valores de la concentración de Celulosa para forrajes cultivados habitualmente utilizados en alimentación del ganado. Para alfalfa en estado vegetativo temprano: 22 %, floración temprana: 24 % y floración total: 28 %, para raigrás anual en estado vegetativo temprano e

inicio de la floración: 33 a 36 % y en forrajes en estado avanzado de madurez como rastrojos de cebada y paja de trigo: 37 y 39 % (NRC, 2021).

El rango de variación en la concentración de Celulosa de las especies vegetales estudiadas fue de amplio, del 19,5 a 36,6 %. Las arbóreas / arbustivas presentaron valores promedio de 25,5 %, similares a la alfalfa, siendo estos valores más bajos que los observados en las herbáceas (31,2 %), que se hallaron más próximos al raigrás (tabla 4.5. de resultados).

De las especies estudiadas *Salix humboldtiana* (SH), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Vigna luteola* (VL), presentaron las concentraciones de Celulosa más bajas, estas son menores al límite inferior reportado para alfalfa en estado vegetativo temprano. *Lippia alba* (LA) y *Tessaria integrifolia* (TI) se hallan dentro del rango reportado de celulosa para alfalfa. *Vachellia caven* (AC), *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Eichhornia crassipes* (EC), *Baccharis salicifolia* (BS), *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2), *Eichhornia azurea* (EA) y *Polygonum acuminatum* (PA) se hallan en el rango cercano a raigrás anual (tabla 4.4 de resultados).

### *Lignina*

El rango de variación en la concentración Lignina de las especies vegetales estudiadas fue amplio con valores entre 3,3 y 13,9 g / 100g MS. Las herbáceas presentaron una concentración promedio de 7,61 %, valor menor, aunque no significativo, respecto de las arbóreas / arbustivas que arrojaron un valor promedio de 10,07 %.

De las especies vegetales estudiadas, las que presentaron una concentración de Lignina más baja fueron *Echinochloa polystachya* (C3), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Vigna luteola* (VL), *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Panicum elephantipes* (C2), *Eichhornia crassipes* (EC), *Vachellia caven* (AC) y *Salix humboldtiana* (SH). Las especies que presentaron valores mayores, cercanos o mayores al 10 %, son las herbáceas *Eichhornia azurea* (EA) y *Polygonum acuminatum* (PA) y las arbóreas / arbustivas *Lippia alba* (LA), *Tessaria integrifolia* (TI) y *Baccharis salicifolia* (BS) (tabla 4.4. de resultados).

En las especies que tienen los valores más altos en la concentración de lignina (EA, PA, LA, TI y BS), sería de esperar que se vea restringida la actividad microbiana fermentativa y la degradabilidad potencial en el rumen.

#### 5.1.4. Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES)

Los Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES) en los forrajes se encuentran en el contenido de la célula vegetal e incluyen azúcares simples, ácidos orgánicos, almidón. Su evaluación es importante en una dieta rica en forrajes, porque al ser rápida y extensamente degradados por los microorganismos del rumen, constituyen la primera fuente de energía disponible para la síntesis de proteína y crecimiento microbiano.

Las especies vegetales estudiadas mostraron diferencias entre los valores promedios de CNES ( $P \leq 0,05$ ), cabe resaltar, al estudiar el efecto del tipo de comportamiento vegetativo no presentaron diferencias entre herbáceas o arbóreas / arbustivas ( $P > 0,05$ ) (tabla 4.4. de resultados).

Los valores más altos en CNES se observaron en (SH) *Salix humboldtiana* (9,8 %), (LA) *Lippia alba* (8,7 %) y (PA) *Polygonum acuminatum* (8,4 %), seguido en un nivel intermedio (entre 7,9 y 7,2 %) por *Vigna luteola* (VL), *Baccharis salicifolia* (BS), *Tessaria integrifolia* (TI), *Eichhornia azurea* (EA), *Eichhornia crassipes* (EC), *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2) y *Hymenachne pernambucensis* (C1), y los más bajos en (GT) *Gleditsia triacanthos* (6,6 %) y (AC) *Vachellia caven* (4 %) (figura 4. 4. de resultados).

En todas las especies vegetales estudiadas, la concentración de CNES no superó el límite del 10 % establecido para forrajes de buena calidad (Leng, 1990), indicando que podrían tener insuficiente cantidad de energía rápidamente disponible para los microorganismos del rumen durante el inicio del proceso de digestión. Los niveles más bajos de CNES los presentaron las arbóreas pertenecientes a la familia *Fabaceae*: *Vachellia caven* (AC) y *Gleditsia triacanthos* (GT).

A modo de síntesis de la caracterización química, se pudo ver que las especies vegetales con comportamiento herbáceo se caracterizaron por presentar, menores niveles de Materia Seca y Lignina, mayores de FDN, FDA y Celulosa respecto de las arbóreas / arbustivas. En general en la mayoría de las especies vegetales estudiadas, los niveles en la concentración de PB fueron relativamente altos, lo que indicaría que son de buena calidad; pero con niveles en la concentración CNES relativamente bajos, lo que sugiere que es esperable que

haya un insuficiente aprovechamiento del N por parte de los microorganismos del rumen del ganado que consume estos recursos en las islas.

## 5.2. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE LAS ESPECIES VEGETALES

### 5.2.1. DEGRADABILIDAD EN EL RUMEN *IN SACCO*

La técnica de degradación en el rumen *in sacco* se utilizó para medir la dinámica y extensión de la degradación de las especies vegetales, y estimar las fracciones degradables.

La degradabilidad obtenida tras 48 h de incubación en el rumen *in sacco* de las especies estudiadas presentó un rango de variación de 41,3 a 80,5 %, con el valor promedio general de 66,5 % (DE: 12,2). Los valores observados en las especies vegetales estudiadas se observan en la tabla 4.6 de resultados. Las especies vegetales que presentaron valores superiores a 60 %, límite sobre el cual un forraje es considerado de alta degradabilidad ruminal, son *Panicum elephantipes* (C2), *Vigna luteola* (VL), *Baccharis salicifolia* (BS), *Lippia alba* (LA), *Echinochloa polystachya* (C3), *Salix humboldtiana* (SH), *Tessaria integrifolia* (TI), *Polygonum acuminatum* (PA), *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Gleditsia triacanthos* (GT). En cambio, *Eichhornia azurea* (EA), *Vachellia caven* (AC) y *Eichhornia crassipes* (EC), que presentaron valores inferiores a 60 % pero superiores a 40 %, se pueden considerar de intermedia degradabilidad (Leng, 1990; Calsamiglia, S., 1997).

Los valores de la degradabilidad ruminal de la Materia Seca a las 48 h de incubación *in sacco* obtenidos por Rossi (2008, 2013) en estudios de especies vegetales de las islas del Delta inferior del río Paraná presentaron un rango de variación más amplio, entre 24,6 y 80,8 %, en *Hymenachne grumosa* y *Alternanthera philoxeroides*, respectivamente; y con un valor promedio general menor (51 %). El valor obtenido en la degradabilidad ruminal de la Materia Seca a las 48 h en Porotillo (VL: *Vigna luteola*) fue 58,2 %, en Acacia negra (GT: *Gleditsia triacanthos*) fue 53,1 %, en Pasto de laguna (*Echinochloa helodes*) fue 52,4 % afín a *E. polystachya* (C3), en Canutillo (C2: *Panicum elephantipes*) fue 34 % y en Carrizo (*Hymenachne grumosa*) afín a *Hymenachne pernambucensis* fue 24,5 %. Todos inferiores a los obtenidos en este estudio.

Cuando las especies vegetales fueron ordenadas según su degradabilidad ruminal *in sacco* a las 48 h de incubación (DRISMS 48 h) y se compararon con el orden en la digestibilidad

de la Materia Seca (DIMS) a partir de la concentración FDA, estimada mediante la ecuación de Rohweder *et al.* (1978), no se hallaron coincidencias, como se observa a continuación.

DRISMS 48 h    C2 > VL > BS > LA > C3 > SH > TI > PA > C1 > GT > EA > AC > EC.  
 DIMS            AC > GT > VL > SH > TI > BS > C1 > C3 > LA > C2 > EC > EA > PA.

Similares resultados fueron obtenidos por Rossi (2013), quien sugiere que la DIMS subestimó la digestibilidad.

Sin embargo, en ambos métodos la mayoría de las especies vegetales estudiadas superaron los valores críticos para considerar a un forraje de baja degradabilidad y digestibilidad. Solamente por debajo de los valores críticos se presentan en DRISMS 48 h: *Eichhornia azurea* (EA), *Vachellia caven* (AC) y *Eichhornia crassipes* (EC) y en DIMS: *Eichhornia azurea* (EA) y *Polygonum acuminatum* (PA).

La determinación de las diferentes fracciones degradables en el rumen *in sacco* es importante para comparar y describir diferencias en la extensión y cinética de degradación, sin embargo, la información disponible respecto de las de las especies vegetales del Delta del río Paraná estudiadas es muy poca, por lo tanto, las comparaciones se harán en base a reportes de forrajeras cultivadas.

La fracción soluble o rápidamente degradable (a) de la Materia Seca en rumen *in sacco* es la parte de la muestra que está inmediatamente disponible para los microorganismos del rumen, y en las especies vegetales estudiadas osciló entre 13,54 y 28,87 %, con el valor promedio general de 20,6 %. Los valores obtenidos en las especies vegetales estudiadas se observan en la tabla 4.7 de resultados. El valor mayor se observó en *Vigna luteola* (VL), y los menores en *Vachellia caven* (AC) y *Echinochloa polystachya* (C3) y en niveles intermedios las restantes especies vegetales. El valor que VL presentó fue más del doble que el de C3.

En general la fracción rápidamente degradable (a) de las especies vegetales estudiadas presentó un nivel alto, pero menor que el reportado en pasturas de herbáceas forrajeras cultivadas de buena calidad (Kamalak *et al.*, 2005; Mc Carthy *et al.*, 2023). Los valores más bajos como los de *Vachellia caven* (AC) y *Echinochloa polystachya* (C3) se asemejan

a los de forrajes de menor calidad como rastrojos de cosecha (menores 17 %) (Kamalak *et al.*, 2005, Figallo *et al.*, 2008b). Sin embargo, todos los valores obtenidos se asemejan a los de pasturas con predominio de gramíneas, con excepción de *Vigna luteola* que tiene un valor más alto y similar al de pasturas de leguminosas, de acuerdo a los rangos propuestos por Belanche *et al* (2014).

La fracción lentamente degradable (b) de la Materia Seca en el rumen *in sacco*, corresponde a los componentes del forraje que se degradan gracias a la actividad enzimática presente en el rumen y se va liberando según una tasa de degradación que sería característica de cada especie vegetal. Esta fracción fue muy variable con un rango que osciló entre 20,98 (EC) y 79,65 % (TI), pero similar a lo citado para forrajes cultivados (Belanche *et al.*, 2014; Contreras *et al.*, 2019; Mc Carthy, *et al.*, 2023). Al ordenar los resultados de forma decreciente muestra a *Tessaria integrifolia* (TI) con el valor superior en un primer nivel, seguido en un segundo nivel por *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2), *Polygonum acuminatum* (PA), *Baccharis salicifolia* (BS); *Lippia alba* (LA), *Salix humboldtiana* (SH), *Vigna luteola* (VL) e *Hymenachne pernambucensis* (C1), luego por *Gleditsia triacanthos* (GT), *Eichornia azurea* (EA) y *Vachellia caven* (AC) y con el valor menor en *Eichhornia crassipes* (EC).

Las especies vegetales con una fracción lentamente degradable similar a la de forrajes cultivadas de buena calidad, presentaron valores entre 40 y 65 % según Belanche *et al.* (2014). *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2), *Polygonum acuminatum* (PA), *Baccharis salicifolia* (BS); *Lippia alba* (LA), *Salix humboldtiana* (SH), *Vigna luteola* (VL), *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Gleditsia triacanthos* (GT), se hallan en ese rango. Cabe destacar que se hallaron valores más bajos en *Eichornia azurea* (EA), *Vachellia caven* (AC) y *Eichhornia crassipes* (EC) y más altos en *Tessaria integrifolia* (TI).

