

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**RESTAURACIÓN DEL BOSQUE NATIVO LUEGO DE LA
INTERVENCIÓN MINERA**

por

Yanohatt BÁLSAMO CARDOZO

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2023

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. Ludmila Profumo

Tribunal:

Ing. Agr. Ludmila Profumo

Ing. Agr. Gabriela Jolochín

Dra. Carolina Toranza

Fecha: 21 de julio de 2023.

Estudiante:

Yanohatt Bálsamo Cardozo

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el apoyo incondicional, a mi hija María Clara por estar a mi lado y confiar, a mi hermana Vanessa por estar en todos los momentos de mi vida, a mi amiga del corazón Rosario por hacer parte, a mi tía querida por apoyarme y a la vida por darme la oportunidad de vivir. También quiero agradecer al Gerente de Medio Ambiente Javier Martínez por darme la oportunidad de trabajar junto al equipo de medio ambiente y a Orosur Mining S.A. Por último, a mi directora de tesis Ludmila Profumo y a mi co-directora de tesis Gabriela Jolochin por el apoyo y dedicación.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	11
SUMMARY.....	13
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo General.....	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 RESTAURACIÓN, REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS BOSQUES NATIVOS	18
2.1.1 Restauración	18
2.1.2 Rehabilitación.....	19
2.1.3 Recuperación o reemplazo.....	21
2.2 EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN EN MINERÍA A NIVEL INTERNACIONAL.....	22
2.2.1 Restauración de paisajes forestales.....	22
2.2.1.1 Restauración con especies arbóreas nativas.....	22
2.2.1.2 Prácticas para disminuir la compactación del suelo	26
2.2.1.3 Prácticas para restaurar la cubierta vegetal.....	28
2.2.2 Cambio en el uso del suelo luego de un disturbio	30
2.3 IMPORTANCIA DE LOS CORREDORES BIOLÓGICOS.....	31
2.4 DINÁMICA DE LAS ESPECIES EN UN ECOSISTEMA	33
2.4.1 Clasificación de especies según requerimientos de luz	34
2.4.1.1 Especies pioneras y no pioneras	36
2.4.2 Clasificación de las especies según requerimientos hídricos	38

2.5 DESCRIPCIÓN DE BOSQUES CARACTERÍSTICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO	41
2.5.1 Bosques ribereños	42
2.5.2 Bosques serranos	44
2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES MONITOREADAS EN LA RESTAURACIÓN	45
2.6.1 <i>Allophylus edulis</i> – Chal chal	45
2.6.2 <i>Blepharocalyx salicifolius</i> - Arrayán	47
2.6.3 <i>Myrrhinium atropurpureum</i> var. <i>octandrum</i> - Palo de fierro	49
2.6.4 <i>Eugenia uruguayensis</i> – Guayabo blanco.....	51
2.6.5 <i>Eugenia uniflora</i> - Pitanga.....	52
2.6.6 <i>Sebastiania brasiliensis</i> - Lechero.....	55
2.6.7 <i>Scutia buxifolia</i> - Coronilla.....	56
2.6.8 <i>Sebastiania commersoniana</i> - Blanquillo.....	57
2.6.9 <i>Phyllanthus sellowianus</i> - Sarandí blanco	58
2.6.10 <i>Vachellia caven</i> - Espinillo.....	59
2.6.11 <i>Salix humboldtiana</i> – Sauce criollo	61
3. MATERIALES Y MÉTODOS	64
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y VÍAS DE ACCESO.....	64
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.....	65
3.3 ANTECEDENTES EN LA INTERVENCIÓN Y DESVÍO DEL ARROYO CORRALES	67
3.3.1 Conservación del bosque nativo	67
3.3.2 Intervención del bosque nativo.....	69
3.3.3 Construcción de viveros	71
3.3.4 Acondicionamiento y uso del suelo.....	72
3.3.5 Siembra de especies herbáceas	74
3.3.6 Estratificación del área de restauración en base a la geomorfología	77
3.3.7 Plantación de árboles y arbustos.....	78
3.4 MONITOREO - TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO.....	82
3.5 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN DIÁMETRO, ALTURA TOTAL Y MORTALIDAD	85
3.5.1 Análisis estadístico de las variables crecimiento y supervivencia.....	86

3.5.1.1	Incremento medio anual - IMA.	86
3.5.1.2	Incremento Periódico Anual - IPA	87
3.5.1.3	Incremento acumulado – IA	87
3.5.1.4	Análisis Estadístico.....	87
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	88
4.1	ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DE MONITOREO.....	88
4.2	ANÁLISIS DEL INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL, INCREMENTO ACUMULADO E INCREMENTO MEDIO ANUAL.....	89
4.2.1	Análisis del Incremento Periódico Anual del diámetro a la altura del cuello y altura total	89
4.2.2	Análisis del Incremento Acumulado - IA en diámetro a la altura del cuello y altura total	92
4.2.3	Análisis del Incremento Acumulado -IA, Incremento Medio Anual – IMA e Incremento Periódico Anual - IPA por especie.....	96
4.2.3.1	Incremento Acumulado – IA.	96
4.2.3.2	Incremento Medio Anual – IMA e Incremento Periódico Anual - IPA para diámetro al cuello y altura total por especie	98
4.2.4	Análisis del Incremento Anual Acumulado - IA e Incremento Periódico Anual Promedio -IPA en diámetro al cuello y altura total para las 11 especies	106
4.3	DINÁMICA DE SUPERVIVENCIA POR ESTRATO Y POR ESPECIE ...	111
4.3.1	Dinámica de supervivencia por estrato.....	111
4.3.2	Dinámica de supervivencia por especie para ambos estratos	111
4.4	DINÁMICA DE CRECIMIENTO POR ESTRATO PARA LAS ONCE ESPECIES	112
4.4.1	Crecimiento del diámetro al cuello para el estrato bajo y alto	112
4.4.2	Crecimiento en altura (cm) para el estrato bajo y alto.....	113
4.5	ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO EN DIÁMETRO Y ALTURA DE LAS ESPECIES Y ESTRATOS	114
4.5.1	Crecimiento en diámetro (cm) por especie estrato bajo	114
4.5.2	Crecimiento en diámetro (cm) por especie para el estrato alto	114
4.5.3	Crecimiento en altura (cm) por especie estrato bajo	116
4.5.4	Crecimiento en altura por especie estrato alto.....	117

4.6 ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN DIÁMETRO Y ALTURA AÑO A AÑO DE LAS ESPECIES	118
4.6.1 Análisis de crecimiento en diámetro por especie para el período 2008-2016	118
4.6.2 Análisis de crecimiento en altura total en el período 2008-2016	119
5. CONCLUSIONES	121
6. BIBLIOGRAFÍA	123
7. ANEXOS	139

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.	Página
Tabla 1. Superficie de restauración (ha) por estrato y total, según zonas delimitadas luego de la intervención del Arroyo Corrales.....	77
Tabla 2. Indicadores generales para el área de monitoreo: superficie (ha), número de árboles monitoreados, números de especies y familias para el año 2008 y 2016.....	83
Tabla 3. Total, de árboles de monitoreo período 2008-2016, según familias botánicas y especies de árboles y arbustos en el área de restauración.....	84
Tabla 4. Especies seleccionadas para el análisis de datos por zona y estrato.....	86
Tabla 5. Descripción de la zonificación y estratificación del área monitoreada, superficie (ha) por zona y total.....	89
Tabla 6. Incremento Acumulado en diámetro al cuello - dac (cm) y altura total - ht (m), promedio por especie a 2016.....	94
Figura No.	Página
Figura 1 Ubicación geográfica de la Isla cristalina de Rivera, Minas de Corrales.....	65
Figura 2 Zonas de remoción y conservadas del bosque nativo.....	68
Figura 3 Zonas delimitadas para la preservación del bosque nativo durante las obras.....	68
Figura 4 Relicto de bosque nativo preservado luego de la intervención.....	69
Figura 5 Acopio de ramas en forma de corredor biológico.....	70
Figura 6 Intervención del bosque nativo (identificación, extracción, enviverado de árboles y tala del bosque).....	71
Figura 7 Construcción de viveros y aprovisionamiento de especies a partir de árboles del propio bosque.....	72
Figura 8 Zona delimitada para el acondicionamiento de viveros.....	72
Figura 9 Remoción del suelo y conformación de las márgenes del arroyo Corrales..	73
Figura 10 Colocación de suelo y taludeo sobre la margen del arroyo.....	74

Figura 11 Secuencia de corrección de cárcavas.....	75
Figura 12 Siembra de especies herbáceas.....	76
Figura 13 Revegetación de taludes.....	76
Figura 14 Identificación de las zonas de monitoreo en el área de restauración, el arroyo corre en sentido noreste – suroeste (z5/z6 a z2/z8 y z9).....	78
Figura 15 Plantación de árboles de maceta.....	79
Figura 16 Distribución espacial del esquema de plantación.....	80
Figura 17 Riego a nivel de saturación de árboles plantadosNota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014)..	81
Figura 18 Plantación a raíz desnuda de especies hidrófilas.....	81
Figura 19 Medición de altura total (m) y diámetro (cm) en la base del cuello.....	83
Figura 20 Incremento periódico anual en diámetro al cuello (cm. año-1) para el período 2008-2016.....	91
Figura 21 Incremento periódico anual promedio en altura total (cm. año-1) para el período 2008-2016.....	91
Figura 22 Diferencias estadísticamente significativas en crecimiento acumulado en diámetro al cuello (cm) y en altura total (cm) promedio para todos los individuos por especie.....	95
Figura 23 Incremento Acumulado - IA en diámetro al cuello (cm) para las once especies monitoreadas, período 2008-2016.....	97
Figura 24 Incremento Acumulado - IA en altura total (cm) para las once especies monitoreadas, período2008-2016.....	98
Figura 25 Incremento Medio Anual IMA e Incremento Periódico Anual - IPA (cm. año-1) en diámetro al cuello para las once especies monitoreadas, período 2008-2016.....	99
Figura 26 Incremento Medio Anual - IMA e Incremento Periódico Anual - IPA (cm. año-1) en altura total para las once especies monitoreadas, período 2008-2016.....	100

Figura 27 Incremento Acumulado -IA (cm) en diámetro al cuello y altura total para las once especies monitoreadas, período 2008-2016.....	108
Figura 28 Incremento Periódico Anual - IPA (cm. año-1) en diámetro al cuello y altura total para las once especies monitoreadas, período 2008-2016.....	109
Figura 29 Dinámica de supervivencia para el estrato alto y bajo. Período 2008-2016.....	111
Figura 30 Dinámica de supervivencia por especie para el estrato alto y bajo. Período 2008-2016.....	112
Figura 31 Crecimiento de diámetro al cuello (cm) para el estrato alto y bajo. Período 2008-2016.....	113
Figura 32 Crecimiento en altura (m) para el estrato alto y bajo. Período 2008-2016..	113
Figura 33 Crecimiento en diámetro (cm) estrato bajo. Período 2008-2016.....	114
Figura 34 Crecimiento en diámetro (cm) por especie para el estrato alto. Período 2008-2016.....	116
Figura.35 Crecimiento en altura (m) por especie para el estrato bajo. Período 2008-2016.....	117
Figura 36 Crecimiento en altura (cm) por especie para el estrato alto. Período 2008-2016.....	117
Figura 37 Análisis de crecimiento en diámetro (cm) por especie en el período 2008-2016.....	119
Figura 38 Crecimiento en altura (cm) por especie para el estrato alto. Período 2008-2016.....	120

RESUMEN

En la zona de Minas de Corrales al noreste del Uruguay en 2007 se dispuso la ampliación de un yacimiento de oro denominado cantera Arenal. Dicha explotación perteneció a la empresa Orosur Mining SA y tuvo como objetivo la extracción de oro. La cantera Arenal estaba ubicada en el margen izquierdo del arroyo Corrales y su ampliación implicó la construcción de un canal de desvío sobre la margen derecha del arroyo de 1,3 Km por donde se canalizó el arroyo intervenido. Posteriormente se llevaron a cabo varias actividades relacionadas a la restauración ambiental. Las obras civiles comenzaron en marzo de 2007 y finalizaron en junio de ese mismo año. El proyecto de intervención minera implicó la remoción de 10.5 ha de bosque en el cauce original del Arroyo Corrales y la preservación de 13.9 ha de parches de bosque, la recomposición de los márgenes del nuevo cauce, la conformación del suelo, la revegetación con herbáceas y reforestación mediante la plantación de especies nativas extraídas del propio bosque. Previo a la remoción se identificó, marcó y enviveró toda la regeneración natural, fueron trasplantados 23.000 individuos dentro de los parches de bosque remanente, de los cuales se plantaron 17.000 en dos estratos: el bajo 6.5 ha, adyacente al curso de agua, higrófilo a méxico y el alto: 6.1 ha xerófito. Desde 2008 a 2016 se implementó el monitoreo permanente para caracterizar la dinámica de la fase inicial de restauración con plantación y riego (2008-2009), analizar el crecimiento en diámetro del cuello (dac, cm) y altura total (ht, m), establecer la dinámica de mortalidad y supervivencia, con una frecuencia estacional trimestral, en los períodos de verano, otoño y primavera. Se seleccionaron once especies de las familias más numerosas y comunes a los dos estratos: *Phyllanthus sellowianus*, *Sebastiania brasiliensis*, *Sebastiania commersoniana*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Eugenia uniflora*, *Eugenia uruguayensis*, *Myrrhimum atropurpureum*, var. *octandrum*, *Salix humboldtiana*, *Scutia buxifolia*, *Vachellia caven* y *Allophylus edulis*. Se monitorean 117 árboles individuales, 47 árboles en el estrato alto y 70 árboles en el estrato bajo, donde se analizan las mismas once especies. Se realizó el análisis estadístico utilizando el modelo GLM - *Generalized Linear Models*, para encontrar diferencias significativas entre las variables estudiadas y las estratificaciones realizadas. Considerando una edad

mínima estimada de 11 años (regeneración natural + enviverado), se analizaron los siguientes indicadores: el incremento acumulado – IA, el incremento periódico anual - IPA y el crecimiento medio anual – IMA. Las especies con mejor performance para todas las variables en el estrato alto fueron *V. caven* y *S. buxifolia*, mientras que en el estrato bajo las dos especies con mejor performance fueron *S. humboldtiana* y *V. caven*. Cabe destacar que para el indicador de supervivencia no hubo diferencias significativas entre las 11 especies y tampoco entre estratos. En el caso de las especies de Myrtaceae y Euphorbiaceae todas presentaron un rendimiento intermedio, donde se destaca *E. uruguayensis* y *S. commersoniana* como las de mejor desempeño en ambas condiciones geomorfológicas. En cuanto a las especies *A. edulis* y *B. salicifolius*, podrían ser consideradas como de desarrollo de forma muy lenta.

Palabras Clave: restauración activa, crecimiento especies leñosas en Uruguay, especies prioritarias para restauración de bosque nativo

SUMMARY

In the area of Minas de Corrales, in Rivera, northeastern Uruguay, in 2007 the expansion of a gold deposit called Arenal quarry was decided. This exploitation belonged to the company Orosur Mining and its objective was the extraction of gold. The Arenal quarry was located on the left bank of the Corrales stream, and its expansion involved the construction of a 1.3 km diversion channel on the right bank of the stream through which the intervened stream was channeled. Subsequently, several activities related to environmental restoration were carried out. Civil works began in March 2007 and were completed in June of the same year. The mining intervention project involved the removal of 10.5 ha of forest in the original channel of Arroyo Corrales and the preservation of 13.9 ha of forest patches, the recomposition of the banks of the new channel, soil shaping, revegetation with herbaceous plants and reforestation through the planting of native species extracted from the forest itself. Prior to the removal, all the natural regeneration was identified, marked and planted, 23,000 individuals were transplanted within the remaining forest patches, of which 17,000 were planted in two strata: the low 6.5 ha, adjacent to the watercourse, hygrophilous to mesic and the high: 6.1 ha xerophytic. From 2008 to 2016, permanent monitoring was implemented to characterize the dynamics of the initial restoration phase with planting and irrigation (2008-2009), analyze the growth in collar diameter (DAC, cm) and total height (ht, m), establish the dynamics of mortality and survival, with a quarterly seasonal frequency, in the summer, autumn and spring periods. Eleven species were selected from the most numerous families common to both strata: *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll.Arg, *Sebastiania brasiliensis* Spreng., *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg, *Eugenia uniflora* O.Berg, *Eugenia uruguayensis* Cambess., *Myrrhinium atropurpureum* Schott, var. *octandrum*, *Salix humboldtiana* Willd., *Scutia buxifolia* Rissek, *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger and *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., A.Juss. & Cambess.) Radlk. We monitored 117 individual trees, 47 trees in the upper stratum and 70 trees in the lower stratum, where the same eleven species were analyzed: *S. brasiliensis*, *S. commersoniana*, *B. salicifolius*, *E. uniflora*, *E. uruguayensis*, *M. atropurpureum* var.

octandrum, *S. buxifolia*, *V. caven* and *A. edulis*. Statistical analysis was performed using the GLM model (Generalized Linear Models) to find significant differences between the variables studied and the stratifications performed. Considering a minimum estimated age of 11 years (natural regeneration + afforestation), the following indicators were analyzed: the accumulated increment - IA, the annual periodic increment - IPA and the average annual growth - IMA. The species with the best performance for all variables in the high stratum were *V. caven* and *S. buxifolia*, while in the low stratum the two species with the best performance were *S. humboldtiana* and *V. caven*. It should be noted that for the survival indicator there were no significant differences between the 11 species and between strata. In the case of Myrtaceae and Euphorbiaceae species, all presented intermediate performance, with *E. uruguayensis* and *S. commersoniana* standing out as the best performers in both geomorphological conditions. As for the species *A. edulis* and *B. salicifolius*, they could be considered as very slow developing.

Keywords: forest restoration, woody species for forest restoration of native woods, woody species growth on Uruguay

1 INTRODUCCIÓN

En la zona de Minas de Corrales, en Rivera, al noreste del Uruguay, en el año 2007 se dispuso la ampliación de un yacimiento de oro denominado cantera Arenal. Dicha explotación perteneció a la empresa Orosur Mining y tuvo como objetivo la extracción de oro. La cantera Arenal estaba ubicada en el margen izquierdo del arroyo Corrales, y su ampliación implicó la construcción de un canal de desvío sobre la margen derecha del arroyo de 1,3 Km por donde se canalizó el arroyo intervenido. Posteriormente, se llevaron a cabo varias actividades relacionadas a la restauración ambiental. Las obras civiles comenzaron en marzo de 2007 y finalizaron en junio de ese mismo año.

Previo a la intervención se realizaron monitoreos de flora, fauna terrestre y fauna acuática. El monitoreo de la flora generó la información necesaria para programar las tareas de restauración de las nuevas márgenes, manteniendo una estructura florística similar a la preexistente.

El proyecto implicó la intervención directa del curso de agua, con remoción de parte del bosque ribereño, implicando un diseño y obra de desvío, que contempló los aspectos ambientales. Dentro de los mismos se consideró, la preservación de áreas de bosque ribereño, la recomposición de los márgenes del nuevo cauce, la conformación del suelo, la revegetación y reforestación de los taludes, mediante la plantación de especies nativas extraídas del propio bosque. Previo a la ejecución del "Desvío del Arroyo Corrales" se requirió de la autorización ambiental otorgada por el entonces Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, con su correspondiente estudio de impacto ambiental. En el proceso de autorización participaron, además, la Dirección Nacional de Hidrografía, la Dirección Nacional de Minería y Geología, la Dirección Forestal y la Comisión de Patrimonio de la empresa Loryser (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

En la actualidad, se ha creado el Ministerio de Ambiente, siendo el organismo que gestiona las evaluaciones de impacto ambiental del sector de extracción de minerales. Según la Legislación Nacional vigente de Uruguay, las normas básicas al

momento de realización del trabajo implican: la Ley n° 17.283, 2000, la Ley n° 15.939, 1987 y la Ley n° 16.466, 1994. El Artículo 1 de Ley n° 17.283, 2000, hace referencia al desarrollo sostenible, como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

En el proyecto del desvío del Arroyo Corrales se tuvo en cuenta este concepto de sostenibilidad ambiental, considerando la preservación de áreas de bosque ribereño y estableciéndose zonas de protección, con la prohibición de ser intervenidas. Del total de monte nativo presente en el área de afectación, fueron removidas 10,5 ha, logrando preservar y mantener sin intervención 13,9 ha.

Conjuntamente, se realizó la recomposición de las márgenes del nuevo cauce, la conformación del suelo respetando la secuencia de horizontes (el horizonte A contiene el banco de semilla para la regeneración natural) y la revegetación de taludes para luego forestar. Por otro lado, se conservó el material genético para su posterior utilización en la recuperación del cauce del Arroyo Corrales. Para ello se identificaron y señalaron todos los árboles y arbustos existentes, se los enviveró dentro del propio bosque nativo y también se realizó la remoción de árboles de porte medio para trasplante mecánico. De esta forma, se definieron tres posibles destinos para los árboles a ser removidos: enviverado- para los ejemplares de menor porte, trasplante mecánico- para los de porte medio y tala- para los de mayor porte. A su vez, con el material proveniente de las actividades de tala como ser, troncos, ramas, follaje y raíces, se crearon corredores biológicos.

En Uruguay la normativa nacional ofrece suficientes garantías para el control de los impactos ambientales de la explotación minera (Rucks, 2011). Según Rucks (2011) la evaluación de impacto ambiental es la condición que desde la dimensión ambiental debe asegurar el Estado a un proyecto en particular. El proyecto contempló la minimización del impacto ambiental, identificando la necesidad de preservar y recuperar las funciones ecológicas que el bosque nativo provee, entre las que se

destacan: protección del suelo frente a la erosión, refugio de fauna terrestre y acuática, reservorio de biodiversidad y mantenimiento de esta.

El presente trabajo se realizó en base a los datos obtenidos del monitoreo de los árboles control identificados en el área restaurada. El monitoreo se llevó a cabo desde el año 2008 hasta el año 2016 y consistió en la evaluación del crecimiento del bosque nativo implantado, a través de la medición de los parámetros diámetro a la altura del cuello (DAC), altura total y supervivencia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

El objetivo general de la presente investigación fue caracterizar la dinámica del crecimiento en la restauración de bosque serrano y ribereño con plantación y riego, luego del desvío del cauce del arroyo Corrales, en Minas de Corrales, Rivera, Uruguay.

1.1.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos fueron;

- a. estratificar el área de restauración en base a la geomorfología.
- b. analizar el crecimiento en diámetro del cuello y altura total de las especies utilizadas en la restauración en el período 2008-2016.
- c. establecer la dinámica de mortalidad y supervivencia de los árboles monitoreados en el período 2008-2016.
- d. definir las estrategias de establecimiento de las plantas y la capacidad de rebrote de los ejemplares monitoreados en el período 2008-2016.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESTAURACIÓN, REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS BOSQUES NATIVOS

Es importante entender los conceptos de restauración, rehabilitación y recuperación para lograr identificar y diferenciar los distintos tipos de conservación y/o manejo de los bosques nativos.

Peña-Becerril et al. (2005) proponen utilizar tres técnicas cuando se busca recobrar los ambientes degradados: 1) la restauración, con el fin de llegar a la condición original del sitio; 2) la rehabilitación, donde se incluyen algunas especies exóticas para superar la degradación (con fines ecológicos y económicos) y 3) la recuperación, donde se utilizan sólo especies exóticas (con fines también ecológicos y económicos). Por otra parte, Luken (1990) indica que la restauración y sus diversas manifestaciones, como la rehabilitación o la revegetación, se basan esencialmente en la manipulación de la sucesión. Finalmente, la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER) propone que la ecología de la restauración es la disciplina que se encarga de proporcionar conceptos, modelos, experimentos y métodos de apoyo a la práctica de la restauración ecológica (SER, 2004).

2.1.1 Restauración

El diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2023), define la palabra restaurar como recuperar, recobrar, reparar, renovar o volver a poner algo en el estado o estimación que antes tenía. Siguiendo el concepto de la RAE (2023), restaurar implica entonces lograr que algo vuelva a su estado de origen (Vargas & Mora, 2008). La SER define a la restauración ecológica como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido” (SER, 2004).

Según Vargas y Mora (2008), la clave para entender el que hacer de la restauración se encuentra en la comprensión de las dinámicas en múltiples escalas espacio-temporales y diferentes niveles de degradación o patrones y jerarquías de disturbios de los ecosistemas, que definen y limitan los objetivos alcanzables y las acciones a realizar según el tipo de ecosistema.

Para Munshower (1994), la restauración ecológica se define como el “retorno de un sitio degradado a la condición ecológica exacta que exhibía antes del disturbio”. Mientras que Bradshaw (2002) la define como “el proceso de inducción y asistencia a los componentes bióticos y abióticos de un ambiente para devolverlos a su estado no deteriorado u original en el que se encontraban”.

Aronson et al. (1993) propone la utilización de los términos en dos categorías: restauración en “sensu lato” y restauración en “sensu stricto”. La restauración en “sensu lato” posibilita la preservación de la capacidad del ecosistema a recuperarse de los efectos negativos de la degradación, no retornando exactamente a la condición original. La restauración en “sensu stricto” significa el retorno completo del ecosistema degradado a las condiciones ambientales originales.

La World Wildlife Fund for Nature (WWF) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) definen el término restauración del paisaje forestal (RPF) como “un proceso planificado que pretende recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes forestales que han sido deforestados o degradados”, como se cita en Mansourian (2005).

Jarro y Montoya (2004) como se cita en Villate-Suárez y Cortés-Pérez (2018) mencionan que, para el caso de trabajos con ecosistemas ribereños, la restauración ecológica busca aumentar la cobertura vegetal nativa, mantener las relaciones ecológicas y mejorar la interacción de los componentes bióticos y abióticos.

Los postulados generales de la restauración ecológica sostienen que los ecosistemas no responden a finalidad alguna, sino que son conjuntos de factores bióticos y abióticos cuyos variados componentes interactúan, mediante adaptaciones locales mutuas desarrolladas a través del tiempo y, sobre todo, se caracterizan por una serie de funciones que se desarrollan, con cierta estabilidad y en una progresión más o menos clara, a través del tiempo (Sánchez, 2005).

2.1.2 Rehabilitación

Para Lake (2001) la rehabilitación y restauración pueden ser llevadas a cabo de forma pasiva, en donde se reducen los procesos de degradación y con ello se logra

que la recuperación se realice naturalmente, o activa, donde los procesos de degradación se reducen o se detienen, mediante intervenciones, como por ejemplo reintroducción de especies y eliminación de exóticas. En tal sentido la plantación de árboles nativos o de especies pioneras dominantes y de importancia ecológica pueden iniciar un proceso de rehabilitación (Vargas & Mora, 2008).

Aronson et al. (1993) señalan que la rehabilitación supone un retorno del ecosistema degradado a algún estado alternativo, en tanto con fuerte intervención antrópica, sería la conversión del ecosistema degradado en otro menos degradado, pero completamente diferente al original. En tal sentido, la rehabilitación busca mejorar la condición de un área seleccionada, pero no necesariamente en la dirección del estado no dañado preexistente (Bradshaw, 2002). Del mismo modo la SER establece que la rehabilitación no implica retornar a un estado original (SER, 2004).

Bradshaw (2002) y Lake (2001) definen a la rehabilitación como cualquier acto de mejoramiento del ecosistema desde un estado degradado a otro menos degradado. Lo que se busca es devolver la estructura, la productividad del ecosistema y sus servicios.

Rehabilitar consiste en gestionar la sucesión mediante la intervención humana, a través de acciones que pueden ir desde la eliminación o control de factores de tensión que actúan en el sistema (sobrepastoreo, incendios etc), así como la incorporación de especies (plantas, animales) y materiales (fertilizantes, residuos orgánicos, agua) hasta obtener la regulación de la velocidad de los procesos ecosistémicos (Brown & Lugo, 1994).

Es posible recuperar la función ecosistémica sin recuperar completamente su estructura, en tal caso se está hablando de una rehabilitación de la función ecosistémica, muchas veces incluso con un reemplazo de especies. Por lo tanto, un ecosistema rehabilitado no es igual al original ni a uno restaurado, sino un ecosistema que ha recuperado algunas funciones (Brown & Lugo, 1994).

Vargas y Mora (2008) mencionan que la rehabilitación consiste en realizar acciones que permitan recuperar la función ecosistémica, sin pretender recuperar la

estructura original. Es importante mencionar que los ecosistemas se recuperan por sí solos cuando no existen o se eliminan las tensiones o barreras que impidan su regeneración, en un proceso conocido como restauración pasiva o sucesión natural. Cuando los ecosistemas están muy degradados es necesario asistirlos mediante mecanismos denominados restauración activa o asistida o sucesión dirigida o asistida (Vargas, 2011).

Matos (2005) como se cita en Lake (2001), señala que rehabilitar es hacer que un ecosistema degradado vuelva a un estado no degradado, aunque sea diferente al original, esta técnica admite la utilización de especies diferentes a las nativas. La restauración y sobre todo la rehabilitación pueden ser desarrolladas con objetivos no ecológicos, como por ejemplo mejoras estéticas o recreativas del paisaje.

2.1.3 Recuperación o reemplazo

Según SER el término recuperación hace referencia al retorno a un estado de utilidad del ecosistema, sin tener como referente el estado original o predisturbio. A menudo se realiza en sitios donde las actividades de tipo industrial o de minería han causado una degradación severa y/o un alto grado de contaminación (SER, 2004; Vargas & Mora, 2008).

Ehrenfeld (2000) señala que la recuperación busca generar un ecosistema donde la composición y estructura no refleje las del ecosistema predisturbio.

Munshower (1994) menciona que las acciones que se realizan son tendientes a la construcción de la topografía, el suelo y las condiciones que faciliten el establecimiento de las plantas después del disturbio, lo que permite que la tierra que ha sido degradada funcione adecuadamente en el ecosistema del cual era y es parte.

2.2 EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN EN MINERÍA A NIVEL INTERNACIONAL

2.2.1 Restauración de paisajes forestales

2.2.1.1 Restauración con especies arbóreas nativas

La recuperación de las tierras forestales después de la perturbación minera a menudo se ha centrado en la revegetación con relativamente poca atención a la recreación de la forma del terreno y el uso de especies nativas o el restablecimiento de la cubierta arbórea (Grant & Koch, 2007). Parrotta (1993) menciona que, en condiciones de recuperación natural del bosque, las especies arbóreas pioneras pueden establecerse, pero su esperada senescencia y mortalidad en un plazo de 10 a 20 años podría dar lugar a una sucesión detenida o a la apertura del dosel. Estas condiciones facilitan la invasión de especies herbáceas persistentes y propensas al fuego, que impiden o ralentizan gravemente la regeneración forestal posterior. Parrotta y Knowles (1999) indican que, en el oeste del Estado de Pará en Brasil, la mina de bauxita Trombetas, operada por Mineração Rio do Norte S.A., situada en la Selva Nacional de Saracá-Taquera, desde 1979 ha desarrollado un programa de reforestación destinado a restaurar la cubierta forestal primaria destruida a un ritmo de aproximadamente 100 ha/año. Estos autores, evaluaron entre 1995 y 1997, la estructura del rodal, la composición florística y el desarrollo del suelo forestal de esos bosques en rodales de 9 a 13 años, utilizando cuatro técnicas diferentes de reforestación. Estas técnicas incluían: 1-tratamiento de regeneración natural, 2-tratamiento mixto de especies comerciales, que incluía *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. urophylla*, *Corymbia citriodora*, *C. torreliana*, *Acacia mangium* y la especie nativa *Sclerolobium paniculatum*. 3-tratamiento de siembra directa, donde se plantaron 48 especies de bosques primarios nativos, en su mayoría de vida corta, este rodal se segó al año a una altura de 40 cm para estimular la brotación. 4-tratamiento de especies nativas mixtas, en el cual se plantaron 70 especies arbóreas nativas de sucesión.

Los resultados del estudio de Parrotta y Knowles (1999) revelan que existen diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento de especies comerciales

mixtas se destaca por ser el más productivo, en crecimiento del área basal y altura de los árboles. La abundancia, la altura media y la riqueza de especies de árboles y arbustos que se regeneran en el sotobosque fueron significativamente menores, que en los tratamientos de siembra directa y tratamientos de mezcla de especies autóctonas, probablemente debido a las rápidas tasas de crecimiento de los árboles plantados, a altos niveles de luz en el sotobosque y al aumento de la de hierbas y pastos, lo que provocaría un aumento de la competencia radicular entre las especies leñosas en germinación, limitando la germinación del banco de semillas y/o la aportación de semillas por parte de aves, murciélagos y otros mamíferos que son los principales agentes de dispersión de semillas desde el bosque primario. El predominio de las especies de vida corta (20 y 20-40 años) en este tratamiento, hace que el dosel corra riesgo de senescencia temprana, sin un sotobosque alto, denso y rico en especies estos rodales podrían pasar a estar dominados por hierbas, árboles y arbustos pioneros de muy corta vida (Parrotta & Knowles, 1999).

El tratamiento de siembra directa presenta alto valor en área basal, en abundancia de especies para los árboles plantados y regeneración del sotobosque. La debilidad estructural de estos rodales es el predominio de su área basal compuesta por especies de vida muy corta (20 años), en particular *Sclerolobium paniculatum*, que representa más del 50 % del área basal total de la masa del rodal. Este tratamiento presenta alta densidad de hierbas en el sotobosque que puede estar dada por la apertura del dosel permitiendo que penetre más luz en el suelo y facilitando el establecimiento de estas. Una vez que el dosel de *Sclerolobium paniculatum* llegue a senescencia, quedará por ver si las especies más longevas que se establezcan podrán competir con éxito para suprimir las hierbas (Parrotta & Knowles, 1999).

Respecto a los tratamientos restantes, tanto los rodales de regeneración natural como los de especies nativas mixtas se están desarrollando hacia el bosque nativo secundario tardío, aunque este proceso parece más avanzado en el último tratamiento. El tratamiento de regeneración natural presenta mayor cobertura de copas y área basal pero menor abundancia y riqueza de especies leñosas, estando dominado por especies pioneras de vida corta (*Cecropia*, *Vismia*, *Byrsonima spp.*). La baja densidad de

plántulas leñosas y tallos más grandes en este tratamiento plantea dudas sobre si habría suficiente cobertura de especies para suprimir las hierbas cuando las especies pioneras lleguen a la senescencia (Parrotta & Knowles, 1999).

En el tratamiento de especies nativas mixtas la abundancia y riqueza de especies leñosas son mayores y se está desarrollando hacia el bosque nativo secundario tardío en un proceso que parece más avanzado que el resto de los tratamientos. Este tratamiento presentó una distribución más uniforme en cuanto a la vida de las especies arbóreas y el área basal total. En estos rodales, las especies arbóreas de vida muy corta (20 años) comprenden el 45 % del área basal total y las especies de larga vida (40 años) el 23 % del área basal total. Las plantaciones de especies nativas mixtas presentan resultados que parecen ser autosostenibles en un proceso de restauración, contrariamente a las suposiciones de algunos restauradores de que los sistemas forestales de alta diversidad no pueden establecerse con éxito (Parrotta & Knowles, 1999).

Otro ejemplo de restauración en minería es en los bosques de Jarrah en Australia tras la extracción de bauxita. En este caso los objetivos de la restauración incluyen la protección de la biodiversidad autóctona, la protección de las cuencas hidrográficas, la productividad de la madera y la reconstrucción de ecosistemas forestales compatibles con los valores y usos del paisaje forestal circundante (Gardner & Bell, 2007). Inicialmente se plantaban pinos exóticos o eucaliptos no autóctonos, aunque esta técnica fue sustituida a finales de la década de 1980 por el uso exclusivo de especies arbóreas autóctonas y el restablecimiento de la vegetación autóctona del sotobosque mediante la siembra, la plantación o la colocación directa de materiales de la superficie del suelo, lo que permitió mejorar la disponibilidad de semillas de esas especies (Grant & Koch, 2007).

La comunidad vegetal que se desarrolle en las tierras mineras recuperadas estará en función de: la forma del terreno y la topografía, los factores climáticos y meteorológicos locales, las propiedades del suelo, los tratamientos de restablecimiento de la vegetación, la perturbación posterior, los impactos de la vida silvestre y la gestión

de la tierra (Angel et al., 2005; Burger y Fannon, 2009; Tropek et al., 2013). Para Parrotta (1993) y Koch (2007), el restablecimiento de un dosel cerrado formado por especies arbóreas nativas ayuda a promover el establecimiento de plantas nativas del sotobosque. Esto es fundamental para reconstruir los nutrientes del suelo y facilitar su desarrollo, así como promover la recolonización de la fauna vertebrada e invertebrada nativa.

La selección de las especies para la recuperación debe ser realizada teniendo en cuenta las características del lugar incluyendo la humedad disponible, la textura del suelo, la salinidad, el pH, la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes (Davis et al., 2012; Moreno-de Las Heras et al., 2008; Purdy et al., 2005 y Zipper et al., 2011). La humedad del suelo es importante para el desarrollo de la vegetación (Huang et al., 2013). Suelos de textura gruesa suelen tener una humedad disponible muy baja, incluso en climas húmedos, por lo que requieren especies tolerantes a la sequía (Zipper et al., 2013).

Parrotta et al. (1997), Davis et al. (2012), también mencionan que la selección de especies arbóreas para una zona en recuperación debe ser realizada teniendo en cuenta la influencia de la forma del terreno, la topografía, el clima y los suelos. Es aconsejable plantar una mezcla de especies arbóreas, debido a que las condiciones del suelo en las zonas de recuperación son muy variables, lo que proporciona una variedad de hábitats potenciales y permite que el bosque en crecimiento desarrolle resistencia y resiliencia a las plagas y otros factores de estrés. Macdonald et al. (2015) proponen el concepto de plántulas objetivo, basándose en la adecuación al objetivo, donde los factores limitantes de los lugares de recuperación se utilizan para determinar los tipos de plántulas ideales, con consideraciones específicas para cada especie y lugar.

Plantar distintas especies arbóreas que representan diferentes historias de vida, tolerancia al estrés y estado de sucesión puede tener otros beneficios, como el aumento de la productividad forestal mediante la facilitación y la distribución de los recursos, así como el aumento de la diversidad de la flora y la fauna asociadas, tanto por encima como por debajo del suelo (Macdonald et al., 2015). En tal sentido Parrotta et al. (1997)

mencionan que el uso de siembra directa o lluvia de semillas para la regeneración de árboles, en los sitios de recuperación forestal, se evita, ya que el establecimiento de los árboles tiende a ser lento e irregular y los lugares tienden a ser dominados por las especies arbóreas menos deseables y dispersadas por el viento. Por lo tanto, la plantación de árboles sigue siendo una de las estrategias más eficaces para restablecer la cubierta forestal en las zonas afectadas por las perturbaciones industriales.

El éxito de la recuperación o restauración de los ecosistemas forestales tras la explotación minera puede evaluarse si el bosque recuperado es productivo y autosuficiente y si cumple con los objetivos ecológicos, económicos y sociales. El logro de estos objetivos se basa en un enfoque integrado que incluye; la construcción de la forma del terreno que dará la estabilidad geotécnica y los procesos hidrológicos deseados a largo plazo; la colocación y el manejo cuidadoso de los materiales de sobrecarga y del suelo superficial; la revegetación natural combinada con el uso de materiales de la superficie, la siembra y la plantación de especies autóctonas (Macdonald et al., 2015).

Para Macdonald et al. (2015), los marcos normativos deben tener una evolución continua que reconozcan y acepten la variación de los objetivos y resultados, lo que facilitará la restauración de los bosques tras ser perturbados por las explotaciones mineras. Resaltar la importancia del enfoque de paisaje es vital para tener éxito en procesos de restauración ecológica, basados en que, si no se conoce bien la estructura y función de los paisajes, no se pueden acelerar procesos en los cuales se tenga en cuenta la dinámica de poblaciones, comunidades y ecosistemas (Armenteras & Vargas, 2016).

2.2.1.2 Prácticas para disminuir la compactación del suelo

La restauración de los paisajes forestales debido a la perturbación de la minería tiene como desafío recrear la complejidad del relieve, la composición y la función del ecosistema, así como volver a desarrollar los tipos de suelo que en los sistemas naturales se desarrollan durante largos períodos de tiempo (Macdonald et al., 2015). En el mismo sentido Grant y Koch (2007), Zipper et al. (2011), mencionan que

el objetivo de la restauración forestal es devolver a la tierra su capacidad productiva, donde el ecosistema y las especies autóctonas que lo componen, proporcionen valores económicos y ecológicos.

La compactación del suelo, la disminución de la porosidad, la capacidad de infiltración del suelo y la pérdida por erosión de al menos una parte de las comunidades de microbios, hongos e invertebrados del suelo pueden dificultar la recuperación del bosque natural (Parrotta & Knowles, 1999). Los bosques son ecosistemas estructuralmente complejos con una diversidad de especies de plantas, donde las especies dominantes son muy longevas, por lo que es necesario tener en cuenta el desarrollo sucesional a largo plazo de estos ecosistemas (Macdonald et al., 2015).

La Ley de Control y Recuperación de Minas de Superficie realizada por Surface Mining Control and Reclamation Act en el año 1977, promulgada en Estados Unidos, provocó un importante cambio en las prácticas de recuperación de explotación minera y una estrategia para restaurar las condiciones ambientales después de la minería (Skousen & Zipper, 2014). El objetivo inicial era reducir la erosión, lo que llevó a que se promoviera la nivelación y el alisado de la superficie del terreno recuperado y el rápido establecimiento de hierbas y leguminosas, a menudo forrajes agrícolas (Chaney et al., 1995, Plass, 1982, Torbert & Burger, 2000, como se cita en Macdonald et al., 2015). Skousen y Venable (2008) afirman que, si estas tierras no se utilizaran para el pastoreo, podrían volver de forma natural a vegetación leñosa, sobre todo en los lugares adyacentes a los bosques.

El acopio de material de suelo forestal es de vital importancia, en la recuperación de áreas de bosque nativo, la limitante es que el mismo pierde rápidamente su viabilidad cuando no es colocado en forma directa, por lo que la colocación directa ha demostrado ser prometedora en ensayos realizados en diferentes lugares (Holmes, 2001, Iverson & Wali, 1982, Koch et al., 2007, Rokich et al., 2000, Tacey & Glossop, 1980, como se cita en Macdonald et al., 2015). En ese sentido la calidad nutricional y calidad biológica del suelo, disminuye durante el acopio (Grant et al., 2007; Mackenzie & Naeth, 2010), por lo que el suelo recuperado constituye un

valioso recurso vivo y debería utilizarse y redistribuirse lo antes posible después de su recuperación (Grant & Koch, 2007; Koch, 2007; Macdonald et al., 2015; Zipper et al., 2013).

El material del suelo forestal, incluyendo la hojarasca, la hojarasca en fermentación, las capas de humus y los horizontes minerales superficiales, albergan un rico banco de brotes y semillas, que sirven como principal fuente de propágulos de especies autóctonas para el restablecimiento de la vegetación tras perturbaciones naturales y causadas por el hombre (Greene et al., 1999; Paré et al., 1993; Schimmel & Granstrom, 1996). El suelo del propio lugar proporciona materia orgánica, fauna, microorganismos, propágulos de plantas nativas y ayuda a mantener el capital de nutrientes en el sitio, facilitando así el restablecimiento del ciclo de nutrientes (Grant et al., 2007; Skousen et al., 2011; Mackenzie & Naeth, 2010).

El potencial de este material para su uso en la recuperación fue reconocido en Australia en la década de 1970 (Grant & Koch, 2007) y en Norteamérica este enfoque ha ganado interés recientemente (Cohen-Fernandez & Naeth, 2013; Macdonald et al., 2015; Mackenzie & Naeth, 2010; Skousen et al., 2011). Mackenzie y Naeth (2010), Mackenzie y Quideau (2012), indican que el uso de material del suelo forestal como enmienda orgánica dio lugar a una mejor disponibilidad de nutrientes y a una mayor riqueza y abundancia de plantas que la turba y minerales.

4.2.1.3 Prácticas para restaurar la cubierta vegetal

En zonas de recuperación la siembra de una cubierta herbácea es usada como medida para controlar la erosión. La selección de especies se realiza teniendo en cuenta la época del año, la disponibilidad de semillas, las características del suelo y los objetivos de uso de la tierra (Skousen & Zipper, 2010). La cubierta vegetal debe ser establecida antes del período de lluvia, ya que es cuando se produce la mayor parte del desarrollo vegetal (Hoomehr et al., 2015).

La mezcla de semillas a ser sembradas debe contener al menos una especie que pueda germinar y establecerse rápidamente para estabilizar los suelos y evitar que las semillas de las especies de establecimiento más lento queden enterradas o sean

arrastradas fuera del lugar de recuperación. Frecuentemente se utiliza una mezcla de semillas de especies anuales y leguminosas perennes que proporcionan una cobertura más persistente (Skousen & Zipper, 2010).

Las plantas anuales proporcionan una cobertura de rápido establecimiento, además de estabilizar el suelo, retener los nutrientes en el lugar y aportar materia orgánica, iniciando el ciclo de nutrientes y los procesos de construcción del suelo. La selección de especies se realiza teniendo en cuenta su capacidad para germinar y establecerse en la estación en la que se siembra, o lo antes posible. A menudo se utilizan especies agronómicas por su bajo costo, su adaptación a distintos tipos de suelo y requisitos de establecimiento (Skousen & Venable, 2008).

Macdonald et al. (2015) mencionan que las gramíneas generalmente se utilizan como mezcla de semillas en siembras anuales. La densidad de siembra se define en función de la estación del año, por lo que en siembras tardías las densidades son más elevadas, ya que las plantas anuales se reducirán o morirán antes de que otras especies se establezcan. En siembras tempranas deben utilizarse densidades de siembra más bajas para evitar la competencia con otros componentes de la vegetación en desarrollo. El uso de especies perennes, como las leguminosas, proporciona una cubierta vegetal que luego será reemplazada por otras especies, además de aportar nitrógeno al suelo (Grant et al., 2007).

El uso de especies con raíces pivotantes son beneficiosas para aflojar el suelo compactado, ya que a menudo los cultivos de cobertura se utilizan para la estabilización inicial del suelo en los sitios de recuperación y también sirven para inhibir el establecimiento de malezas, a la vez que proporcionan un refugio temporal para las especies del sotobosque natural hasta que se desarrolle un dosel arbóreo suficiente (Chen & Weil, 2010; Skousen & Zipper, 2010).

Se pueden utilizar distintos métodos de siembra en una zona en recuperación, esto dependerá del tamaño del área a recuperar y de la topografía del terreno (Newman & Redente, 2001). La siembra al voleo se realiza generalmente a mano y no requiere equipo especializado, siendo adecuada para zonas pequeñas; en superficie más grandes

la siembra al voleo se realiza con equipos agrícolas convencionales; por lo que este es el método apropiado si las condiciones del suelo son adecuadas, aunque se limita a lugares relativamente planos (Macdonald et al., 2015).

2.2.2 Cambio en el uso del suelo luego de un disturbio

La tasa de deforestación es afectada por el grado relativo de fragmentación de los ecosistemas naturales y puede observarse con la expansión de la frontera agrícola que ha generado numerosos fragmentos de bosque inmersos en una matriz donde predominan sistemas agrícolas y ganaderos (Armenteras et al., 2013; Meza y Armenteras, 2018). El aumento en el número de fragmentos, la reducción de su área y el aumento en la distancia entre estos, son una limitante para algunos procesos ecológicos como la dispersión de semillas, la colonización, la migración y la interacción entre especies (Matteucci, 2004).

La fragmentación y sus consecuencias conllevan a cambios de amplio alcance en la recomposición de comunidades forestales, generando tensiones entre las especies de plantas tolerantes a la sombra y favoreciendo la regeneración de árboles pioneros, hasta que algunas poblaciones alcancen un umbral por debajo del cual son inviables (Laurance et al., 2000; Santos & Telleria, 2006).

Un disturbio es cualquier evento discreto en el tiempo que altera la estructura de un ecosistema, comunidad o población, ocasionando cambios en la distribución de los recursos, la disponibilidad de nutrientes y/o las características del ambiente físico (Pickett y White, 1985). Los disturbios antrópicos predominan actualmente en casi todos los ecosistemas y se relacionan principalmente con: deforestación, quemas, ganadería, agricultura, minería, construcción de obras civiles (embalses, oleoductos y carreteras), plantaciones forestales e invasiones biológicas.

Fariña (2000), Turner (2010), mencionan que los disturbios son un componente clave en todos los sistemas ecológicos afectando los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos. Afectan la dinámica de los ecosistemas en todos los niveles de organización, desde individuos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes (Pickett & White, 1985).

Los disturbios también generan cambios espaciales que son aprovechados por especies invasoras al cambiar los gradientes de recursos. Actualmente muchos países presentan problemas ocasionados por las especies invasoras, ya que afectan los procesos naturales e impiden la regeneración y dispersión de la biota nativa (Armenteras & Vargas, 2016).

Monitoreos realizados en el año 2005, en el bosque ribereño del Arroyo Corrales, previo a la intervención minera, muestran sus características estructurales y lo describen como un bosque de régimen tallar, debido a que los árboles han sido talados en algún momento, lo que significa un disturbio ambiental pasado, por lo que en la actualidad el bosque se compone de una mezcla de rebrotes y ejemplares fustales (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

2.3 IMPORTANCIA DE LOS CORREDORES BIOLÓGICOS

Para asegurar la conservación de la biodiversidad en el largo plazo se reconoce que los espacios protegidos aislados no garantizan por sí mismos el mantenimiento de la biodiversidad, de modo tal que son necesarios el establecimiento de redes y conectores, para mitigar los efectos del aislamiento causado por la fragmentación del hábitat. De esta forma se lograría la pretendida necesidad de mitigar la pérdida acelerada de biodiversidad estableciendo diversas categorías de áreas de conservación (Gutiérrez et al., 2012).

Kattan y Naranjo (2008) definen a los corredores biológicos como elementos lineales de hábitat que conectan físicamente a los fragmentos o áreas de conservación, de manera que las especies pueden trasladarse entre ellos, siendo necesarios sobre todo para aquellas especies que están restringidas a los fragmentos y se ven impedidas de cruzar la matriz. La implementación o preservación de los corredores es una manera de promover la conexión entre el hábitat. Otras especies son capaces de cruzar la matriz, utilizando temporal o permanentemente, en tal caso la conectividad depende de los tipos de hábitat que componen la matriz y de la distancia entre fragmentos.

Taylor et al. (2006), Crooks y Sanjayan (2006), como se cita en Alonso-F. et al. (2017), indican que la conectividad es la función principal de un corredor biológico

y es definida como el grado al cual el paisaje facilita o impide el movimiento de la biota entre fragmentos de hábitat, resultado de la interacción entre procesos de comportamiento como movimiento, reproducción, forrajeo y la estructura física del paisaje.

Uno de los temas centrales de la relación entre paisajes y restauración es cómo aumentar la conectividad de los paisajes, para lo cual el concepto de redes ecológicas es una estrategia o modelo de protección territorial, que optimiza las relaciones entre hábitats, especies y poblaciones con el objetivo de garantizar la conservación de la biodiversidad: especies, hábitats y paisajes (Jongman et al., 1995, como se cita en Armenteras & Vargas, 2016).

Cracco y Guerrero (2004) mencionan que el concepto de corredor biológico fue desarrollado por investigadores en el campo de la Biología de la Conservación y se ha enriquecido con observaciones empíricas de los sistemas tradicionales de uso del suelo, como la agroforestería, agricultura itinerante, cultivos múltiples y multiestrato, entre otros. Para estos autores la visión inicial consideraba al corredor biológico como un terreno lineal ubicado entre dos áreas protegidas que cumple la función de conectarlas entre sí para promover el intercambio reproductivo de organismos biológicos, como poblaciones y especies que son demasiado pequeñas para sobrevivir aisladas en tiempo y espacio. Sin embargo, el concepto ha evolucionado y ahora tiende a definirse de manera más integral. Hoy en día se habla de una matriz territorial o mosaico de usos de la tierra, que conectan fragmentos de bosque natural a través del paisaje. Aunque la idea general es clara, no existe un modelo unificado, lo cual se refleja en la diversidad de diseños, tamaños y métodos de implementación que se emplean.

El bosque fluvial del Arroyo Corrales oficia de corredor biológico para muchos animales, según Piaggio y Delfino (2009), siendo la vegetación allí existente la base de los procesos tróficos, proveyendo alimento y refugio. Sganga (1994) hace referencia a que el bosque fluvial actúa como regulador del movimiento del agua entre los ambientes terrestres y acuáticos, así como en la dinámica de los nutrientes,

sedimentos y materia orgánica, desempeñando un rol de conector entre el ambiente de pradera y el acceso al agua para los animales.

En el proyecto del desvío del Arroyo Corrales uno de los objetivos fue mantener la diversidad biológica en el área de intervención mediante la preservación de áreas de bosque nativo compatibles con la traza del canal de desvío, minimizando las intervenciones y conservando el entorno natural. Para ello cuando se intervino el bosque el destino de los troncos, ramas, follaje y raíces fue la creación de corredores biológicos. Las ramas fueron depositadas en forma de corredor, sobre la margen norte del nuevo tramo del arroyo, creando refugios para la fauna terrestre y albergando diversas especies de aves y mamíferos, al mismo tiempo que favoreció el crecimiento de plantas de pequeño y gran porte que incrementan la biodiversidad en el entorno, según el Informe Ambiental de Loryser de 2007 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

2.4 DINÁMICA DE LAS ESPECIES EN UN ECOSISTEMA

Existen diferentes formas de clasificar a las especies en un ecosistema, el requerimiento de luz definirá la dinámica de las especies. Swaine y Whitmore (1988) mencionan que clasificar a las especies permite definir grupos ecológicos de especies en los que los individuos comparten características de importancia para determinar la estructura y composición del bosque.

Algunas especies pueden germinar debajo de un dosel, se establecen y crecen, mientras que otras necesitan un aumento de la radiación solar para poder crecer, aunque todas tienen la capacidad de regenerar en el lugar debajo de un dosel, por lo que a estas se les llama especies secundarias, o especies clímax. En otro extremo existen especies cuyas plántulas no se encuentran debajo del dosel, sino que aparecen después de la creación de un espacio abierto, no regenerándose en el lugar, denominadas especies pioneras (Swaine & Whitmore, 1988).

Westoby et al. (2002) proponen que las plantas utilizan los mismos recursos principales de luz, agua, CO₂ y nutrientes y lo que las diferencia ecológicamente es

cómo adquieren esos recursos. Hojas, tallos, raíces y semillas varían entre especies en la construcción de la planta, en la vida útil y en la asignación relativa de esos recursos.

El manejo de bosques trata con ecosistemas con largos períodos de desarrollo. Por ejemplo, para producir un bosque maduro puede demorarse de 35 a 100 años o incluso una selva con toda su complejidad puede tardar hasta 400 años. El proceso además de largo es complejo, implica el establecimiento de especies pioneras, su crecimiento y sustitución por otras especies. Este desarrollo ecológico se denomina sucesión (Raven et al., 1992).

Según Odum (1988), el concepto de sucesión es el desarrollo del ecosistema, el cual involucra cambios en las estructuras de especies y procesos de la comunidad a lo largo del tiempo. Cuando la sucesión no es interrumpida por fuerzas externas, es bastante direccional y por tanto previsible.

Otra definición de sucesión es la propuesta por Henderson et al. (1991) como la sustitución ordenada de las especies a través del tiempo en un sitio determinado, lo que conduce a la larga, a una comunidad vegetal por lo general estable. A este punto se le denomina comunidad clímax.

Según Begon et al. (1999), el proceso de sucesión puede definirse como el patrón no estacional, direccional y continuo de colonización y extinción de las poblaciones de especies de una localidad. Es una definición general y comprende una gama de secuencias sucesionales que se producen a escalas de tiempo muy diferentes y por tanto generando también resultados distintos.

2.4.1 Clasificación de especies según requerimientos de luz

La luz afecta directamente el crecimiento de los árboles a través de su intensidad, calidad y duración. La calidad de la luz que penetra el dosel es distinta si se trata de los bosques coetáneos o de los disetáneos. La extensión de longitudes de onda del espectro que es absorbida al pasar a través del follaje verde varía, donde la tasa de absorción es alta (>90 %) para longitudes de onda alrededor de 680 nm (rojo) y 400-500 nm (azul-violeta) mientras que la absorción en las bandas fotosintéticamente más inertes es muy baja. Eso implica que la luz que ya ha pasado por algunas hojas tiene un efecto

fotosintético menor en las hojas de sombra, de lo que se indica únicamente por el debilitamiento de la intensidad de luz total, es decir, por el brillo reducido. Estos resultados abren un amplio abanico de nuevos aspectos en el problema del balance de radiación de los árboles, porque apuntan a los efectos negativos de los rodales con varios estratos verticales o con edades desiguales sobre la productividad (Begon et al., 2006).

Las plantas dependen de la absorción de luz para poder crecer, cuando los demás recursos necesarios, agua y nutrientes, están disponibles en cantidad adecuada, la luz pasa a ser un factor limitante, generando competencia entre las mismas, estimulando la producción de hojas para captar casi toda la luz directa. La tasa de crecimiento es un factor decisivo en la competencia entre plantas. El hecho de que las plantas no se mueven del lugar y dependen de la absorción de luz crea el escenario para sus interacciones competitivas (Raven et al., 1992).

El uso de la luz por parte de las plantas implica el concepto de tolerancia, donde las especies pueden ser tolerantes, intolerantes o intermedias. Las tolerantes pueden crecer relativamente bien cuando disponen de poca luz, pero no crecerá rápidamente cuando están en una situación de plena luz. Las intolerantes crecerán solamente a pleno sol, tendrán tasas de crecimiento más rápidas que las tolerantes a niveles de luz cercanos a pleno sol y las intermedias son las que responden rápidamente a la disponibilidad de plena luz solar, similar a la respuesta de las especies intolerantes, pero su mayor tasa de crecimiento se da a intensidades menores, cercanas al 70 % de pleno sol (Begon et al., 1999).

Existen plantas que desarrollan características y estrategias que les permiten explorar los ambientes sombreados, otros árboles exigen alta intensidad lumínica pudiendo sobrevivir como plántulas y desarrollarse a árboles adultos cuando los demás árboles están ausentes o cuando se genere una brecha, permitiendo mayor disponibilidad de luz y de otros recursos, que les permita acelerar su crecimiento y llegar al nivel del dosel. Con el aumento de la intensidad lumínica aquellas plántulas que ya estaban establecidas pueden acelerar su crecimiento y aumentar su espacio en

el dosel. Cualquier planta que eleve su copa por encima de los demás, puede interceptar la luz, dejando a sus competidores en la sombra, y de este modo en gran desventaja. Las especies de árboles que toleran poca luz son llamadas tolerantes a la sombra y las que no toleran son intolerantes a la sombra (Raven et al., 1992).

Dentro de un bosque o selva, a raíz de las distintas estrategias que presentan las plantas para utilizar la luz solar, se forman estratos. Al estrato superior se le denomina dosel y es el que contiene a las copas de los árboles que han alcanzado pleno sol, o sea, que tienen libre o completo acceso a todo el espectro de luz solar. Luego se forman distintos estratos verticales que acceden a la luz en distinta intensidad, la cual va disminuyendo a medida que se llega al suelo del bosque o selva (Begon et al., 2006).

2.4.1.1 Especies pioneras y no pioneras

Swaine y Whitmore (1988) proponen una división simple de especies en dos grupos o gremios, conocidos como pioneros y no pioneros, basándose en los requerimientos para la germinación de las semillas y el posterior establecimiento de las plantas. Algunas especies pueden germinar debajo de un dosel y se establecen y crecen, mientras que otras necesitan un aumento de la radiación solar para su crecimiento. Las especies pioneras son especies cuyas semillas sólo pueden germinar en claros del dosel y en lugares donde la luz del sol incide a nivel del suelo por al menos parte del día. Las especies no pioneras son aquellas cuyas semillas pueden germinar bajo la sombra del sotobosque, y raramente germinan a pleno sol, permanecen y se establecen en la sombra y sobreviven allí. Muchas de esas especies se encuentran bajo el dosel, pero también pueden verse en entornos abiertos (aunque en algunas especies no por mucho tiempo).

Peña-Becerril et al. (2005) proponen también diferenciar ecológicamente a las especies en tolerantes a la sombra y las demandantes de luz (pioneras). Las pioneras completan su ciclo de vida únicamente en los claros del bosque, donde germinan y se desarrollan estimuladas por las condiciones de alta iluminación y altas temperaturas.

Klaus-Jürgen et al. (2010) definen a las especies pioneras como aquellas que colonizan inicialmente un área nueva no ocupada por otras especies. Presentan gran

capacidad de multiplicación y corta vida; producen diásporas de pequeño tamaño, muy fáciles de transportar y en gran número, lo que les proporciona gran capacidad de dispersión siendo las primeras en ocupar espacios vacíos. En las etapas más avanzadas de la sucesión son desplazadas por especies especializadas en condiciones estables, más longevas y eficientes, con las que no pueden competir.

Estudios realizados en la selva tropical, permiten afirmar que el desencadenante de la germinación para las especies pioneras es el cambio en la calidad de la luz, dado por un aumento de la luz roja después de la remoción del dosel, o la fluctuación de la temperatura del suelo en el correr del día. En las zonas templadas estudios revelan que existen otros desencadenantes, como son: descarga de nutrientes nitrogenados, contenido fluctuante de la humedad del suelo o el aumento de la radiación (Swaine & Whitmore, 1988).

Las demandantes de luz o pioneras presentan elevada velocidad de crecimiento en comparación con las especies tolerantes; dado por tasas de fotosíntesis y respiración que se consideran elevadas dentro del rango encontrado para las especies arbóreas tropicales. Poseen elevada producción de frutos o infrutescencias con abundante producción de semillas. El establecimiento de estas plántulas y su desarrollo al estadio juvenil es un periodo de alto riesgo de muerte, siendo la sobrevivencia favorecida en individuos que presentan una germinación temprana, así como los que alcanzan tallos grandes por medio de altas tasas de crecimiento. Presentan ciclo de vida corto, menor a los 50 años y comúnmente mueren de pie, con su copa y tronco fragmentándose paulatinamente (Peña-Becerril et al., 2005).

Según Peña-Becerril et al. (2005), los árboles tolerantes permanecen en el bosque como plantas maduras por largos periodos de tiempo, presentan ciclo de vida largo, generalmente mayor de 100 años y alcanzan el dosel más alto de la comunidad, formando parte de la estructura general del bosque. Tienen menores tasas fotosintéticas y de respiración, la fijación del carbono atmosférico se realiza a una velocidad seis veces menor que en las plantas pioneras, por ello presentan un ritmo de crecimiento menor, necesitando así varias décadas para alcanzar el estadio reproductivo. Los

mismos producen una cantidad menor de semillas que las pioneras; por lo general, estas semillas son de dimensiones grandes y comúnmente germinan de forma rápida bajo condiciones de sombra. Las plántulas de las especies tolerantes pueden mantenerse vivas bajo condiciones restringidas de luz, por periodos de tiempo que varían entre las especies.

Lugo y Zimmerman (2010) mencionan que la tasa de fotosíntesis de plantas adaptadas a la sombra se satura a bajas intensidades de luz, presentando tasas de respiración bajas, lo que les permite persistir durante largos períodos en esas condiciones.

Las plantas pioneras y las especies de etapas sucesionales tardías también regulan el intercambio gaseoso de sus hojas de diferentes maneras: las pioneras operan con una gran apertura estomatal y altas presiones parciales internas de CO₂ en comparación con los árboles de las últimas etapas de la sucesión (Peña-Becerril et al., 2005). En el mismo sentido estudios realizados en fragmentos del bosque tropical en el Amazonas, determinaron que entre las especies que crecen en los límites del borde se encuentran las demandantes de luz para germinar y establecerse, y hacia el interior del bosque remanente, se encuentran las especies tolerantes (Peña-Becerril et al., 2005).

También se ha encontrado que, en la zona de borde, las relaciones entre fenología, comunidad y área muestran que las especies arbóreas dominantes de los fragmentos de bosque son perennifolias y tolerantes a la sombra. Por lo tanto, la estructura vegetal a lo largo de los fragmentos de los bosques tropicales, hacia el interior del bosque remanente, tiende a estar constituida por especies más tolerantes a la sombra, que las especies que se encuentran en la zona de borde (Peña-Becerril et al., 2005).

2.4.2 Clasificación de las especies según requerimientos hídricos

Dugand (1944) realiza una clasificación ecológica denominada ecofitia, que comprende la vegetación que habita en medios geofísicos, siendo los dos principales el agua y la tierra. En esta clasificación los dos tipos principales de vegetación

encontrados dentro de la ecofitia son: la hidrófila o acuática (denominada hidrofítia) y la pezófila o terrestre (denominada pezofítia).

Según el Instituto Brasileiro de Geografía e Estatística (IBGE, 2012), las relaciones suelo planta se manifiestan con relación al agua en las siguientes categorías: hidrófita, planta que vive dentro del agua, con los órganos asimiladores sumergidos o flotantes; higrófila: planta que vive en áreas húmedas, pero no permanentemente inundadas; riparia o ripícola: la planta que prepondera en la vegetación de las orillas de los cursos de agua y xerófila: planta que prepondera en sustratos muy secos.

Para los bosques ribereños en Uruguay, Piaggio y Delfino (2009) mencionan que las especies han sido clasificadas como subxerófilas, mesófilas e hidrófilas dado que se distribuyen de acuerdo con sus requerimientos hídricos en franjas paralelas a los cursos de agua. Brussa et al. (2014) agregan que los bosques que se desarrollan en las márgenes de los cursos de agua son denominados frecuentemente como bosques ribereños. Por otra parte, existen ciertas especies que son típicamente de ambientes secos, no encontrándose en los bosques ribereños, así como otras que sólo son halladas muy próximas a los cursos de agua.

La composición florística de los bosques ribereños varía en fajas más o menos paralelas a las orillas dependiendo del desarrollo que posea en ancho; en tal sentido describen que más alejados del agua se desarrollan especies predominantemente subxerófilas. Algunas especies que ocupan esta zona son *Scutia buxifolia* Reissek (Coronilla), *Myrceugenia glaucescens* (Cambess.) D.Legrand & Kausel (Murta), *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg (Arrayán), *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (Blanquillo), *Sebastiania brasiliensis* Spreng. (Blanquillo), *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (Tala Trepador), *Myrsine laetevirens* (Mez) Arechav. (Canelón), *Myrcianthes cisplatensis* (Cambess.) O. Berg (Guayabo Colorado), *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. (Chal - chal) entre otras. En las zonas húmedas crecen especies muy hidrófilas entre las que se destacan el *Salix humboldtiana* Willd.; *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll.Arg., *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.) Müll. Arg. (Sarandí colorado), *Cephalanthus glabratus*

(Spreng.) K. Schum. (Sarandí colorado) y *Pouteria salicifolia* (Spreng.) Radlk (Brussa et al., 2014).

Las especies del género *Sebastiania* (Blanquillos) tienen mayor frecuencia en los bosques hidrófilos y son también consideradas hidrófilas/higrófila por la Dirección Nacional de Medio Ambiente y Sociedad Zoológica del Uruguay (1998), por estar en las zonas más húmedas del valle del arroyo Lunarejo, Piaggio y Delfino (2009) las consideran como mesófilas debido a que crecen en las zonas intermedias del bosque fluvial del Arroyo Corrales.

Por otra parte, y en un sentido de observación cabecera – desembocadura de la vegetación, Traversa-Tejero y Alejano-Monge (2013), clasificaron a los bosques fluviales del Uruguay considerando las especies hidrófilas que crecen en contacto directo con el agua o en zonas cercanas, especies mesófilas que se encuentran en zonas más o menos húmedas y por último hacia las afueras o en zonas de serranías con alto grado de rocosidad y en suelos poco profundos aparecen las especies subxerófilas. Se ordenaron las parcelas de acuerdo a su categoría y a la cota altitudinal, y se agruparon los bosques en hidrófilos, localizados entre 160-210 m, bosques mesófilos, posicionados entre 210- 260 m y bosques subxerófilos ubicados en sitios superiores a 260 m. Concluyeron que a medida que disminuye la altitud y aumenta la disponibilidad de agua, se reduce la frecuencia de Anacardiaceae, representada por los géneros *Schinus* y *Lithraea*, dominantes en los bosques mesófilos y subxerófilos, siendo sustituidos luego por Euphorbiaceae, constituida por el género *Sebastiania* (Blanquillos), que tienen mayor frecuencia en los bosques hidrófilos. Por su parte, la frecuencia de Myrtaceae, representada por *Eugenia uniflora* (Pitanga) y *Myrrhinium atropurpureum* var. *octandrum* Schott. (Palo de hierro), no presentó diferencias significativas entre los diferentes tipos de bosques.

En las zonas más alejadas del agua, y por consiguiente más secas, los ejemplares tienen menor porte, se tornan achaparrados y predominan las especies más xerófilas, destacándose nuevamente *Scutia buxifolia* (Coronilla) al que se agregan otras como *Celtis ehrebergiana* (Klotzsch) Liebm. (Tala), *Schinus longifolius* (Lindl.)