La tasa o velocidad de degradación (c) de la Materia Seca de la fracción lentamente degradable en el rumen *in sacco*, también, presentó un amplio rango de variación, el que osciló entre 0,959 (VL) y 0,024 (TI) % / h similar al reportado para pasturas cultivadas de buena calidad y rastrojos de cosecha, respectivamente (Kamalak, *et al.*, 2005; Belanche *et al.*, 2014; Mc Carthy, *et al.*, 2023).

La velocidad o tasa de degradación (c) de las especies estudiadas fue mayor en *Vigna luteola* (VL), intermedia en *Lippia alba* (LA), *Baccharis salicifolia* (BS), *Gleditsia triacanthos* (GT), *Salix humboldtiana* (SH), *Vachellia caven* (AC), *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Echinochloa polystachya* (C3), *Panicum elephantipes* (C2) y *Eichhornia azurea* (EA), y menor en *Polygonum acuminatum* (PA), *Eichhornia crassipes* (EC) y *Tessaria integrifolia* (TI) (tabla 4.7. de resultados).

La degradabilidad potencial (a + b) en el rumen *in sacco*, al igual que la DRISMS 48 h determina la extensión de la degradación. Fue alta en la mayoría de las especies vegetales e intermedia en unas pocas. El mayor valor, cercano al 100 %, se observó en *Tessaria integrifolia* (TI), seguido por *Panicum elephantipes* (C2), *Vigna luteola* (VL), *Polygonum acuminatum* (PA), *Baccharis salicifolia* (BS), *Echinochloa polystachya* (C3), *Lippia alba* (LA) y *Salix humboldtiana*; (SH) en el siguiente nivel *Hymenachne pernambucensis* (C1) y *Gleditsia triacanthos*, luego por *Eichhornia azurea* (EA) y la menor degradabilidad la presentaron *Vachellia caven* (AC) y *Eichhornia crassipes* (EC) (tabla 4.7. de resultados).

El orden de las especies vegetales estudiadas en la fracción potencialmente degradable en el rumen *in sacco* (a + b) en general fue similar al obtenido en Degradabilidad ruminal de la Materia Seca a las 48 horas (DRISMS 48 h), como se muestra a continuación.

DRISMS 48 h    C2 > VL > BS > LA > C3 > SH > TI > PA > C1 > GT > EA > AC > EC.  
 a + b            TI > C2 > VL > PA > BS > C3 > LA > SH > C1 > GT > EA > AC > EC.

Las especies con los valores menores (C1, GT, EA, AC, EC) siguieron el mismo orden en las dos determinaciones. C2, VL, PA, BS, C3, LA y SH si bien tienen variaciones en el orden todos los valores son cercanos a 80 % en ambos métodos, la excepción es TI con 71,8 % en DRISMS 48 y 98,89 en a + b.

Además, al comparar los datos entre la fracción potencialmente degradable con la DRISMS 48 h, estos últimos tienen una tendencia a ser menores, esto se debe a que la fracción potencialmente degradable se estima a tiempo infinito. Esta diferencia fue más notable en las especies vegetales con las tasas de degradación más lentas y con las fracciones lentamente degradables altas, como *Tessaria integrifolia* (TI) y *Polygonum acuminatum* (PA).

Cuando se analizó el efecto del tipo de comportamiento vegetativo de las especies vegetales sobre las fracciones degradables en el rumen *in sacco*, se observó que las especies herbáceas tienden a presentar mayor fracción rápidamente degradable (**a**), y menores fracción lentamente (**b**) y potencialmente (**a + b**) degradables de la Materia Seca que las arbóreas / arbustivas ( $P \leq 0,05$ ) (tabla 4. 8. de resultados). Era de esperar un comportamiento diferente, debido a que las herbáceas presentaron una concentración mayor en los componentes de la fibra (FDN, FDA y Celulosa) y menor de Lignina. Las diferencias de magnitud encontradas son biológicamente poco relevantes, no obstante, estos resultados muestran una tendencia que resulta de interés explorar en un mayor número de especies vegetales.

De las especies estudiadas por su degradabilidad ruminal *in sacco* se resaltan las siguientes:

*Vigna luteola* (VL) es la especie que mostró las mayores fracción rápidamente degradable o soluble (**a**), tasa de degradación (**c**) y degradabilidad a las 48 h (DR/SMS 48h), por lo tanto, se degradó más rápidamente, su curva supera durante todo su recorrido a las restantes especies vegetales, y alcanzó su máximo porcentaje de degradación durante el período de medición (48 h).

Las integrantes de la familia *Pontederiaceae* (Camalotes), *Eichhornia azurea* (EA) y *Eichhornia crassipes* (EC), se caracterizaron por presentar una fracción soluble (**a**) muy alta en relación a la fracción lentamente degradable (**b**) y una fracción potencialmente degradable (**a + b**) menor al 60 %.

*Vachellia caven* (AC) es la arbórea que presentó las menores fracción soluble (**a**) y potencialmente degradables (**a + b**), y una de las curvas de cinética de degradación que se observa bien debajo de las restantes especies vegetales durante todo su recorrido.

*Tessaria Integrifolia* (TI), con una cinética de degradación diferente, con una fracción soluble (**a**) intermedia, las más altas fracciones lentamente (**b**) y potencialmente (**a + b**: 98,9 %) degradables y la más baja tasa de degradación de todas las especies vegetales estudiadas y una DR/SMS 48 h de 71,8 %. Esa gran diferencia entre la DR/SMS 48 h y la fracción **a + b**, que representa el 27,4 %, pone en evidencia que esta especie no alcanzó el

máximo de degradación al final del período de incubación de 48 horas en el rumen *in sacco*.

## 5.2.2. COMPORTAMIENTO EN EL RUMEN *IN VITRO*:

### 5.2.2.1. pH del líquido ruminal al inicio y final de la incubación

El pH del líquido ruminal disminuyó del inicio (0 h) al final (24 h) de la incubación, en todos los sistemas *in vitro*. Los valores promedio fueron al inicio 7,31 (0,15) y al final de la incubación 6,41 (0,12). La disminución del pH se debe a la acumulación de productos finales de fermentación generado durante la incubación en los sistemas *in vitro* cerrados, cabe destacar que el pH desarrollado durante la incubación se halla dentro del rango normal.

Al inicio de la incubación *in vitro*, no se observó un efecto de las especies vegetales estudiadas sobre el pH del líquido ruminal. Los valores promedio, mínimo y máximo fueron 7,31, 7,19 y 7,39. Estos valores de pH al inicio de la incubación, que se hallan dentro del límite superior se atribuyen a la calidad del líquido ruminal escogido como inóculo para estas experiencias. Cabe destacar que se trabajó con líquido ruminal, obtenido antes de la ingesta de la mañana, de ovejas alimentadas con una dieta exclusiva de forrajes de buena calidad (heno de alfalfa), para promover una extensa rumia y salivación que garantice una elevada concentración de buffers para amortiguar los cambios durante una incubación en sistemas cerrados (Smacchia, 2004).

Al final de la incubación *in vitro* se observó que, respecto al control (LR: 6,64), las especies vegetales estudiadas y el testigo (H3) causaron un efecto sobre pH del líquido ruminal. El valor de pH mayor se observó en EC (6,49), luego por TI, EA y PA, en un lugar intermedio C1, H3 (Testigo: 6,4), C2, AC, C3, BS y LA, y los valores menores en GT y VL y el más bajo en SH (6,28), indicando que entre las especies vegetales estudiadas existieron mínimas diferencias que serían biológicamente poco relevantes.

En general los sistemas se mantuvieron en un rango de pH superior a 6, valor considerado óptimo para la actividad normal de las poblaciones microbianas ruminales celulolíticas (sensibles a pH bajos). Se hallaron dentro del rango de 5,5 y 7,2 descripto para dietas variadas (con distintas proporciones de forrajes y concentrados) en el rumen *in vivo*

reportado por Owen y Goetsch (1988), y entre 6,2 y 7,4 para ovejas alimentadas con heno de alfalfa, en condiciones similares a la de este trabajo (Smacchia, 2004).

#### **5.2.2.2. Potencial de Óxido Reducción (ORP, mV) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación**

El ORP en el líquido ruminal no presentó diferencia entre el inicio y el final de la incubación *in vitro*, solo presentó un leve aumento no significativo (12,2 mV). Los valores promedio, mínimos y máximos observados del ORP (mV) en el líquido ruminal de todos los tratamientos fueron al inicio -337,4, -354,4 (TI) y -305,5 (EA) y al final de la incubación -325,2, -350,2 (TI) y -311,9 (SH) mV, respectivamente.

En el líquido ruminal al inicio de la incubación *in vitro* se observó un efecto tras la incorporación de las muestras de las especies vegetales estudiadas. Respecto a los sistemas controles, con la excepción de las herbáceas EA, C2 y C3, se produjo un descenso del ORP en PA, EC, VL, AC, C1, Testigo (H3), LA, SH, BS, GT y TI.

Respecto a los controles (LR), el ORP (mV) en el líquido ruminal al final de la incubación *in vitro* aumentó en los sistemas con las herbáceas C1, EC, PA y VL y las arbóreas / arbustivas; AC, GT, SH, BS y, al igual que en el Testigo (H3). Las herbáceas restantes, C2, C3 y EA presentaron la misma tendencia a disminuir que en los sistemas Control (LR).

En la figura 4.11. del capítulo de resultados se observan las diferencias en el ORP del líquido ruminal en cada uno de los sistemas *in vitro* entre el inicio y el final de la incubación. C2, C3 y EA, presentaron el mismo comportamiento a disminuir que el control (LR), en cambio, C1, EC, PA, VL; AC, GT, SH, BS y LA, aumentaron al igual que el testigo (H3). Las variaciones fueron leves entre el inicio y final de la incubación, las que estuvieron entre - 20,8 y 38,3 mV. Estos resultados ponen en evidencia que en la mayoría de las especies vegetales (H3, C1, EC, PA, VL, AC, GT, SH, TI, BS y LA) durante la incubación se producen compuestos que consumen el poder reductor y se incrementa en las restantes (LR, C2, C3 y EA). El comportamiento de estos resultados resulta curioso y sería interesante realizar otros estudios para explicar y profundizar este fenómeno, que no fueron abordados por escaparse de los objetivos e intereses de este trabajo.

En general los valores del ORP en el líquido ruminal de los sistemas *in vitro* incubados con las especies vegetales oscilaron entre - 310 y - 350 mV. Estos se encontraron dentro del

rango de valores observados en diversas condiciones de alimentación en el rumen *in vivo* de - 250 y - 450 mV (promedio: - 350) citados por Hungate (1966) y Owen y Goetsch (1988), de - 130 y - 370 (promedio: - 269) descriptos por Smacchia (2004), y de - 115 y - 430 (promedio: - 238) relevados por Huang *et al.* (2018). Estos resultados reflejan el mantenimiento de la condición anaeróbica y el gran poder reductor en los sistemas *in vitro* durante las incubaciones realizadas en este trabajo.

### 5.2.2.3. N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/100 ml) del líquido ruminal al inicio y final de la incubación

La concentración de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (amonio) en el líquido ruminal es resultado del balance entre la hidrólisis de los compuestos nitrogenados de las especies vegetales y su utilización por parte de los microorganismos para la síntesis de proteína.

La concentración de amonio del líquido ruminal presentó una tendencia a acumularse en los sistemas *in vitro* durante la incubación, aumentando del inicio al final de la incubación de 17,72 (3,31) a 54,60 (9,83) mg/100 ml.

Al inicio de la incubación *in vitro* la concentración de amonio del líquido ruminal presentó escasas variaciones entre los tratamientos ( $P \leq 0,05$ ). Los valores menores se observaron en el Control (LR), PA, C1, C2, EC, EA, C3, VL, GT, H3, SH, TI y BS, y mayores en LA, seguido de AC (tabla 4.11. de resultados). Las únicas especies vegetales que se diferenciaron de los restantes tratamientos fueron LA y AC. La mayor concentración de amonio ocurrida en AC puede deberse a su insuficiente nivel de energía rápidamente disponible (CNES) y alta concentración de proteínas (PB).