Speg. (Molle rastrero) y *Berberis laurina* Thunb. (Espina amarilla) (Brussa et al., 2014).

Piaggio y Delfino (2009) reportan en el Arroyo Corrales, especies asociadas a la orilla del curso de agua como, *Salix humboldtiana* Willd. (Sauce criollo) y *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll. Arg (Sarandí Blanco) y no más allá de esta zona a una distancia menor a cinco metros. Luego aparece la especie *Pouteria salicifolia* (Spreng.) Radlk. (Matajojo), que se extiende a una mayor distancia del curso de agua, en zonas donde se forman bañados con mayor porcentaje de humedad. En el centro aparecen especies mesófilas como *Scutia buxifolia* (Coronilla), *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán), *Myrcianthes cisplatensis* (Guayabo Colorado), *Eugenia uniflora* O. Berg (Pitanga), *Sebastiania brasiliensis* y *Sebastiania commersoniana* (Blanquillos). Por último, en contacto con la pradera las especies subxerófilas como *Celtis tala* (Tala), *Schinus longifolius* (Molle común), *Allophylus edulis* (Chal chal) y *Lithraea brasiliensis* Marchand (Aruera). Estos datos verifican la hipótesis explicativa de la distribución de las especies en el ancho del bosque.

Piaggio y Delfino (2009) resaltan que la mayoría de las especies encontradas en el relevamiento del bosque ribereño del Arroyo Corrales, son de amplia distribución geográfica y cita a Escudero, quien menciona que estas especies ocurren en diversos bosques del país y la región.

2.5 DESCRIPCIÓN DE BOSQUES CARACTERÍSTICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Estudios recientes señalan que nuestro país no cuenta con una clasificación sistemática de los bosques basada en criterios ecológicos, el conocimiento existente se basa en la experiencia (Brazeiro, 2017). Los antecedentes bibliográficos como Chebataroff (1942), Del Puerto (1987), Alonso-Paz y Bassagoda (2002), Brussa y Grela (2007), describen al menos 10 tipos de formaciones leñosas, como las Fluviales (o ribereños), Serranos, de Quebrada, de Cornisa, de Cerros Chatos, de Mares de Piedra, Psamófilo (o costero), Pantanoso, Parque y Palmares, las mismas según el autor clasifica a los bosques del país, mezclando diferentes criterios en forma no

sistemática. Piaggio y Delfino (2009) destacan que en el Arroyo Corrales se expresan dos de las comunidades descritas para el Uruguay, el Bosque Ribereño y el Bosque Serrano.

2.5.1 Bosques ribereños

Los bosques que se desarrollan en las márgenes de los cursos de agua son denominados frecuentemente como bosques ribereños. Estos bosques son formaciones que se caracterizan por ocupar las zonas bajas en las márgenes de los cursos de agua. Presentan un dosel continuo que cubre totalmente el suelo, vegetación de sotobosque (arbustos tolerantes a las sombras) y un tapiz herbáceo integrado por especies esciófilas, diferentes a las encontradas comúnmente en las praderas. Según su requerimiento hídrico, las especies se distribuyen en franjas paralelas al curso del agua, desde las más higrófilas hasta las más xerófitas. Cuando las condiciones son poco alteradas, los individuos arbóreos presentan fuste relativamente recto, copas estrechas dada por la alta abundancia, sombreando totalmente el suelo (Brussa & Grela, 2007).

Brussa y Grela (2007) mencionan que los bosques ribereños son formaciones vegetales que están asociadas a los márgenes de los cursos de agua, presentan tamaño variable según las condiciones topográficas, geológicas y edáficas del lugar, estando constituidos por una cantidad de especies variables, siendo menos abundante en el sur del país y enriqueciéndose hacia el norte. Así mismo, Chebataroff (1942) y Bonifacino et al. (1998), describen que nuestro país presenta una marcada zonificación geográfica en cuanto a la composición florística y a los tamaños relativos de los componentes específicos de estos bosques.

Alonso-Paz y Bassagoda (2002) clasifican a estos bosques como bosques de galería, asociados a cursos de agua, cuyas comunidades de árboles, arbustos, subarbustos, enredaderas, epífitas y diversas hierbas (helechos, parásitas y hemiparásitas), se ubican a la orilla de los cursos de agua en la planicie de inundación, estando integrada por la vegetación hidrófila cuyas raíces están en contacto directo con el agua, y tienen como función fijar los márgenes fluviales, y la vegetación mesoxerófila que se encuentra más alejada del agua, integrada por especies espinosas

o con caracteres xeromórficos. En este tipo de bosque, según estos autores, se encuentran aproximadamente 70 especies de árboles y 57 especies de arbustos, lo que representa 50 % de la flora arbórea y arbustiva del Uruguay.

Brussa y Grela (2007) mencionan que en este tipo de bosque se diferencian los siguientes componentes en estratos: árboles mayores, árboles generales, trepadoras, arbustos de sombra, regeneración de árboles (sotobosque) y estrato herbáceo. Fisonómicamente la vegetación arbórea que lo compone se distribuye formando franjas que acompañan el curso de agua, y cuyo ancho dependerá de las condiciones geológicas, la topografía y edafología del lugar, que serán determinantes de las condiciones de humedad y también de la distribución de las especies a lo ancho de la misma.

En todo nuestro territorio las diferentes especies que componen estos bosques se distribuyen de acuerdo con sus requerimientos hídricos. Especies como *Salix humboldtiana* (Sauce Criollo), *Cephalanthus glabratus* (Sarandí colorado), *Phyllanthus sellowianus* (Sarandí Blanco), *Sebastiania commersoniana* (Blanquillo), *Pouteria salicifolia* (Mataojo), *Erythrina crista-galli* (Ceibo), crecen en contacto directo con el agua o en zonas cercanas. En zonas más alejadas, donde el contenido de humedad del suelo es menor, las especies que se desarrollan son; *Allophylus edulis* (Chal chal), *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán), *Luehea divaricata* (Martius) (Francisco Alvarez), *Myrcianthes cisplatensis* (Guayabo colorado), *Myrceugenia glaucescens* (Murta), *Myrsine laetevirens* (Canelón), *Nectandra megapotamica* (Spreng) Mez (Laurel canela), *Ocotea acutifolia* (Nees) Mez (Laurel negro), *Sebastiania commersoniana* (Blanquillo), *Scutia buxifolia* (Coronilla), entre otras. Hacia las afueras del bosque crecen las especies con menor requerimiento hídrico, xerófilas, *Celtis tala* (Tala), *Scutia buxifolia* (Coronilla), *Schinus longifolia* (Molle rastrero), *Berberis laurina* (Espina amarilla), *Lithraea molleoides* (Aruera), *Quillaja brasiliensis* (A.St.-Hil. & Tul.) Mart. (Árbol de jabón), etc. Es importante mencionar que los límites entre estas zonas no son claros, ya que se trata de transiciones graduales, para la mayoría de las especies, menos para las netamente hidrófilas (Brussa & Grela, 2007).

El sotobosque y el estrato bajo de árboles de estos bosques está compuesto por pequeños arbustos, regeneración de árboles mayores, y ejemplares de especies tolerantes. Algunas especies de este estrato son *Allophylus edulis* (Chal chal), *Allophylus guaraniticus* (A.St.-Hil.) Radlk. (Chal chal), *Calliandra tweediei* (Benth.) (Plumerillo rojo), *Calyptranthes concinna* DC. (Guamirim ferro), *Myrcia palustris* (DC.) Kausel (Guamirim), *Psychotria carthagenensis* (Jacq.) (Falso café), *Sebastiania brasiliensis* (Blanquillo) (Brussa & Grela, 2007).

El estrato superior llega a alcanzar los 20 m de altura, las especies que componen este estrato son; *Luehea divaricata* (Francisco Alvarez), *Myrsine parvula* (Mez) Otegui (Canelón), *Myrsine venosa* (A. DC.) (Canelón), *Nectandra megapotamica* (Laurel negro), *Quillaja brasiliensis* (Árbol de jabón). En este tipo de bosque a diferencia de los bosques de quebrada o serranía, existe una mezcla de especies caducifolias y perennifolias, con predominancia de individuos caducifolios (Brussa & Grela, 2007).

2.5.2 Bosques serranos

Los bosques serranos constituyen formaciones que cubren las serranías rocosas de diferentes partes de nuestro territorio (Brussa & Grela, 2007), desarrollándose a lo largo de las serranías de este y norte del país, y a lo largo de la cuesta basáltica (Chebataroff, 1942). Pueden ocupar toda la ladera o las zonas húmedas, donde afloran manantiales; caracterizándose en las zonas altas por estar compuesta por una vegetación de menor porte, tendiendo a ser más achaparrada (Alonso-Paz & Bassagoda, 2002).

Se caracterizan por estar compuestos por especies xerófilas, que están adaptadas a la deficiencia de agua (Brussa & Grela, 2007), e integrados por especies de hábito achaparrado y en general con caracteres xerófilos (Chebataroff, 1942; Bonifacino et al., 1998).

Las especies que componen los bosques serranos generalmente poseen fustes cortos y tortuosos, con espinas en las ramas, hojas pequeñas y lustrosas, a veces áfilas, tallos lustrosos, hábito achaparrado, con copas desarrolladas dadas por la menor

densidad. Las especies se agrupan formando pequeños bosques más o menos circulares, con pocos árboles y arbustos que están separados por una vegetación herbácea y/o subarborescente (Brussa & Grela, 2007).

Las especies que componen este tipo de bosque son; *Scutia buxifolia* (Coronilla), *Celtis tala* (Gillies ex Planch.) (Tala), *Zanthoxylum rhoifolium* (Lam.) (Tembetari), *Zanthoxylum hyemale* A.St.-Hil. (Tembetari), *Citharexylum montevidense* (Spreng.) Moldenke (Tarumán), *Myrcianthes cisplatensis* (Guayabo colorado), *Myrceugenia glaucescens* (Murta), *Schinus longifolia* (Molle), *Schinus lentiscifolia* Marchand (Molle ceniciento), *Schinus molle* L. (Anacahuita), *Myrsine spp.* (Canelones), *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Aruera), *Condalia buxifolia* Reissek (Molle bagual), entre otras (Brussa & Grela, 2007).

En el departamento de Rivera, estos bosques se desarrollan al sur, en la zona que se conoce como Isla Cristalina del Cuñapirú. En los departamentos de Maldonado, Rocha, Lavalleja, Cerro Largo, Treinta Tres, San José (Sierra de Mahoma), Florida y Colonia, estos bosques se desarrollan abundantemente (Brussa & Grela, 2007).

2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES MONITOREADAS EN LA RESTAURACIÓN

En esta sección se describen las especies monitoreadas en la restauración del bosque del desvío del Arroyo Corrales. Las especies encontradas fueron: 1. *Allophylus edulis* (Chal chal); 2. *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán); 3. *Myrrhinium atropurpureum* var. *octandrum* (Palo de hierro); 4. *Eugenia uruguayensis* (Guayabo blanco); 5. *Eugenia uniflora* (Pitanga); 6. *Sebastiania brasiliensis* (Blanquillo); 7. *Scutia buxifolia* (Coronilla); 8. *Sebastiania commersoniana* (Blanquillo); 9. *Phyllanthus sellowianus* (Sarandí blanco); 10. *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger (Espinillo) y 11. *Salix humboldtiana* (Sauce criollo).

2.6.1 Allophylus edulis – Chal chal

Allophylus edulis llamada en la región de forma vernácula como Chal chal, Vacum, o Vacumzeiro, es una especie perteneciente a Sapindaceae, se distribuye desde la Guayana Inglesa, pasando por Brasil, Paraguay, sur de Bolivia, Uruguay y norte de

Argentina. En la región ocurre en todas las formaciones forestales de Río Grande del Sur y en Uruguay, en Argentina ocurre en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, Formosa, Chaco, Misiones, Corrientes, Santa Fe, Entre Ríos, Buenos Aires hasta la isla Martín García (Brussa & Grela, 2007; Ferrucci, 2004, Sobral et al., 2006, como se cita en Profumo, 2010).

En Uruguay esta especie presenta hábito arbóreo, de porte medio llegando hasta los 10 m de altura. En las regiones con déficit hídrico acentuado, como en el norte de Argentina, sus dimensiones son menores, arbustos o árboles que no superan los 6 m de altura. En Brasil puede llegar hasta los 15 m de altura y 50 cm de diámetro. Presenta corteza escamosa, caduca en placas, de textura lisa con tonos rojizos y naranjas; follaje caduco o semipersistente en el invierno, rebrota al inicio de la primavera, florece desde el final del invierno hasta mediados de la primavera (agosto - octubre), fructificando durante la primavera y verano (noviembre - marzo). Los frutos son de color rojo, comestibles para las aves y humanos (Brussa & Grela, 2007; Ferrucci, 2004, como se cita en Profumo, 2010).

Se reproduce por semilla en semisombra (Brussa & Grela, 2007), las semillas son recalcitrantes y la especie es caracterizada como secundaria inicial según Departamento de Florestas e Áreas Protegidas (DEFAP, 2007).

En Brasil según De Freitas et al. (2015), *A. edulis* es selectiva higrófila, común en selvas primarias, en suelos húmedos o en los bordes de la selva. Los frutos son atractivos para la fauna por lo que contribuyen al mantenimiento del área de bosques. En el seguimiento fenológico realizado por los autores en un fragmento de Selva Ombrófila Mixta Aluvial durante 33 meses, en Paraná, Brasil, esta especie nunca aparece sin follaje en el bosque, por lo que se concluye que tiene un comportamiento siempre verde, ya que no pierden todas sus hojas de un año a otro, realizando el intercambio foliar discretamente; asimismo, la fenología reproductiva se inicia con la floración desde agosto, seguido de la fructificación. En Uruguay, sin embargo, presenta follaje caduco o semipersistente según Brussa y Grela (2007), probablemente por la

presencia de heladas, ausentes en la región de Paraná donde se realizó el trabajo de De Freitas et al. (2015).

Por otra parte, Barbosa et al. (2016) buscando identificar áreas potenciales para la colecta de semillas y listar especies nativas promisorias para la recuperación de selvas ribereñas en la región de transición campo-selva, en São Francisco de Paula, RS-Brasil; proponen además de los indicadores clásicos de guilda ecológica (gremio), distribución geográfica, exigencia lumínica, tipo de fruto y semilla; considerar el grupo funcional de las especies, dividiéndolo en dos categorías: cobertura y diversidad, utilizando los siguientes criterios: a) al grupo de cobertura pertenecen las especies nativas, predominantemente pioneras, con características de copa amplia, capaces de sombrear y crecer rápidamente para generar suficiente cobertura parcial del área y reducción de la competencia; y b) al grupo de diversidad pertenecen las especies nativas, principalmente secundarias iniciales, tardías y climáticas, con atractivos para polinizadores y dispersores. En tal sentido *A. edulis*, según esta clasificación en grupos funcionales, se corresponde con el grupo b, de las especies que aportan diversidad.

Desde el punto de vista del crecimiento, el Chal chal puede considerarse en Uruguay una especie de lento crecimiento ya que los valores medios de incremento anual en diámetro según Profumo (2010), promedian entre 5.1 mm.año⁻¹ para árboles jóvenes y 2.2 mm.año⁻¹ en árboles de 35 a 45 años; verificando que el Incremento Medio Anual en diámetro (IMAd) crece a un ritmo relativamente constante alrededor de 3 mm anuales, independientemente de las oscilaciones individuales, en bosque ribereño de cuenca alta del río Tacuarembó en el Noreste de Uruguay, pudiendo ser considerada una especie de lento crecimiento.

2.6.2 Blepharocalyx salicifolius - Arrayán

Blepharocalyx salicifolius, conocido regionalmente como Arrayán, es una especie perteneciente a Myrtaceae que se encuentra ampliamente distribuida en América del Sur, Argentina, Bolivia, Ecuador, Uruguay y Brasil. En Brasil está desde el Distrito Federal hasta Rio Grande do Sul; en este último Estado, así como en Uruguay, es encontrada en todas las formaciones forestales (Brussa & Grela, 2007;

Landrum, 1986; Sobral et al., 2006, como se cita en Profumo, 2010), es una de las especies más comunes del país y habita y se distribuye en todos los tipos de bosques y ambientes (Brussa & Grela, 2007).

El Arrayán presenta gran plasticidad morfológica, sobre todo en lo que respecta a la forma y dimensiones foliares, lo que explica su rica sinonimia. Profumo (2010) reconoce para esta especie hojas lanceoladas, elípticas, ovadas y formas intermedias en toda el área de ocurrencia natural. Incluso en Uruguay esas diferencias llevaron a separar en dos especies: *Blepharocalyx angustifolius* (Berg.), de hojas casi lineales con distribución restringida a las sierras del este, y *B. tweediei* (Hook. et Arn.) Berg., con amplia distribución en el territorio, siendo luego unificadas en *B. salicifolius* (Senyszyn, 1989, como se cita en Profumo, 2010).

Presenta follaje persistente, corteza rugosa, grisácea, hojas simples, opuestas, a veces decusadas, a veces dísticas, incluso péndulas, apenas discoloras, cartáceas, desde lineales hasta elíptico lanceoladas, de 4 a 7 cm de largo y 0,8 a 2 cm de ancho (Brussa & Grela, 2007).

Florece abundantemente, en especial si la copa está a pleno sol, a partir de octubre hasta febrero y fructifica en verano hasta el inicio de otoño. El fruto es una pequeña baya esférica de colores desde anaranjados hasta color violáceo al madurar, aproximadamente de 0,5 a 0,8 cm de diámetro, se reproduce fácilmente por semilla en almácigos, las semillas son recalcitrantes según Crestana (2004).

Desde el punto de vista ecológico es heliófila según Lorenzi (2000), caracterizada como secundaria inicial según DEFAP (2007) y según la clasificación en grupos funcionales propuesta en Barbosa et al. (2016) se corresponde con el grupo de las especies que aportan diversidad.

Desde el punto de vista del crecimiento en diámetro el Arrayán presenta una tasa media de incremento anual de 4,52 mm, medido con cintas dendrométricas en un remanente de Selva Ombrófila Mixta Aluvial en Curitiba-PR, según Kanieski et al. (2013). Por otra parte, Profumo (2010) observó un incremento medio anual de entre 2 y 4 mm por año, para el bosque ribereño de cuenca alta del río Tacuarembó en el

Noreste de Uruguay, siendo una tasa muy similar a la encontrada por Kanieski et al. (2013) en Paraná, por tanto, es una especie que puede ser considerada de lento crecimiento.

Desde el punto de vista de la relación entre el crecimiento y la fenología, evaluada a partir del incremento diamétrico medio mensual con cintas dendrométricas, este varió de 0,36 mm a prácticamente nulo en los meses más fríos (de junio a agosto) y hasta 1,78 mm, durante los meses más favorables (de noviembre a marzo). El crecimiento escaso en los meses de setiembre y octubre puede estar dado por el pico de floración y fructificación, donde la correlación entre el incremento medio, las variables meteorológicas y las fenofases apuntan a que la temperatura media responde por 42 % de la variación del incremento medio y de la fructificación (Kanieski et al., 2013).

Kanieski et al. (2013) también concluyen en su trabajo que incluso en condiciones de alta presión antropogénica sobre el remanente del bosque aluvial estudiado, *Blepharocalyx salicifolius* tiene un crecimiento similar al de las áreas conservadas, reafirmando el potencial de la especie como restaurador de ambientes degradados.

2.6.3 *Myrrhinium atropurpureum* var. *octandrum* - Palo de hierro

El palo de hierro pertenece a Myrtaceae y se distribuye a lo largo del arco que bordea la cuenca del río Amazonas, desde Colombia, Bolivia, norte de Argentina, Paraguay, Uruguay y sureste de Brasil. En Uruguay se distribuye en todo el país y en todos los tipos de bosques (Brussa & Grela, 2007).

Según Landrum (1986), el Palo de hierro es un arbusto o árbol pequeño de áreas húmedas, a menudo a lo largo de arroyos, generalmente en hábitats boscosos en el Sureste de Brasil, Uruguay, Norte de Argentina y en poblaciones dispersas a lo largo de los Andes hasta el Norte de Colombia. Posee hábito arbustivo o arbóreo generalmente muy ramificado desde la base, corteza persistente, grisácea y finamente asurcada, generalmente no sobrepasa los 5 a 6 m de altura. Follaje persistente, de color verde oscuro, hojas simples, opuestas, algo discoloras, verde oscuro, lustrosas en el haz, más claras en el envés, subcoriáceas, elípticas o lanceoladas, pueden haber

variantes con hojas obovadas u oblanceoladas, de 1 a 2,5 cm de ancho por 2,5 a 8 cm de largo, nervadura central hundida en el haz y prominente en el envés, glabras de ápice agudo u obtuso (en hojas obovadas) con un apículo muy pequeño, margen liso y algo revoluto, base aguda, peciolada (Brussa & Grela, 2007). En Brasil, en la zona de influencia de la Selva Ombrófila Mixta, en cuanto a la fenología vegetativa, *Myrrhimum atropurpureum* var. *octandrum* tiene un comportamiento perennifolio donde sus hojas están constantemente siendo sustituidas (De Freitas et al., 2015).

Las flores del Palo de hierro están dispuestas en inflorescencia, dicasios cimosos multifloros y subsésiles, muy agrupados sobre las ramillas de dos o más años anteriores (a veces en ramas gruesas), caulifloras, muy llamativas por su color rojizo violáceo, hermafroditas, actinomorfas, tetrámeras, glabras, pétalos libres, de color violáceo por fuera, nacarado por dentro, carnosos, 4 a 6 estambres mucho más largos que la corola, de filamentos violetas y anteras amarillas. Los pétalos de las flores son carnosos, comestibles para la avifauna. El fruto es una baya subglobosa, de hasta 0,5 cm de largo, oscura al madurar. En Uruguay florece en primavera y comienzo del verano, fructifica en verano y otoño y en algunas zonas de Brasil florece en agosto y fructifica a partir de setiembre. Se reproduce por semilla en almácigos (Brussa & Grela, 2007; De Freitas et al., 2015).

La biología de la polinización de *Myrrhimum atropurpureum* var. *octandrum* indica que los principales polinizadores de esta especie son las aves que comen frutos y semillas. Estos pájaros se posan y consumen los pétalos, por lo que transportan inadvertidamente el polen en la cabeza y el cuerpo a otras flores y árboles de la misma especie (Nadra et al., 2018). Los pétalos de *Myrrhimum* pueden servir como atrayentes porque cambian ligeramente de color, de rojo a violáceo y se vuelven dulces y carnosos a medida que maduran; donde el estilo y los filamentos son rígidos, largos y de color rojo oscuro, como cabría esperar en una especie polinizada por aves (Landrum, 1986).

Desde la perspectiva de la exigencia lumínica se comporta como esciófila según Lopes y Gonçalves (2006); caracterizada como secundaria tardía según

Moscovich (2006), y dentro del grupo funcional de las especies que aportan a la diversidad de acuerdo con la propuesta por Barbosa et al. (2016).

Desde el punto de vista de la madera, el Palo de fierro posee anillos de crecimiento distinguibles, definidos por fibras en el leño temprano y tardío bien diferenciadas y por bandas de vasos más grandes y frecuentes al comienzo del crecimiento; lo cual posibilita a través de técnicas de dendrometría poder estimar las tasas de crecimiento anual de la especie (Ávila et al., 2017), pero actualmente no hay bibliografía al respecto de su tasa de crecimiento en madera.

2.6.4 *Eugenia uruguayensis* – Guayabo blanco

El Guayabo blanco pertenece a Myrtaceae, se distribuye en el Noreste de Argentina hasta el Delta del Paraná e Isla Martín García, Sur de Brasil, Paraguay y habita los bosques ribereños y serranos de todo Uruguay (Brussa & Grela, 2007).

Es un árbol que presenta corteza caduca, hojas simples, opuestas, oval lanceoladas a elíptico lanceoladas, de 2,5 a 5 cm de largo por 1 a 2,5 cm de ancho, acuminadas, margen entero, cartáceas, concoloras o levemente discoloras, opacas. Florece a mediados de primavera a inicios del verano, la floración es de color blanco. El fruto es una baya oblonga, rojiza, fructifica a fines de verano y otoño, se reproduce por semilla en almácigos (Brussa & Grela, 2007).

Barbosa et al. (2016) sugieren al Guayabo blanco, entre otras, como una especie con potencial para la restauración de áreas degradadas en la región de San Francisco de Paula, en Rio Grande do Sul, con una amplia posibilidad para la conservación en los fragmentos donde ocurre, caracterizándose dentro del grupo funcional de diversidad. Por otra parte, según Moscovich (2006) para la región se comporta como secundaria tardía.

Eugenia uruguayensis, debido a su gran plasticidad en relación a las condiciones de luminosidad, es recomendada tanto para el enriquecimiento de bosques, como para recuperación de áreas a pleno sol, a lo largo de cursos de agua, pues presenta comportamiento de especie heliófila, pero también es considerada secundaria tardía, desde el punto de vista de la guilda ecológica, abarcando un amplio espectro de

condiciones ambientales donde puede crecer (Reitz, 1983, Klein, 1960, Reis, 1983, como se cita en Rorato, 2012). Además, es una especie mesófila en su relación con la condición hídrica del suelo y posee síndrome de dispersión por zoocoria (González, 2013).

Desde el punto de vista de su contribución para la fauna, Pellanda et al. (2010) registraron a *Eugenia uruguayensis* junto con otras especies, en las heces en baja proporción, como alimento en la dieta del mão-pelada - *Procyon cancrivorus*, concentrando su consumo en verano y otoño, confirmando el comportamiento oportunista del mão-pelada en el uso de los recursos disponibles, adaptándose a las variaciones estacionales.

No se encontraron antecedentes respecto a las tasas de crecimiento de *Eugenia uruguayensis* pero según Marchiori y Dos Santos (2010), la especie posee anillos de crecimiento delimitados por fibras radialmente estrechas, por lo cual a futuro es posible estimar las tasas de crecimiento a partir de la medición de los anillos anuales.

2.6.5 *Eugenia uniflora* - Pitanga

La Pitanga pertenece a Myrtaceae siendo muy común en zonas tropicales y subtropicales del Noreste de Argentina, Sur de Brasil, desde Minas Gerais hasta Rio Grande do Sul y Uruguay, escasa en Paraguay. En Uruguay habita y se distribuye desde el río Uruguay y afluentes, Artigas hasta Colonia, Cerro Largo, Durazno, Tacuarembó, Treinta y Tres y Rivera, en los departamentos del Sur se encuentra asilvestrada (Brussa & Grela, 2007).

Se caracteriza por ser un árbol pequeño o arbusto de 4 a 6 m de altura, generalmente de fuste corto, tortuoso a veces con múltiples tallos, de corteza grisácea, escamosa, rara vez caduca en placas. El follaje es de color verde oscuro, lustroso, de hojas simples, opuestas, discoloras, con el haz verde oscuro y el envés verde pálido, membranáceas, láminas de 1,5 a 3 cm de ancho por 4 a 7 cm de largo, glabra, de ápice agudo y con acumen bien marcado, margen entero, dimorfos: unas elípticas y otras ovadas. Muy aromáticas al estrujarlas lo que la distingue particularmente de todas las demás mirtáceas. Las flores están dispuestas en pedúnculos unifloros, solitarios o

agrupados de a dos en cada axila, más abundantes en las ramillas jóvenes, glabros o con pilosidad escasa, de alrededor de 2 cm de largo y los botones florales son globosos (Brussa & Grela, 2007).

Es considerada una especie de follaje persistente, aunque puede perder el follaje al inicio de la primavera y comportarse como semipersistente. Presenta una floración masiva, típica de especies alógamas de polinización entomófila, principalmente visitadas por abejas (Brussa & Grela, 2007; da Silva & Pinheiro, 2007, como se cita en Jolochin, 2016).

El fruto es una baya globosa de hasta 2 cm de diámetro con 8 costillas longitudinales, glabro, con los sépalos persistentes al madurar, de color naranja a rojo violáceo. En Uruguay florece desde fines de invierno hasta mediados de primavera, fructifica desde fines de la primavera hasta mediados del verano (Brussa & Grela, 2007). Aunque De Lira et al. (2007) mencionan que en las regiones Sur y Sudeste de Brasil, la floración y fructificación pueden ocurrir dos o más veces durante el mismo año. En estas regiones la floración ocurre normalmente de agosto a diciembre y puede volver a ocurrir de febrero a julio. La fructificación suele tener lugar entre agosto y febrero, pudiendo darse también entre abril y julio.

Los frutos son típicos de dispersión endozoocórica, principalmente de aves generalistas y mamíferos pequeños (Lughadha & Proença, 1996, como se cita en Jolochin, 2016). Se propaga por semillas, en almácigos inmediatamente de recolectados los frutos (Brussa & Grela, 2007).

Desde el punto de vista de la humedad del suelo la Pitanga puede considerarse mesófila por observarse a una distancia media del curso de agua y porque sus densidades disminuyen con la disminución de la disponibilidad de agua en el suelo según la siguiente distribución observada: 31, 84 y 0 árboles/ha para bosques hidrófilos, mesófilos y subxerófilos, respectivamente (Dirección Nacional de Medio Ambiente & Sociedad Zoológica del Uruguay, 1998; Piaggio & Delfino, 2009); de todas formas, la pitanga es habitual en diferentes tipos de bosques: serranos, ribereños,

de quebradas y cerros chatos, tanto a la sombra como a pleno sol, pero en general ocupa los estratos medios del dosel (Brussa & Grela, 2007).

En silvicultura la Pitanga a pesar de adaptarse al cultivo en zonas templadas y subtropicales y a diferentes altitudes, su crecimiento y desarrollo son ideales en regiones con un clima tropical cálido y húmedo. Tolera diferentes niveles de heladas, fuertes vientos y temperaturas bajo 0 °C, sin desarrollar síntomas característicos del daño. Es tolerante a la sequía cuando se cultiva en condiciones de déficit hídrico; sin embargo, la fructificación se ve afectada, culminando en la caída de la fruta. Se desarrolla bien en condiciones semiáridas, siempre que existan condiciones mínimas para la humedad del suelo. Esta especie presenta crecimiento adecuado en los más variados tipos de suelo, como arenoso, arenoso-arcilloso y pedregoso, sin embargo, es susceptible a la salinidad (Morton, 1987, Sanchotene, 1985, Villachica et al., 1996, Demattê, 1997, como se cita en De Lira et al., 2007),

No se encontraron datos de tasas anuales de crecimiento de la especie, pero sí se sabe que la especie presenta anillos de crecimiento demarcados por espesamiento y achatamiento de las paredes de las fibras en el leño tardío y mayor frecuencia de los elementos de vaso en el leño inicial, posibilitando la obtención de la información sobre incremento medio anual, a partir de métodos no destructivos (Marques et al., 2012).

Por otra parte la plasticidad ecológica de la Pitanga se expresa en la estructura anatómica de su madera, ya que en los individuos que crecen en suelos arenosos y son sometidos a temperaturas más altas y menor índice de precipitación, como en la restinga, presentan elementos de vasos más cortos y más frecuentes, fibras más cortas, radios más cortos y más anchos, hay un porcentaje más alto de los elementos del parénquima axial y radial, e índices de vulnerabilidad, mesomorfía y conductividad inferior a la de los individuos del ambiente mésico de la selva; mostrando una inversión en seguridad en el transporte de agua, en particular, en el ambiente arenoso y seco de la restinga (Marques et al., 2012).

2.6.6 Sebastiania brasiliensis - Lechero

El lechero pertenece a Euphorbiaceae y es natural de América del Sur subtropical, desde Bolivia, Paraguay, Brasil (desde Bahía, Goiás al sur), noreste de Argentina y todo el Uruguay, donde presenta amplia distribución natural y está en todos los tipos de bosques del país (Brussa & Grela, 2007).

Árbol laticífero que alcanza 4 a 8 m de altura y 30 cm de diámetro, corteza de color grisáceo, oscura, caduca desprendiéndose en escamas, generalmente con líquenes de color gris claro, copa globosa, follaje verde, lustroso, semi persistente, ramillas agudo-espinosas, castaño rojizas. Hojas simples, alternas, elípticas, elíptico romboidales o elíptico lanceoladas, de 2,5 a 9 cm de largo por 1,5 a 5 cm de ancho, nervadura principal marcada, a nivel, haz y envases glabros hasta pubescentes tomentosos, ápice agudo, margen dentado crenado, no glanduloso, florece desde octubre hasta marzo, la floración es de color amarillento. El fruto es una cápsula globosa, castaño-rojiza al madurar, fructifica en verano y otoño, se reproduce por semilla las que se dispersan por autocoria. Presenta comportamiento heliófilo hasta subumbrófilo (Brussa & Grela, 2007).

Estudios realizados en fragmentos de la Floresta Ombrófila Mixta, en el municipio de San Francisco de Padua, demuestran que esta especie es considerada con gran potencial para la restauración de bosques, observándose individuos desde la regeneración natural hasta el estrato superior (Barbosa et al., 2016).

Según Scolforo et al. (2017) *S. brasiliensis* crece un promedio de 1.4 mm. año⁻¹ (CV 39 %), en el bioma Mata Atlántica en el estado de Minas Gerais, Brasil, según datos de inventario forestal entre 2003 y 2008, provenientes de 20 fragmentos de selva nativa y con un tamaño de muestra de 481 individuos, para esta especie. Por otra parte, Gomes et al. (2008) en Selva Ombrófila Mixta en Rio Grande do Sul, Brasil, menciona un incremento medio anual muy superior, aunque con un tamaño de muestra pequeño (9 individuos), con valores entre 35,0 y 43,7 mm. año⁻¹.

2.6.7 *Scutia buxifolia* - Coronilla

Especie que pertenece a la familia Rhamnaceae, se distribuye desde Bolivia, en La Paz y Santa Cruz hasta Tarija, en el centro norte de Argentina, en todo el Uruguay y en el sur de Brasil, desde el Paraná hasta Rio Grande del Sur. En el estado de Rio Grande del Sur se encuentra en el bosque Ombrófilo Mixto, bosque aluvial en la Sierra del Sudeste y en el Litoral Sur; en el Uruguay crece en todos los tipos de bosque, donde ha sido muy explotada por la calidad de la madera para energía (Brussa & Grela, 2007; Sobral et al., 2006, como se cita en Profumo, 2010).

Árbol o arbusto, de copa esférica y amplia, corteza marrón con tintes violetas, caduca en placas, hojas simples, opuestas o subopuestas, elípticas a oval lanceoladas de 1 - 2 por 2 - 4 cm, coriáceas, glabras, nervadura central marcada, ápice emarginado con pequeño apículo. Flores de color amarillentas, pequeñas, axilares, agrupadas de a dos o tres, el fruto es una baya globosa, violeta cuando madura, con dos a tres semillas viables en la misma estación en que maduraron (Brussa & Grela, 2007), siendo este atractivo para la avifauna. Stumpf et al. (2009) mencionan que esta es una especie que presenta potencial para ser utilizada en paisajismo de parques y jardines. Florece en primavera y fructifica en primavera y verano (Brussa & Grela, 2007).

Presenta un peso específico de más de 1.265 g.cm⁻³, siendo una de las especies nativas con mayor densidad de madera (Senyszyn, 1989, como se cita en Ferreira, 2016). Los anillos de crecimiento son visibles y están delimitados por una pequeña capa de células parenquimáticas, la porosidad es difusa, con numerosos poros (Dos Santos et al., 2008), los mismos son apenas visibles a simple vista, como puntos blancos (Tuset, 1963, como se cita en Profumo, 2010).

Barbosa et al. (2016) proponen que *Scutia buxifolia* se encuentra dentro del grupo funcional de especies de cobertura, que está compuesto por especies pioneras y secundarias iniciales, con copa amplia y de rápido crecimiento. En el mismo sentido Brussa y Grela (2007), mencionan que en condiciones de cultivo esta especie presenta rápido crecimiento, no así en condiciones naturales. Estudios realizados por Ferreira (2016), evaluando el potencial de *Scutia buxifolia* para estudios dendrocronológicos,

donde analiza los patrones temporales de crecimiento y su correlación con variables climáticas como temperatura y precipitación en el departamento de Rocha, demuestran que la tasa de incremento diamétrico corriente anual fue de 2,13 mm. año⁻¹, siendo la menor de 1,17 mm. año⁻¹ y la mayor de 3 mm. año⁻¹.

2.6.8 *Sebastiania commersoniana* - Blanquillo

El Blanquillo pertenece a la familia Euphorbiaceae, y se distribuye a lo largo de la región subtropical de América del Sur, desde Paraguay y Brasil hasta el noreste de Argentina, y en todo el territorio de Uruguay. En Uruguay y Brasil se encuentra en todos los tipos de formaciones leñosas (Brussa & Grela, 2007).

Especie heliófila, pionera, presenta significativa plasticidad respecto al ambiente de crecimiento, desde formas xerófilas, con ramas agudos espinosas, hojas pequeñas y brillantes, hasta formas higrófilas, con árboles de gran porte, de hojas más largas y levemente pilosas. En la zona noreste de Uruguay aparecen poblaciones de especies cuyos individuos presentan hojas desde pubescentes hasta tomentosas (Brussa & Grela, 2007; Demaio et al., 2002, Sobral et al., 2006, como se cita en Profumo, 2010).

De hábito arbóreo, pudiendo alcanzar en Uruguay hasta 15 m de altura y 50 cm de diámetro, tronco generalmente recto, corteza color ceniza, caduca en escamas finas y largas en sentido longitudinal, en condiciones xerófilas aparece como rugosa con estrías longitudinales paralelas. Follaje verde brillante u opaco cuando tomentoso, semi-persistente a caduco, ramas agudo-espinosas marrón rojizas, que secretan látex translúcido por las heridas. Hojas simples, alternas, discoloras a oblanceoladas, nervura central marcada, ápice obtuso. Flores amarillas, dispuestas en espigas de 4 a 5 cm de largo, florece desde setiembre hasta febrero, fructifica en otoño (Brussa & Grela, 2007).

El fruto es una cápsula globosa o esférica, marrón-rojiza cuando madura, de 0,8 a 1 cm, con tres lóbulos y pocas semillas. Se propaga por semillas, que cambian de color al madurar, diseminándose por autocoria, con dehiscencia explosiva, liberando tres semillas ovoides, las que presentan dispersión secundaria por hormigas (Brussa & Grela, 2007; Demaio et al., 2002, Sobral et al., 2006, como se cita en Profumo, 2010).

Demaio et al. (2002), como se cita en Profumo (2010), menciona que en Brasil ha sido recomendada para uso urbano, por sus características ornamentales, facilidad de propagación, rápido crecimiento y plasticidad, así como para la recuperación de áreas degradadas en las márgenes de los ríos por su preferencia por suelos hidromórficos. En el mismo sentido, Barbosa et al. (2016) afirman que esta especie presenta potencial para la restauración forestal en la región de San Francisco de Padua, RS, por presentar individuos desde la regeneración hasta el estrato superior; siendo caracterizada por Lorenzi (2000), como especie pionera y heliófila, adaptándose en plantaciones en áreas húmedas (Reitz et al., 1983, como se cita en Barbosa et al., 2016)

El estudio realizado por Piaggio y Delfino (2009) en el bosque fluvial de Minas de Corrales, Rivera, concluye que *Sebastiania commersoniana* presenta diferentes características morfológicas según donde crezca, cuando se encuentra en el borde del bosque presenta hojas más pequeñas y coriáceas, menor altura y muchas ramas agudo espinosas, comprobando que esta especie presenta ejemplares en todas las clases de altura sin discontinuidad, lo que hace suponer que sus individuos están en todos los estadios de crecimiento.

Profumo (2010) reporta para esta especie un incremento medio anual en diámetro sin cáscara de 3,0 hasta 4,1 mm/año. En el mismo sentido, Profumo et al. (2018), estudiaron el crecimiento de *Sebastiania commersoniana* – blanquillo y *Lithraea molleoides* – aruera en distintas Eco-regiones del Uruguay, reportando que esta especie presenta un incremento en diámetro promedio de 3.84 mm.año⁻¹, como promedio general para todas las edades y para todas las áreas muestreadas en su estudio, alcanzando rápidamente una tasa de crecimiento media anual muy estable cerca de los 8 años en DAP y que esa tasa se mantiene entre 1.5 y 2.0 mm.año.

2.6.9 *Phyllanthus sellowianus* - Sarandí blanco

El Sarandí blanco pertenece a la familia Euphorbiaceae, distribuyéndose desde Paraguay, Argentina, Brasil y en todo el territorio del Uruguay. Arbusto heliófilo característico de todos los bosques ribereños del país, cañadas y bañados, localizándose en las zonas más próximas a los cursos de agua, en forma de matorrales a veces

semisumergidos. Presenta capacidad de acodado por su ramaje horizontal lo que la hace una especie de gran valor para la fijación de márgenes de ríos, arroyos y embalses (Brussa & Grela, 2007).

Alcanza 2 - 4 m de altura, con numerosas ramillas principales, ramificado, formando matorrales que avanzan muchas veces sumergidos. Follaje verde claro, opaco, caduco, ramillas castaño-verdosas, hojas simples, alternas, dispuestas en tallos glabros, discoloras, glabras, papiráceas, láminas lanceoladas a elíptico lanceoladas, de 1,5 - 5 cm de largo y 0,4- 1 cm de ancho, nervadura principal marcada a nivel, ápice agudo mucronado, margen entero y base cuneada, peciolo cortos. Flores unisexuales, dispuestas en forma separada en inflorescencias fasciculadas axilares. El fruto es una cápsula deprimida globosa, castaño-amarronada al madurar, de 0,25 cm de diámetro, que se dispersa por autocoría, de dehiscencia explosiva (Brussa & Grela, 2007).

Florece entre setiembre y diciembre, fructificando desde noviembre hasta marzo, se propaga mediante semillas y estacas (Brussa & Grela, 2007). En ese sentido Sutili et al. (2004) estudiaron la capacidad de reproducción por estacas de *Phyllanthus sellowianus* en el arroyo Guarda-mor en la región central de estado do Rio Grande do Sul, que presentaba problemas de erosión, y concluyen que esta especie presenta potencial para la recomposición vegetativa de cauces de arroyos, con un porcentaje de prendimiento de 78 %, dada por la capacidad de reproducción vegetativa, capacidad para soportar condiciones ambientales extremas como sumersión por períodos largos y exposición parcial de sus raíces, además de presentar raíces densas, fuertes y profundas.

Para esta especie no se reportaron tasas de crecimiento para las variables consideradas en esta investigación.

2.6.10 Vachellia caven - Espinillo

El Espinillo pertenece a la familia Fabaceae y se distribuye en Argentina, Brasil, Paraguay, Bolivia, Chile y Uruguay. En nuestro país esta especie crece en todos los departamentos y habita a campo abierto, a orillas de bosques ribereños y bosques en general (Brussa & Grela, 2007).

Árbol o arbusto de hojas compuestas, bipinnadas, multiyugas, alternas, estípulas geminadas espinosas, divergentes, blancas. Florece a mediados de agosto hasta octubre, flores con cabezuelas amarillo-doradas, axilares. Fructifica en verano, otoño, el fruto es una legumbre indehiscente, cilíndrica, negruzca, de ápice pungente, hasta 2,5 cm de ancho (Brussa & Grela, 2007). Se reproduce por semilla, siendo el agente dispersor el ganado doméstico (bovino, ovino y equino), el que cumple con el rol de acelerar la germinación al escarificar la semilla en el pasaje por el intestino (Aronson, 1992).

Estudios realizados en Uruguay por Lucas et al. (2018), utilizando técnicas de dendrocronología, reportan altas tasas de incremento en diámetro anual para esta especie, alcanzando valores de $10,36 \pm 0,45$ mm. año⁻¹ para el período de 2002 a 2015; en tal sentido por ser una especie pionera, es posible que este incremento se reduzca al alcanzar un umbral cerca de la edad máxima.

Se caracteriza por presentar tolerancia a cambios climáticos y adaptabilidad ecológica, siendo señalada como apta para colonizar lugares que han sido degradados por causas antrópicas, como el pastoreo, la agricultura intensiva o el fuego. Por su capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis, presenta ventajas frente a otras plantas para establecerse en suelos pobres e iniciar un mecanismo sucesional de facilitación, al contribuir al aumento del nitrógeno y materia orgánica del suelo, mejorando las condiciones para el establecimiento de otras especies, al inicio de la sucesión sobre todo en suelos de fertilidad baja (Walker & Del Moral, 2003).

Por las características antes mencionadas y por su plasticidad, es utilizada en la reforestación de ecosistemas degradados (Abedini et al., 2000). Estudios realizados por Ovalle y Avendano (1984), Ovalle et al. (1990) como se cita en Abedini et al. (2000), en la comunidad boscosa nativa de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), reportan la aptitud de *Vachellia caven* en sistemas silvopastoriles y recuperación de suelos, así mismo Aronson (1992) menciona que puede sobrevivir en sitios abiertos al tolerar la sequía. Fabbroni et al. (2018) reporta que en Valles Calchaqués de Salta, Argentina, mencionan que esta especie presenta tolerancia climática y adaptabilidad

ecológica, comportándose como invasiva, siendo propensa a invadir hábitats perturbados, ya que no solo se reproduce por semillas, sino que también se multiplica por raíces gemíferas.

2.6.11 *Salix humboldtiana* – Sauce criollo

Especie que pertenece a la familia Salicaceae, heliófila, higrófila y pionera, crece a orillas de ríos, arroyos, lagos, lagunas, en islas en formación y en suelos con agua subsuperficial. Cumple importante papel como fijador de nuevas islas, en el río Paraná, Uruguay, Quaraí e incluso en arroyos en la cuenca del río Tacuarembó, ya que es una de las especies que mejor soporta la inundación y seca de los ríos (Liotta, 2001; Demaio et al., 2002, San Martín & Véliz, 2006, como se cita en Profumo, 2010). Habita y se distribuye en bosques ribereños de todo el país, en zonas cercanas al curso de agua (Brussa & Grela, 2007).

Se distribuye ampliamente en América del Sur y América Central, desde México hasta Argentina, desde Jujuy hasta Chubut, en todo el territorio de Uruguay y Chile, desde Arica hasta Malleco, región de Araucanía (Brussa & Grela, 2007; Demaio et al., 2002, Sobral et al., 2006, como se cita en Profumo, 2010).

Árbol robusto, de porte medio a grande, de 10 a 20 m de altura, tronco recto y copa irregular a muy amplia, gajos finos, flexibles, erguidos o levemente péndulos, de color verde amarillento o marrón rojizo. La copa generalmente supera el dosel, destacándose por la tonalidad verde claro y textura fina de su follaje, corteza gris oscura, rugosa, con fuertes surcos longitudinales (Brussa & Grela, 2007; Demaio et al., 2002, San Martín & Véliz, 2006, como se cita en Profumo, 2010). Hojas simples, alternas insertas en disposición helicoidal, péndulas, verde claras, lineales a falciformes o lanceoladas finas y alargadas con 0,5 - 1,5 cm de ancho por 5 a 15 cm de largo, margen aserrado, nervadura central marcada, glabras, ápice longitudinalmente agudo acuminado (Brussa & Grela, 2007; Demaio et al., 2002, San Martín & Véliz, 2006, como se cita en Profumo, 2010). De follaje caduco, a fines del otoño, brota a inicio de la primavera y florece a fines de la primavera (Brussa & Grela, 2007).

El Sauce es una especie diclino-dioica, las flores no tienen cáliz o corola, no presentan brácteas u hojas modificadas, son flores imperfectas, pequeñas, reducidas a los verticilos fértiles, las masculinas amarillas, vistosas, las femeninas verdosas. Ambas se agrupan en amentos localizados en los extremos de las ramillas del año, con un largo de 3 a 8 cm. El desarrollo de las flores y la antesis son casi simultáneos a la formación de las hojas (Brussa & Grela, 2007).

Los frutos son cápsulas bivalvas pequeñas de 4-5 mm de largo, dehiscentes, de color castaño oscuro, con semillas de 0,5 – 0,7 mm, pelos sedosos y blancos (Brussa & Grela, 2007; Demaio et al., 2002, San Martín & Véliz, 2006, como se cita en Profumo, 2010), que ayuda en la dispersión de las semillas a través del viento (anemocoría) y el agua (hidrocoría). La germinación es de tipo epígea, produciéndose en condiciones naturales dentro de 12 o 24 horas sobre arena húmeda o aluvial, requiriendo además de luz y variación en la temperatura (Pinilla et al., 2015). Se reproduce muy fácilmente por estacas del año anterior, plantadas al final del invierno y por semillas (Brussa & Grela, 2007; Demaio et al., 2002, San Martín & Véliz, 2006, como se cita en Profumo, 2010), las que germinan alcanzando densidades de miles por metro cuadrado y creciendo rápida y uniformemente (Liotta, 2001).

Presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas como raíces adventicias utilizadas en la absorción de nutrientes y oxígeno, que sirven para atenuar el escurrimiento y el aumento del nivel del suelo. Capacidad de reordenar el sistema radicular y el follaje en respuesta a sedimentaciones a gran escala; mediante el mecanismo de translocación de oxígeno desde el tronco a las raíces ubicadas en medios anóxicos, así como la reproducción vegetativa a partir de ramas quebradas (Neiff, 1986, Neiff et al., 1985, Depetris et al., 1992, como se cita en Liotta, 2001).

Las especies que componen este género presentan características que las hacen adecuadas para su empleo en restauración ecológica de humedales y conservación de la vida silvestre, y en recuperación de tierras y reforestación de sitios industriales con contaminantes presentes en el aire y suelo. *Salix humboldtiana* se ha utilizado tradicionalmente para protección de suelos debido a su capacidad para ejercer

funciones mecánicas en la erosión del suelo causada por el agua y viento, así como para formar estructuras de protección, contra el viento, refugios de vida y murallas vivas (Pinilla et al., 2015).

Profumo (2010) menciona que el incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho para esta especie es de 4 mm. año⁻¹ para clases de edad de 5 a 15 años, hasta 8,5 mm. año⁻¹ en la siguiente clase (15 a 20 años), llegando a valores de 21 mm. año⁻¹, para luego decrecer rápidamente a 5 mm. año⁻¹ en clases de edad de 25 a 35 años.

La madera es liviana, inodora, flexible y fácil de trabajar, el peso específico, seco al aire libre es de 12 a 15 % y de 0,45 a 0,49 g.cm⁻³ y 0,43 a 0,50 y presenta anillos de crecimiento demarcados, textura fina a media, homogénea, grano recto (Tuset, 1963, Senyszyn, 1989, como se cita en Profumo, 2010).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

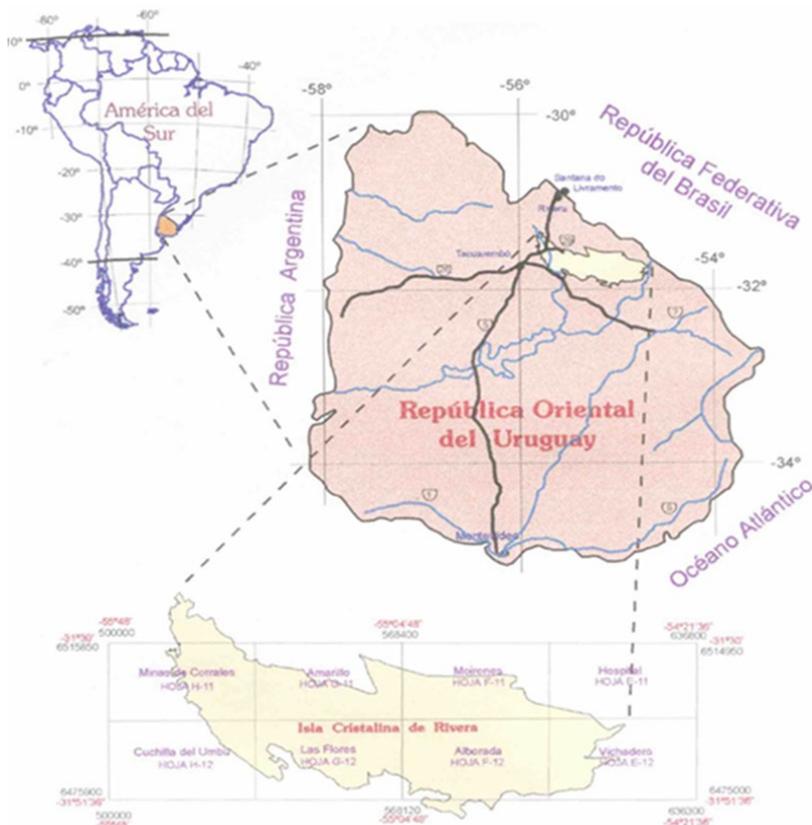
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y VÍAS DE ACCESO

El proyecto de restauración del área de intervención minera se encuentra localizado en el Departamento de Rivera, República Oriental del Uruguay, cercano al centro poblado de Minas de Corrales. El acceso a Minas de Corrales se realiza por la ruta nacional Nro. 5, hasta Manuel Díaz, tomando luego hacia el este por ruta No. 29.

La zona pertenece a las serranías en el área de la “Isla Cristalina de Rivera” (Figura 1), la misma es una región del basamento precámbrico rodeada de sedimentos continentales del Pérmico y de la Cuenca Mesozoica del Paraná ubicada en el norte del Uruguay, siendo una de las principales provincias metalogénicas del país (Furtado, 2014). En Uruguay el basamento cristalino, aflora al Sur del río Negro y al Norte de éste, en las “Islas Cristalinas” de Cuñapirú-Vichadero, en el departamento de Rivera y Aceguá, en Cerro Largo. El mismo está constituido por rocas metamórficas, que comprenden gneises, migmatitas, granulitas, esquistos, anfibolitas, rocas metamórficas de bajo grado, intrusiones plutónicas, así como por diversas rocas hipoabisales (Núñez et al., 2018).

Figura 1

Ubicación geográfica de la Isla cristalina de Rivera, Minas de Corrales



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

La región está limitada hacia el norte por la Cuchilla Negra y Santa Ana, cercana de los límites con Brasil. Estas formaciones orográficas, juntamente con la Cuchilla de Haedo, forman un arco cuya concavidad mira hacia el sur, delimitando la cuenca del Río Tacuarembó, de la cual el Arroyo Corrales forma parte.

Se caracteriza por presentar zonas altas que constituyen las divisorias de aguas de las microcuencas, separadas por bajos donde fluyen las corrientes de agua, con variabilidad de pendientes en las laderas. Las laderas pueden tener pendientes que presentan porcentajes iguales o mayores al 100 %, formando escarpas en algunos casos, mientras que en otros casos pueden ser más suaves, planas o ligeramente convexas que

se extienden hasta los talweg (vaguadas), línea que une los puntos de menor altura en un valle o en el cauce de un río, según el Informe de Bioingeniería de Loryser de 2006 (J. C. Canabal, comunicación personal, 2014).

En las zonas bajas de estas áreas la corriente, si la hay, es más rápida que en otras condiciones, por lo que se encuentran recubiertas en las proximidades de la corriente fluvial por sedimentos aluviales. Las diferentes litologías dan lugar a variaciones del modelado del terreno y de los suelos, y en el caso de la microcuenca del Arroyo Corrales, la zona de estudio, también está constituida por varias corrientes de agua de menor importancia, cañadas, zanjones y sangradores, según el Informe de Bioingeniería de Loryser de 2006 (J. C. Canabal, comunicación personal, 2014).

El área de estudio está comprendida en la región climática definida como húmedo mesotermal, con temperatura media anual de 18 ° C. Los datos obtenidos de la estación meteorológica de la empresa, muestran que la temperatura media del mes más cálido (enero) y del mes más frío (julio) está entre 24 y 25 ° C y 12 y 13 ° C, respectivamente. La amplitud anual de la variación de temperatura está entre 12 y 13 ° C. La fecha media de la primera helada es entre el 1 y 10 de junio, y la fecha media de la última helada es el 20 de agosto, resultando en un período libre de heladas de 289 días por año. La precipitación anual media es de 1.200 a 1.300 mm, con alta variabilidad, en el entorno del 20 y 30 %. Este dato contrastado con la ETP (evapotranspiración potencial), de 900 mm y con la ET real de 800 mm, no podría interpretarse como una zona sin déficit hídrico, ya que la capacidad de retención de agua de los suelos es baja, variando de 50 mm, los de menor espesor a 150 mm los de mayor espesor. El resultado primario es que existe déficit hídrico sobre todo en los meses cálidos, a la vez que ocurren excesos de agua que alimentan directa e indirectamente, los cursos fluviales a través del escurrimiento superficial y de la percolación del suelo, una vez alcanzada la máxima capacidad de retención. Es normal en esta zona el escurrimiento anual de 400 mm, proveniente de las precipitaciones, con consecuencias en los niveles de agua de los cursos fluviales y efectos erosivos importantes, según el Informe de Bioingeniería de Loryser de 2006 (J. C. Canabal, comunicación personal, 2014).

3.3 ANTECEDENTES EN LA INTERVENCIÓN Y DESVÍO DEL ARROYO CORRALES

3.3.1 Conservación del bosque nativo

La conservación del bosque nativo contempló la minimización de las intervenciones buscando mantener y preservar sus áreas en el canal de trazado del desvío. Del total de bosque nativo existente, se realizó la remoción de 10,5 ha, logrando mantener intactas y preservar además 13,9 ha (Figura 2).

Las zonas preservadas fueron identificadas en el campo y delimitadas con cintas de color y carteles informativos, estableciéndose zonas protegidas y quedando prohibida su intervención (Figura 3 y 4). El objetivo fue restringir la afectación del bosque exclusivamente al área operativa del proyecto, manteniéndose zonas inalteradas, preservando su función de corredor biológico y permitiendo restablecer el equilibrio natural luego de su perturbación; según el Informe Ambiental de Loryser 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 2

Zonas de remoción y conservadas del bosque nativo



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 3

Zonas delimitadas para la preservación del bosque nativo durante las obras



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 4

Relicto de bosque nativo preservado luego de la intervención



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.3.2 Intervención del bosque nativo

Esta tarea consistió en la remoción de árboles, arbustos y suelos superficiales presentes en aquellas áreas involucradas directamente en las obras del proyecto y por lo tanto, sin posibilidad de ser preservadas. Las actividades de remoción de plantas leñosas consistieron en identificar, marcar y enviverar todos los árboles de menor porte, por otro lado, realizar el trasplante mecánico para los de porte medio y talar los árboles de mayor porte. De las especies identificadas se seleccionaron mudas considerando su calidad y se aprovisionan individuos para su posterior trasplante en las zonas a recuperar. Los viveros fueron ubicados en lugares protegidos dentro del propio bosque, enviverándose en total 23.000 individuos, aproximadamente. Los troncos, ramas, follaje y raíces fueron depositados en forma de corredor biológico (Figura 5), sobre la margen norte del nuevo tramo del arroyo, creando refugios para la fauna terrestre, lo que permitió albergar diversas especies de aves y mamíferos, al mismo tiempo que favoreció el crecimiento de plantas de pequeño y gran porte que incrementaron la biodiversidad en el entorno; según el Informe Ambiental de Loryser 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 5

Acopio de ramas en forma de corredor biológico



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

La identificación y selección de las especies de flora nativa se realizó teniendo en cuenta el tamaño de las plantas y su estado sanitario. Las plantas deberían tener una altura comprendida entre 0,5 m y 1,50 m, buen vigor y no demostrar signos de la presencia de plagas y/o enfermedades. Las plantas seleccionadas se identificaron con cintas de color para facilitar su visualización, rosada para árboles de 0,5 m, azul para árboles de 1,5 m y verde para las especies a ser trasplantadas mecánicamente; según el Informe Ambiental de Loryser 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014; Figura 6).

Figura 6

Intervención del bosque nativo (identificación, extracción, enviverado de árboles y tala del bosque)



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.3.3 Construcción de viveros

La construcción de viveros tuvo como finalidad el aprovisionamiento de árboles para la generación de nuevos bosques en las áreas a recuperar, generando de esta forma un bosque ribereño con características similares al existente antes de la intervención. Los viveros fueron ubicados estratégicamente en lugares protegidos dentro del propio bosque, considerando los siguientes aspectos; cercanía a la fuente de agua para riego, cercanía a las zonas previstas de trasplante definitivo, facilidad de acceso, tamaño de las especies, disponibilidad de sombra y riesgo de inundación del sitio; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014; Figura 7).

Una vez que se acondicionaron las plantas en bolsas, fueron ubicadas en lugares protegidos dentro del propio bosque, conformando verdaderos viveros temporales de especies nativas. Los viveros fueron señalizados con cartelería específica, siendo cercados para impedir el ingreso de animales que se alimenten y/o pisoteen las plantas (J. Martínez, comunicación personal, 2014; Figura 8).

Figura 7

Construcción de viveros y aprovisionamiento de especies a partir de árboles del propio bosque



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 8

Zona delimitada para el acondicionamiento de viveros



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.3.4 Acondicionamiento y uso del suelo

Las actividades proyectadas tienen por finalidad disminuir o eliminar las consecuencias ambientalmente desfavorables de los movimientos de tierra y de la obra en general. Se procuró evitar la degradación y erosión del suelo y mejorar sus condiciones físicas mediante el aumento de la profundidad, la mejora en las propiedades químicas relacionadas a la fertilidad, la incorporación de enmiendas, como

mulch de cáscara de arroz y la fertilización, entre otros; según el Informe Ambiental de Loryser 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Los aspectos más relevantes del proyecto fueron el restablecimiento del suelo en la conformación en las márgenes del arroyo, en los taludes de excavación y en los diques de protección (Figura 9 y 10). Para ello se procedió a colocar sobre la roca una cobertura de material constituida por el propio suelo removido, intentado reconstituir así un perfil y generar las condiciones para la implantación del tapiz herbáceo. La utilización del suelo original permitió preservar el recurso, optimizar los movimientos de material y aprovechar la materia orgánica existente en los primeros horizontes, así como el banco de semillas. De esta manera se estableció una condición favorable para lograr una rápida emergencia del estrato herbáceo y para la implantación de árboles y arbustos en las nuevas márgenes del arroyo; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 9

Remoción del suelo y conformación de las márgenes del arroyo Corrales



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

El manejo del suelo consistió en la remoción de la capa superficial compuesta por el horizonte A y B y su utilización inmediata en las áreas en recuperación. Cuando la utilización directa de este material no fue posible se realizó el acopio para su uso posterior. El acondicionamiento del suelo consistió en remover, transportar, acopiar y conservar el mismo en condiciones adecuadas. Además, se realizó la clasificación de dos tipos de materiales, los materiales superficiales y los materiales profundos. Los materiales profundos compuestos por el horizonte B fueron utilizados en los primeros

recubrimientos y los materiales superficiales, compuestos por el horizonte A, en la cobertura final del área a revegetar. Los suelos de zonas aledañas, que por distintas causas fueron compactados excesivamente durante los movimientos de tierra, se acondicionaron hasta alcanzar la compactación adecuada; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 10

Colocación de suelo y taludeo sobre la margen del arroyo



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.3.5 Siembra de especies herbáceas

Se realizó la siembra de especies herbáceas para acelerar la cobertura vegetal del suelo, disminuir procesos erosivos, mejorar su estructura, aumentar la infiltración y la fertilidad, así como disminuir el impacto visual generado por la obra (Figura 11) Se sembraron al voleo sobre suelo desnudo diversas especies de pasturas invernales y estivales que incluyeron gramíneas y leguminosas como *Lolium perenne* (raigrás), *Avena sativa* L. (avena), *Setaria italica* (L.) P. Beauv. (Moha), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Gramilla), *Lotus corniculatus* (Lotus) y *Trifolium repens* (Trébol blanco). La selección de especies se realizó teniendo en cuenta aspectos tales como la estación de crecimiento, la capacidad de colonización, la velocidad de crecimiento, los costos de la semilla y su disponibilidad en la zona. Las sucesivas siembras se escalonaron y previamente se realizaron las labores necesarias para garantizar una buena germinación; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

La asociación de gramíneas y leguminosas es un aspecto clave en la construcción del tapiz herbáceo, porque las leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico desarrollando una rápida vegetación y aumentando paulatinamente los tenores de materia orgánica y nitrógeno en el suelo, funcionando como una “especie nodriza”. Esta condición favorece el establecimiento posterior de las gramíneas cuya exigencia por nitrógeno es mayor; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

El control de la erosión es un aspecto clave en la preservación de suelos para lo cual se implementó un procedimiento sistemático de corrección que consistió en la limpieza de cárcava, colocación de rocas desde donde comienza el desplazamiento, relleno con suelo y re-siembra de especies de rápido crecimiento como *Lolium perenne* L. (Raigrás), *Trifolium repens* L. (Trébol blanco), *Lotus corniculatus* L. (Lotus), entre otros (Figura 11). Se registraron dos tipos de cárcavas de acuerdo con su tamaño; cárcavas grandes, mayores a 10 m² y cárcavas chicas, menores de 10 m²; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 11

Secuencia de corrección de cárcavas



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

En el mismo sentido, la estabilidad de áreas propensas a la erosión se logró mediante la siembra de especies de ciclo corto en forma de franjas perpendiculares a la pendiente, asociadas a especies de ciclo largo, cubriendo toda la superficie y dando mayor estabilidad (Figura 12 y 13). Otra medida realizada para lograr una rápida

cobertura vegetal fue la inclusión de tepes de pasto en lugares poco propicios para obtener una buena germinación. Los tepes de pasto incluyen una diversidad de especies de gramíneas y se incorporó como una alternativa más eficiente para lograr la cobertura en aquellos lugares en que las condiciones edáficas no permitan una buena implantación; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 12

Siembra de especies herbáceas



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 13

Revegetación de taludes



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.3.6 Estratificación del área de restauración en base a la geomorfología

El área bajo estudio ocupa una superficie de 12,7 ha, subdivididas en nueve zonas (Tabla 1), ubicadas en las márgenes derecha e izquierda del Arroyo Corrales, con características diferentes en cuanto a tamaño y topografía, lo que permitió diferenciar dos estratos: el estrato alto y el estrato bajo.

Tabla 1

Superficie de restauración (ha) por estrato y total, según zonas delimitadas luego de la intervención del Arroyo Corrales

	Zonas	Estrato alto	Estrato bajo	Total
Superficie/ha	1	0,1	0,4	0,5
	2		1,8	1,8
	3	2,9		2,9
	4	2,5		2,5
	5	0.01	1,0	1,0
	6		1,5	1,5
	7	0,6		0,6
	8		0,8	0,8
	9		1,0	1,0
Total		6,1	6,6	12,7

Nota. Adaptado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

De esa forma, de las nueve zonas, cinco se encuentran en el estrato alto, correspondientes a las zonas (1, 3, 4, 5 y 7) con una superficie de 6,1 ha y siete se encuentran en el estrato bajo, que corresponden a las zonas (1, 2, 3, 5, 6, 8 y 9) con una superficie de 6,6 ha. A su vez, las zonas 1, 2, 3, 4 y 5 se encuentran ubicadas en la margen derecha, en sentido aguas abajo del arroyo y las zonas 6, 7, 8, 9 y parte de la zona 1 se encuentran ubicadas en la margen izquierda del arroyo, aguas abajo (Figura 14).

Figura 14

Identificación de las zonas de monitoreo en el área de restauración, el arroyo corre en sentido noreste – suroeste (z5/z6 a z2/z8 y z9)



Nota. Tomado del Informe Técnico de Masciandri y Jolochin de 2011 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.3.7 Plantación de árboles y arbustos

La plantación de árboles y arbustos tuvo el objetivo de recomponer la función ecosistémica que cumple el bosque ribereño y para ello se buscó vincular geomorfológicamente los terrenos adyacentes al área de afección de modo que la morfología general del paisaje no adoptara formas discordantes en los límites del área; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Se plantaron 17.000 árboles nativos utilizando dos modalidades de trasplante: manual y mecánico. El primer mecanismo se utilizó para árboles de pequeño porte (< 4 cm de Diámetro a la Altura del Cuello - DAC) y los trasplantes mecánicos se utilizaron para árboles mayores (> 4 cm de DAC), con el apoyo de una retroexcavadora. La plantación y fertilización se realizó en forma manual y simultánea, los pozos estuvieron acorde al tamaño de las macetas y la dosis de fertilizante fue de 25-30 g/planta de NPK 15-15-15; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014; Figura 15).