La acumulación de amonio en el líquido ruminal durante la incubación *in vitro* fue 36,5 (DE: 2,5), 30,9 y 40,3 (promedio, mínimo y máximo) mg/100 ml. Estos valores fueron mayores a los obtenidos tras 24 h de incubación *in vitro* en forrajes cultivados, que resultó en una acumulación de amonio de 16 mg / 100 ml en la pastura de alfalfa y el heno de alfalfa, y similares al incubar diferentes concentraciones de un subproducto de la industria aceitera (36,8 a 41,8 mg / 100 ml) (Smacchia, 2004).

La alta acumulación de amonio durante las incubaciones *in vitro* ocurrida en este trabajo, se puede deber a una alta degradación de las fuentes de nitrógeno e insuficiente utilización de amonio por parte de los microorganismos ruminales, como consecuencia de los niveles

altos de proteína (PB) e insuficientes de energía (CNES) presentes en las especies vegetales estudiadas, como se vio en la tabla 4.4. del capítulo de resultados.

Si bien las condiciones experimentales corresponden a sistemas en rumen *in vitro* cerrados, es de destacar que los valores de la concentración de amonio obtenidos durante la incubación de las especies vegetales estudiadas se hallaron dentro de los valores normales, no superando los valores críticos de 100 mg / 100 ml en el rumen *in vivo*, citados por Owen y Zinn (1983).

#### 5.2.2.4. Producción de gas en el rumen *in vitro* durante la incubación

En este trabajo se utilizó la técnica de producción de gas en el rumen *in vitro*, con el fin de comparar el efecto de las especies vegetales estudiadas sobre la actividad microbiana ruminal. La producción de gas al final (24 h) de la incubación presentó variaciones entre 29,7 y 56 ml / 0,3 g MS; el menor valor lo presentó *Eichhornia azurea* (EA) y el mayor *Lippia alba* (LA). Las especies vegetales presentaron el siguiente orden: LA > VL > BS > SH > GT > AC > C1 > TI > C3 > PA > C2 > EC > EA. Con la excepción de *Vigna luteola* (VL), las especies herbáceas, mostraron una tendencia a producir menor cantidad de gas (30 % menos, aproximadamente) que las arbóreas / arbustivas. La producción de gas correspondiente al Testigo (H3) presentó un valor intermedio respecto de las especies vegetales estudiadas.

Entre las herbáceas, *Vigna luteola* (VL) superó marcadamente a las restantes, le siguieron *Hymenachne pernambucensis* (C1), *Echinochloa polystachya* (C3), *Polygonum acuminatum* (PA), *Panicum elephantipes* (C2), y la menor producción la tuvieron *Eichhornia azurea* (EA) y *Eichhornia crassipes* (EC), de la Familia *Pontederiaceae*. Entre las arbóreas y arbustivas, *Lippia alba* (LA) fue la que produjo más cantidad de gas, seguida con valores similares entre *Bacharis salicifolia* (BS), *Salix humboldtiana* (SH) y *Gleditsia triacanthos* (GT), luego por *Vachellia caven* (AC) y la menor producción se dio en *Tessaria integrifolia* (TI).

El gas producido (ml) por gramo de MS, exclusivamente por cada especie vegetal estudiada, los valores fueron 41,3 en EA, 43,3 en EC, 51 en C2, 56,3 en PA, 58,7 en TI, 60,7 en C3, 74 en C1, 78,3 en AC, 86 en H3, 92,3 en GT, 107 en SH, 112 en BS, 122,7 en VL y 123 ml / g MS en LA. Es de destacar, que estos valores se encontraron dentro del

rango descripto para pasturas cultivadas de buena calidad como alfalfa, mellilotus, trébol blanco, cebadilla y avena, que fueron medidos en condiciones experimentales similares, o sea, en sistemas *in vitro* con líquido ruminal de ovinos alimentados con heno de alfalfa sin el aporte adicional de soluciones buffer (Smacchia *et al.*, 2008, 2011).

Las especies vegetales estudiadas más fermentescibles o que presentaron una mayor actividad microbiana ruminal productora de gas, y que superaron al heno de alfalfa (H3) de buena calidad utilizado como testigo, fueron las arbóreas / arbustivas *Lippia alba* (LA), *Baccharis salicifolia* (BS), *Salix humboldtiana* (SH), *Gleditsia triacanthos* (GT) y *Vachellia caven* (AC) y la herbácea *Vigna luteola* (VL). Estas especies coinciden, en valores bajos de FDA y altos de proteína. Además, VL, GT, SH y LA tienen los valores más bajos de celulosa indicando que la mayor producción de gas podría deberse a mayores niveles de hemicelulosa. AC y BS, comparativamente presentaron valores más altos de celulosa y de los más altos de proteína, pudiendo explicar la mayor producción de gas.

Las especies que presentaron menor producción de gas fueron los camalotes *Eichhornia azurea* (EA) y *E. crassipes* (EC), coincidentemente presentan valores altos de FDA y lignina.

Estos resultados pueden resultar de interés para futuros estudios ya que no se hallan referencias sobre la actividad microbiana ruminal productora de gas ni su relación con la composición química en especies vegetales con potencial forrajero de las islas del Delta del río Paraná.

## **6. CONCLUSIONES**

En este trabajo se identificaron y seleccionaron trece especies vegetales con potencial forrajero que crecen en las islas del Delta superior del río Paraná, frente a la ciudad de Rosario, nativas o naturalizadas de dicho ambiente. Las especies vegetales seleccionadas pertenecientes a diferentes familias botánicas difieren en su hábito de crecimiento o comportamiento vegetativo: herbáceo, arbóreo o arbustivo. Las familias botánicas corresponden a: *Poaceae* (ex gramíneas), *Pontederiaceae*, *Polygonaceae*, *Fabaceae* (ex leguminosas), *Salicaceae*, *Asteraceae* (ex compuestas), *Verbenaceae*. Estas especies vegetales fueron caracterizadas químicamente y biológicamente mediante la incubación en rumen *in sacco* e *in vitro*.

A continuación, se presentan las conclusiones correspondientes de este trabajo siguiendo el orden desarrollado anteriormente.

Respecto a la Caracterización Química se concluye:

Las especies vegetales estudiadas presentan un amplio rango de variación en la concentración de la **Materia Seca**, mayor al reportado para forrajes frescos cultivados, siendo los valores promedio, mínimo y máximo 23,82 (DE: 11,4), 10,5 y 42,3 %.

Las herbáceas presentan menor concentración de **Materia Seca** que las arbóreas / arbustivas.

Las arbóreas más leñosas: “Espinillo” (AC: *Vachellia caven*), “Acacia negra” (GT: *Gleditsia triacanthos*) y “Sauce criollo” (SH: *Salix humboldtiana*), presentaron alta concentración de **Materia Seca** (> 35 %); mientras que las herbáceas de las familias *Pontederiaceae*: “Camalote” (EC: *Eichhornia crassipes*) y “Aguapé” (EA: *Eichhornia azurea*), y *Poaceae*: “Canutillo” (C2: *Panicum elephantipes*), mostraron un bajo nivel de **Materia Seca** (entre 10,5 y 12,1 %), pudiendo ser esto una limitante del consumo voluntario de forraje por el ganado.

Todas las especies vegetales estudiadas presentaron una concentración de **Proteína Bruta** suficiente para garantizar el óptimo crecimiento de la población microbiana ruminal.

En general la mayoría de las especies vegetales estudiadas superaron ampliamente el límite (18 % PB) que se tiene en cuenta para definir a una forrajera de buena calidad. Las excepciones fueron “Carrizo” (C1: *Hymenachne perambucensis*) (16,1 %) y “Camalote” (EC: *Eichhornia crassipes*) (15,8 %), que presentaron un nivel intermedio.

De las especies estudiadas las de mejor calidad, según su concentración de **Proteína Bruta**, son las *Fabaceae* “Porotillo” (*Vigna luteola*: VL) (34,8 %) y “Espinillo” (*Vachellia caven*: AC) (29 %), y la *Polygonaceae* “Catay Grande” (*Polygonum acuminatum*: PA) (29,8 %).

Según la concentración de **FDN** de las especies vegetales estudiadas puede concluirse que resultan de buena calidad todas las arbóreas / arbustivas: “Chica” (*Baccharis salicifolia*: BS), “Sauce Criollo” (*Salix humboldtiana*: SH), “Acacia Negra” (*Gleditsia triacanthos*: GT), “Espinillo” (*Vachellia caven*: AC), “Aliso de Río” (*Tessaria integrifolia*: TI) y “Salvia Morada” (*Lippia alba*: LA) y las herbáceas “Camalote” (*Eichhornia crassipes*: EC) y “Catay Grande” (*Polygonum acuminatum*: PA). En un nivel de intermedia calidad las herbáceas “Porotillo” (*Vigna luteola*: VL), “Carrizo” (*Hymenachne perambu.censis*: C1) y “Canutillo” (*Panicum elephantipes*: C2) y de baja calidad solo pueden ser consideradas “Pasto de laguna” (*Echinochloa polystachya*: C3) y “Aguapé” (*Eichornia azurea*: EA).

Respecto de la concentración de **FDA**, pueden catalogarse como de buena calidad las arbóreas / arbustivas: “Espinillo” (*Vachellia caven*: AC), “Acacia Negra” (*Gleditsia triacanthos*: GT), “Sauce Criollo” (*Salix humboldtiana*: SH), “Aliso de Río” (*Tessaria integrifolia*: TI), “Chilca” (*Baccharis salicifolia*: BS) y las herbáceas: “Porotillo” (*Vigna luteola*: VL), “Carrizo” (*Hymenachne perambucensis*: C1) y “Pasto de Laguna” (*Echinochloa polystachya*: C3). Con niveles intermedios las restantes. Destacando que ninguna de las especies vegetales estudiadas presentaron niveles de **FDA** dentro del rango de forrajes de baja calidad.

La mayoría de las especies vegetales presentaron una baja concentración de lignina. A excepción de la herbácea “Catay Grande” (*Polygonum acuminatum*: PA) y las arbóreas / arbustivas “Salvia Morada” (*Lippia alba*: LA), “Aliso de Río” (*Tessaria integrifolia*: TI), y “Chilca” (*Baccharis salicifolia*: BS) que superaron el 10%, valor que se considera el límite para restringir la actividad microbiana ruminal.

Atendiendo a los **Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES)**, se destaca que todas las especies vegetales estudiadas presentaron baja concentración, indicando que podrían tener insuficiente cantidad de energía rápidamente disponible para los microorganismos del rumen durante el inicio del proceso de digestión.

Cabe destacar que las herbáceas presentan mayor concentración de Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Acida (FDA) y Celulosa, menor de Materia Seca y Lignina, y similar de Proteína y Carbohidratos No Estructurales Solubles (CNES) que las plantas de comportamiento arbóreo / arbustivo.

Los valores obtenidos de la composición química en este trabajo son de gran valor como referencia, especialmente debido a la dificultad que existe para obtener muestras de campo en lugares de difícil acceso como es el caso de las islas y los tiempos necesarios obtener los resultados de los análisis de laboratorio. Estos pueden ser utilizados como valores de referencia o de primera instancia hasta obtener los resultados reales.

Respecto a la Caracterización biológica en el rumen *in sacco* e *in vitro* se concluye que:

La mayoría de las especies estudiadas presentaron alta **degradabilidad ruminal *in sacco***, destacando que ninguna especie presentó baja degradabilidad.

Las especies con alta **degradabilidad ruminal** ( $> 60\%$ ) son: “Canutillo” (*Panicum elephantipes*: C2), “Porotillo” (*Vigna luteola*: VL), “Chilca” (*Baccharis salicifolia*: BS), “Salvia Morada” (*Lippia alba*: LA), “Pasto de Laguna” (*Echinochloa polystachya*: C3), “Sauce Criollo” (*Salix humboldtiana*: SH), “Aliso de Río” (*Tessaria integrifolia*: TI), “Catay Grande” (*Polygonum acuminatum*: PA), “Carrizo” (*Hymenachne pernambucensis*: C1) y “Acacia Negra” (*Gleditsia triacanthos*: GT).

Las especies de intermedia degradabilidad ruminal ( $< 60$  y  $> 40\%$ ) son: “Aguapé” (*Eichhornia azurea*: EA), “Espinillo” (*Vachellia caven*: AC) y “Camalote” (*Eichhornia crassipes*: EC).

La estimación de las **fracciones degradables en rumen *in sacco*** (a, b, c y a + b), permitió describir, comparar y diferenciar el comportamiento en el rumen, entre las especies vegetales estudiadas.

Las variaciones encontradas en el **pH**, Potencial de Oxido Reducción (**ORP**) y Amonio (**N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**) en el líquido ruminal ocasionadas por la incubación de las especies vegetales en rumen *in vitro*, fueron de escasa magnitud, las que además se hallaron el rango de valores normales para un óptimo desempeño de las poblaciones microbianas ruminales.

Los valores de producción de gas en el rumen *in vitro* se encontraron dentro del rango descripto para pasturas cultivadas de buena calidad como alfalfa, mellilotus, trébol blanco, cebadilla y avena.

Las especies herbáceas, produjeron menor cantidad de gas (30 % menos, aproximadamente) que las arbóreas / arbustivas, con excepción de “Porotillo” (*Vigna luteola*: VL).

Integrado los resultados de la Composición Química y Caracterización Biológica en el rumen *in sacco* e *in vitro* y a modo de síntesis de este trabajo de Tesis se presentan en forma de tabla (ver tabla 4.15. en la página 113 del capítulo de resultados) los valores para cada una de las especies vegetales estudiadas que pueden ser usados como información de referencia. Estos valores son de utilidad a la hora de emplear estos recursos forrajeros en la alimentación del ganado, que pasta en las islas del delta del río Paraná, así como para otros estudios que comprendan estas especies vegetales. Cabe destacar que la mayoría de las especies vegetales estudiadas son forrajeras de buena calidad.

Las especies de árboles y arbustos son valiosos por los bienes y servicios adicionales que proveen al ecosistema, sin embargo, son escasos los estudios sobre su composición y comportamiento en el rumen. Este estudio demuestra que son recursos forrajeros de buena calidad que pueden ser complementarios de las otras especies vegetales que integran la pastura y que pueden proveer alimento al ganado en momentos críticos del año, como también en sequías e inundaciones.

Resulta de interés continuar con la caracterización de estas y otras especies vegetales con potencial forrajero de dicho ambiente y estudiar las variaciones. Ya que pueden existir variaciones en la composición química durante su ciclo de crecimiento anual en diferentes estaciones y años influenciadas por los períodos de sequía e inundación que ocurren el Delta.

## **7. GLOSARIO DE TERMINOS BOTANICOS**

- Término:**   **Significado:**
- Abaxial:** Superficie de un órgano situada del lado contrario al eje que la soporta. En las hojas se refiere a la cara inferior. Se opone a adaxial.
- Adaxial:** Órgano o parte de un órgano más próximo con respecto a un eje. En las hojas la cara adaxial corresponde al haz. Se opone a abaxial.
- Amento:** Inflorescencia racimosa, generalmente colgante, característica de ciertos árboles como los de la familia *Salicaceae*.
- Apiculado:** Estructura, normalmente hoja, que se estrecha bruscamente en el ápice.
- Aquenio:** Fruto seco indehisciente, con pericarpo no soldado a la semilla. Ejemplo: bellota, girasol.
- Bipinnada:** Hoja compuesta en las que cada una de las hojuelas se vuelve a dividir a su vez en hojuelas más pequeñas.
- Cariopsis:** Fruto simple, seco, indehisciente, es una única semilla completamente unida a la pared del fruto. También se lo llama grano y es el típico fruto de la familia *Poaceae* (Gramíneas).
- Cigomorfo:** o Zigomorfo, se aplica a los órganos o partes de la planta (generalmente las flores) que poseen un plano de simetría bilateral, como las flores de muchas *fabaceae*.
- Dehiscente:** Facultad que presentan algunos frutos de abrirse de forma más o menos especializada para permitir que salgan las semillas. El caso contrario, cuando no son liberadas las semillas por un mecanismo prefijado, los frutos son **indehiscentes**.
- Espiga:** Es un tipo de inflorescencia que tiene un eje principal de crecimiento con las flores que se insertan directamente, son sentadas.
- Estípula:** Es una estructura, usualmente laminar, que se forma a cada lado de la base de la hoja.
- Glabro:** Desprovisto de pelos.
- Glaucos:** De color verde azulado pálido.
- Lígula:** Estructura membranosa o pilosa ubicada en la cara interna de la hoja entre la vaina y la lámina de las gramíneas (*Poaceae*).
- Ocrea:** Parte basal de las hojas de algunas plantas, característico de las poligonáceas, que rodea al tallo en forma de cartucho generalmente membranoso, por encima de la inserción del pecíolo y que rodea el tallo a modo de vaina.
- Panícula:** Es un tipo de inflorescencia que tiene un eje principal de crecimiento con

ramificaciones laterales.

- Pinnado:*** Adjetivo que se le aplica a las hojas dispuestas a uno y otro lado de un pecíolo común.
- Racimo:*** Es un tipo de inflorescencia que tiene un eje principal de crecimiento con las flores que se insertan sobre pedicelos.
- Triquetro:*** De sección triangular, que tiene tres ángulos o cantos. Dícese de los tallos, hojas, etc.
- Verticilo:*** Es un conjunto de tres o más hojas, ramas u otros órganos que brotan de un tallo en el mismo nivel.
- Voluble:*** Tallo o rama que crece helicoidalmente, como los tallos trepadores que se enroscan sobre un soporte.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

- Allen, M. S. 2020. Review: Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: integration of homeostasis and homeorhesis. *Animal*. 14 (S1): 55 – 64.
- Alonso, J.; Desmarcheller, C. 2015. Plantas medicinales autóctonas de la Argentina. 1º Edición. CABA, Argentina. Editorial Corpus. p. 749.
- Anton, A.M.; Zuloaga, F.O. 2021. Flora Argentina. Consulta el 07/05/2021 en <http://www.floraargentina.edu.ar> (<http://buscador.floraargentina.edu.ar/species/details/195407>).
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17ªed. Gaithersburg, USA.
- Astrada, E.; Rescia Perazzo, A.; Quintana, R.D. 2018. Sistemas ganaderos en humedales: un modelo de estados y transiciones para el Delta del Paraná. Libro de actas del VIII Congreso Nacional y IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales. Ed. Blanco, L.; Quiroga, E.; Agüero, J. Ediciones INTA. 125 -127.
- Baigun C. R.; Minotti, P.G.; Puig, A.; Kandus, P.; Quintana, R.; Vicari, R.; Bo, R.; Oldani, N.O.; Nestler, J. 2009. Resource use in the Paraná river delta (Argentina): Moving away from an ecohydrological approach? *Ecohydrology and Hydrobiology*. 8 (2-4): 77 - 94.
- Barros Cardoso, D.; Araujo da Vascelos, G.; Liberal Veras, R.M.; de Andrade Ferreira, M.; Guim, A.; da Silva, P.V.; Souza, A.C.; de Araujo, V.M. 2010. Os efeitos do inclusao do aguapé (*Eichhornia crassipes*) na dieta de ovinos. X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensao. Jepex 2010. UFRPE.
- Basilio A. M., L. B. Gurini, N. Fracassi y G. Fagúndez. 2010. Flora Apícola. En: Bienes y servicios ecosistémicos de los humedales del Delta del Paraná. P. Kandus, N. Morandeira y F. Schivo (Eds.). Fundación Humedales, Wetlands International. P. 34.
- Bazylenko, A.; Sirolli, H.; Torrella, S.A. 2022. Caracterización de la vegetación en sitios con evidencias de antropización en el delta frontal del río Paraná. *Darwiniana*. 10 (2): 365 - 387.

- Belanche, A.; Weisbjerg, M.R.; Allison, G.G.; Newbold, C.J.; Moorby, J.M. 2014. Measurement of rumen dry matter and neutral detergent fiber degradability of feeds by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science* (97) 4: 2361 -2375.
- Benedetti, S. 2012. Monografía de Espino *Acacia caven* Mol (Mol). Editorial Programa Forestal. Ñuñoa, Santiago, Chile. P. 74.
- Benedetti, S.; Pavez, C. 2012. Antecedentes nutricionales y potencialidades de usos de fruto de Peumo *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser, Espino *Acacia caven* (Mol.) Mol., y Maqui, *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz. Editorial Programa Forestal. Ñuñoa, Santiago, Chile. p. 51.
- Biganzoli, F.; Zuloaga, F. 2015. Análisis de diversidad de la familia *Poaceae* en la región austral de America del Sur. *Rodriguésia*. 66(2): 337-351.
- Blanco, M.A.; Colareda, G. A.; Van Baren, C.; Bandoni, A. L.; Ringuet, J.; Consolini, A. E. 2013. Antispasmodic effects and composition of the essential oils from two South American chemotypes of *Lippia alba*. *Journal of Ethnopharmacology*. 149: 803 – 809.
- Blummel, M; Orskov, E.R. 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40: 109 - 119.
- Bo, R.F. 2006. Situación ambiental en la ecorregión Delta e islas del Paraná. En: Brown, A.; Martínez Ortiz, U.; Acerbi, M.; Corcuera, J. 2006. La Situación Ambiental Argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires. 131 - 143.
- Bonfils, C.G. 1962. Los suelos del Delta del río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. *Revista de Investigaciones Agrícolas*. 16 (3): 257 - 370.
- Brahma, j.; Brahma, B.K. 2016. Nutritional and phytochemical evaluation of some wild aromatic plants used as sources of food and medicines by the Bodo tribes of Kokrajhar District, Assam, India. *Int J Conserv Sci*. 7 (1): 137 - 146.
- Burkart, A. 1957. Ojeada sinóptica sobre la vegetación del Delta del río Paraná. *Darwiniana* 11: 457 - 561.
- Caballero Palacios, J.C. 2014. Evaluación fitoquímica y actividad antimicrobiana de

- Tessaria integrifolia*, recurso medicinal del Perú. Tesis Dr. U N Trujillo. Perú. P. 56.
- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de fibra en dietas de rumiantes. XIII curso de especialización. FEDNA. Madrid: Universidad Autónoma de Barcelona. 1 -16.
- Carrizo Flores, R., Ponzi, M., Ardanaz, C., Tonn, C.E., Donadel, O.J., 2009. Chemical composition of essential oil of *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pavon) Pers. and antibacterial activity. J. Chilean Chem. Soc. 54: 475 – 476.
- Casaubon, E.; Peri, P.; Cornaglia, P.; González, A., 2015. Calidad forrajera de pasturas en un sistema silvopastoril del delta del Paraná. Libro de Actas 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales. Ediciones INTA. 716 p.
- Castañeda, R.; Gutiérrez, H.; Carrillo, E.; Sotelo, A. 2017. Leguminosas (*Fabaceae*) silvestres de uso medicinal del distrito de Lircay, provincia de Angaraes (Huancavelica, Perú). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 16 (2): 136 - 149.
- Ciccio, J.F.; Ocampo, R.A. 2006. Variación anual de la composición química del aceite esencial de *Lippia alba* (Verbenaceae) cultivada en Costa Rica. Lankesteriana. 6 (3): 149 - 154.
- Cocimano M.; Lange A.; Menvielle, E. 1977. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos (Escalas simplificadas) Estudios y Métodos. Ed. AACREA. 1: 23.
- Contreras, J.L.; Pariona, J.; Cordero, A.; Jurado, M; Huamán, R. 2019. Degradabilidad ruminal de forrajes y alimentos concentrados y estimación del consumo Rev. Inv. Vet. Perú. 30 (4): 1481 – 1493.
- De la Peña, M. R.; Pensiero, J.F. 2011. Catálogo de nombres comunes de la flora Argentina. 1° Edición. UNL. Santa Fe. Argentina. P. 392.
- De Sousa, D.J.L.; Scatena, V.L.; Giulietti, A.M.; Oriani, A. 2016. Morphological and anatomical patterns in *Pontederiaceae* (Commelinales) and their evolutionary implications. Aquatic Botany. 129: 19 - 30.