Figura 15

Plantación de árboles de maceta



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

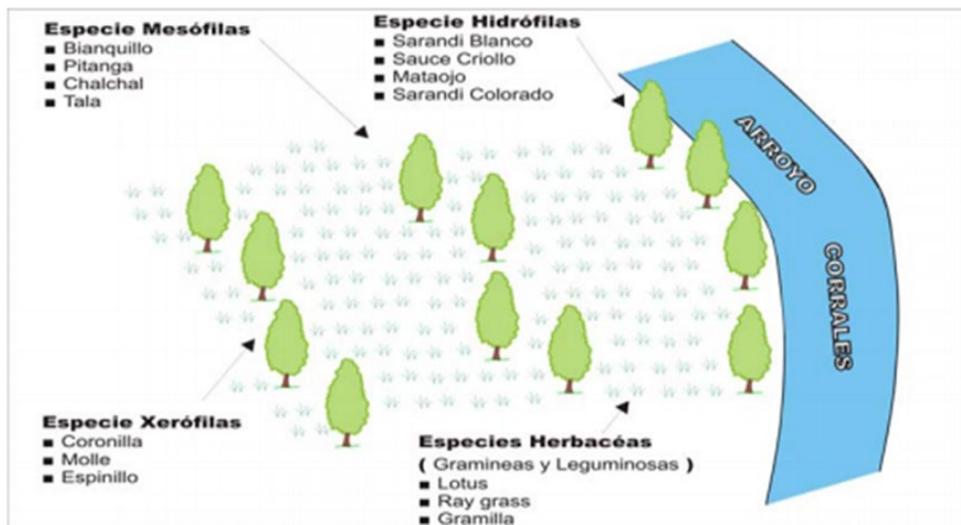
Se consideraron dos tipos de marco de plantación: islas y corredores, con una distancia entre plantas de 0,5 a 1 m. Este método consistió en realizar una plantación densa en la cual se agruparon individuos de distintas especies, que formaron corredores (compuestos por 4 especies distintas) que se comunicaban con las islas (compuestas por 6 especies, donde hay una especie dominante), formando así una matriz de distribución paralela al cauce del arroyo.

La distribución espacial de las especies al borde del arroyo (Figura 16) se basó en los relevamientos realizados por Piaggio y Delfino (2009) en el Arroyo Corrales, quienes mencionan que para el caso de los bosques ribereños las especies se distribuyen de acuerdo con sus requerimientos hídricos en franjas paralelas a los cursos de agua, siendo clasificadas para este tipo de bosques en subxerófilas, mesófilas e hidrófilas. Por lo cual, en la primera línea de plantación se incluyeron ejemplares de especies hidrófilas, entre las que se encuentran: *Phyllanthus sellowianus* (Sarandí blanco), *Salix humboltiana* (Sauce criollo), *Cephalanthus glabratus* (Sarandí colorado), *Eritrina crista galli* (Ceibo), *Pouteria salicifolia* (Mataojo). Se continuó con especies mesófilas y subxerófilas como por ejemplo *Eugenia uniflora* (Pitanga), *Calliandra tweedii* (Plumerillo), *Allophylus edulis* (Chal - chal), *Sebastiania commersoniana* (Blanquillo) y finalmente en la zona más alejada del agua se plantaron especies xerófilas como *Scutia buxifolia* (Coronilla), *Schinus longifolius* (Molle rastrero), *Vachellia caven*

(Espinillo), entre otros; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 16

Distribución espacial del esquema de plantación



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Inmediatamente después de la plantación se realizó el riego a nivel de saturación (Figura 17) y se colocó un mulch orgánico compuesto por aserrín, pasto seco o cáscara de arroz, con el objetivo de disminuir la competencia por malezas y favorecer la retención de humedad del suelo, según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 17

Riego a nivel de saturación de árboles plantados



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Las especies hidrófilas se plantaron a raíz desnuda (Figura 18) y con el objetivo de que se adaptaran al estrés pos-trasplante, causado por la extracción, se les realizó una poda de raíces previa a la plantación; según el Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 18

Plantación a raíz desnuda de especies hidrófilas



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.4 MONITOREO - TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO

El monitoreo de las áreas restauradas se llevó a cabo con una frecuencia estacional trimestral: en verano, otoño y primavera durante el período 2008 y 2016, por la autora por oportunidad de su labor como técnica forestal encargada de la tarea. Este seguimiento permitió caracterizar la dinámica de la fase inicial de restauración activa en plantaciones con riego, zonificadas por geomorfología e hidrología y que a efectos de esta investigación y considerando tales características se estratificó el área asignándole dos estratos: el estrato alto y el estrato bajo.

La selección de los árboles a ser monitoreados fue realizada considerando la abundancia relativa original de las especies, dato que se obtuvo por oportunidad del relevamiento previo a la intervención. Para cada una de las nueve zonas se definió monitorear entre 24 y 25 árboles, de esta forma se inició en 2008 con 203 árboles y se finalizó en 2016 con 171 árboles, según se puede observar en las tablas 2 y .3. Para la tarea a cada individuo se le identificó con un número de referencia y se le señaló a campo con una estaca y un número de referencia.

Las variables de monitoreo para cada árbol señalado fueron:

1. el diámetro a la altura del cuello - dac (cm) con cinta métrica y calibre;
2. la altura total (m) con cinta métrica hasta los 2 m y vara telescópica cuando superaron los 2 m (Figura 19);
3. la dinámica de mortalidad y supervivencia (registro y conteo) y
4. la capacidad de rebrote mediante el registro de la fecha de vida-primer muerte, si estaba vivo o muerto (1 o 0), si era un rebrote (si o no) y la fecha en que había rebrotado.

Tabla 2

Indicadores generales para el área de monitoreo: superficie (ha), número de árboles monitoreados, números de especies y familias para el año 2008 y 2016

Indicadores Generales	Año-2008	Año-2016
Superficie (ha)	12,7	12,7
No. de árboles monitoreados	203	171
No. de especies	39	30
No. de familias	18	15

Nota. Adaptado del Informe Ambiental de Loryser de 2008, 2016 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Figura 19

Medición de altura total (m) y diámetro (cm) en la base del cuello



Nota. Tomado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

Tabla 3

Total, de árboles de monitoreo período 2008-2016, según familias botánicas y especies de árboles y arbustos en el área de restauración

Familia	Especie	2008	2016
ANACARDIACEAE	<i>Schinus molle</i>	1	0
	<i>Lithraea molleoides</i>	5	5
	<i>Schinus longifolia</i>	3	3
ARECACEAE	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	2	0
CELASTRACEAE	<i>Maytenus ilicifolia</i>	3	3
EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	17	17
	<i>Sebastiania commersoniana</i>	14	14
	<i>Sapium glandulosum</i>	1	1
FABACEAE	<i>Vachellia caven</i>	6	6
	<i>Erythrina crista-galli</i>	3	3
	<i>Sesbania virgata</i>	3	0
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	1	1
	<i>Acacia bonariensis</i>	4	3
	<i>Calliandra tweedii</i>	2	2
LAURACEAE	<i>Ocotea pulchela</i>	2	0
	<i>Ocotea acutifolia</i>	3	2
MALVACEAE	<i>Luehea divaricata</i>	2	2
MYRCINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i>	0	0
MYRTACEAE	<i>Eugenia uniflora</i>	18	16
	<i>Mirrhinium atropurpureum</i> var. <i>octandrum</i>	16	15
	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	7	5
	<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	2	1
	<i>Eugenia uruguayensis</i>	6	6
	<i>Myrceugenia myrtoides</i>	2	0
PHITOLACACEAE	<i>Phytolacca dioica</i>	2	0
PHYLLANTHACEAE	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	13	12
QUILLAJACEAE	<i>Quillaja brasiliensis</i>	2	1
RHAMNACEAE	<i>Scutia buxifolia</i>	10	8
RUBIAEAE	<i>Cephalanthus glabratus</i>	2	2
	<i>Guettarda uruguensis</i>	2	2
SALICACEAE	<i>Salix humboldtiana</i>	14	13
	<i>Xylosma tweediana</i>	5	5
SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i>	7	5
SAPOTACEAE	<i>Pouteria salicifolia</i>	5	3
THYMELAEACEAE	<i>Daphnopsis racemosa</i>	3	3
VERBENACEAE	<i>Aloysia gratissima</i>	8	8
	<i>Citharexylum montevidense</i>	4	4
	<i>Citronella paniculata</i>	2	0
	<i>Ruprechtia salicifolia</i>	1	0
TOTAL		203	171

Nota. Adaptado del Informe Ambiental de Loryser de 2008, 2016 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

3.5 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN DIÁMETRO, ALTURA TOTAL Y MORTALIDAD

A los efectos de este estudio y para el análisis de los datos se seleccionaron once especies comunes a casi todas las nueve zonas de monitoreo pertenecientes a Euphorbiaceae, Myrtaceae, Salicaceae, Rhamnaceae, Phyllanthaceae, Fabaceae y Sapindaceae.

Euphorbiaceae está representada por 2 especies en el monitoreo: *S. brasiliensis* y *S. commersoniana*; Myrtaceae por 4 especies: *B. salicifolius*, *E. uniflora*, *E. uruguayensis* y *M. atropurpureum* var. *octandrum* y las demás familias están representadas en el monitoreo con una especie cada una, a saber, Phyllanthaceae por *P. sellowianus*, Salicaceae por *Salix humboldtiana*, Rhamnaceae con *Scutia buxifolia*; Fabaceae con *Vachellia caven* y Sapindaceae por *Allophylus edulis*. En la tabla 4 se describe a las familias y especies que componen el monitoreo, así como el número de individuos de cada especie por zona y estrato y el número de individuos totales.

En total se lograron monitorear 117 árboles distribuidos de la siguiente forma: 47 árboles en el estrato alto y 70 árboles estrato bajo. En el estrato alto se monitorearon 9 especies: *S. brasiliensis*, *S. commersoniana*, *B. salicifolius*, *E. uniflora*, *E. uruguayensis*, *M. atropurpureum* var. *octandrum*, *S. buxifolia*, *V. caven* y *A. edulis* y en el estrato bajo 11 especies *P. sellowianus*, *S. brasiliensis*, *S. commersoniana*, *B. salicifolius*, *E. uniflora*, *E. uruguayensis*, *M. atropurpureum* var. *octandrum*, *S. humboldtiana*, *S. buxifolia*, *V. caven* y *A. edulis* (Tabla 4).

Tabla 4

Especies seleccionadas para el análisis de datos por zona y estrato

Familia	Especie	Zonas-Estrato														
		Estrato bajo							Estrato alto							
		1	2	3	5	6	8	9	Total	1	3	4	5	7	Total	Total general
EUPHORBIACEAE	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	2	2	2	2	1	1	2	12						0	12
	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	2	2			2	2	3	11	2	2	2			6	17
	<i>Sebastiania commersoniana</i>	2				2	2		6	2	2	2		2	8	14
MYRTACEAE	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	2						2	4					1	1	5
	<i>Eugenia uniflora</i>	0	2			2	1	2	7	2	2	2		3	9	16
	<i>Eugenia uruguayensis</i>					1			1		2	2			1	5
	<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	2				2	1	2	7	2	2	2		2	8	15
SALICACEAE	<i>Salix hum boldtiana</i>	2	2	2	2	1	2	2	13						0	13
RHAMNACEAE	<i>Scutia buxifolia</i>	2	2						4	2	2				4	8
FABACEAE	<i>Vachellia caven</i>	1	1				1		3	1			2		3	6
SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i>	2							2	2				1	3	5
		9	19	4	4	11	10	13	70	1	12	12	12	10	47	117

Nota. Adaptado del Informe Ambiental de Loryser de 2016 (J. Martínez, comunicación personal, 2016).

3.5.1 Análisis estadístico de las variables crecimiento y supervivencia

Considerando que para esta investigación el período de monitoreo es de ocho años (2008-2016) y que los árboles presentan una edad mínima estimada de 11 años (se considera un año de vida en el bosque, dos años de vivero y ocho años de monitoreo), se analiza entonces el crecimiento acumulado anual (Incremento Acumulado-IA), el crecimiento periódico anual (Incremento Periódico Anual-IPA) y el crecimiento medio anual (Incremento Medio Anual-IMA).

En este estudio para el análisis de los datos se consideró el año 2007 como año de plantación, por lo que el monitoreo comienza desde el año 2008 hasta el año 2016. Cabe considerar que para el cálculo se toma en cuenta el período de crecimiento de otoño a otoño, desde el año 2007 hasta la mitad del año 2016.

3.5.1.1 Incremento medio anual - IMA.

El crecimiento medio anual (IMA), se calcula dividiendo el tamaño alcanzado en la variable considerada hasta un determinado momento en el tiempo, por la edad que tiene en ese momento. En términos generales el crecimiento medio anual (IMA) es el crecimiento promedio anual hasta cualquier edad desde la instalación del árbol o plantación y se calcula dividiendo el crecimiento acumulado hasta un determinado

momento en el tiempo, por la edad del árbol o de la plantación correspondiente (Prodan et al., 1997).

3.5.1.2 Incremento Periódico Anual - IPA

El incremento periódico anual (IPA) es el crecimiento promedio por año dentro de un período de varios años. El mismo se calcula como la diferencia de crecimiento entre años (Prodan et al., 1997), dicho de otra forma, el crecimiento medio anual para un período de (n) años se denomina incremento periódico anual (IP) y se calcula por la diferencia de los valores de la variable medidos al inicio y al final del período considerado (Vaccaro, 2002). El incremento periódico (cm. año^{-1}) de los árboles estudiados, fue obtenido a partir de la diferencia del crecimiento acumulado diámetro al cuello (cm) y altura total (cm), considerando un período de monitoreo de 8 años, desde el año 2008 al año 2016.

3.5.1.3 Incremento acumulado – IA

El crecimiento es el incremento gradual de un organismo o población en un determinado período de tiempo, que está directamente influenciado por las características genéticas de cada árbol y su interrelación con el medio ambiente, con los factores climáticos, el suelo y las características topográficas, considerados como calidad de sitio (Prodan et al., 1997). Es el incremento o crecimiento acumulado durante un período de varios años.

3.5.1.4 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el modelo GLM Generalized Linear Models, que es una extensión de los modelos lineales que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (Binomiales, Poisson, Gamma, etc.) y varianzas no constantes (Cayuela, 2010). Este es el modelo más adecuado para analizar relaciones ecológicas, ya que aplica un conteo de casos como la abundancia de una especie; un conteo de casos expresados como proporciones, como el porcentaje de plántulas muertas en un experimento de vivero, una respuesta binaria, si está vivo o muerto, infectado o no infectado (Cayuela, 2010).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del monitoreo se presentan en base a la estratificación del área de monitoreo con el análisis del incremento acumulado - IA, siguiendo por el incremento medio anual – IMA, el incremento periódico anual – IPA para cada especie y para las variables consideradas de diámetro a la altura del cuello y altura total, así como el análisis de la supervivencia y la capacidad de rebrote de las distintas especies.

4.1 ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DE MONITOREO

La zonificación del área de monitoreo permitió definir dos estratos: 1- el estrato bajo que se encuentra en zonas adyacentes al curso de agua con características higrófilas a méxicas y 2- el estrato alto ubicado sobre las laderas del cerro con características xerófilas.

Cada estrato fue definido como una comunidad vegetal que está integrada por un conjunto de plantas pertenecientes a distintas especies que ocupan un hábitat determinado. En la tabla 5 se describe la zonificación y estratificación del área monitoreada, así como la superficie que ocupa cada zona, siendo la superficie total de monitoreo (12.7ha) con 6.1ha en el estrato alto y 6.6 ha en el estrato bajo.

Tabla 5

Descripción de la zonificación y estratificación del área monitoreada, superficie (ha) por zona y total

Zonas	Estrato alto Superficie (ha)	Estrato bajo Superficie (ha)	Superficie Total (ha)
1	0.10	0.40	0.50
2	-	1.80	1.80
3	2.90	0.01	2.90
4	2.50	-	2.50
5	0.01	1.00	1.00
6	-	1.50	1.50
7	0.60	-	0.60
8	-	0.80	0.80
9	-	1.00	1.00
Total	6.11	6.51	12.60

Nota. Adaptado del Informe Ambiental de Loryser de 2008 (J. Martínez, comunicación personal, 2014).

4.2 ANÁLISIS DEL INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL, INCREMENTO ACUMULADO E INCREMENTO MEDIO ANUAL

4.2.1 Análisis del Incremento Periódico Anual del diámetro a la altura del cuello y altura total

La dinámica de crecimiento expresada como crecimiento anual periódico, promedio general para todo el período y para las once especies monitoreadas, muestra que la misma fue muy variable en diámetro a la altura del cuello, con una media mínima de 2 mm. año⁻¹ y media máxima de 8 mm. año⁻¹, para los ocho años de monitoreo (2008-2016). Con respecto a la altura total las tasas también fueron variables, con una media mínima de 7cm. año⁻¹ y media máxima de 30 cm. año⁻¹, como se muestra en el Anexo A.

En las figuras 20 y 21, así como en los Anexo B y C, se presenta el incremento periódico anual - IPA para todo el tiempo de monitoreo, los resultados confirman las diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el desarrollo de las distintas especies.

En cuanto al diámetro a la altura del cuello – dac (Figura 20) el Sauce criollo (A) y el Espinillo (AB) fueron las dos especies que presentaron las mayores tasas de crecimiento con 8.1 y 7.3 mm. año⁻¹, respectivamente; en tercer lugar estuvo el Sarandí blanco (B) con 5.7 mm. año⁻¹, en cuarto lugar el Coronilla con 3.4 mm. año⁻¹, en quinto lugar estuvo un grupo con varias especies que no mostraron diferencias significativas entre ellas, los dos Blanquillos y el Guayabo blanco (CD) con valores oscilando entre 2.7 y 3.2 mm. año⁻¹; mientras que el último grupo estuvo conformado por la Pitanga, el Palo de Fierro, el Arrayán y el Chal Chal (D) fue el que tuvo las menores tasas de crecimiento en dac variando entre 1.5 y 1.9 mm. año⁻¹.

Para el incremento anual en altura total se observa una gran prevalencia del Sauce criollo (A) con 37.60 cm. año⁻¹, le sigue un primer grupo conformado por el Espinillo, el Lechero y el Sarandí Blanco (B) con valores entre 15.62 y 17.67 cm. año⁻¹, un segundo grupo (BC) compuesto también por tres especies, el Blanquillo, el Coronilla y el Guayabo Blanco con valores de entre 9.29 y 12.10 cm.año⁻¹ mientras que en el otro extremo (C), están el Chal chal, el Arrayán, la Pitanga y el Palo de Fierro oscilando entre 7.26 y 9.27 cm.año⁻¹ como las especies que menos crecieron en altura durante los ocho años de monitoreo estacional continuo (Figura 21).

Figura 20

Incremento periódico anual en diámetro al cuello (cm. año⁻¹) para el período 2008-2016

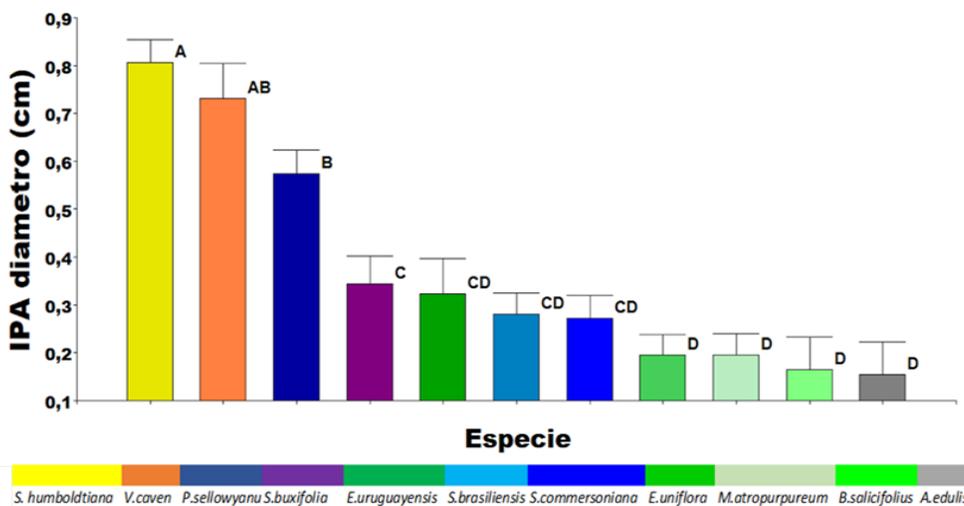
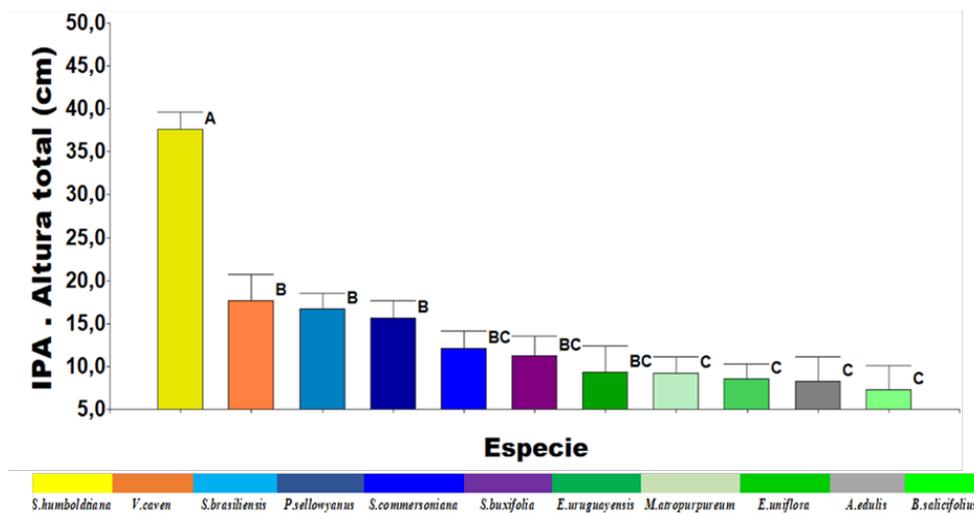


Figura 21

Incremento periódico anual promedio en altura total (cm. año⁻¹) para el período 2008-2016



Cabe resaltar en general que el Guayabo blanco - *Eugenia uruguayensis* es la especie que se diferencia dentro de Myrtaceae presentando mayor crecimiento en diámetro 3.2 mm. año⁻¹ y altura total 90 cm. año⁻¹.

4.2.2 Análisis del Incremento Acumulado - IA en diámetro a la altura del cuello y altura total

El crecimiento acumulado presentó una tendencia similar a la expresada por el incremento anual periódico con una media mínima de 1.8 cm y una media máxima de 8.8 cm en diámetro a la altura del cuello y altura total con una media mínima de 0.89 m y una máxima de 4.17 m (Tabla 6).

Tal como se definió en la metodología, cada especie fue clasificada conforme a la guilda ecológica, en secundaria inicial, secundaria tardía y pionera (Swaine & Whitmore, 1988) y, además, según los regímenes de luz e hídrico se clasificaron en heliófila, mesófila e hidrófilas (Piaggio & Delfino, 2009). Si combinamos estas clasificaciones con las tasas de crecimiento medio en diámetro al cuello y altura total media para el período analizado en este monitoreo, es posible agrupar a las especies según su comportamiento, como se muestra en la Tabla 6. De esta forma en la dinámica de crecimiento horizontal y vertical, o sea ocupación del terreno en superficie y en altura para generar un ecosistema forestal, es posible distinguir tres grupos, utilizando el diámetro al cuello – dac como indicador, se proponen tres clases diamétricas (Tabla 6)

- > 8 cm de dac - Espinillo y Sauce criollo.
- 4 - 6 cm de dac - Sarandí blanco.
- 2 - 4 cm de dac - Coronilla, Blanquillos, todas las Mirtáceas y Chal chal.

Un primer grupo conformado por *S. humboldtiana* y *V. caven* con el mayor crecimiento en diámetro y con diferencias significativas respecto a las demás especies. Fueron dos especies caracterizadas como pioneras, heliófilas y que crecieron hasta valores de 8.0 cm de diámetro, son árboles que en general muestran a campo una gran cobertura de copas, visualmente superior a los demás individuos en el caso del Espinillo, mientras que los individuos de sauce criollo sobresalen conspicuamente en el paisaje dada la altura que han adquirido sus copas funcionando como individuos emergentes del dosel.

El segundo grupo estuvo compuesto por el Sarandí blanco - *Phyllanthus sellowianus*, también clasificada como pionera heliófila, con crecimiento de 6.0 cm de dac.

El tercer grupo se subdivide en cuatro subgrupos con medias que van desde 1.8 cm a 3.8 cm, compuesto por:

1. La coronilla, el lechero y el blanquillo, *Scutia buxifolia*, *Sebastiania brasiliensis*, *Sebastiania commersoniana*,
2. todas las Mirtáceas y
3. el Chal chal *Allophylus edulis*, cuyas características ecológicas van desde pioneras, secundaria inicial y secundaria tardía.

En cuanto a la altura total promedio en forma general también se distinguen tres clases, hubo un primer grupo que lo compone el Sauce Criollo con el mayor crecimiento 4.2 m, en el segundo grupo quedaron el Sarandí blanco y el Espinillo con valores de 2.6 y 2.7 m, y un tercer grupo que se subdivide en cuatro subgrupos con medias que van desde 0.89 m a 1.8 m de altura compuesto por *Scutia buxifolia*, *Sebastiania brasiliensis*, *Sebastiania commersoniana*, todas las Mirtáceas y *Allophylus edulis*. (Tabla 6):

- > 4 m de altura - Sauce criollo.
- > 2 m de altura - Espinillo y Sarandí blanco.
- 0 - 2 m de altura - Coronilla, Blanquillos, todas las Mirtáceas y Chal chal.

Tabla 6

Incremento Acumulado en diámetro al cuello - dac (cm) y altura total - ht (m), promedio por especie a 2016

ESPECIE	Guilda Ecológica	Régimen lumínico	IA dac (cm)	IA ht (m)
		e hídrico		
<i>S. humboldtiana</i> - Sauce criollo	Pionera	Heliófila - Hidrófila	8	4,17
<i>V. caven</i> - Espinillo	Pionera	Heliófila - Mésica a Xerófila	8	2,77
<i>P. sellowianus</i> - Sarandí blanco	Pionera	Heliófila - Hidrófila	6	2,62
<i>S. brasiliensis</i> - Lechero	Pionera	Esciófila - Higrófila	4	1,81
<i>S. commersoniana</i> - Blanquillo	Pionera	Heliófila - Higrófila a Xerófila	4	1,66
<i>S. buxifolia</i> - Coronilla	Pionera - Sec. inicial	Heliófila - Mésica a Xerófila	4	1,51
<i>E. uniflora</i> - Pitanga	Sec. inicial	Heliófila* - Mésica	3	1,39
<i>M. atropurpureum</i> var. <i>octandrum</i> - Palo de Fierro	Sec. tardía	Heliófila - Mésica a Xerófila	3	1,24
<i>E. uruguavensis</i> - Guayabo blanco	Sec. tardía	Heliófila - Mésica a Xerófila	3	1,18
<i>B. salicifolius</i> - Arrayán	Sec. inicial	Heliófila - Mésica a Xerófila	2	1,08
<i>A. edulis</i> - Chal chal	Secundaria inicial	Selectiva - Mésica a Higrófila	2	0,89

* La Pitanga posee gran plasticidad lumínica.

Nota. Adaptado del Informe Ambiental de Loryser de 2008, 2016 (J. Martínez, comunicación personal, 2016).

De forma general se puede decir que, durante los primeros ocho años de la restauración, los árboles con origen de plantación y manejados con riego, crecieron en promedio entre 0.9 y 4.2 m de altura siendo el valor más bajo para *A. edulis* con 90 cm y el mayor valor para *S. humboldtiana* con 4.2 m.

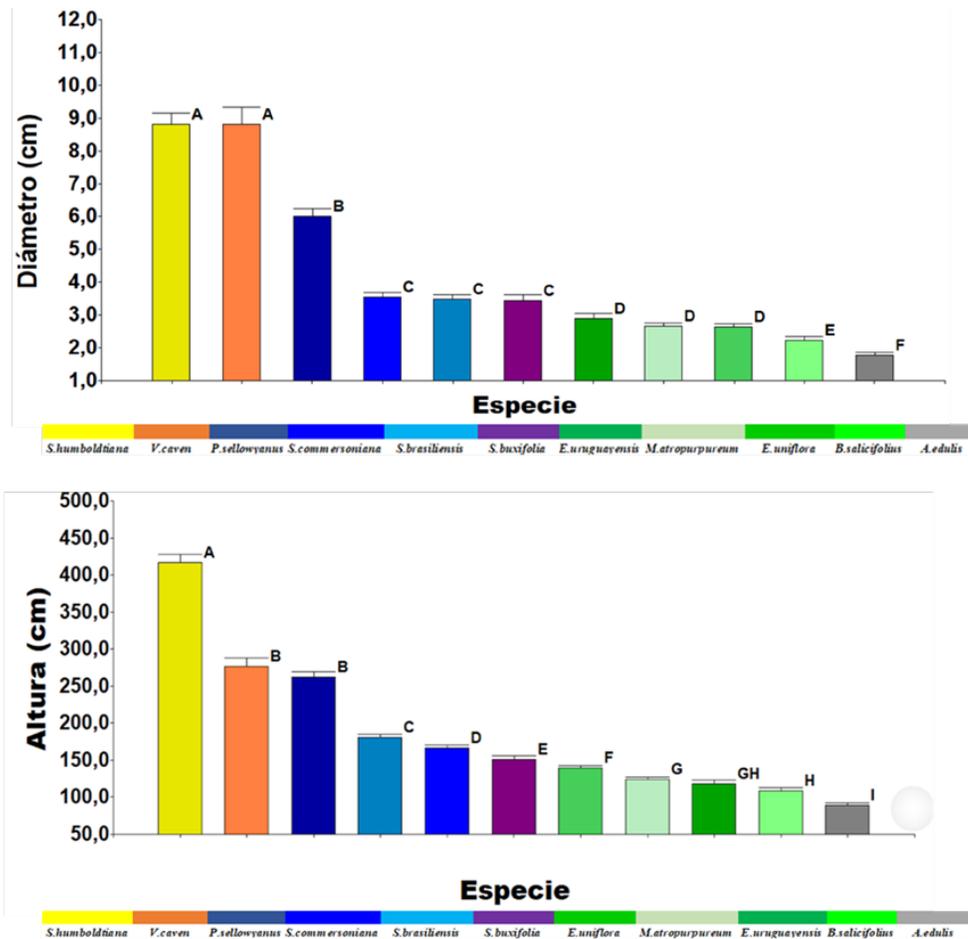
Cabe mencionar que para el caso de la Pitanga como no existe una definición clara de su guilda ecológica, en este trabajo se decidió clasificarla como secundaria inicial, porque reúne condiciones de gran plasticidad ecológica, que no la encuadran como heliófila y tampoco como secundaria tardía.

Se observa como el comportamiento de las especies en cuanto a crecimiento en diámetro a la altura del cuello sigue exactamente la misma tendencia que el crecimiento en altura total acumulada, valores promedio para todos los individuos. Claramente puede haber diferencias de carácter de sitio, típicamente de profundidad pedogénica localizada o de oferta hídrica del suelo que favorezcan o limiten a determinados ejemplares allí localizados, pero en términos generales las especies pioneras, heliófilas, si localizadas en sitios donde les es favorable el régimen hídrico del suelo, fueron las que presentaron mejor desempeño para todos los indicadores medidos.

En la Figura 22, así como en los Anexos D y E se muestra el crecimiento acumulado en diámetro del cuello y altura total, observándose que ambos parámetros presentan un comportamiento similar, existiendo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las especies.

Figura 22

Diferencias estadísticamente significativas en crecimiento acumulado en diámetro al cuello (cm) y en altura total (cm) promedio para todos los individuos por especie



4.2.3 Análisis del Incremento Acumulado -IA, Incremento Medio Anual – IMA e Incremento Periódico Anual - IPA por especie

4.2.3.1 Incremento Acumulado – IA.

En la Figura 23 y 24, así como en el Anexo F se muestra el Incremento Acumulado (IA) en diámetro al cuello y altura total (cm), para las once especies estudiadas. En líneas generales las tres especies que tuvieron mayor crecimiento en diámetro al cuello, a la edad de 11 años promedio (edad mínima estimada), fueron *S. humboldtiana* con 16.5 cm, *V. caven* con 14.7 cm y *P. sellowianus* con 11.6 cm. Respecto a la altura total hubo un claro predominio de *S. humboldtiana* con casi 7 m (6.8 m), seguido muy de lejos por el Espinillo - *V. caven* con casi 4 m (3.8 m) y por último *P. sellowianus* con 3.0 m.

Luego se presentó un grupo intermedio conformado por los Blanquillos, Guayabo blanco, Coronilla y dos Mirtáceas (Palo de hierro y Pitanga). Los Blanquillos (*S. brasiliensis* y *S. commersoniana*) y el Guayabo blanco (*E. uruguayensis*) presentaron valores muy similares en diámetro al cuello a los 11 años, con casi 6 cm: 5.6; 5.7 y 5.4 cm, respectivamente. En cuanto a la altura total se tienen valores similares para los Blanquillos, cercanos a los 2.5 m (2.5 y 2.3 m), mientras que para Guayabo blanco la altura fue menor, de 1.6 m.

En tanto que para el Coronilla y las demás Mirtáceas los valores de altura no llegan a los 2.0 m con valores de 1.9; 1.6 y 1.6 m para *S. buxifolia*, *M. atropurpureum* var. *octandrum* y *E. uniflora*, respectivamente. En cuanto al diámetro al cuello, *S. buxifolia* y *E. uniflora* presentaron valores similares, alcanzando casi 5.0 cm de incremento en diámetro al cuello (4.6 y 4.1 cm) y *M. atropurpureum* var. *octandrum* presentó un valor inferior, de 2.9 cm.

Por último, se conformó un grupo compuesto por Arrayán - *Blepharocalyx salicifolius* y Chal chal - *Allophylus edulis*, que presentan el menor crecimiento, con valores similares respecto a la altura total a los 11 años (1.2 m y 1.1 m) y diámetro al cuello de 3.0 cm y 2.9 cm, respectivamente.