Dellacassa, E. 2010. Normalización de productos naturales obtenidos de especies de la Flora Aromática Latinoamericana: Proyecto CYTED IV.20. Editora Universitaria da PUCRS. P. 337.

Demaio, P.; Karlin, U. O.; Medina, M. 2002. Árboles nativos del centro de Argentina. Editorial LOLA. Buenos Aires, Argentina. .P. 185

Derita, M.; Gattuso, S.; Zacchino, S. 2008. Occurrence of polygodial in species of *Polygonum* genus belonging to *Persicaria* section. *Biochemical Systematics and Ecology*. 36: 55 - 58.

Derita, M.G.; Leiva, M.L.; Zacchino, S.A. 2009. Influence of plant part, season of collection and content of the main active constituent, on the antifungal properties of *Polygonum acuminatum* Kunth. *J. Ethnopharmacology* 124: 377 – 383.

Dhanao, M.S. 1988. On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. *Grass and Forage Science*. 43: 441 - 444.

Dhanao, M.S.; France, J.; Siddons, J.; Lopez, S.; Buchanan Smith, J.G. 1995. A non linear compartmental model to describe forage degradation kinetics during incubation in polyestres bags in the rumen. *Br. J. Nutr.* 51: 173 - 179.

Dohme, F.; Graf, C.M.; Arrigo, Y.; Wyss, U.; Kreuze, M. 2007. Effect of botanical characteristics, growth stage and method of conservation on factors related to the physical structure of forage – An attempt towards a better understanding of the effectiveness of fibre in ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138: 205 – 227.

Drago, E. 1989. Morphological and hydrological characteristics of the floodplain ponds of the Middle Paraná River (Argentina). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 22 (3): 183 - 190.

Eckenwalder, J.E.; Barrett, S.C.H. 1986. Phylogenetic systematics of *Pontederiaceae*. *Systematics Botany*, 11 (3): 373 - 391.

Elizalde, J.C. 2003. Limitaciones nutricionales en la utilización de verdeos en vacunos. Invierno al verdeo, 3ª Jornada Demostrativa, INTA Gral. Villegas. P. 16 - 21.

Fahey, G.C.; Berger, L.L. 1988. Carbohydrate nutrition in ruminants. *En Church, D.C. ed. The ruminant animal, digestive physiology and nutrition.* Prentice Hall, N.J. 305 -

337.

Figallo, R.M.; Faienza, H.L.; Pidello A.; Smacchia A.M. 2008a. Dry matter ruminal degradation and chemical composition in pasture. *Biocell*. 32 (3): A24.

Figallo, R.M.; Faienza, H.L.; Pidello A. And Smacchia A.M. 2008b. Dry matter ruminal degradation and chemical composition in residue crop. *BIOCELL*. Vol. 32(3):A24.

Figallo, R.M.; Peronja, N.M.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2013. Degradación ruminal de materia seca y proteína y composición química de canutillo (*Panicum elephantipes*) y camalote (*Eichhornia crassipes*). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 22 (3): 29 - 33.

Fino, J.A.; Muñoz, F.; Roa Vega, M.L. 2013. Calidad nutricional y degradabilidad de tres especies de árboles forrajeros utilizando vacas fistuladas. *Rev. Sist. Prod. Agroecol*. 4 (1): 2 – 18.

Forster, N.; Antoniadou, K.; Zander, M.; Baur, S.; Mittermeier Klebinger, V.K.; Dawid, C.; Ulrichs, C.; Mewis, I. 2021. Chemoprofiling as breeding tool for pharmaceutical use of *Salix*. *Frontiers and plant science*. 12: 579820.

Franceschi, E.A.; Lewis, J.P. 1979. Notas sobre la vegetación del valle santafesino del río Paraná. (Republica Argentina). *Ecosur*.(6) 11: 55 - 82.

Franceschi, E.; Prado, D.; Lewis, J. 1985. Comunidades vegetales y mapa de vegetación de la Reserva 'El Rico' e islas aledañas. (Provincia de Santa Fé, Rep. Argentina). Servicio de publicaciones de la Universidad Nacional de Rosario. p. 41.

Gaggiotti, M; Romero,L.; Bruno, O.; Comeron, E., Quaino, O. 1996. Tabla de composición química de alimentos. INTA Rafaela. Ed. Perfil. 1: 66.

Getachew, G.; Robinson, P.H.; DePeters, E.J.; Taylor, S.J. 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 111: 57 – 71.

Goering, H. K.; Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. *Agriculture Handbook No. 379*, Agricultural Research Service-USDA, Washington, D.C. p. 20,

González, G.; Rossi, C.A.; Pereyra, A.M.; De Magistris, A.A.; Lacarra, H.; Varela, E. 2008. Determinación de la calidad forrajera en un pastizal natural de la región del delta

bonaerense argentino. *Zootecnia Trop.* 26 (3): 223 - 225.

González, G.L.; Massa, E.; Rovegno, S.; De Magistris, A.; De Loof, E.P.; Fernandez, E.; Rossi, C.A. 2018. Valoración proteica de una comunidad de pastizal en un sistema silvopastoril natural isleño del Pre Delta del Paraná. Libro de actas del VIII Congreso Nacional y IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales. Ed. Blanco, L.; Quiroga, E.; Agüero, J. Ediciones INTA. p.137

Gurini, L.; Basilio, A. 1995. Flora apícola en el Delta del Paraná. *Darwiniana.* 33: 337 - 346.

Haene, E.; Aparicio, G. 2001. 100 Árboles Argentinos, Editorial Albatros, Buenos Aires. p. 106.

Henao, S. C.; Martínez, J. D.; Pacheco, N. L.; Marín, J. C. 2011. Antibacterial activity of aqueous extracts of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown against *Helicobacter pylori*. *Rev. Col. Gastroenterol.* 26 (2): 82 - 87.

Hennebelle, T.; Sahpaz, S.; Joseph, H.; Bailleul, F. 2008. Ethnopharmacology of *Lippia alba*. *Journal of Ethnopharmacology.* 116: 211 – 222.

Horneck, D.; Miller, R. 1998. Determination of Total Nitrogen in Plant Tissue. In: Kalra, Y. P., Ed., *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*, CRC Press, New York. 75 - 83.

Huang, G.H.; Gao, Y.; Wu, Z.J.; Yang, Y.; Huang, D.D.; Chen, W.S.; Sun, L.N. 2015. Chemical constituents from *Polygonum capitatum* Buch-Ham. ex D. Don. *Biochemical Systematics and Ecology.* 59: 8 - 11.

Huang, Y.; Marden, J.P.; Julien, C.; Bayourthe, C. 2018. Redox potential: An intrinsic parameter of the rumen environment. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 00: 1 – 10.

Huhtanen, P.; Nousiainen, J.; Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *agricultural and food science.* 15: 293 – 323.

Hungate, R. 1966. *The rumen and its microbes.* Academic Press. 527.

Igbinosun, J.; Roberts, O.; Amako, D. 1988. Investigations into probable use of water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Tilapia feed formulation. Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research. Technical Paper N° 39.

Iriondo, M. ; Drago, E. 1972. Descripción cuantitativa de dos unidades geomorfológicas de la llanura aluvial del Paraná Medio, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 27 (2) : 143 - 154.

Iriondo, M. 1988. A comparison between the Amazon and the Paraná fluvial systems. Mitteilungen des Geologisch Palaontologisches Instituts der Universitat Hamburg, SCOPE/UNEP Sonderband. 66: 77 – 92.

Iriondo, M. 1993. El Litoral. En: M. Iriondo (ed) El holoceno en la Argentina. CADINQUA (INQUA-AGA-CONICET). Buenos Aires. 2: 1 - 21.

Jaurena, G.; Danelón, J.L. 2006. Tablas de composición de alimentos para rumiantes de la región Pampeana Argentina. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. p. 64.

Kamalak, A.; Canbolat, O.; Gurbuz, Y.; Ozay, O. 2005. Comparison of *in vitro* gas production technique with *in situ* nylon bag technique to estimate dry matter degradation. Czech J. Anim. Sci. 50 (2): 60 - 67.

Kandus, P. 1997. Análisis de patrones de vegetación a escala regional en el Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. p. 241.

Kandus, P.; Morandeira, N.; Schivo, F. 2010. Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná. Fundación Humedales / Wetlands International. Buenos Aires, Argentina. p.34

Kaufman, W.; Luppig, W. 1981. Protected protein and protected aminoacids for ruminants. In: Protein contribution of feedstuff for ruminants. Ed. Milles, E.L.; Pike, I.H.; Butterworths Scientific. London. p. 36 - 64.

Kaufmann, I.I. 2016. Uso sustentable de un Pastizal Natural del delta Medio del Paraná, para la Producción Ganadera. Tesis Magister. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. P.120.

Komarek, A. R.; Robertson, J. B.; Van Soest, P. J. 1994. Comparison of the filter bag technique to conventional filtration in the Van Soest NDF analysis of 21 feeds. Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. University of Nebraska. p. 2.

Kuralkar, P.; Kuralkar, S.V. 2021. Role of herbal products in animal production – An updated review. J. Ethnopharmacology. 278: 114246.

Lahitte, H. B. y Hurrell, J.A. 2004. Plantas de la costa. Las plantas nativas y naturalizadas más comunes de la costa del Río Paraná, Isla Martín García y Ribera Platense. Editorial: L.O.L.A. Buenos Aires. p. 200.

Latrubesse, E. 2008. Patterns of anabranching channels: the ultimate end-member adjustment of mega rivers. Geomorphology. 101: 130 - 145.

Ledesma R., Saracco F., Coria R.D., Epstein F., Gomez A., Kunst C., Ávila M., Pensiero J.F. 2017. Guía de forrajeras herbáceas y leñosas del chaco seco: identificación y características para su manejo. Buenas prácticas para una ganadería sustentable. Kit de extensión para el Gran Chaco. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires. p.92.

Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition Research Reviews. 3: 277 – 303.

Lermen, C.; Sete da Cruza, R. M.; Silva de Souza, J.; de Almeida Marchi, B.; Alberton, O. 2017. Growth of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi with different levels of humic substances and phosphorus in the soil. J. of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. 7: 48 – 53.

Lewis, J. P.; Franceschi, E.A. 1979. Notas sobre la dinámica de la vegetación del valle del río Paraná. Ecosur. 6 (12): 145 - 163.

Loayza, I.; Abujder, D.; Aranda, R.; Jakupovic, J.; Collin, G.; Deslauriers, H.; Jeand, I.F. 1995. Essential oils of *baccharis salicifolia*, *b. latifolia* and *b. dracunculifolia*. Phytochemistry. 38 (2): 381 - 389.

Malik, A., 2007. Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. Environ. Int. 33: 122 - 138.

Malvarez, A.I.: 1997. Las comunidades vegetales del Delta del Río Parana. Su relación con factores ambientales y patrones del paisaje. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Buenos Aires. p. 167.

Marchettia, Z.Y.; Scarabottiba, P.A. 2015. Macrophyte assemblages in relation to environmental, temporal and spatial variations in lakes of a subtropical floodplain-river system, Argentina. *Flora*. 225: 82 - 91.

Massa, E.; González, G.L.; Olmeda, F.; Rossi, C.A. 2015. Productividad, composición botánica y receptividad ganadera de un pastizal bajo monte de sauce (*Salix humboldtiana*) en las islas del Pre Delta en Diamante, provincia de Entre Ríos, Argentina. Libro de Actas 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales. Ediciones INTA. p. 716.