Figura 23

Incremento Acumulado - IA en diámetro al cuello (cm) para las once especies monitoreadas, periodo 2008-2016

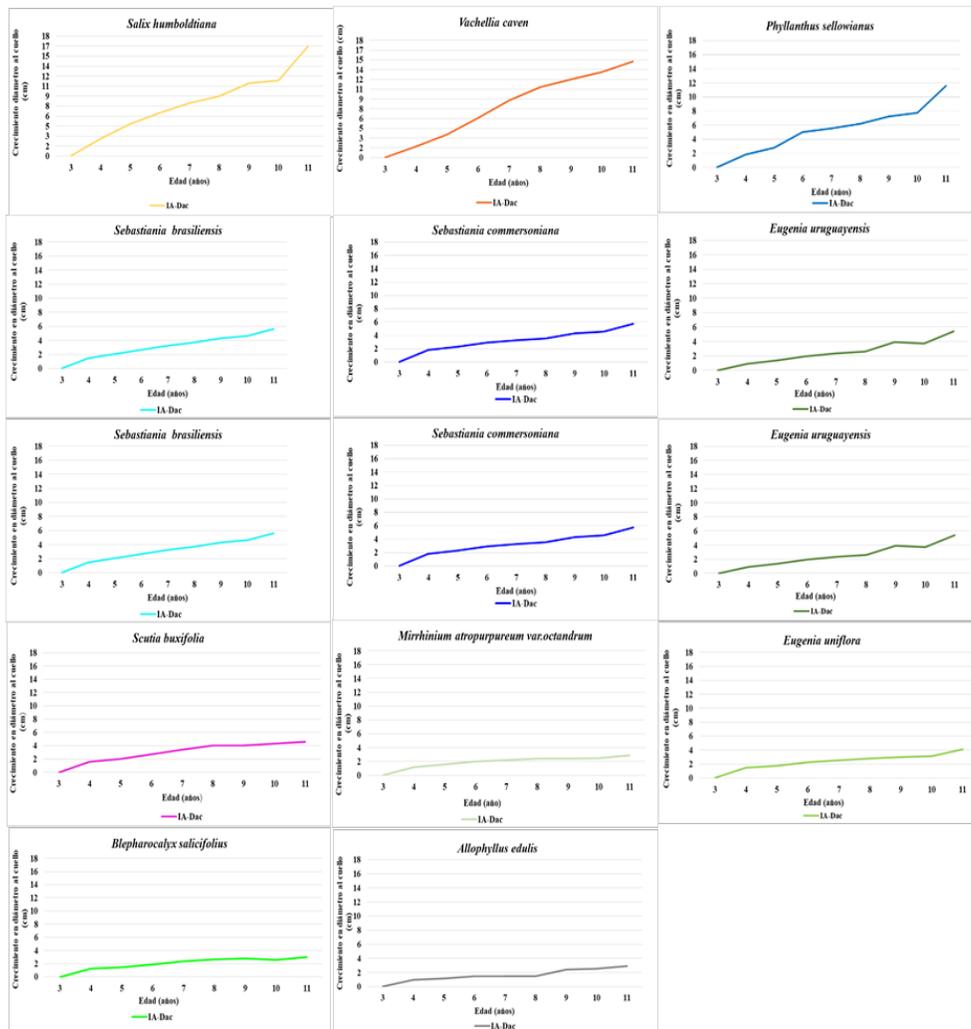
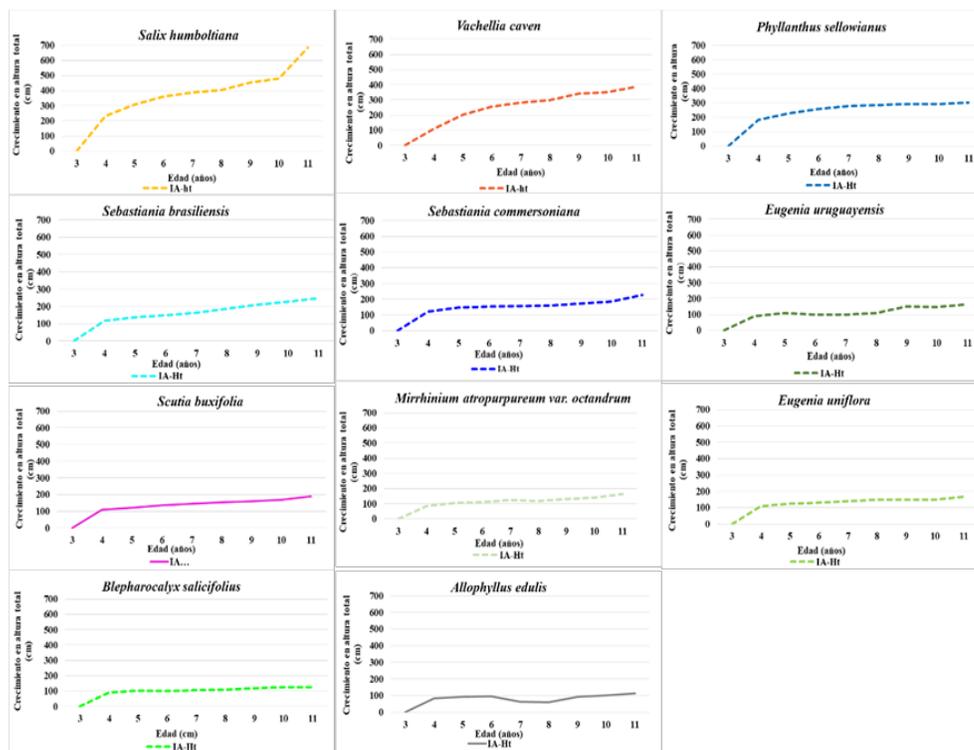


Figura 24

Incremento Acumulado - IA en altura total (cm) para las once especies monitoreadas, periodo 2008-2016



4.2.3.2 Incremento Medio Anual – IMA e Incremento Periódico Anual - IPA para diámetro al cuello y altura total por especie

En la Figura 25 y 26, así como en el Anexo G se muestran los resultados del Incremento Medio Anual –IMA y del Incremento Periódico Anual –IPA en diámetro al cuello y altura total (cm) para las once especies monitoreadas en el período 2008-2016, a los 11 años promedio (edad mínima estimada).

Figura 25

Incremento Medio Anual IMA e Incremento Periódico Anual - IPA (cm. año-1) en diámetro al cuello para las once especies monitoreadas, período 2008-2016

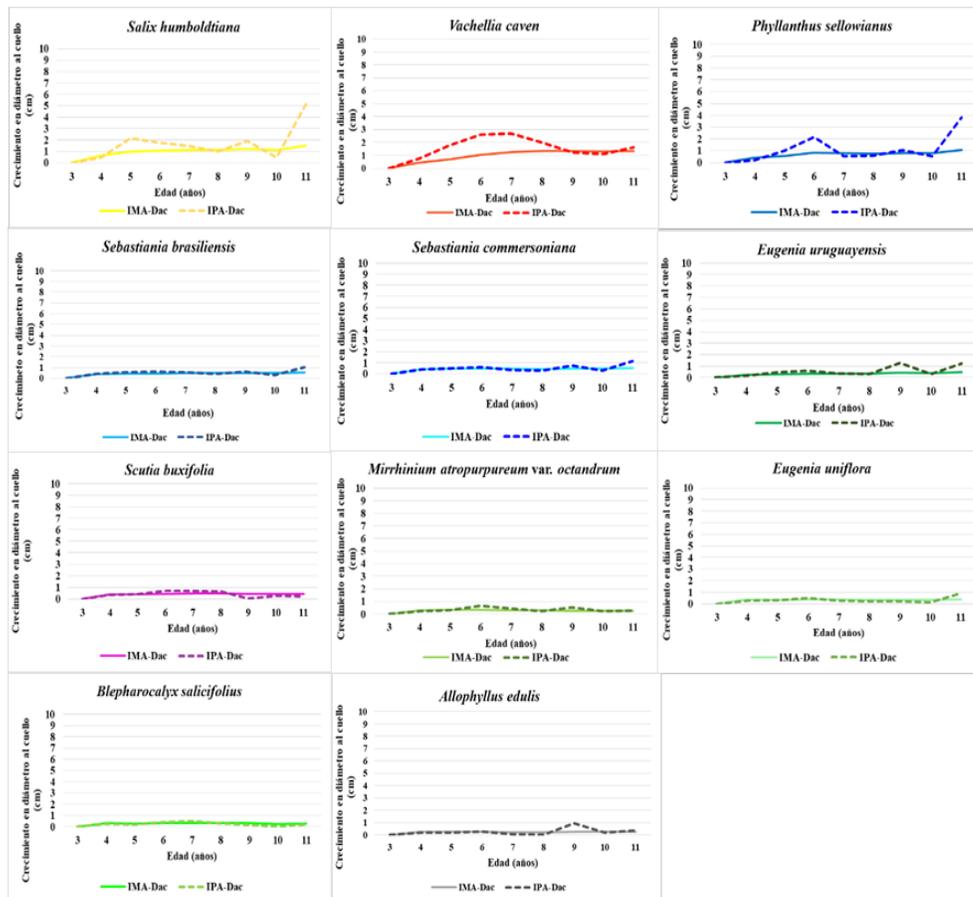
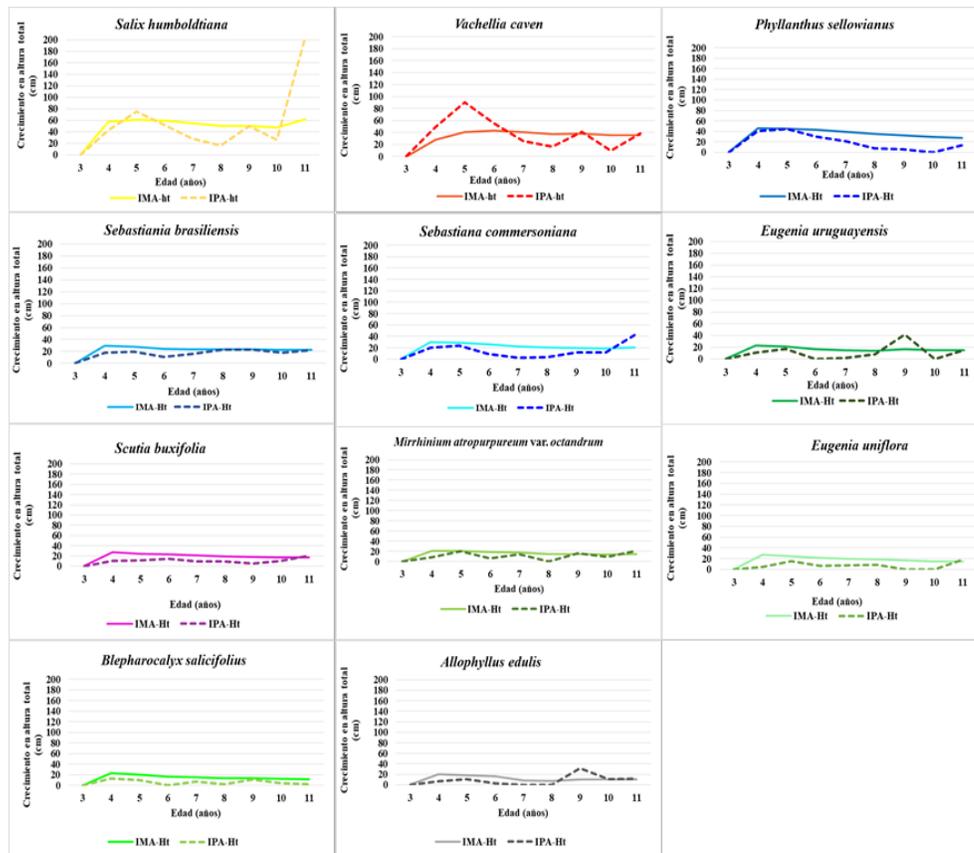


Figura 26

Incremento Medio Anual - IMA e Incremento Periódico Anual - IPA (cm. año-1) en altura total para las once especies monitoreadas, periodo 2008-2016



En líneas generales los menores valores en las variables de crecimiento estudiadas estuvieron vinculadas a *Allophylus edulis* y *Blepharocalyx salicifolius*, en el otro extremo con los mayores valores se posicionaron *Salix humboldtiana*, *Vachellia caven* y *Phyllanthus sellowianus*, destacándose *Salix humboldtiana* como la especie que presentó las mayores dimensiones en diámetro y altura.

Por otra parte, ocurren una serie especies con valores intermedios, *S. brasiliensis*, *S. commersoniana* y *E. uruguayensis*; *S. buxifolia* y dos Mirtáceas, *M. atropurpureum var. octandrum* y *E. uniflora*.

Para el primer grupo compuesto por *S. humboldtiana*, *V. caven* y *P. sellowianus*, con los mayores valores en las variables consideradas a los once años

mínimos estimados, se observa que *S. humboldtiana* presentó un IMA_{dac} de 15.0 mm. año⁻¹ y 51.0 mm. año⁻¹ de IPAdac, donde claramente en incremento periódico anual supera ampliamente en incremento medio anual por lo que la especie muestra crecimiento muy acelerado y lejos de la estabilización.

Profumo (2010) reporta para *S. humboldtiana* un incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho de 4.0 mm. año⁻¹ para clases de edad de 5 a 15 años, hasta 8.5 mm. año⁻¹ en la siguiente clase (15 a 20 años), llegando a valores de 21.0 mm. año⁻¹, para luego decrecer rápidamente a 5.0 mm. año⁻¹ en clases de edad de 25 a 35 años, mientras que Sutili et al. (2012) informaron un diámetro de 10 mm. año⁻¹ (IPAdap a los 4 años) y de 11.67 mm. año⁻¹ a los 6 años, incrementando, sin datos posteriores. Los resultados de esta investigación se asemejan a los valores reportados por Profumo (2010) para árboles de mayor edad (15 a 20 años), pudiendo explicarse que el crecimiento reportado para esta especie, a una menor edad (11 años) pudo deberse a una respuesta al riego realizado al inicio de la plantación.

V. caven con 13.0 mm. año⁻¹ de IMA_{dac} y 16.0 mm. año⁻¹ de IPAdac también tuvo la misma tendencia de crecimiento acelerado, pero con una tasa menor, seguida de *P. sellowianus* con 11.0 mm. año⁻¹ de IMA_{dac} y 38.0 mm. año⁻¹ de IPAdac, a los 11 años, con comportamiento muy similar. En cuanto a *P. sellowianus* Sutili et al. (2012) investigando el comportamiento flexional de tallos y ramas de especies ribereñas de la región sur de Brasil, aptas para fines de bioingeniería de suelos reportaron tasas de incremento en diámetro del tallo a los 4 años de 4 mm. año⁻¹ manteniéndose muy similar a los 12 años con 4.16 mm. año⁻¹ de IMA_{dap}.

Respecto a la altura para el IMA_{ht} y el IPA_{ht} a los once años se observó un claro predominio de *S. humboldtiana* con 62.2 cm. año⁻¹ para IMA_{ht} y 2.0 m. año⁻¹ de IPA_{ht}, le siguió *V. caven* con 35.3 cm. año⁻¹ de IMA_{ht} y 38 cm. año⁻¹ de IPA_{ht}, por último *P. sellowianus* con valores de 27.6 cm. año⁻¹ de IMA_{ht} y de IPA_{ht} cercano a los 30 cm. año⁻¹. Respecto a este indicador de altura, Profumo (2010) reporta que *S. humboldtiana* varió entre 47 y 59 cm. año⁻¹ de IMA_{ht}, con variaciones temporales que estuvieron entre 65 cm. año⁻¹ a los 12 años para luego estabilizarse en 30 cm. año⁻¹ a

los 40 años. En esta investigación los resultados obtenidos para árboles con edad promedio de 11 años son similares a los reportados por Profumo (2010) para árboles de 12 años.

Para *Vachellia caven* Lucas et al. (2018) utilizando técnicas de dendrocronología, reportan altas tasas de incremento en diámetro anual, alcanzando valores de 10.36 ± 0.45 mm. año⁻¹ para el período de 2002 a 2015, no encontrándose reporte de tasas de incremento en altura. En esta investigación las tasas de incremento a los 11 años promedio para esta especie fueron muy similares a las reportadas por Lucas et al. (2018) con un valor de 13.0 mm. año⁻¹.

Para el grupo conformado por los dos Blanquillos; *S. brasiliensis*, *S. commersoniana* y el Guayabo blanco - *E. uruguayensis* se obtuvieron resultados iguales en la variable IMA_{dac} a los 11 años, 5.0 mm. año⁻¹ y similares para la variable IPAdac con valores de 10.2; 11.0 y 12.0 mm. año⁻¹, respectivamente. En relación con la altura total para IMA_{ht}, los Blanquillos presentaron un incremento de 20.0 cm. año⁻¹ variando entre 20.0 y 22.0 cm. año⁻¹, mientras que para el Guayabo blanco la altura fue menor, de 15 cm. año⁻¹. En cuanto a la variable IPA_{ht} se registraron diferencias para las tres especies, donde *S. commersoniana* presentó mayor incremento con 40 cm. año⁻¹, *S. brasiliensis* 20 cm. año⁻¹ y por último *E. uruguayensis* con casi 15 cm. año⁻¹ de altura.

Scolforo et al. (2017) reportaron para *Sebastiania brasiliensis* un promedio de 1.4 mm. año⁻¹ de incremento en diámetro (CV 39 %), en el bioma Mata Atlántica en el estado de Minas Gerais, Brasil, según datos de inventario forestal entre 2003 y 2008. Por otra parte, Gomes et al. (2008) en Selva Ombrófila Mixta en Rio Grande do Sul, Brasil, mencionan un incremento medio anual muy superior, aunque con un tamaño de muestra menor, con valores entre 35.0 y 43.7 mm. año⁻¹.

Para *S. commersoniana* Profumo (2010) informó un incremento medio anual en diámetro sin corteza de 3,0 hasta 4,1 mm.año⁻¹, en el mismo sentido Profumo et al. (2018), estudiando el crecimiento de esta especie en distintas eco-regiones del Uruguay, reportan un incremento en diámetro de 3,8 mm.año⁻¹, como promedio general

para todas las edades y para todas las áreas muestreadas en su estudio, alcanzado rápidamente tasas de crecimiento media anual estable en diámetro (DAP) cerca de los 8 años, manteniéndose entre 1,5 y 2,0 mm.año⁻¹. Los resultados obtenidos en esta investigación para *S. commersoniana*, muestran valores de incremento en diámetro muy similares a los reportados por Profumo (2010); respecto a *Sebastiania brasiliensis*, los valores obtenidos son mayores a los reportados por Scolforo et al. (2017).

En el mismo sentido para *Eugenia uruguayensis*, no se encontraron antecedentes respecto a las tasas de crecimiento de esta especie, así mismo, Dos Santos et al. (2008), mencionan que la especie posee anillos de crecimiento delimitados por fibras radialmente estrechas, por lo cual a futuro es posible estimar las tasas de crecimiento a partir de la medición de los anillos anuales.

Para *S. buxifolia*, *M. atropurpureum* var. *octandrum* y *E. uniflora*, los valores de IMA_{Adac} fueron similares para las tres especies 4,0; 3,0; 4,0 mm. año⁻¹, en cuanto al IPA_d, *E. uniflora* presentó mayor crecimiento 9,0 mm. año⁻¹, respecto a *S. buxifolia* y *M. atropurpureum* var. *octandrum* que presentaron crecimientos similares de 2,0 y 3,0 mm.año⁻¹. En cuanto a la altura, los valores de IMA_{Aht} muestran que *S. buxifolia* presentó mayor crecimiento 0,17 m. año⁻¹, respecto a *M. atropurpureum* var. *octandrum* y *E. uniflora* que presentan crecimientos similares 0,15 m. año⁻¹. Para la variable IPA_{Aht} se observa que *S. buxifolia* y *M. atropurpureum* var. *octandrum* presentan crecimientos similares 0,2 m. año⁻¹ (0,20 y 0,21 m. año⁻¹) y *E. uniflora* presentó un crecimiento algo inferior de 0,18 m. año⁻¹.

Estudios realizados por Ferreira (2016) para *Scutia buxifolia* demuestran que la tasa de incremento diamétrico corriente anual fue de 2,1 mm. año⁻¹, siendo la menor de 1,2 mm. año⁻¹ y la mayor de 3,0 mm.año⁻¹. En el mismo sentido, Profumo (2010) menciona para esta especie que las tasas de incremento medio anual en diámetro están en el entorno de 1,7 mm. año⁻¹ y al relacionar el incremento con la edad, verifica que en los primeros años el ritmo de crecimiento es inferior, para luego mantenerse a un ritmo de 2,0 a 4,0 mm. año⁻¹. Respecto al incremento medio anual en altura los valores se encuentran entre 10 y 20 cm. año⁻¹ (0,2 m. año⁻¹).

Los resultados obtenidos en esta investigación para esta especie son similares a los reportados por Profumo (2010) y muy cercanos a los mayores valores en incremento diamétrico reportado por Ferreira (2016). En lo que respecta al incremento en altura los valores obtenidos para esta especie, se aproximan a los reportados por Profumo (2010) en su investigación.

Para *M. atropurpureum* var. *octandrum* no se reportó bibliografía respecto a tasas de crecimiento, pero desde el punto de vista de la madera según Ávila et al. (2017), esta especie posee anillos de crecimiento distinguibles, definidos por fibras en el leño temprano y tardío bien diferenciadas y por bandas de vasos más grandes y frecuentes al comienzo del crecimiento; lo cual posibilita a través de técnicas de dendrometría poder estimar a futuro las tasas de crecimiento anual de la especie.

Para *E. uniflora* no se encontraron datos de tasas anuales de crecimiento, pero sí se sabe que la especie presenta anillos de crecimiento demarcados por espesamiento y achatamiento de las paredes de las fibras en el leño tardío y mayor frecuencia de los elementos de vaso en el leño inicial, posibilitando la obtención de la información sobre incremento medio anual, a partir de métodos no destructivos (Marques et al., 2012).

Para el último grupo, compuesto por *B. salicifolius* y *A. edulis*, se obtuvieron valores iguales en IMAdac de 3,0 mm. año⁻¹ y similares en IPAdac de 2,0 y 3,0 mm. año⁻¹. Respecto a los valores obtenidos de IMAht los mismos son similares 0,11 y 0,10 m. año⁻¹, en cuanto a IPAht se observa que *A. edulis* presentó un mayor incremento con 0,12 m. año⁻¹ respecto a *B. salicifolius* 0,03 m. año⁻¹.

Profumo (2010), reporta para árboles jóvenes de *Allophylus edulis*, valores de incremento medio anual en diámetro que promedian entre 5,1 mm.año⁻¹ y 2,2 mm.año⁻¹ en árboles de 35 a 45 años; verificando que el Incremento Medio Anual en diámetro (IMAd) crece a un ritmo relativamente constante alrededor de 3,0 mm anuales, independientemente de las oscilaciones individuales, en el bosque ribereño de la cuenca alta del río Tacuarembó en el noreste de Uruguay, pudiendo ser considerada una especie de lento crecimiento. Los resultados obtenidos en IMAdac en esta investigación para esta especie, son algo inferiores (3,0 mm. año⁻¹), a los reportados

por la autora para árboles jóvenes. Respecto al incremento medio anual en altura para clases de edad de 25-35 años la misma es de 23 cm (0,23 m) y decae a 9 cm (0,09 m) en clases de edad de 65 a 75 años, existiendo, según la autora, una vinculación directa entre edad y el IMAht. En esta investigación los valores IMAht obtenidos, son similares a los reportados para árboles de clases de edad de 65 a 75 años. Cabe saber a futuro la relación que plantea la autora en la disminución del crecimiento con la edad.

Para *B. salicifolius*, Profumo (2010) reporta valores de incremento medio anual en diámetro entre 2,0 y 4,0 mm por año, para el bosque ribereño de la cuenca alta del río Tacuarembó en el noreste de Uruguay, siendo estos valores muy similares a los reportados por Kanieski et al. (2013) en Paraná, de 4,5 mm. En cuanto al incremento medio anual en altura los valores reportados por Profumo (2010) están entre 13,0 y 14,0 cm.año (0,13; 0,14 m.año) para árboles creciendo a campo y plantaciones forestales.

Así mismo Profumo (2010), reporta en estudios realizados en bosques del río Tacuarembó, que las diferencias en las variables de crecimiento para *Allophylus edulis* y *Blepharocalyx salicifolius* estuvieron dadas fundamentalmente en IMAht, siendo el IMAdac muy similar, en nuestra investigación, los resultados obtenidos muestran que no hay diferencia respecto al IMAht e IMAdac.

Según la autora la inversión inicial que hace *Blepharocalyx salicifolius* en crecimiento en altura, confirma su categorización como especie clímax heliófila, siendo muy probable que su desarrollo dependa de brechas que ocurren por la caída de árboles en el dosel. En su estudio *A. edulis* fue clasificada como especie clímax tolerante a la sombra, no siendo catalogada dentro del mismo grupo ecológico.

En esta investigación los resultados obtenidos muestran al igual que lo reportado por Profumo (2010), que las diferencias en las variables de crecimiento están dadas en el incremento en altura, no así en diámetro.

Grau (2002) como se cita en Profumo (2010), quien estudia las relaciones entre caída de árboles, apertura del dosel y riqueza de especies, en un bosque montano al nordeste de Argentina y concluye que existe relación en el desarrollo de algunas

especies con la caída de árboles agrupados. Considerando lo propuesto por Grau (2002) como se cita en Profumo (2010) y las evidencias encontradas por la autora, en el estudio realizado en bosques de la cuenca alta del río Tacuarembó, menciona que *B. salicifolius* es clasificada como una especie clímax exigente en luz, observándose la ausencia de individuos en edades intermedias. Esto demostraría que esta especie se comporta como indicadora de disturbios del dosel, lo que estaría vinculado a la extracción o caída de árboles en el bosque.

4.2.4 Análisis del Incremento Anual Acumulado - IA e Incremento Periódico Anual Promedio -IPA en diámetro al cuello y altura total para las 11 especies

En la Figura 27 y 28, así como en los Anexos H, I, J y K, se presenta el incremento acumulado y el incremento periódico anual, en diámetro al cuello y altura total (cm) para el período 2007-2015, considerando todas las especies juntas.

En líneas generales tomando en cuenta la gráfica de crecimiento acumulado - IA para diámetro al cuello, y altura total, podemos agrupar a las especies en tres grupos, donde el primer grupo está compuesto por las especies con mayor crecimiento; Sauce criollo- *S. humboldtiana*, Espinillo-*V. caven* y Sarandí blanco-*P. sellowianus*, un segundo grupo que se subdivide en dos subgrupos, el primero compuesto por los Blanquillos- *S. brasiliensis*, *S. commersoniana* y Guayabo blanco - *E. uruguayensis*, el segundo compuesto por Coronilla - *S. buxifolia* y dos Mirtáceas, Palo de fierro - *M. atropurpureum* var. *octandrum* y Pitanga - *E. uniflora*. Por último, el tercer grupo está compuesto por las dos especies que presentan menor crecimiento, Arrayán - *B. salicifolius* y Chal chal - *A. edulis*.

En cuanto al incremento periódico –IPA en diámetro al cuello y altura total, en la figura 29 se puede observar tres picos de incremento para ambas variables, que corresponden al año 2010, 2013 y 2015 para diámetro del cuello y 2009, 2013 y 2015 para altura total, y dos picos de disminución del incremento en diámetro al cuello y altura total; año 2011, 2012 y 2014.

Los resultados podrían deberse a que hubo diferentes condiciones para las siguientes variables durante ese período, como fueron; manejo del riego desde el año

2008 hasta el año 2010, precipitación (mm) y evaporación (mm) para el período 2005 al 2014 y temperaturas medias para el año 2014, como se muestra en el Anexo L, M y Ñ.

Los registros meteorológicos del Informe Ambiental del año 2014 de la empresa Loryser (J. Martínez, comunicación personal, 2015), muestran que durante el 2010 se produce el primer pico de incremento en diámetro al cuello, si bien el balance hídrico es negativo para este año, donde la precipitación fue menor a la evaporación (1.317 mm y 1.627 mm), el incremento puede estar explicado por la presencia del riego y por un balance hídrico positivo en el año 2009 (1.752 mm- 1.608 mm). El segundo pico de incremento se produce en el año 2013, y se podría explicar por un balance hídrico neutro, donde la precipitación es similar a la evaporación (1.635 mm-1.639 mm). El tercer pico en el año 2015 puede estar dado por un balance hídrico positivo en el año 2014 (1.860 mm y 1.510 mm) y temperaturas máximas inferiores a la media histórica, como se muestra en el Anexo L, M y Ñ. En cuanto a la disminución del incremento en diámetro al cuello, en el año 2011 se produce el primer pico de disminución, el mismo se puede explicar por la supresión del riego en el año 2010 y valores de evaporación superiores a la precipitación (1.716 mm ,1.026 mm). La segunda disminución del incremento en diámetro se produce en el año 2014, donde el exceso de precipitación (1.860 mm), no solo afectó directamente a los árboles, sino indirectamente al permanecer muchos días bajo el agua debido a la crecida del Arroyo Corrales, como se muestra en el Anexo L, M y Ñ.

Figura 27

Incremento Acumulado -IA (cm) en diámetro al cuello y altura total para las once especies monitoreadas, período 2008-2016

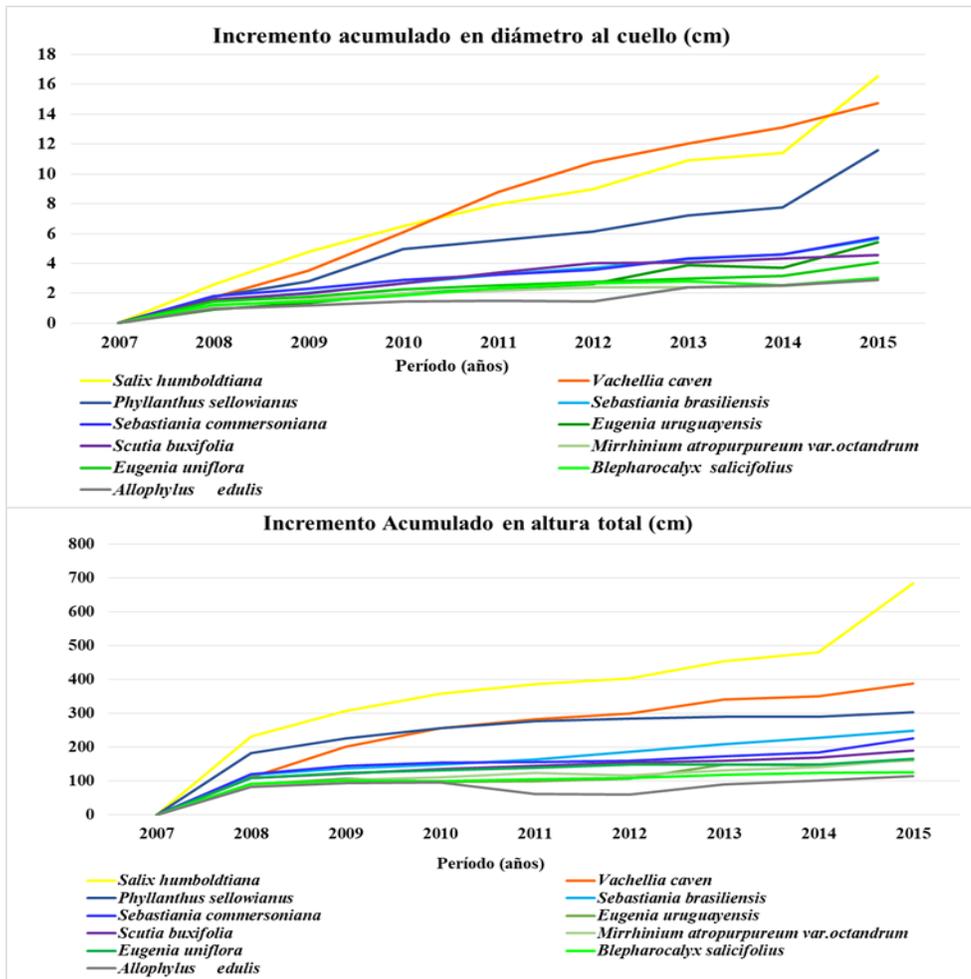
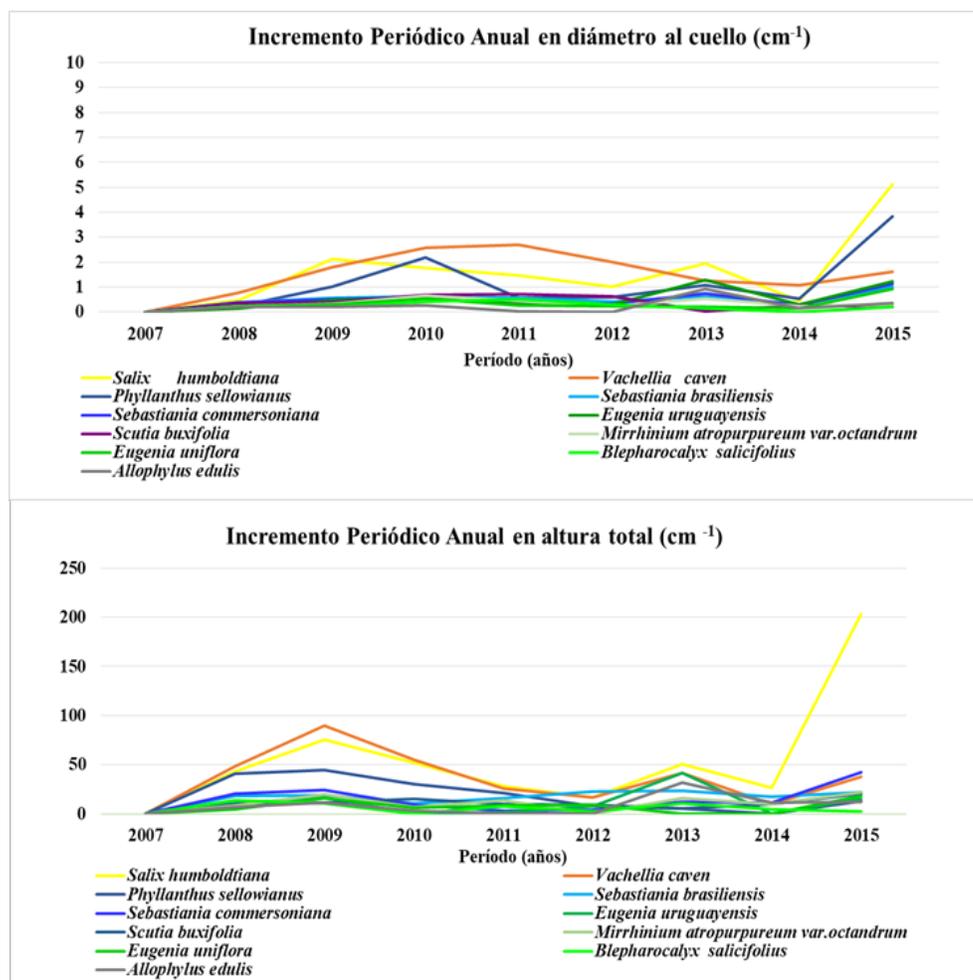


Figura 28

Incremento Periódico Anual - IPA (cm. año⁻¹) en diámetro al cuello y altura total para las once especies monitoreadas, período 2008-2016



En tal sentido, el Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, 2015) presenta un diagnóstico de las precipitaciones acumuladas y temperaturas medias, así como de sus anomalías observadas durante el año 2014. El informe reporta que en promedio el país sufrió anomalías positivas (excesos) en las precipitaciones acumuladas durante el año 2014 con valores >43%, siendo los valores acumulados promedios de 1.800 mm.