Massa, E.; González, R.; Benavidez, H. 2018. Productividad de un “verdolagal” (*Ludwigia peploides*) en islas del río Paraná entre dos crecientes sucesivas. Libro de actas del VIII Congreso Nacional y IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales. Ediciones INTA. p. 77.

McCarthy, K.M.; Lynch, M.B.; Pierce, K.M.; Fahey, A.G.; Gath, V.P.; McDonald, M.; Boland, T. M.; Sheridan, H.; Markiewicz Kesztycka, M.; Mulligan, F.J. 2023. Rumen fermentation and forage degradability in dairy cows offered perennial ryegrass, perennial ryegrass and white clover, or a multispecies forage. *Livestock Science*. 269: 105185.

Mehrez, N.P.; Orskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.* 88: 645 - 650.

Mendez, E. 2012. Revisión del género *Salix* (*Salicaceae*) en la Provincia de Mendoza, Argentina. *Rev. FCA UNCUYO*. 44 (2): 157 - 192.

Menke, K. H.; Raab, L.; Salewski, A.; Steingass, H.; Fritz, D.; Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agric. Sci.* 93: 217 – 222.

Menke, K.H., Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28: 7 – 55.

Mohammed, R.S.; Abou Zeid, A.H.; El Hawary, S.S.; Sleem, A.A.; Ashour, V. 2014. Flavonoid constituents, cytotoxic and antioxidant activities of *Gleditsia triacanthos* L. leaves. Saudi Journal of Biological Sciences. 21: 547 – 553.

Morandeira, N. S. 2014. Tipos funcionales de plantas en humedales de la planicie de inundación del Bajo Río Paraná (Entre Ríos, Argentina) y su observación con datos polarimétricos de radar. Tesis Dr. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. p. 300.

Morello, J. 1949. Las comunidades vegetales de las islas cercanas al puerto de Rosario. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. p. 244.

Morris, D.L. 1948. Quantitative determination of carbohydrate with Drey - Wood's Anthrone reagent. Science. 107: 254 - 255.

National Research Council (NRC). 1989. Nutrient Requirements of dairy cattle. Sixth Ed. National Academy Press. Washington, DC. p. 167.

National Research Council (NRC). 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press.

Neiff, J. J., Poi de Neiff, A.; Canon Veron, M.B. 2009. The role of vegetated areas on fish assemblage of the Paraná River floodplain: effects of different hydrological conditions. Neotropical Ichthyology. 7 (1): 39 - 48.

Nocek, J.E.; Grant, A.L. 1987. Characterization of in situ nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentages. J. Anim. Sci. 64:552.

Ojeda, F.S.; Hoc, P.S.; García, M.T.A. 2013. Morphology of seeds and seedlings of four species of *Vigna Savi* (*Leguminosae*, *Phaseolinae*). Acta Botanica Brasilica. 27 (3): 483 - 489.

Orskov, E.R.; McDonald, I. 1979. The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Camb). 92:499.

Orskov, E.R.; Hovell, F.D.; Mould, F. 1980. The use of the nylon bag technique for the

- evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195 – 213.
- Owen, F.N.; Goetsch, A.L. 1988. Rumen fermentation. *En* Church, D.C. ed. The ruminant animal, digestive physiology and nutrition. Prentice Hall, N.J. 159-198.
- Owen, F.N.; Zinn, R. 1988. Protein metabolism in ruminants. *En* Church, D.C. ed. The ruminant animal, digestive physiology and nutrition. Prentice Hall, N.J. 255 - 281.
- Pascual, M.E.; Slowing, K; Carretero, E.; Sánchez Mata, V., Villar, A. 2001. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of Ethnopharmacology.* 76: 201 – 214.
- Pell, A. N.; Doane, P. H.; Schofield, P. 1997. In vitro digestibility and gas production. In: *Simpósio sobre Tópicos Especiais em Zootecnia, Lavras, MG*, p.109 – 132.
- Pensiero, J.F.; Gutiérrez; H.F.; Luchetti; A.M.; Exner; E.; Kern, V.; Brnich, L. Oakley, L.; Prado, D.E.; Lewis, J.P. 2006. Flora Vasculare de la provincia de Santa Fe. Claves para el reconocimiento de las familias y géneros. Catálogo sistemático de las especies. Ediciones UNL, Santa Fe. p. 403.
- Perez Azahuanche, F.; Rodríguez Avalos, F.; Sagástegui Alva, A. 2007. Estudio fitoquímico preliminar de *Tessaria integrifolia* R. et P. *Cienc. Salud.* 1 (1): 6 - 8.
- Petruzzi, H.J.; Stritzler, N.P.; Ferri, C.M.; Pagella, J.H.; Rabotnikof, C.M. 2005. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. *Boletín de Divulgación Técnica INTA Anguil.* 88: 8 -11.
- Pidello, A. 2014. Principes de chimie redox en ecologie microbienne. Quae Editions. París. Francia. p. 144.
- Quintana, R.D. 2014. Lineamientos para una ganadería ambientalmente sustentable en el Delta del Paraná. 1a ed. - Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. p. 128.
- Ramonell, C.G. 2021. Geomorfología y morfodinámica de la planicie aluvial del río Paraná en su tramo medio. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. p. 218.
- Rohweder, D.A.; Barnes, R.F.; Jorgensen, N. 1978. Proposed hay grading standards

based on laboratory analyses for evaluating quality. *J. Anim. Sci.* 47: 747 - 759.

Rossi, C. A.; Torr , E.; González, G. L.; Lacarra, H.; Pereyra, A. M. 2005. Evaluación de la proteína bruta de las hojas de sauce (*salix sp.*) y  lamo (*populus sp.*) en un sistema silvopastoril del delta del paraná. *Rev. Arg. Prod. Animal.* 25 (1): 114 - 115.

Rossi, C.A.; González, G.A.; De Magistris, A.; Pereyra, A.M.; Torr ; E. 2008. Degradabilidad *in situ* de forrajeras del pastizal natural en un sistema silvopastoril con salicáceas. *Zootecnia Trop.* 26 (3): 257 - 259.

Rossi, C.A., González, G.L.; Torr , E. F. 2009. Evaluación forrajera de hojas y frutos de "Acacia negra" (*Gleditsia triacanthos* L.). *Rev. Arg. Prod. Animal.* 28 (Supl. 1): 349 - 543.

Rossi, C.A. 2013. Composición florística y caracterización nutricional de las especies forrajeras en el sistema silvopastoril del delta del Paraná. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. p. 157.

Rossi, C.A.; DeMagistris, A.A.; Gonzalez, G.; Medina, J.; Carou, N.; De Loof, E. 2013. Malezas y plantas tóxicas presentes en sistemas silvopastoriles del bajo delta del río Paraná (Argentina). *Actas de Resúmenes del VI Congreso Nacional Sobre Manejo de Pastizales Naturales.* Santa Rosa, La Pampa. p. 209.

Rossi, C.A.; De Magistris, A.A. 2014. Plantas de interés ganadero de la región del bajo Delta del Paraná (Argentina) 1a ed. - Lomas de Zamora: Editorial UNLZ. Facultad de Ciencias Agrarias. P. 198.

Seigler, D.S. 2003. *Phytochemistry of Acacia—sensu lato.* *Biochemical Systematics and Ecology.* 31: 845 – 873.

Serra, M. 1997. *Acacia caven.* Chile En: FAO 1997 *Especies Arboreas y Arbustivas para las zonas Aridas y Semiaridas de America latina . Serie Zonas Aridas y Semiaridas N  12.* Santiago de Chile. 1 - 13.

Sileshi, Z.; Owen, E.; Dhanoa, M. S.; Theodorou, M. K. 1996. Prediction of in situ rumen dry matter disappearance of Ethiopian forages from an in vitro gas production technique using a pressure transducer, chemical analyses or in vitro digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61: 73 - 87.

Silva Correa, C.R.; Cruzado Razco, J.L.; González Blas, M.V.; García Armas, J.M. Ruiz Reyes, S.G.; Villarreal La Torre, V.E.; Gamarra Sánchez, C.D. 2018. Identificación y determinación estructural de un Sesquiterpeno de las hojas de *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. y evaluación de su actividad leishmanicida. Rev. Peru Med. Exp. Salud Publica. 35 (2) : 221 - 227.

Singh, K.D.; Mobolade, A.J.; Bharali, R.; Sahoo, D.; Rajashekar, Y. 2021. Main plant volatiles as stored grain pest management approach: A review. Journal of Agriculture and Food Research. 4: 100127.

Smacchia, A.; Figallo, R.; Pidello, A. 1995. Complementary use of *in sacco* and *in vitro* studies to investigate ruminal forage in relation to gas production. Ann. Zootech. 44 (1):173.

Smacchia, A. 2004. Efecto de compuestos carbonados reducidos sobre la producción de gas (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>) en el rumen. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Rosario. p. 211.

Smacchia A.M.; Figallo, R.M.; Faienza, H.; Ronzano, P.; Pidello A. 2008. Producción de metano en rumen por forrajes conservados y pasturas de la pampa húmeda Argentina. Learn Livestock Emissions and abatement researche network. Montevideo. Uruguay.

Smacchia, A.M.; Ronzano, P.; Figallo, R.; Perotti, E.; Faienza, H.; Pidello, A. 2011. Methane production in rumen by pastures and its relationship with chemical composition. BIOCELL. 35(2): A169.

Soberon, J.R.; Sgariglia, M:A.; Carabajal Torrez, J.A.; Aguilar, F.A.; Pero, E.J.I.; Sampietro, D.A.; Fernandez de Luco, J.; Labadie, G. 2020. Antifungal activity and toxicity studies of flavanones isolated from *Tessaria dodoneifolia* aerial parts. Heliyon. 6: e05174.

Sotolu, A.O. 2010. Digestibility value and nutrient utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) meal as plant protein supplements in diet of *Clarias gariepinus* (Burcher, 1988) juveniles. Am - Euras J. Agric & Environ Sci. 9 (5): 539 - 544 .

Tarazona, A.M.; Ceballos, M.C.; Naranjo, J.F.; Cuartas, C.A. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. Rev. Colomb.

Cienc. Pecu. 25 (3): 473 - 487.

Theodorou, M. K.; Williams, B. A.; Dhanoa, M. S.; McAllan, A. B.; France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 48: 185 - 197.

Tilley, J.M.A.; Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage of forage crops. *J. Br. Grassland Soc.* 18: 104 – 111.

Tonelli, F.; Masuelli, M. 2019. *Acacia caven* gum studies of hydrodynamic parameters. *Evolution in Polymer Technology Journal.* 2 (1): 1 - 6.

Toribio, M. S.; Oriani, S. D.; Toso, R. E. ; Tortone, C.A. , Fernández, J. G. 2009. *Staphylococcus aureus* sensible a extractos metanólicos obtenidos de plantas nativas de la provincia de la Pampa, Argentina. *Ciencia Veterinaria.* 11(1): 14 - 18.

Van Soest, P.J. 1981. Limiting factors in plant residues of low biodegradability. *Agric. Environm.* 6: 135 - 143.

Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 74: 3583 – 3597.

Waizel Bucay, J. 2011. Plantas y compuestos importantes para la medicina: los sauces, los salicilatos y la aspirina. *Revista de Fitoterapia.* 11 (1): 61 - 75.

Weakley, D.C.; Stern, M.D.; Satter, L.D. 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. *J. Anim. Sci.* 56:493.

Williams, C.; Onyilagha, J.C.; Harborne, J.B. 1995. Flavonoid profiles in leaves, flowers and stems of forty-nine members of the *Phaseolinae*. *Biochemical Systematics and Ecology.* 23 (6): 655 - 667.

Zallocchi, E.M.; Pomilio, A.B. 1994. Evolution of flavonoids in the *Phaseolinae*. *Phytochemistry.* 37(2): 449 - 453.