Para esta investigación, la media de incremento periódico anual en diámetro para las once especies en estudio es de 0,7 cm. año⁻¹ y en altura de 1,74 m. año⁻¹, por

lo que el bosque implantado podría ser considerado como un bosque secundario inicial. Estudios realizados en una Bosque Ombrófilo Mixto en San Juan del Triunfo (PR - Brasil), Durigan (1999), Pizzato y Schaf (1999) como se cita en Vaccaro (2002), encontraron incrementos periódicos en diámetro con valores de 0,3 cm para un bosque secundario inicial (FSI, por sus siglas en portugués), 0,18 cm para un bosque secundario tardío (FST, por sus siglas en portugués) y 0,25 cm para un bosque maduro (FM, por sus siglas en portugués).

En el mismo sentido, para bosques con características similares al bosque en estudio Vaccaro (2002), en el estado de Rio Grande do Sul, Municipio de Santa Teresa, reportan la dinámica de crecimiento en bosques secundarios, desde el año 1996 al 2000, en tres sucesiones distintas; bosque secundario inicial (FSI- 30 años), bosque secundario tardío (FST- 50 años), y bosque maduro (FM > 90 años). En su estudio la media de incremento periódico anual en diámetro, para FSI fue de 0,14 cm. año⁻¹, FST 0,10 cm.año⁻¹, FM 0,17 cm.año⁻¹; donde la diferencia puede estar dada por la edad de los árboles, nuestros árboles tienen 11 años promedio y los árboles del estudio de Vaccaro tienen 30 años en FSI.

Del mismo modo en la región de Tapajós (PA, Brasil), Carvalho et al. (2001) como se cita en Vaccaro (2002), reportan que el crecimiento de especies intolerantes a la sombra fue mayor que las tolerantes, independientemente que los bosques hayan sido o no manejados. En nuestra investigación los resultados muestran el mismo comportamiento, donde el grupo compuesto por *S. humboldtiana*, *V. caven* y *P. sellowianus*, clasificadas en este estudio como especies pioneras, heliófilas, presentó un mayor crecimiento.

Así mismo, en esta investigación algunas especies aparecían con incrementos negativos, por lo que se asumió que en estos casos tenían valor cero. En el mismo sentido, estudios realizados por Vaccaro (2002), muestran resultados similares con valores negativos, y los justifican asignándolos a errores en la medición, producción de fotosintatos, consumo en árboles suprimidos para sobrevivir y a la sequía, lo que se traduce en incrementos insignificantes, resultando en diámetros menores, debido a que

la corteza de los árboles tiene menor contenido de humedad, y por consiguiente menor espesor.

4.3 DINÁMICA DE SUPERVIVENCIA POR ESTRATO Y POR ESPECIE

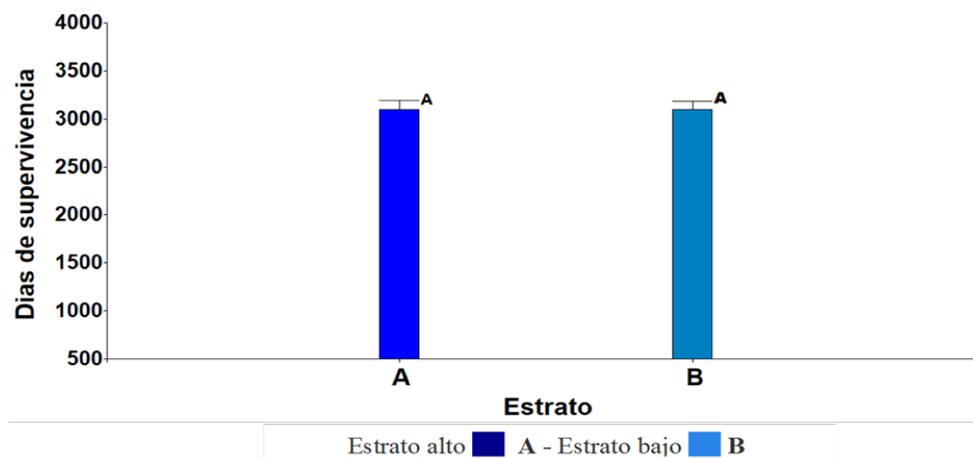
En el presente capítulo se analiza la dinámica de la supervivencia por estrato y por especie para el estrato bajo y alto, para las once especies seleccionadas, en el período 2008-2016.

4.3.1 Dinámica de supervivencia por estrato

Para la dinámica de supervivencia por estrato, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para ambos estratos, según se presenta en la Figura 29, como se muestra en el Anexo O. El estrato alto presentó 3.100 días de supervivencia y el estrato bajo 3.098 días de supervivencia.

Figura 29

Dinámica de supervivencia para el estrato alto y bajo. Período 2008- 2016



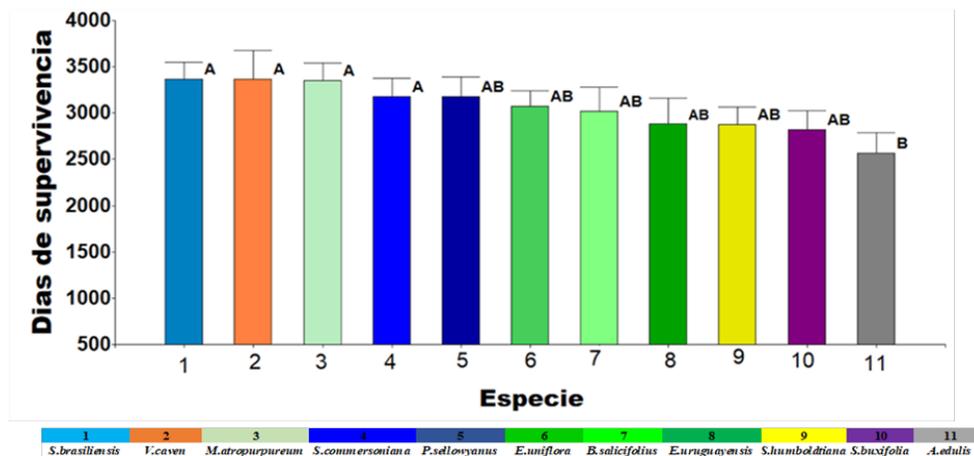
4.3.2 Dinámica de supervivencia por especie para ambos estratos

En la Figura 30, como se muestra en el Anexo P, se presenta la dinámica de supervivencia por especie para ambos estratos (estrato alto y bajo), no observándose diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las especies, con un mínimo de 2.569 y un máximo de 3.363 días de supervivencia. *Sebastiania brasiliensis* (Lechero) y *Vachelia caven*, son las especies que presentan mayor supervivencia, con 3.363 días, siendo

Allophylus edulis la especie que presentó menor supervivencia con 2.569 días. Las demás especies se encuentran en rangos intermedios con valores bastante consecutivos, que van desde 2.821 a 3.349 días.

Figura 30

Dinámica de supervivencia por especie para el estrato alto y bajo. Período 2008-2016



4.4 DINÁMICA DE CRECIMIENTO POR ESTRATO PARA LAS ONCE ESPECIES

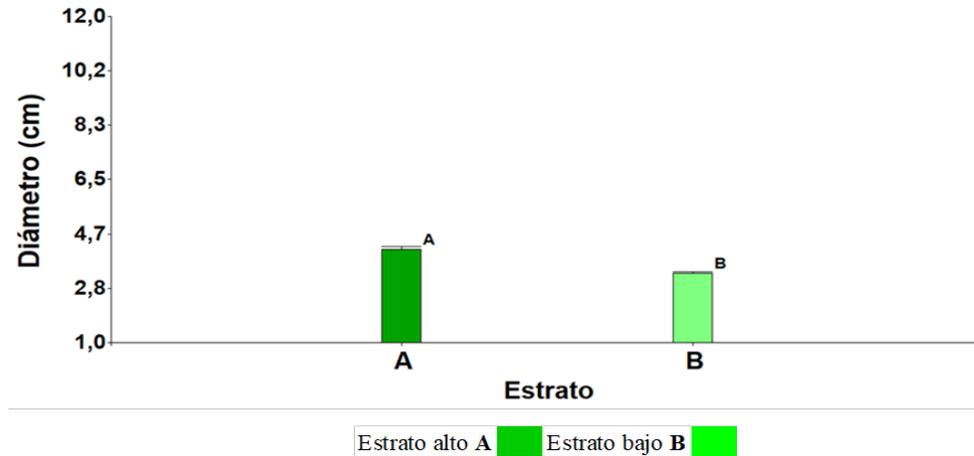
En el presente capítulo se analiza la dinámica de crecimiento para ambos estratos (estrato alto y bajo), considerando las 11 especies ; Espinillo-*Vachellia caven* , Chal chal-*Allophylus edulis* , Arrayán-*Blepharocalyx salicifolius* , Pitanga - *Eugenia uniflora* , Guayabo blanco-*Eugenia uruguayensis* , Palo de fierro-*Myrrhimum atropurpureum* var *octandrum* , Coronilla - *Scutia buxifolia* , Lecherón - *Sebastiania brasiliensis* , Blanquillo - *Sebastiania commersoniana* , Sauce criollo - *Salix humboldtiana* y Sarandí blanco - *Phyllanthus sellowianus*, en el período 2008-2016.

4.4.1 Crecimiento del diámetro al cuello para el estrato bajo y alto

En la Figura 31, como se muestra en el Anexo Q, se presenta la dinámica de crecimiento en diámetro considerando el estrato bajo y alto. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos estratos, donde el estrato alto presenta mayor crecimiento en diámetro con 4,15 cm, respecto al estrato bajo con 3,34 cm.

Figura 31

Crecimiento de diámetro al cuello (cm) para el estrato alto y bajo. Período 2008-2016

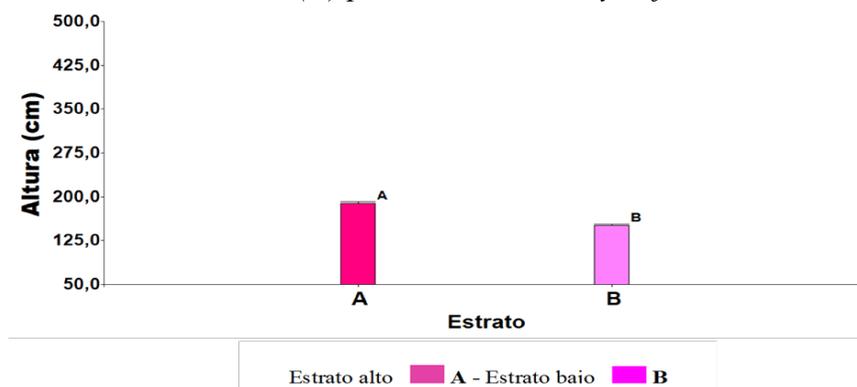


4.4.2 Crecimiento en altura (cm) para el estrato bajo y alto

En la Figura 32, como se muestra en el Anexo R, se presenta la dinámica de crecimiento en altura (cm) para el estrato bajo y alto. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos estratos, donde el estrato alto presenta mayor crecimiento en altura con 1.9 m, respecto al estrato bajo que presenta 1,5 m.

Figura 32

Crecimiento en altura (m) para el estrato alto y bajo. Período 2008-2016



4.5 ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO EN DIÁMETRO Y ALTURA DE LAS ESPECIES Y ESTRATOS

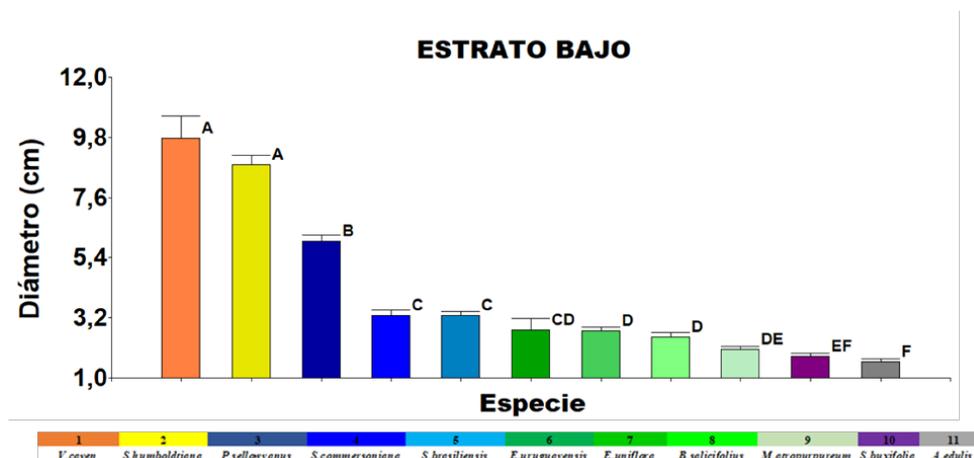
En el presente capítulo se analiza el crecimiento en diámetro y altura, para las once especies seleccionadas del monitoreo, estratificando el análisis por ambiente, en estrato bajo y estrato alto, para todo el período 2008-2016.

4.5.1 Crecimiento en diámetro (cm) por especie estrato bajo

Para el estrato bajo, en cuanto al crecimiento en diámetro al cuello (cm), se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre las especies, Figura 33, como se muestra en el Anexo S, donde *Vachellia caven* y *Salix humboldtiana*, son las especies que presentan mayor crecimiento con 9,7 y 8,8 cm, siendo *Allophylus eulis* y *Scutia buxifolia* las especies con menor crecimiento y desarrollo, con valores de 1,6 y 1,8 cm respectivamente.

Figura 33

Crecimiento en diámetro (cm) estrato bajo. Período 2008-2016



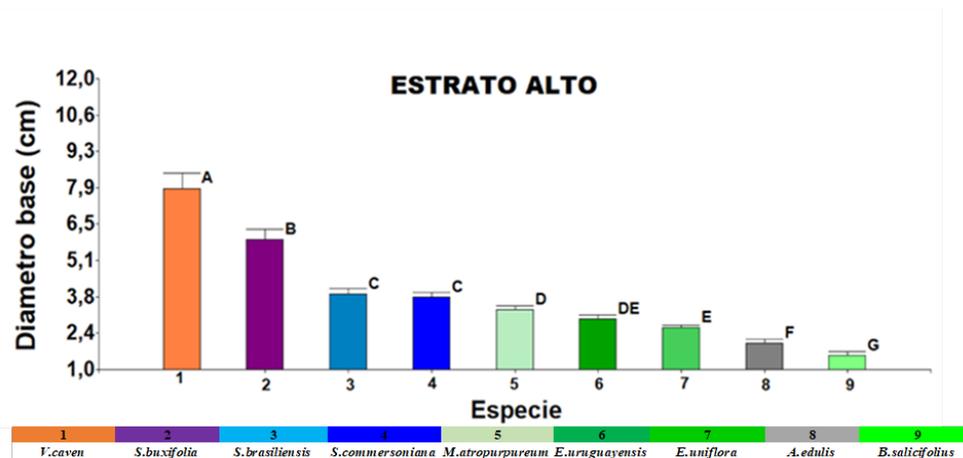
4.5.2 Crecimiento en diámetro (cm) por especie para el estrato alto

Para el estrato alto, en cuanto al crecimiento en diámetro del cuello se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre las especies, Figura 34, como se muestra en el Anexo T, donde *V. caven*, es la especie que presenta mayor crecimiento

con 7,8 cm, seguida por *S. buxifolia* con 5,9 cm, siendo *B. salicifolius* y *A. edulis* las especies con menor crecimiento y desarrollo, con valores de 1,5 y 2,0 cm.

Figura 34

Crecimiento en diámetro (cm) por especie para el estrato alto. Periodo 2008-2016

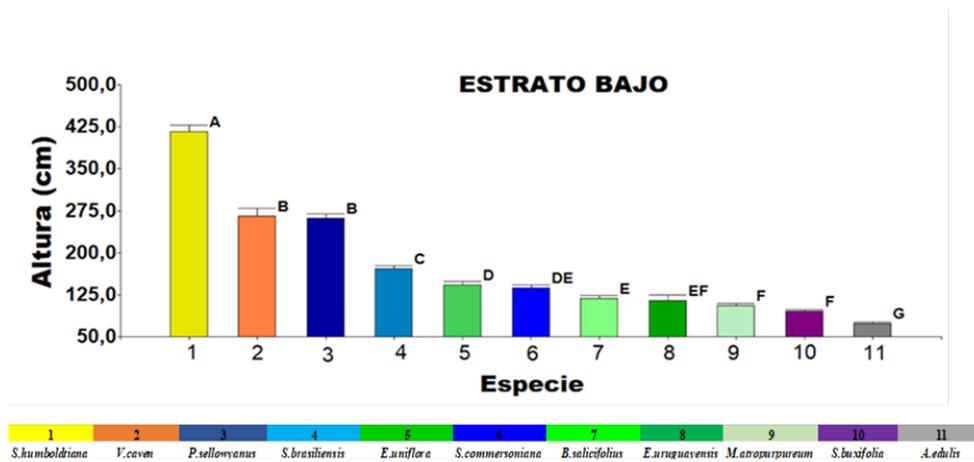


4.5.3 Crecimiento en altura (cm) por especie estrato bajo

Para el estrato bajo en cuanto al crecimiento en altura, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre las especies, Figura 35, como se muestra en el Anexo U, donde *Salix humboldtiana*, es la especie que presenta mayor crecimiento significativo, con 4,2 m, seguido con valores intermedios por; *Vachellia caven* y *Phyllanthus sellowianus* con 2,7 y 2,6 m, siendo *Allophylus edulis* la especie con una altura estadísticamente menor al resto de las especies de 0,7 m, seguido por *Scutia buxifolia* con 0,9 m.

Figura 35

Crecimiento en altura (m) por especie para el estrato bajo. Período 2008-2016



4.5.4 Crecimiento en altura por especie estrato alto

En cuanto al crecimiento en altura para el estrato alto, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre las especies, Figura 36, como se muestra en el Anexo V, donde *Vachellia caven* (Espinillo), es la especie que presenta mayor crecimiento 2,9 m, seguida de *Scutia buxifolia* (Coronilla) con 2,3 m, siendo *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán), la especie que presenta menor crecimiento, con 0,8 m, seguida de *Allophylus edulis* (Chal chal) con 1,1 m de altura total.

Figura 36

Crecimiento en altura (cm) por especie para el estrato alto. Período 2008-2016



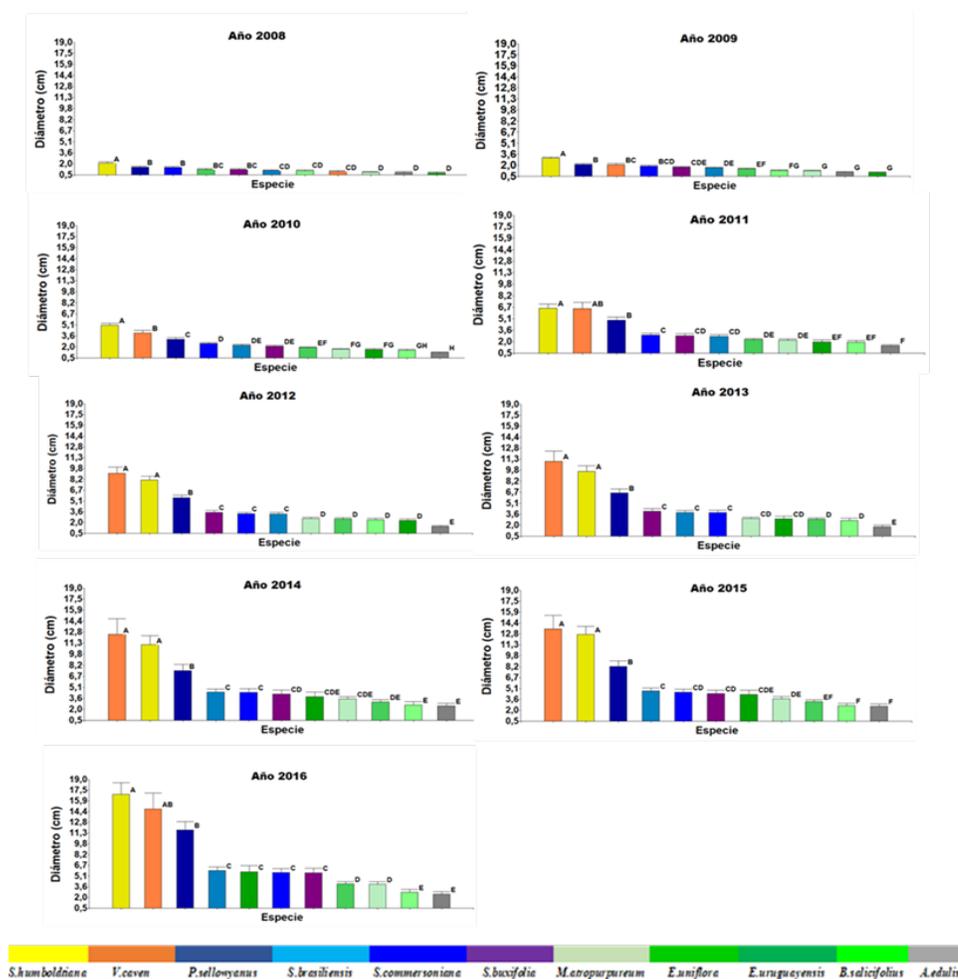
4.6 ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN DIÁMETRO Y ALTURA AÑO A AÑO DE LAS ESPECIES

4.6.1 Análisis de crecimiento en diámetro por especie para el período 2008-2016

Para el análisis de crecimiento en diámetro al cuello (cm) por especie en el período del 2008-2016 , se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las especies, Figura 37, como se muestra en el Anexo W, donde *Salix humboldtiana* (Sauce criollo) es la especie que presenta mayor crecimiento en diámetro al cuello (cm), para el periodo 2008 al 2011, siendo superado en valores absolutos por *Vachellia caven* (Espinillo) en el período 2012 al 2015, sin haber diferencias significativas entre ellas, para luego ser la especie de mayor crecimiento en el año 2016. *Allophylus edulis* (Chal chal), es la especie que presenta menor crecimiento para todo el periodo, seguido de *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán). *Vachellia caven* (Espinillo), al inicio del monitoreo (año 2008), presenta un crecimiento similar a las demás especies, observándose que, a partir del 2010, hasta el final del período es la segunda especie con mayor crecimiento, seguido de *Phyllanthus sellowianus* (Sarandí blanco).

Figura 37

Análisis de crecimiento en diámetro (cm) por especie en el período 2008-2016



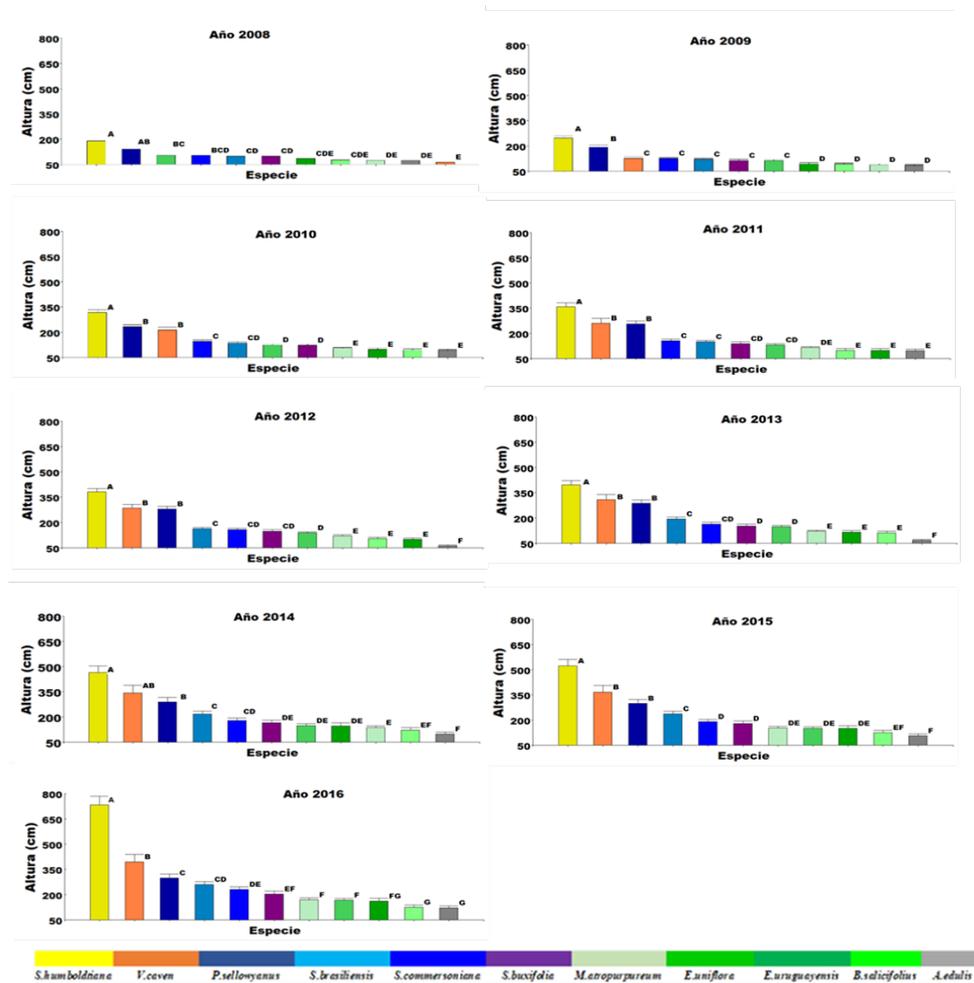
4.6.2 Análisis de crecimiento en altura total en el período 2008-2016

Para el análisis de crecimiento en altura (m), se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre las especies, Figura 39, como se muestra en el Anexo X, donde *Salix humboldtiana* (Sauce criollo), es la especie que presenta mayor crecimiento en altura total (m), para todo el período de monitoreo con valores de 1,8 m al inicio (año 2008) y 7,3 m al final del monitoreo (año 2016). *Allophylus edulis* (Chal chal), es la especie que presenta menor crecimiento para todo el período con valores de 0,7 m al inicio (año 2008) y 1,2 m al final del monitoreo (año 2016). *Vachellia caven* (Espinillo), al inicio del monitoreo presentó el menor crecimiento,

con 0,6 m, observándose que a partir del 2011, hasta el final del período es la segunda especie con mayor crecimiento, llegando al final del período con una media de altura de 3,9 m.

Figura 38

Crecimiento en altura (cm) por especie para el estrato alto. Período 2008-2016



5 CONCLUSIONES

La estratificación del área de monitoreo se realizó a partir de la zonificación, efectuada por el departamento de agrimensura, en conjunto con el departamento de Medio Ambiente, de la empresa Loryser, en el año 2008. La misma permitió definir en esta investigación dos estratos; el estrato bajo que se encuentra en zonas adyacentes al curso de agua con características higrófilas a métricas y el estrato alto que se encuentra ubicado en el cerro, con características xerófilas.

En cuanto al crecimiento, *S. humboldtiana* presentó el mayor incremento en diámetro y altura para todo el período de monitoreo, seguido por *V. caven*, siendo *Allophylus edulis* y *Blepharocalyx salicifolius*, las especies que tuvieron menores tasas de crecimiento en diámetro y altura.

En el caso de las especies de Myrtaceae y Euphorbiaceae, todas presentaron un rendimiento intermedio, donde se destaca *E. uruguayensis* y *S. commersoniana* como las de mejor desempeño en ambas condiciones geomorfológicas.

Cabe destacar que para el indicador de supervivencia no hubo diferencias significativas entre las 11 especies y tampoco entre estratos. *Sebastiania brasiliensis* y *Vachellia caven*, son las especies que presentan mayor supervivencia, siendo *Allophylus edulis* la especie que presentó menor supervivencia. Las demás especies se encuentran en rangos intermedios.

Se encontraron diferencias significativas, en diámetro y altura total para ambos estratos, donde el estrato alto presentó mayor crecimiento para ambas variables respecto al estrato bajo. En el mismo sentido se encontraron diferencias significativas en diámetro y altura media total entre las especies para ambos estratos. *Salix humboldtiana* y *Vachellia caven* son las especies que presentan mayor crecimiento en el estrato bajo; siendo *Allophylus edulis* y *Scutia buxifolia* las especies con menor crecimiento y desarrollo. En el estrato alto *Vachellia caven* y *Scutia buxifolia* son las especies que presentan mayor crecimiento, siendo *Blepharocalyx salicifolius* y *Allophylus edulis* las especies que presentaron menor crecimiento.

Por lo que concluye además que *Vachellia caven* es la especie que presento un buen desempeño en el estrato alto, así como en el estrato bajo, siendo *Allophylus edulis* la especie que presento el menor desempeño para ambos estratos.

En cuanto a las especies *A. edulis* y *B. salicifolius*, podrían ser consideradas como de desarrollo muy lento, por lo que no serían las más recomendadas para las etapas iniciales en procesos de restauración activa, al menos para las condiciones de bosque ribereño y serrano en el noreste de Uruguay, ya que se caracterizan por desarrollarse en etapas avanzadas de la sucesión natural, por lo que se propone introducirlas luego del cierre de copas y en ambientes que se adecuen a sus requerimientos, como es el caso de *A. edulis*, que es una especie selectiva higrófila, de lugares húmedos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abedini, W., Boeri, P., Marinucci, L., Ruscitti, M., & Scelzo, L. (2000). Biotécnicas aplicadas a especies forestales nativas. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 9(1), 31-43.
- Alonso-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 140-156. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64324>
- Alonso-Paz, E., & Bassagoda, M. J. (2002). Aspectos fitogeográficos y diversidad biológica de las formaciones boscosas del Uruguay. *Ciência & Ambiente*, 24(1), 35-50.
- Angel, P. N., Davis, V., Burger, J. A., Graves, D., & Zipper, C. E. (2005). The Appalachian regional reforestation initiative. En M. B. Adams (Ed.), *The Forestry Reclamation Approach: Guide to successful reforestation of mined lands* (pp. 1-1-1-4). USDA. https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr-nrs-169papers/02-Chapter1_gtr-nrs-169.pdf
- Armenteras, D., Cabrera, E., Rodríguez, N., & Retana, J. (2013). National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. *Regional Environmental Change*, 13, 1181-1193.
- Armenteras, D., & Vargas, O. (2016). Patrones del paisaje y escenarios de restauración: Acercando escalas. *Acta Biológica Colombiana*, 21(Sup.1), 229-239.
- Aronson, J. (1992). Evolutionary biology of *Acacia caven* (Leguminosae, Mimosoideae): Intraspecific variation in fruit and seed characters. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79(4), 958-968.

- Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C., & Pontanier, R. (1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands: I. A view from the south. *Restoration ecology*, 1(1), 8-17.
- Ávila, A., Giongo, C., & Scheel-Ybert, R. (2017). Anatomia do lenho carbonizado de 10 espécies nativas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul—Subsídio a Pesquisas Arqueobotânicas e Paleoecológicas. *Cadernos do LEPAARQ*, 14(27), 480-511.
- Barbosa, D., Machado Araujo, M., Guarienti, D., Belmonte, L., Carpenedo Aimi, S. (2016). Fitossociologia e autoecologia subsidiando a restauração de mata ciliar, em região de transição campo-floresta. *Revista Monografias Ambientales-Remoa*, 15(1), 117-131.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (1999). *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*. Omega.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology, from individuals to ecosystems* (4th ed.). Blackwell.
- Bonifacino, M., Cattaneo, M., & Profumo, L. (1998). *Caracterización fitosociológica de un bosque de quebrada sobre el Arroyo del Potrero, Cuchilla Negra, Dpto. de Rivera* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Bradshaw, A. D. (2002). Introduction and philosophy. En M. R. Perrow & A. J. Davy (Eds.), *Handbook of Ecological Restoration* (pp. 3-9). Cambridge University Press.
- Brazeiro, A. (2017). Bosques de Uruguay: Necesidades de investigación para la gestión sustentable y conservación. En A. Brazeiro (Ed.), *Seminario: Recientes avances en investigación para la gestión y conservación del bosque nativo de Uruguay* (pp. 12-17). Facultad de Ciencias.

- Brown, S., & Lugo, A. E. (1994). Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restoration Ecology*, 2(2), 97-111.
- Brussa, A., Delfino, L., Nicoli, N., Muñoz, F., Gago, J., Rodriguez, R., & García, A. (Eds.). (2014). *Curso de conocimiento y reconocimiento de flora indígena*. Intendencia de Montevideo.
https://jardinbotanico.montevideo.gub.uy/sites/jardinbotanico.montevideo.gub.uy/files/articulos/descargas/manual_del_curso_de_flora_indigena.pdf
- Brussa, C., & Grela, I. (2007). *Flora Arbórea del Uruguay: Con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó*. Cofusa.
- Burger, J. A., & Fannon, A. G. (2009). Capability of reclaimed mined land for supporting reforestation with seven Appalachian hardwood species. En R. I. Barnhisel (Ed.), *Revitalizing the Environment: Proven Solutions and Innovative* (pp. 176-171). ASMR.
- Cayuela, L. (2010). *Modelos lineales generalizados (GLM)*. Universidad de Granada.
https://www.academia.edu/6847226/Modelos_lineales_generalizados_GLM
- Chebataroff, J. (1942). La vegetación del Uruguay y sus relaciones fitogeográficas con la del resto de la América del Sur. *Revista Geográfica*, 2(4-5-6), 49-90.
- Chen, G., & Weil, R. R. (2010). Penetration of cover crop roots through compacted soils. *Plant and Soil*, 331, 31-43.
- Cohen-Fernandez, A. C., & Naeth, M. A. (2013). Increasing woody species diversity for sustainable limestone quarry reclamation in Canada. *Sustainability*, 5(3), 1340-1355.
- Cracco, M., & Guerrero, E. (Eds.). (2004). *Aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión de corredores en América del Sur*. IUCN.

- Crestana, M. S. (Org.). (2004). *Florestas: Sistemas de recuperação com essências nativas, produção de mudas e legislações*. Cati.
- Davis, V., Burger, J. A., Rathfon, R. A., Zipper, C. E., & Miller, C. R. (2012). Selecting tree species for reforestation of Appalachian mined lands. En M. B. Adams (Ed.), *The forestry reclamation approach: Guide to successful reforestation of mined lands* (pp. 7-1-7-10). USDA Forest Service.
- De Freitas, J. E., Roderjan, C. V., Braghini, A., & Kersten, R. A. (2015). Phenology of two tree species of understory in an alluvial forest in Paraná state, Brazil. *Spanish Journal of Rural Development*, 6(1), 145-150.
- De Lira, J. S., Bezerra, J. E. F., Lederman, I. E., & da Silva, J. F. (2007). *Pitangueira*. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária.
https://www.researchgate.net/publication/265250136_Pitangueira
- Del Puerto, O. (1987). *La extensión de las comunidades arbóreas primitivas en el Uruguay*. Facultad de Agronomía.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32824#:~:text=https%3A//hdl.handle.net/20.500.12008/32824>
- Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. (2007). *Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares*. SEMA.
- Dirección Nacional de Medio Ambiente, & Sociedad Zoológica del Uruguay. (1998). *Cuenca superior del arroyo Lunarejo*. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
<http://szu.org.uy/boletin/lunarejo.pdf>
- Dos Santos, S. R., Marchiori, J. N. C., & do Canto-Dorow, T. S. (2008). Anatomia da madeira e descrição morfológica de *Scutia buxifolia* Reissek (Rhamnaceae). *Balduinia*, (14), 19-28.