Zambiasio, V. A. 2019. Distribución de los bosques fluviales del río Paraná e influencia del régimen de pulsos hidrosedimentológicos. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias

Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 132

## **ANEXO I**

TRABAJOS CIENTIFICOS RELACIONADOS CON EL TEMA DE TESIS:

- Publicados
- Presentados en congresos, reuniones y jornadas científicas

## Trabajos científicos publicados

Figallo, R.M.; Peronja, N.M.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2013. Degradación ruminal de materia seca y proteína y composición química de canutillo (*Panicum elephantipes*) y camalote (*Eichhornia crassipes*). Revista de la Facultad de Agronomía de la UNLPam. Vol. 22 (supl. 2): 29 - 33. <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/rev-agro/v22s2t2a05figallo.pdf>

Figallo, R.M.; Pidello, A. 2015. Antioxidant capacity of aqueous extracts from *Lippia alba* and *Vigna luteola*. Biocell. 39 (suppl. 4): 24.

Figallo, R.M.; Pidello, A.; Smacchia, Ana M. 2015. Cinética de degradación y producción de gas en el rumen de canutillo (*Panicum elephantipes*) y camalote (*Eichhornia crassipes*). Ciencia y tecnología 2015: divulgación de la producción científica y tecnológica de la UNR. UNR Editora. ISBN 978-987-702-123-3. P. 309-314.

Figallo, R.; Favot, N.; Pidello, A.; Smacchia, A. 2016. Cinética de degradación ruminal *in sacco* de *Panicum pernambucense*, *Panicum elephantipes* y *Echinochloa polystachya*. Revista de Divulgación Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lopez de Zamora. UNLZ. 3 (4): 100. ISSN: 2451-7747.

Figallo, R.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2016. Degradabilidad ruminal *in sacco* de especies vegetales provenientes del Delta Superior del Río Paraná. Revista de Divulgación Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lopez de Zamora. UNLZ. 3 (4): 110. ISSN: 2451-7747.

Favot, N.; Figallo, R.M.; Smacchia, A.M. 2017. Variación de la concentración amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el rumen *in vitro* de bovinos en pastoreo por especies vegetales del Delta superior del río Paraná. Publicación de las XXV Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo (AUGM). Universidad Nacional de Itapúa. (UNI). (Tomo VI): 200-204. ISBN: 978-99967-884-0-6. <http://grupomontevideo.org/jji/XXV.pdf>

Figallo, R.M.; Favot, N.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2017. Degradabilidad ruminal *in sacco* de especies vegetales del Delta superior del Río Paraná: Herbáceas. Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal. 37(1): 339. ISSN impreso: 0326-0550. ISSN en línea: 2314-324X. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/11753/10415>

Figallo, R.M.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2017. Cinética de Degradación ruminal *in sacco* de especies vegetales del Delta Superior del Río Paraná: Arbóreas. Revista Argentina de Producción Animal. 37(1): 338. ISSN impreso: 0326-0550. ISSN en línea: 2314-324X. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/11753/10415>

Figallo, R.M.; Smacchia, M.L.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2018. Comparación de herbáceas nativas de las islas del río Paraná incubadas en rumen *in vitro*. VII Congreso Nacional y IV del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales. Ediciones INTA: Investigación Desarrollo e Innovación. ISBN: 978-987-521-965-6 [https://inta.gob.ar/sites/default/files/viii\\_congreso\\_nacional\\_-\\_iv\\_congreso\\_del\\_mercosur\\_sobre\\_manejo\\_de\\_pastizales\\_naturales\\_resumenes\\_2018.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/viii_congreso_nacional_-_iv_congreso_del_mercosur_sobre_manejo_de_pastizales_naturales_resumenes_2018.pdf)

Figallo, R.M.; Smacchia, M. L.; Pidello, A.; Smacchia, A.M.. 2019. Kinetics of gas production in rumen by native herbaceous forests of Delta of the Paraná river. Biocell. 43 (2): 31. ISSN 1667-5746 (on-line)

Figallo, R.M.; Perotti, E.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2020. Degradability and chemical composition of tree species with forage potential of the upper Delta of the Paraná river. Biocell. 44 (Suppl. 3): 12. <https://www.techscience.com/biocell/v44nSuppl.3>

Figallo, R.M.; Smacchia, A.M.; Ronzano, P.; Perotti, E. 2020. Relationship between carbon fractions of natural forages and gas production *in vitro*. Biocell. 44 (Suppl. 3): 13. <https://www.techscience.com/biocell/v44nSuppl.3>

Pidello, A.; Figallo, R.M.; Ronzano, P.; Perotti, E. 2021. Comparison of two methods of frequent use to determine the organic carbon content in forages of the upper Delta of Paraná. Biocell. Vol 45 (Supl 3): 47. ISSN 0326 9545. ISSN (Online versión) 1667-5746. <https://www.techscience.com/biocell/v45nSuppl.3>

Figallo, R.M.; Smacchia, M.L.; Sciutto, A.; Perotti, E.; Smacchia, A.M. 2022. Degradability and gas production in rumen of trees and bushes of islands of the Delta of Paraná in front of Rosario city. Biocell. 46 (3): 10-11. ISSN 0326 9545.

Quiroz, M.; Sciutto, A; Smacchia, A.M.; Figallo, R.M. 2022. Kinetics of ruminal degradation of leaves and pods of *Gleditsia triacanthos* L. Biocell. 46 (3): 10. ISSN 0326 9545.

Sciutto, A.; Smacchia M. L.; Figallo, R.M. 2023. Kinetics of *in sacco* rumen degradation of *Lippia alba*. Biocell. 47 (5): 2. ISSN 0326 9545. ISSN (Online versión)

## **Comunicaciones presentadas en congresos, reuniones y jornadas científicas**

Figallo, R.M.; Peronja, N.M.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2013. Degradación ruminal de materia seca y proteína y composición química de Canutillo (*Panicum elephantipes*) y Camalote (*Eichhornia crassipes*). VI Congreso Nacional y III Congreso del Mercosur de Pastizales Naturales. Santa Rosa. La Pampa. Argentina. 266. [http://rian.inta.gov.ar/pastizales2013/actas\\_cap2013.pdf](http://rian.inta.gov.ar/pastizales2013/actas_cap2013.pdf)

Figallo, R.M.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2013. Producción de gas en rumen *in vitro* de *Eichhornia crassipes* y *Panicum elephantipes*. VI Congreso Nacional y III Congreso del Mercosur de Pastizales Naturales. Santa Rosa. La Pampa. Argentina. 255. [http://rian.inta.gov.ar/pastizales2013/actas\\_cap2013.pdf](http://rian.inta.gov.ar/pastizales2013/actas_cap2013.pdf)

Figallo, R; Favot, N; Zilli, M; Calderón, M; Ronzano, P; Pidello, A; Smacchia, A. 2014. Uso de especies vegetales naturales con potencial forrajero: Delta superior del río Paraná. VI Congreso Nacional de Extensión Universitaria, II Jornadas de Extensión de AUGM, I Jornadas de Extensión de Latinoamérica y Caribe. Rosario, Santa Fe, Argentina.

Figallo, Roberto M.; Pidello, Alejandro. (2015). Capacidad antioxidante de extractos acuosos de *Lippia alba* y *Vigna luteola*. Libro de Resúmenes: Publicación Periódica Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. ISSN 2314-1484. P. 222. 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2015. Círculo Médico de Rosario.

Favot, N.; Figallo, R; Smacchia, A.; Pidello, A. 2016. Efecto de canutillos (*Panicum pernambuscence*, *Panicum elephantipes* y *Echinochloa polystachya*) sobre el pH, ORP y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de líquido ruminal bovino *in vitro*. XVII Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2016, Facultad de Ciencias Veterinarias, IV Jornadas Latinoamericanas. II Jornadas de Ciencia y Tecnología 2016, Facultad de Ciencias Agrarias. I Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias 2016, Universidad Nacional de Rosario (UNR). 22 y 23 de septiembre. Casilda – Zavalla. Santa Fe. Argentina. (1): 411-412. ISBN (Online): 978-987-4055-04-0. Libro de resúmenes: [http://www.fveter.unr.edu.ar/upload/LIBRO\\_DE\\_RESUMENES\\_I\\_REUNI%D3N\\_TRANSDISCIPLINARIA\\_EN\\_CIENCIAS\\_AGROPECUARIAS\\_2016.pdf](http://www.fveter.unr.edu.ar/upload/LIBRO_DE_RESUMENES_I_REUNI%D3N_TRANSDISCIPLINARIA_EN_CIENCIAS_AGROPECUARIAS_2016.pdf)

Figallo, R.; Favot, N.; Pidello, A.; Smacchia, A. 2016. Cinética de degradación ruminal *in sacco* de *Panicum pernambucense*, *Panicum elephantipes* y *Echinochloa polystachya*. VII Congreso Nacional Sobre Manejo de Pastizales Naturales y X Encuentro de Ganaderos de Pastizales del Cono Sur. Virasoro. Corrientes. ISSN: 2451-7747. Libro de resúmenes: <http://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2016/11/Resumenes-VII-Congreso-Nacional-de-Manejo-de-Pastizales-Naturales.pdf>

Figallo, R.; Favot, N.; Pidello, A.; Smacchia, A. 2016. Efecto de especies vegetales del Delta superior del Paraná sobre el pH, ORP y  $\text{NH}_4^+$  en el rumen *in vitro* de bovinos en pastoreo. X Jornadas de Ciencia y Tecnología: Divulgación de la producción científica y tecnológica de la UNR. Sede de Gobierno UNR. 2016. 26 de octubre. Rosario. Santa Fe. Argentina. Libro de resúmenes: [https://drive.google.com/drive/folders/0B-CYHZtW\\_GnJdHVGTWpfd3lpS2c](https://drive.google.com/drive/folders/0B-CYHZtW_GnJdHVGTWpfd3lpS2c)

Figallo, R.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2016. Degradabilidad ruminal *in sacco* de especies vegetales provenientes del Delta superior del río Paraná. VII Congreso Nacional Sobre Manejo de Pastizales Naturales y X Encuentro de Ganaderos de Pastizales del Cono Sur. Virasoro. Corrientes. ISSN: 2451-7747. Libro de resúmenes: <http://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2016/11/Resumenes-VII-Congreso-Nacional-de-Manejo-de-Pastizales-Naturales.pdf>

Favot, N.; Figallo, R.M.; Smacchia, A.M. 2017. Variación de la concentración amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el rumen *in vitro* de bovinos en pastoreo por especies vegetales del delta superior del río Paraná. XXV Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo (AUGM). Universidad Nacional de Itapúa (UNI). 18 al 20 de octubre de 2017. Comunicación oral. Encarnación. Paraguay. <http://grupomontevideo.org/jji/XXV.pdf>

Figallo, R.; Favot, N.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2017. Cinética de degradación ruminal *in sacco* de especies vegetales provenientes del Delta superior del río Paraná. XIX Congreso y XXXVII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario (SBR). 28 y 29 de noviembre de 2017. Zavalla. Santa Fe. Argentina. Poster. ISSN: 2314-1484. (1): 186. [http://www.sbr.org.ar/Libros/libro\\_resumenes\\_2017.pdf](http://www.sbr.org.ar/Libros/libro_resumenes_2017.pdf)

Figallo, R.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2017. Cinética de Degradación ruminal *in sacco* de especies vegetales del Delta superior del río Paraná: Arbóreas. 40° Congreso Argentino de Producción Animal. 6 al 9 de Noviembre de 2017. Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Ciudad de Córdoba. Córdoba. Argentina. Poster. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/11753/10415>

Figallo, R.M.; Favot, N.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2017. Degradabilidad ruminal *in sacco* de especies vegetales del Delta superior del río Paraná: Herbáceas. Comunicación. 40° Congreso Argentino de Producción Animal. 6 al 9 de Noviembre de 2017. Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Ciudad de Córdoba. Córdoba. Argentina. Poster. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/11753/10415>

Figallo, R.M.; Smacchia, M.L.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2018. Cinética de producción de gas en rumen por forrajeras herbáceas nativas del Delta superior del río Paraná. XX Congreso y XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario (SBR). 27 y 28 de noviembre de 2018. Rosario. Santa Fe. Argentina. ISSN: 2314-1484. [http://www.sbr.org.ar/Libros/libro\\_resumenes\\_2018.pdf](http://www.sbr.org.ar/Libros/libro_resumenes_2018.pdf)

Figallo, R.M.; Smacchia, M.L.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2018. Comparación de herbáceas nativas de las islas del río Paraná incubadas en rumen *in vitro*. VII Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales – IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales. 15 al 17 de mayo. Ciudades de Olta y Chamental, Provincia de la Rioja, República Argentina.

Figallo, R.M.; Smacchia, A.M.; Ronzano, P.; Perotti, E. 2019. Relación entre fracciones carbonadas de forrajes naturales y la producción de gas *in vitro*. XXI Congreso y XXXIX Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario (SBR). 26 y 27 de noviembre de 2019. Rosario. Santa Fe. Argentina. P. 228. ISSN: 2314-1484. <http://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libroderesumenes2019-vf.pdf>

Quiroz, M.; Sciutto, A.; Figallo, R.M.; Smacchia, A.M. 2019. Degradabilidad ruminal *in sacco* de hojas y vainas de acacia negra (*Gleditsia triacanthos* L.). XX Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2019, Facultad de Ciencias Veterinarias. VII Jornada Latinoamericana. V Jornadas de Ciencia y Tecnología 2019, Facultad de Ciencias Agrarias. IV Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Rosario (UNR). 11 y 12 de diciembre de 2019. Casilda – Zavalla. Santa Fe. Argentina. [https://drive.google.com/file/d/1UJ8I\\_mOF30oAQyeeJKprb8rnMVOMrdKh/view](https://drive.google.com/file/d/1UJ8I_mOF30oAQyeeJKprb8rnMVOMrdKh/view)

Figallo, R.; Perotti, E.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2019. Degradabilidad y calidad composicional de arbóreas con potencial forrajero del Delta superior del río Paraná. XXI Congreso y XXXIX Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario (SBR). 26 y 27 de noviembre de 2019. Rosario. Santa Fe. Argentina. P. 229. ISSN: 2314-1484. <http://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libroderesumenes2019-vf.pdf>

Figallo, R.M.; Perotti, E.; Zerbato, M.E.; Smacchia, A.M.; Pidello, A. 2019. Calidad nutricional de herbáceas consumidas por el ganado en el Delta superior del río Paraná. XIII Jornada de Ciencia y Tecnología Divulgación de la Producción Científica y Tecnológica de la Universidad Nacional de Rosario. 16 de octubre de 2019. Sede de Gobierno de la UNR. Rosario. Santa Fe. Argentina.

Figallo, R.M.; Smacchia, M.L.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2019. Cinética de producción de gas en rumen por forrajeras herbáceas nativas del Delta superior del río Paraná. XX Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2019, Facultad de Ciencias Veterinarias. VII Jornada Latinoamericana. V Jornadas de Ciencia y Tecnología 2019, Facultad de Ciencias Agrarias. IV Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Rosario (UNR). 11 y 12 de diciembre de 2019. Casilda – Zavalla. Santa Fe. Argentina. [https://drive.google.com/file/d/1UJ8I\\_mOF30oAQyeeJKprb8rnMVOMrdKh/view](https://drive.google.com/file/d/1UJ8I_mOF30oAQyeeJKprb8rnMVOMrdKh/view)

Figallo, R.M.; Smacchia, M.L.; Pidello, A.; Smacchia, A.M. 2019. Comparación de herbáceas nativas de las islas del río Paraná incubadas en rumen *in vitro*. XX Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2019, Facultad de Ciencias Veterinarias. VII Jornada Latinoamericana. V Jornadas de Ciencia y Tecnología 2019, Facultad de Ciencias Agrarias. IV Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Rosario (UNR). 11 y 12 de diciembre de 2019. Casilda – Zavalla. Santa Fe. Argentina. [https://drive.google.com/file/d/1UJ8I\\_mOF30oAQyeeJKprb8rnMVOMrdKh/view](https://drive.google.com/file/d/1UJ8I_mOF30oAQyeeJKprb8rnMVOMrdKh/view)

Pidello, A.; Figallo, R.M.; Ronzano P.; Perotti, E. 2020. Comparación de dos métodos de uso frecuente para determinar el contenido de Carbono Orgánico en forrajes del Delta superior del río Paraná. IV Reunión Conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina. 9, 10, 11, 14 y 15 de septiembre de 2020. Mendoza. Argentina. Modalidad Virtual. P: 232. [https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/LIBRO\\_DE\\_RESUMENES-IV\\_Reunin\\_Conjunta.pdf](https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/LIBRO_DE_RESUMENES-IV_Reunin_Conjunta.pdf)

Pidello, A.; Figallo, R.M.; Ronzano, P.; Perotti, E.. 2020. Conveniencia del uso complementario de dos técnicas analíticas corrientes para informar sobre el valor energético del forraje. Primer encuentro de divulgación y comunicación de Ciencias Veterinarias. Secretaría de Ciencia y Técnica. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario (UNR). 9, 10 y 11 de diciembre de 2020. Casilda. Santa Fe. Argentina. Modalidad Virtual. P: 176 -177. ISBN 978-987-702-435-7. <https://fveter.unr.edu.ar/assets/archivos/LIBRO%20RESUMENES%20Encuentro%20Virtual%20DyC%20Vet%202020.pdf>

Quiroz, M.; Sciutto, A.; Figallo, R.M.; Smacchia, A.M. 2020. Degradabilidad ruminal *in sacco* de hojas de acacia negra (*Gleditsia triacanthos* L.) durante su ciclo anual. Primer encuentro de divulgación y comunicación de Ciencias Veterinarias. Secretaría de Ciencia y Técnica. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario (UNR). 9, 10 y 11 de diciembre de 2020. Casilda. Santa Fe. Argentina. Modalidad Virtual. P: 134-135. ISBN 978-987-702-435-7. <https://fveter.unr.edu.ar/assets/archivos/LIBRO%20RESUMENES%20Encuentro%20Virtual%20DyC%20Vet%202020.pdf>

Figallo, R.L.; Smacchia, M.L.; Sciutto, A., Perotti, E.; Smacchia, A.M. 2021. Degradabilidad y producción de gas en rumen de arbóreas y arbustivas de islas del delta del Paraná frente a Rosario. XXIII Congreso y XLI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. 23 y 24 de noviembre de 2021. Zavalla. Santa Fe. Argentina. Publicación Periódica Anual. ISSN 2314-1484. P. 75. [https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libro\\_de\\_Resumenes\\_2021\\_XXIII\\_Congreso\\_y\\_XLI\\_Reunin\\_Anuual\\_de\\_la\\_SBR.pdf](https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libro_de_Resumenes_2021_XXIII_Congreso_y_XLI_Reunin_Anuual_de_la_SBR.pdf)

Figallo, R.M.; Perotti, E.; Zerbato, M.E.; Smacchia, A.M.; Pidello, A. 2021. Calidad nutricional de especies arbóreas y arbustivas consumidas por rumiantes en islas del Delta superior del río Paraná. XV Jornadas de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021. Libro de Actas. P: 30. UNR Editora. ISBN 978-987-702-531-6. Rosario. 17 al 19 de noviembre. <https://drive.google.com/drive/folders/1qcBkdnjBDISwCcCjsbPq8ftOHnyIzvch>

Figallo, R.M.; Smacchia, M.L.; Sciutto, A., Perotti, E.; Smacchia, A.M. 2021. Degradabilidad y producción de gas en rumen de arbóreas y arbustivas de islas del delta del Paraná frente a Rosario. XXI Jornadas de Divulgación Técnico Científicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. Casilda, 9, 10 y 11 de diciembre

de 2021. Casilda. Santa Fe. Argentina. <https://fveter.unr.edu.ar/investigacion.html>

Quiroz, M.; Sciutto, A.; Figallo, R.M.; Smacchia, A.M. 2021. Cinética de degradación en rumen *in sacco* de hojas de acacia negra (*Gleditsia triacanthos* L.) durante su ciclo anual. XXI Jornadas de Divulgación Técnico Científicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. Casilda, 9, 10 y 11 de diciembre de 2021. Casilda. Santa Fe. Argentina. <https://fveter.unr.edu.ar/investigacion.html>

Quiroz, M.; Sciutto, A.; Smacchia, A.M.; Figallo, R.M. 2021. Cinética de degradación ruminal de hojas y vainas de acacia negra (*Gleditsia triacanthos* L.). XXIII Congreso y XLI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. 23 y 24 de noviembre de 2021. Zavalla. Santa Fe. Argentina. Publicación Periódica Anual. ISSN 2314-1484. P. 74. [https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libro\\_de\\_Resumenes\\_2021\\_XXIII\\_Congreso\\_y\\_XLI\\_Reunin\\_Anual\\_de\\_la\\_SBR.pdf](https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libro_de_Resumenes_2021_XXIII_Congreso_y_XLI_Reunin_Anual_de_la_SBR.pdf)

Quiroz, M.; Sciutto, A.; Smacchia, A.M.; Figallo, R.M. 2022. Cinética de degradación ruminal de hojas y vainas de acacia negra (*Gleditsia triacanthos* L.). XXII Jornadas de Divulgación Técnico Científicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. Casilda, 5 al 7 de diciembre del 2022. Casilda. Santa Fe. Argentina. <https://fveter.unr.edu.ar/investigacion.html>

Sciutto, A.; Quiroz, M.; Figallo, R.M. 2022. Degradabilidad ruminal de herbáceas del delta del Paraná: *Sagittaria montevidensis*. XVI Jornadas de Ciencias, Tecnología e Innovación de la Universidad Nacional de Rosario. 27 y 28 de octubre del 2022. Rosario. Santa Fe. Argentina.

Sciutto, A.; Quiroz, M.; Figallo, R.M. 2022. Degradabilidad ruminal de herbáceas del delta del Paraná: *Sagittaria montevidensis*. XXII Jornadas de Divulgación Técnico Científicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. Casilda, 5 al 7 de diciembre del 2022. Casilda. Santa Fe. Argentina. <https://fveter.unr.edu.ar/investigacion.html>

Sciutto, A.; Smacchia, M.L.; Figallo, R.M. 2022. Cinética de degradación ruminal *in sacco* de *Lippia alba*. XXIII Congreso y XLI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. 1 y 2 de diciembre del 2022. Rosario. Santa Fe. Argentina. [https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libro\\_de\\_Resumenes\\_2022.pdf](https://www.sbr.org.ar/Site/images/PDF/Libro_de_Resumenes_2022.pdf)

## **ANEXO II**

PROYECTOS SUBSIDIADOS RELACIONADOS CON EL TEMA DE  
TESIS

## **Proyectos subsidiados relacionados con el tema de tesis**

- ⇒ 1 VET 199: “Efecto de especies vegetales provenientes de las islas del Delta del Río Paraná sobre actividades microbianas y factores fisicoquímicos en el rumen. delta del río Paraná”. Proyecto de Investigación de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR, acreditado por Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNR. Resolución CS N°: 1399/2016. Desde el 1° de enero del 2016 al 31 de diciembre del 2019. Dirección: MV-MSci Figallo, Roberto M.
  
- ⇒ IO - 2007 – 0084: “Estudio de especies consumidas por el ganado potencialmente forrajeras en las islas santafesinas del delta del río Paraná que puedan contribuir a mitigar el efecto invernadero”. Convocatoria 2017 de Proyectos de Investigación Orientada de la Agencia Santafesina de Ciencia Tecnología e Innovación. Desde el 1° de septiembre del 2018 hasta el 31 de marzo del 2020. Dirección: Dra. Perotti, Elda. Co-dirección: MV-MSci Figallo, Roberto M.
  
- ⇒ 80020190300105UR: “Variaciones en actividades microbianas e indicadores fisicoquímicos ruminales por especies vegetales con potencial forrajero de las islas del Delta superior del río Paraná”. Proyecto de Investigación de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR, acreditado por Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNR. Resolución CS N°: 125/2021. Desde el 1° de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023. Dirección: MV-MSci Figallo, Roberto M.