- Dugand, A. (1944). Apuntaciones sobre el medio en general y la vegetación en Colombia. *Revista de la Universidad Nacional (1944-1992)*, (1), 307-343.
- Ehrenfeld, J. G. (2000). Defining the limits of restoration: The need for realistic goals. *Restoration Ecology*, 8(1), 2-9.
https://www.researchgate.net/publication/228442095_Defining_the_Limits_of_Restoration_The_Need_for_Realistic_Goals
- Fabbroni, M., Planchuelo, A. M., & Raven, P. H. (2018). Vachellia y Parasenegalia (Leguminosae, Mimosoideae) de los Valles Calchaquíes de Salta, Argentina. *Darwiniana, nueva serie*, 6(1), 84-93.
- Fariña, A. (2000). *Ecología del paisaje en acción*. Springer.
- Ferreira, A. (2016). *Potencial de Scutia buxifolia para estudios dendrocronológicos en Uruguay* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Furtado, A. J. (2014). *Modelamiento geológico en 3D del depósito aurífero de tipo orogénico Argentinita, ubicado dentro del distrito minero Zapucay, Rivera* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Gardner, J. H., & Bell, D. T. (2007). Bauxite mining restoration by Alcoa World Alumina Australia in Western Australia: Social, political, historical, and environmental contexts. *Restoration Ecology*, 15(S4), S3-S10.
<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00287.x>
- Gomes, J. F., Longhi, S. J., Araújo, M. M., & Brena, D. A. (2008). Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. *Ciência Florestal*, 18(1), 93-107.

- González, S. E. (2013). *Estudio de la composición florística y estructura de los bosques ribereños del Río Uruguay al norte y al sur de la represa de Salto Grande, en los departamentos de Artigas, Salto y Paysandú (Uruguay)* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibrí.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/4016?mode=full>
- Grant, C., & Koch, J. (2007). Decommissioning Western Australia's first bauxite mine: co-evolving vegetation restoration techniques and targets. *Ecological Management & Restoration*, 8(2), 92-105.
- Grant, C., Ward, S. C., & Morley, S. C. (2007). Return of ecosystem function to restored bauxite mines in Western Australia. *Restoration Ecology*, 15(S4), S94-S103. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00297.x>
- Greene, D. F., Zasada, J. C., Sirois, L., Kneeshaw, D., Morin, H., Charron, I., & Simard, M.-J. (1999). A review of the regeneration dynamics of North American boreal forest tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(6), 824-839.
- Gutiérrez, O., Panario, D., Achkar, M., & Brazeiro, A. (2012). *Corredores biológicos de Uruguay*. CIEDUR.
https://www.researchgate.net/publication/261872084_Corredores_Biologicos_del_Uruguay_Unpublished_Report
- Henderson, A., Churchill, S. P., & Luteyn, J. L. (1991). Neotropical plant diversity. *Nature*, 351, 21-22.
- Hoomehr, S., Schwartz, J. S., Yoder, D., Drumm, E. C., & Wright, W. (2015). Erodibility of low-compaction steep-sloped reclaimed surface mine lands in the southern Appalachian region, USA. *Hydrological Processes*, 29(3), 321-338.

- Huang, M., Zettl, J. D., Barbour, S. L., Elshorbagy, A., & Si, B. C. (2013). The impact of soil moisture availability on forest growth indices for variably layered coarse-textured soils. *Ecohydrology*, 6(2), 214-227.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira* (2ª ed.).
<https://www.terrabrasis.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-tecnico-da-vegetacao-brasileira.pdf>
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (2015). *Anomalías climáticas durante 2014 en Uruguay*.
https://inumet.gub.uy/reportes/noticias/docs/pdf/rrpp/168_53868.pdf
- Jolochin, G. (2016). *Análisis biogeográfico de la variabilidad genética de Eugenia uniflora L. en Uruguay* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Kanieski, M. R., Longhi-Santos, T., Milani, J. E. D. F., Miranda, B. P., Galvão, F., Botosso, P. C., & Roderjan, C. V. (2013). Crescimento diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em remanescente de floresta ombrófila mista aluvial, Paraná. *Floresta e Ambiente*, 20(2), 197-206.
<https://floram.org/doi/10.4322/floram.2013.007>
- Kattan, G., & Naranjo, L. G. (Eds.). (2008). *Regiones biodiversas: Herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas*. WCS.
- Klaus-Jürgen, E., Edward, B. B., David, J. E., Iciar, O., Jean-Marie, S., Robert, E. S. (2010). *Encyclopedic dictionary of landscape and urban planning: Multilingual reference book in English, Spanish, French and German* (Vol. 1). Springer.
- Koch, J. M. (2007). Restoring a jarrah forest understorey vegetation after bauxite mining in Western Australia. *Restoration Ecology*, 15(S4), S26-S39.
<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00290.x>

- Lake, P. S. (2001). On the maturing of restoration: Linking ecological research and restoration. *Ecological Management & Restoration*, 2(2), 110-115.
<https://doi.org/10.1046/j.1442-8903.2001.00074.x>
- Landrum, L. R. (1986). Campomanesia, Pimenta, Blepharocalyx, Legrandia, Acca, Myrrhinium, and Luma (Myrtaceae). *Flora Neotropica*, 45, 1-178.
- Laurance, W. F., Vasconcelos, H. L., & Lovejoy, T. E. (2000). Forest loss and fragmentation in the Amazon: Implications for wildlife conservation. *Oryx*, 34(1), 39-45.
- Ley nº 15.939: *Ley Forestal - Fondo Forestal - Recursos Naturales*. (1987). IMPO.
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15939-1987>
- Ley nº 16.466: *Ley de Evaluación de Impacto Ambiental*. (1994). IMPO.
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16466-1994>
- Ley nº 17.283: *Ley de Protección del medio ambiente*. (2000). IMPO.
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17283-2000>
- Liotta, J. (2001). Biological traits of *Salix humboldtiana* Willd. and flood pulse. *Interciencia*, 26(9), 397-403.
- Lopes, S. B., & Gonçalves, L. (2006). *Elementos para aplicação prática das árvores nativas do Sul do Brasil na conservação da biodiversidade*. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul.
- Lorenzi, H. (2000). *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil* (Vol. 1). Plantarum.

- Lucas, C., Puchi, P., Profumo, L., & Ferreira, A. (2018). *Tasa De Incremento Anual De Scutia Buxifolia (Coronilla) y Vachellia Caven (Espinillo)*. En A. Brazeiro (Ed.), *Recientes avances en investigación para la gestión y conservación del bosque nativo de Uruguay: Libro de resúmenes* (pp. 18-20). Facultad de Ciencias.
- Lugo, A. E., & Zimmerman, J. K. (2010). Ecología de las historias de vida. En J. A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 199-224). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Luken, J. O. (1990). *Directing ecological succession*. Springer.
- Macdonald, S. E., Landhäuser, S. M., Skousen, J., Franklin, J., Frouz, J., Hall, S., & Quideau, S. (2015). Forest restoration following surface mining disturbance: Challenges and solutions. *New Forests*, 46(5), 703-732.
- Mackenzie, D. D., & Naeth, M. A. (2010). The role of the forest soil propagule bank in assisted natural recovery after oil sands mining. *Restoration Ecology*, 18(4), 418-427.
- Mackenzie, M. D., & Quideau, S. A. (2012). Laboratory-based nitrogen mineralization and biogeochemistry of two soils used in oil sands reclamation. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(1), 131-142.
- Mansourian, S. (2005). Overview of Forest Restoration Strategies and Terms. En S. Mansourian & D. Vallauri (Eds.), *Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees* (pp. 8-16). Springer.
- Marchiori, J. N. C., & Dos Santos, S. R. (2010). Anatomia da madeira de duas espécies de Eugenia L. (Myrtaceae). *Balduinia*, (21), 15-21.
<https://doi.org/10.5902/2358198014099>

- Marques, P. A., Callado, C. H., Barros, C. F., & Costa, C. G. (2012). Variação intraespecífica do lenho de *Eugenia uniflora* L. em duas diferentes fitofisionomias do complexo vegetacional atlântico. *Floresta e Ambiente*, 19(4), 483-496. <https://doi.org/10.4322/floram.2012.056>
- Matteucci, S. D. (2004). Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón – proceso. En G. Buzai (Ed.), *Memorias del Primer Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa: Avances conceptuales y metodológicos para una Geografía en acción* (pp. 1-29). Geofocus.
- Meza, M. C., & Armenteras, D. (2018). Uso del suelo y estructura de la vegetación en paisajes fragmentados en la amazonía, Colombia. *Colombia Forestal*, 21(2), 205-223.
- Moreno-de Las Heras, M., Nicolau, J. M., & Espigares, T. (2008). Vegetation succession in reclaimed coal-mining slopes in a Mediterranean-dry environment. *Ecological Engineering*, 34(2), 168-178.
- Moscovich, F. A. (2006). *Dinâmica de crescimento de uma floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS* [Disertación doctoral]. Universidade Federal de Santa Maria.
- Munshower, F. F. (1994). *Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation*. Lewis.
- Nadra, M. G., Giannini, N. P., Acosta, J. M., & Agesen, L. (2018). Evolution of pollination by frugivorous birds in Neotropical Myrtaceae. *PeerJ*, 6, Artículo e5426. <https://doi.org/10.7717/peerj.5426>

- Newman, G. J., & Redente, E. F. (2001). Long-term plant community development as influenced by revegetation techniques. *Journal of Range Management*, 54(6), 717-724.
<https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/viewFile/9679/9291>
- Núñez, P. A., Masquelin, H., & Bettucci, L. (2018). Historia de la geología precámbrica del Uruguay: Revisión de las divisiones estructurales, tectoestratigráficas sus límites y nomenclaturas. *Revista Investigaciones*, 1(2), 1-16.
- Odum, W. E. (1988). Comparative ecology of tidal freshwater and salt marshes. *Annual review of ecology and systematics*, 19, 147-176.
- Paré, D., Bergeron, Y., & Camiré, C. (1993). Changes in the forest floor of Canadian southern boreal forest after disturbance. *Journal of Vegetation Science*, 4(6), 811-818.
- Parrotta, J. A. (1993). Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: The role of plantations as “foster ecosystems”. En H. Lieth & M. Lohmann (Eds.), *Restoration of Tropical Forest Ecosystems: Proceedings of the Symposium held on October 7–10, 1991* (pp. 63-73). Springer.
- Parrotta, J. A., & Knowles, O. H. (1999). Restoration of tropical moist forests on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. *Restoration ecology*, 7(2), 103-116.
- Parrotta, J. A., Knowles, O. H., & Wunderle Jr, J. M. (1997). Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 99(1-2), 21-42.

- Pellanda, M., Castro Almeida, C. M., Dos Santos, M. D. F. M., & Hartz, S. M. (2010). Dieta do mão-pelada (*Procyon cancrivorus*, Procyonidae, Carnivora) no Parque Estadual de Itapuã, sul do Brasil. *Neotropical Biology & Conservation*, 5(3), 154-159.
- Peña-Becerril, J. C., Monroy-Ata, A., Álvarez-Sánchez, F. J., & Orozco-Almanza, M. S. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2), 91-98.
- Piaggio, M., & Delfino, L. (2009). Florística y fitosociología de un bosque fluvial en Minas de Corrales, Rivera, Uruguay. *Iheringia, Série Botânica*, 64(1), 45-51.
- Pickett, S. T., & White, P. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press.
- Pinilla, J. C., Chung, P., & Navarrete, T. (2015). *El Sauce chileno (Salix humboldtiana Willd) en la región del BioBio y su uso potencial en bosques plantados*. INFOR.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., & Real, P. (1997). *Mensura forestal*. Agroamerica.
- Profumo, L. (2010). *Estudo de anéis de crescimento de espécies arbóreas de ambientes fluviais da bacia do rio Tacuarembó, Uruguay* [Disertación doctoral]. Universidade Federal do Paraná.
- Profumo, L., Mieres, I., Portillo, M. (2018). Crecimiento de *Sebastiania commersoniana* en tre eco-regiones de Uruguay. En A. Brazeiro (Ed.), *Recientes avances en investigación para la gestión y conservación del bosque nativo de Uruguay: Libro de resúmenes* (pp. 24-26). Facultad de Ciencias.
- Purdy, B. G., Macdonald, S. E., & Lieffers, V. J. (2005). Naturally saline boreal communities as models for reclamation of saline oil sand tailings. *Restoration Ecology*, 13(4), 667-677.

Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (1992). *Biología de las Plantas* (6^{ta} ed.) Reverté.

Real Academia Española. (2023, 20 de mayo). *Diccionario de la lengua española* [versión 23.4 en línea]. <https://dle.rae.es>

Rorato, D. G. (2012). *Fitossociologia de espécies nativas de mata ciliar no entorno do Reservatório Divisa, São Francisco de Paula, RS* [Tesis de maestría]. Universidade Federal de Santa Maria.
<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/8697>

Rucks, J. (2011). *Consideraciones ambientales y sociales de la minería de gran porte*. Grupo interpartidario de minería.
https://medios.presidencia.gub.uy/jm_portal/2011/noticias/NO_B229/MGP_EJES_AMBIENTALES_SOCIALES.pdf

Sánchez, O. (2005). Restauración ecológica: Algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. En O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez, & D. Azuara (Eds.), *Temas sobre restauración ecológica* (pp. 15-30). Instituto Nacional de Ecología.

Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: Efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 15(2).
<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/180>

Schimmel, J., & Granstrom, A. (1996). Fire severity and vegetation response in the boreal Swedish forest. *Ecology*, 77(5), 1436-1450.

Scolforo, H. F., Scolforo, J. R. S., Thiersch, C. R., Thiersch, M. F., McTague, J. P., Burkhart, H., & Roise, J. (2017). A new model of tropical tree diameter growth rate and its application to identify fast-growing native tree species. *Forest Ecology and Management*, 400, 578-586.

- Sganga, J. C. (1994) Caracterización de la vegetación de la República Oriental del Uruguay. En Dirección de Suelos y Aguas (Ed.), *Contribución de los estudios edafológicos al conocimiento de la vegetación en la República Oriental del Uruguay* (pp. 5-14).
- Skousen, J. G., & Venable, C. L. (2008). Establishing native plants on newly-constructed and older-reclaimed sites along West Virginia highways. *Land Degradation & Development*, 19(4), 388-396.
- Skousen, J. G., & Zipper, C. E. (2010). *Revegetation species and practices*. Virginia State University.
- Skousen, J. G., & Zipper, C. E. (2014). Post-mining policies and practices in the Eastern USA coal region. *International Journal of Coal Science & Technology*, 1, 135-151.
- Skousen, J. G., Zipper, C. E., Burger, J. A., Barton, C. D., & Angel, P. N. (2011). Selecting materials for mine soil construction when establishing forests on Appalachian mine sites. *Forest Reclamation Advisory*, (8), 1-6.
- Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica. (2004). *Principios de SER International sobre restauración ecológica*.
https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf
- Stumpf, E. T., Romano, C. M., Barbieri, R. L., Heiden, G., Fischer, S. Z., & Corrêa, L. B. (2009). Características Ornamentais de Plantas do Bioma Pampa. *Ornamental Horticulture*, 15(1), 49-62.
- Sutuli, F. J., Denardi, L., Durlo, M. A., Rauch, H. P., & Weissteiner, C. (2012). Flexural behaviour of selected riparian plants under static load. *Ecological Engineering*, 43, 85-90.

- Sutili, F. J., Durlo, M. A., & Bressan, D. A. (2004). Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos de água. *Ciência Florestal*, *14*(1), 13-20.
- Swaine, M. D., & Whitmore, T. C. (1988). On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, *75*, 81-86.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., & With, K. A. (2006). Landscape connectivity: A return to the basics. En K. R. Crooks & M. Sanjayan (Eds.), *Conservation Biology 14: Connectivity Conservation* (pp. 29-43). Cambridge University Press.
- Traversa-Tejero, I. P., & Alejano-Monge, M. R. (2013). Caracterización, distribución y manejo de los bosques nativos en el norte de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *84*(1), 249-262.
- Tropek, R., Hejda, M., Kadlec, T., & Spitzer, L. (2013). Local and landscape factors affecting communities of plants and diurnal Lepidoptera in black coal spoil heaps: Implications for restoration management. *Ecological Engineering*, *57*, 252-260.
- Turner, M. G. (2010). Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, *91*(10), 2833-2849.
- Vaccaro, S. (2002). *Crescimento de uma Floresta Estacional Decidual, em três estágios sucessionais, no município de Santa Tereza, RS, Brasil* [Disertación doctoral]. Universidade Federal de Santa Maria.
- Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombiana*, *16*(2), 221-246.
- Vargas, O., & Mora, F. (2008). La restauración ecológica: Su contexto, definiciones y dimensiones. En O. Vargas (Ed.), *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino* (pp. 19-40). Universidad Nacional de Colombia.

- Villate-Suárez, C. A., & Cortés-Pérez, F. (2018). Las perchas para aves como estrategia de restauración en la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 202-211.
- Walker, L. R., & Del Moral, R. (2003). *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge University Press.
<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511615078>
- Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. A., & Wright, I. J. (2002). Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 125-159.
- Zipper, C. E., Burger, J. A., Barton, C. D., & Skousen, J. G. (2013). Rebuilding soils on mined land for native forests in Appalachia. *Soil Science Society of America Journal*, 77(2), 337-349.
- Zipper, C. E., Burger, J. A., Skousen, J. G., Angel, P. N., Barton, C. D., Davis, V., & Franklin, J. A. (2011). Restoring forests and associated ecosystem services on Appalachian coal surface mines. *Environmental Management*, 47, 751-765.

7. ANEXOS

Anexo A

Incremento Periódico Anual - IPA promedio, en diámetro al cuello y altura total (cm. año- 1), para las 11 especies monitoreadas, durante el período 2008-2016

Especie	IPA diámetro (cm)	IPA altura (cm)
<i>Salix humboldtiana</i>	0,8	37,6
<i>Vachellia caven</i>	0,7	17,7
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	0,6	15,6
<i>Scutia buxifolia</i>	0,3	11,2
<i>Eugenia uruguayensis</i>	0,3	9,3
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,3	16,7
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,3	12,1
<i>Eugenia uniflora</i>	0,2	8,5
<i>Mirrhinium atropurpureum var.octandrum</i>	0,2	9,3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,2	7,3
<i>Allophyllus edulis</i>	0,2	8,3

Anexo B

Análisis Estadístico del Incremento Periódico Anual en diámetro al cuello – dac (cm. año⁻¹). Período 2008-2016

Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	0,8	0,1	0,8	0,1	A
<i>Vachellia caven</i>	0,7	0,1	0,7	0,1	A B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	0,6	0,1	0,6	0,1	B
<i>Scutia buxifolia</i>	0,3	0,1	0,3	0,1	C
<i>Eugenia uruguayensis</i>	0,3	0,1	0,3	0,1	C D
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,3	0,0	0,3	0,0	C D
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,3	0,1	0,3	0,1	C D
<i>Eugenia uniflora</i>	0,2	0,0	0,2	0,0	D
<i>Mirrhinium atropurpureum var.octandrum</i>	0,2	0,1	0,2	0,1	D
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,2	0,1	0,2	0,1	D
<i>Allophyllus edulis</i>	0,2	0,1	0,2	0,1	D

Anexo C

Incremento periódico anual promedio en altura total (cm. año⁻¹) para el período 2008-2016

Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	37,6	2,0	37,6	2,0	A
<i>Vachellia caven</i>	17,7	3,1	17,7	3,1	B
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	16,7	1,8	16,7	1,8	B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	15,6	2,1	15,6	2,1	B
<i>Sebastiania commersoniana</i>	12,1	2,0	12,1	2,0	B C
<i>Scutia buxifolia</i>	11,2	2,4	11,2	2,4	B C
<i>Eugenia uruguayensis</i>	9,3	3,1	9,3	3,1	B C
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	9,3	1,9	9,3	1,9	C
<i>Eugenia uniflora</i>	8,5	1,8	8,5	1,8	C
<i>Allophylus edulis</i>	8,3	2,8	8,3	2,8	C
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	7,3	2,8	7,3	2,8	C

Anexo D

Crecimiento acumulado en diámetro al cuello (cm) para las once especies

Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	2,2	0,0	8,8	0,4	A
<i>Vachellia caven</i>	2,2	0,1	8,8	0,5	A
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	1,8	0,0	6,0	0,3	B
<i>Sebastiania commersoniana</i>	1,3	0,0	3,6	0,1	C
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,3	0,0	3,5	0,1	C
<i>Scutia buxifolia</i>	1,2	0,1	3,5	0,2	C
<i>Eugenia uruguayensis</i>	1,1	0,1	2,9	0,2	D
<i>Mirrhinium atropurpureum var.octandrum</i>	1,0	0,0	2,7	0,1	D
<i>Eugenia uniflora</i>	1,0	0,0	2,6	0,1	D
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,8	0,1	2,2	0,1	E
<i>Allophylus edulis</i>	0,6	0,1	1,8	0,1	F

Anexo E

Crecimiento acumulado en altura total (cm) por especie

Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	6,0	0,0	416,9	11,1	A
<i>Vachellia caven</i>	5,6	0,0	276,8	11,2	B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,6	0,0	262,0	7,2	B
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5,2	0,0	180,7	4,4	C
<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,1	0,0	166,4	4,4	D
<i>Scutia buxifolia</i>	5,0	0,0	151,0	4,8	E
<i>Eugenia uniflora</i>	4,9	0,0	139,1	3,3	F
<i>Mirrhinium atropurpureum var.octandrum</i>	4,8	0,0	124,2	3,1	G
<i>Eugenia uruguayensis</i>	4,8	0,0	118,5	4,8	G H
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,7	0,0	108,3	4,1	H
<i>Allophylus edulis</i>	4,5	0,0	88,8	3,3	I

Anexo F

Incremento Acumulado (IA) en diámetro al cuello y altura total en (cm), por especie

ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht
<i>Salix humboldiana</i>	3	2007	0	0	<i>Vachellia caven</i>	3	2007	0	0	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	3	2007	0	0
<i>Salix humboldiana</i>	4	2008	2,60	231,7	<i>Vachellia caven</i>	4	2008	1,7	111,3	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	4	2008	1,8	182,2
<i>Salix humboldiana</i>	5	2009	4,81	307,3	<i>Vachellia caven</i>	5	2009	3,5	201,3	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5	2009	2,8	226,5
<i>Salix humboldiana</i>	6	2010	6,50	359,0	<i>Vachellia caven</i>	6	2010	6,1	256,7	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	6	2010	5,0	256,5
<i>Salix humboldiana</i>	7	2011	7,98	387,1	<i>Vachellia caven</i>	7	2011	8,8	282,7	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	7	2011	5,5	277,4
<i>Salix humboldiana</i>	8	2012	8,99	403,8	<i>Vachellia caven</i>	8	2012	10,8	299,3	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	8	2012	6,1	284,8
<i>Salix humboldiana</i>	9	2013	10,92	453,9	<i>Vachellia caven</i>	9	2013	12,0	340,7	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	9	2013	7,2	290,2
<i>Salix humboldiana</i>	10	2014	11,38	480,6	<i>Vachellia caven</i>	10	2014	13,1	330,3	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	10	2014	7,7	290,2
<i>Salix humboldiana</i>	11	2015	16,51	684,4	<i>Vachellia caven</i>	11	2015	14,7	388,3	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	11	2015	11,6	303,2
ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	3	2007	0	0	<i>Sebastiania commersoniana</i>	3	2007	0	0	<i>Eugenia uruguayensis</i>	3	2007	0	0
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	4	2008	1,50	118,4	<i>Sebastiania commersoniana</i>	4	2008	1,8	120,9	<i>Eugenia uruguayensis</i>	4	2008	0,9	90,7
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5	2009	2,05	137,5	<i>Sebastiania commersoniana</i>	5	2009	2,3	145,1	<i>Eugenia uruguayensis</i>	5	2009	1,4	107,5
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	6	2010	2,68	148,1	<i>Sebastiania commersoniana</i>	6	2010	2,9	154,4	<i>Eugenia uruguayensis</i>	6	2010	2,0	98,8
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	7	2011	3,26	163,9	<i>Sebastiania commersoniana</i>	7	2011	3,3	157,1	<i>Eugenia uruguayensis</i>	7	2011	2,3	100,0
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	8	2012	3,69	186,5	<i>Sebastiania commersoniana</i>	8	2012	3,6	160,9	<i>Eugenia uruguayensis</i>	8	2012	2,6	107,8
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	9	2013	4,31	209,6	<i>Sebastiania commersoniana</i>	9	2013	4,3	172,8	<i>Eugenia uruguayensis</i>	9	2013	3,9	149,7
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	10	2014	4,61	227,4	<i>Sebastiania commersoniana</i>	10	2014	4,6	184,4	<i>Eugenia uruguayensis</i>	10	2014	3,7	147,5
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	11	2015	5,63	249,3	<i>Sebastiania commersoniana</i>	11	2015	5,7	226,6	<i>Eugenia uruguayensis</i>	11	2015	5,4	162,3
ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht
<i>Scutia buxifolia</i>	3	2007	0	0	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	3	2007	0	0	<i>Eugenia uniflora</i>	3	2007	0	0
<i>Scutia buxifolia</i>	4	2008	1,6	110,1	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	4	2008	1,2	84,3	<i>Eugenia uniflora</i>	4	2008	1,5	109,2
<i>Scutia buxifolia</i>	5	2009	2,0	121,6	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	5	2009	1,6	104,3	<i>Eugenia uniflora</i>	5	2009	1,8	124,9
<i>Scutia buxifolia</i>	6	2010	2,7	136,4	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	6	2010	2,0	110,9	<i>Eugenia uniflora</i>	6	2010	2,3	131,3
<i>Scutia buxifolia</i>	7	2011	3,4	145,9	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	7	2011	2,2	124,7	<i>Eugenia uniflora</i>	7	2011	2,6	139,3
<i>Scutia buxifolia</i>	8	2012	4,0	154,9	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	8	2012	2,4	116,3	<i>Eugenia uniflora</i>	8	2012	2,8	148,2
<i>Scutia buxifolia</i>	9	2013	4,1	159,9	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	9	2013	2,4	132,1	<i>Eugenia uniflora</i>	9	2013	3,0	148,2
<i>Scutia buxifolia</i>	10	2014	4,3	169,9	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	10	2014	2,5	141,9	<i>Eugenia uniflora</i>	10	2014	3,2	148,3
<i>Scutia buxifolia</i>	11	2015	4,6	190,1	<i>Merrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	11	2015	2,9	163,4	<i>Eugenia uniflora</i>	11	2015	4,1	166,7
ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht	ESPECIE	EDAD	AÑO	IA-dac	IA-ht
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	3	2007	0	0	<i>Allophylus edulis</i>	3	2007	0	0					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	4	2008	1,2	91,4	<i>Allophylus edulis</i>	4	2008	1,0	82,3					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	5	2009	1,4	101,7	<i>Allophylus edulis</i>	5	2009	1,2	93,6					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	6	2010	1,9	98,9	<i>Allophylus edulis</i>	6	2010	1,5	96,4					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	7	2011	2,4	106,1	<i>Allophylus edulis</i>	7	2011	1,5	61,3					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	8	2012	2,7	108,7	<i>Allophylus edulis</i>	8	2012	1,5	59,3					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	9	2013	2,8	119,4	<i>Allophylus edulis</i>	9	2013	2,4	91,3					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	10	2014	2,5	123,9	<i>Allophylus edulis</i>	10	2014	2,6	102,4					
<i>Elepharocáyx salicifolius</i>	11	2015	3,0	126,4	<i>Allophylus edulis</i>	11	2015	2,9	114,4					

Anexo G

Incremento Medio anual (IMA) e Incremento Periódico Anual Promedio (IPA) (cm. año⁻¹) en diámetro al cuello y altura total (cm) por especie

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Salix humboldtiana</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Salix humboldtiana</i>	4	2008	0,7	0,5	57,9	43,0
<i>Salix humboldtiana</i>	5	2009	1,0	2,1	61,5	75,6
<i>Salix humboldtiana</i>	6	2010	1,1	1,8	59,8	51,7
<i>Salix humboldtiana</i>	7	2011	1,1	1,5	55,3	28,1
<i>Salix humboldtiana</i>	8	2012	1,1	1,0	50,5	16,7
<i>Salix humboldtiana</i>	9	2013	1,2	1,9	50,4	50,1
<i>Salix humboldtiana</i>	10	2014	1,1	0,5	48,1	26,7
<i>Salix humboldtiana</i>	11	2015	1,5	5,1	62,2	203,8

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Vachella caven</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Vachella caven</i>	4	2008	0,4	0,8	27,8	48,5
<i>Vachella caven</i>	5	2009	0,7	1,8	40,3	90,0
<i>Vachella caven</i>	6	2010	1,0	2,6	42,8	55,3
<i>Vachella caven</i>	7	2011	1,3	2,7	40,4	26,0
<i>Vachella caven</i>	8	2012	1,3	2,0	37,4	16,7
<i>Vachella caven</i>	9	2013	1,3	1,2	37,9	41,3
<i>Vachella caven</i>	10	2014	1,3	1,1	35,0	9,7
<i>Vachella caven</i>	11	2015	1,3	1,6	35,3	38,0

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Phyllanthus selowianus</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Phyllanthus selowianus</i>	4	2008	0,4	0,2	45,5	40,9
<i>Phyllanthus selowianus</i>	5	2009	0,6	1,0	45,3	44,4
<i>Phyllanthus selowianus</i>	6	2010	0,8	2,2	42,8	30,0
<i>Phyllanthus selowianus</i>	7	2011	0,8	0,6	39,6	20,8
<i>Phyllanthus selowianus</i>	8	2012	0,8	0,6	35,6	7,4
<i>Phyllanthus selowianus</i>	9	2013	0,8	1,1	32,2	5,5
<i>Phyllanthus selowianus</i>	10	2014	0,8	0,5	29,0	0,0
<i>Phyllanthus selowianus</i>	11	2015	1,1	3,8	27,6	12,9

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	4	2008	0,4	0,39	29,6	18,1
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5	2009	0,4	0,55	27,5	19,2
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	6	2010	0,4	0,63	24,7	10,5
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	7	2011	0,5	0,58	23,4	15,9
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	8	2012	0,5	0,43	23,3	22,5
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	9	2013	0,5	0,62	23,3	23,2
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	10	2014	0,5	0,29	22,7	17,7
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	11	2015	0,5	1,02	22,7	21,9

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Sebastiania comersoniana</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Sebastiania comersoniana</i>	4	2008	0,5	0,4	30,2	20,1
<i>Sebastiania comersoniana</i>	5	2009	0,5	0,5	29,0	24,2
<i>Sebastiania comersoniana</i>	6	2010	0,5	0,6	25,7	9,4
<i>Sebastiania comersoniana</i>	7	2011	0,5	0,4	22,4	2,6
<i>Sebastiania comersoniana</i>	8	2012	0,4	0,3	20,1	3,8
<i>Sebastiania comersoniana</i>	9	2013	0,5	0,8	19,2	11,9
<i>Sebastiania comersoniana</i>	10	2014	0,5	0,3	18,4	11,6
<i>Sebastiania comersoniana</i>	11	2015	0,5	1,1	20,6	42,3

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Eugenia iraguayensis</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Eugenia iraguayensis</i>	4	2008	0,2	0,2	22,7	10,7
<i>Eugenia iraguayensis</i>	5	2009	0,3	0,5	21,5	16,8
<i>Eugenia iraguayensis</i>	6	2010	0,3	0,6	16,5	0,0
<i>Eugenia iraguayensis</i>	7	2011	0,3	0,3	14,3	1,2
<i>Eugenia iraguayensis</i>	8	2012	0,3	0,3	13,5	7,8
<i>Eugenia iraguayensis</i>	9	2013	0,4	1,3	16,6	41,8
<i>Eugenia iraguayensis</i>	10	2014	0,4	0,3	14,8	0,0
<i>Eugenia iraguayensis</i>	11	2015	0,5	1,2	14,8	14,8

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Scutia buxifolia</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Scutia buxifolia</i>	4	2008	0,4	0,4	27,5	10,1
<i>Scutia buxifolia</i>	5	2009	0,4	0,4	24,3	11,5
<i>Scutia buxifolia</i>	6	2010	0,4	0,7	22,7	14,8
<i>Scutia buxifolia</i>	7	2011	0,5	0,7	20,8	9,5
<i>Scutia buxifolia</i>	8	2012	0,5	0,6	19,4	9,0
<i>Scutia buxifolia</i>	9	2013	0,5	0,0	17,8	5,0
<i>Scutia buxifolia</i>	10	2014	0,4	0,3	17,0	10,0
<i>Scutia buxifolia</i>	11	2015	0,4	0,2	17,3	20,2

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	4	2008	0,3	0,3	21,1	8,1
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	5	2009	0,3	0,3	20,9	19,9
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	6	2010	0,3	0,7	18,5	6,6
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	7	2011	0,3	0,4	17,8	13,8
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	8	2012	0,3	0,2	14,5	0,0
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	9	2013	0,3	0,5	14,7	15,9
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	10	2014	0,3	0,2	14,2	9,8
<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	11	2015	0,3	0,3	14,9	21,6

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Eugenia uniflora</i>	3	2007	0	0	0,0	0,0
<i>Eugenia uniflora</i>	4	2008	0,4	0,3	27,3	4,9
<i>Eugenia uniflora</i>	5	2009	0,4	0,3	25,0	15,7
<i>Eugenia uniflora</i>	6	2010	0,4	0,5	21,9	6,0
<i>Eugenia uniflora</i>	7	2011	0,4	0,3	19,9	8,4
<i>Eugenia uniflora</i>	8	2012	0,3	0,2	18,5	8,9
<i>Eugenia uniflora</i>	9	2013	0,3	0,2	16,5	0,1
<i>Eugenia uniflora</i>	10	2014	0,3	0,2	14,8	0,1
<i>Eugenia uniflora</i>	11	2015	0,4	0,9	15,2	18,4

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4	2008	0,3	0,2	22,9	13,3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	5	2009	0,3	0,2	20,3	10,3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	6	2010	0,3	0,4	16,5	0,0
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	7	2011	0,3	0,5	15,2	7,3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	8	2012	0,3	0,3	13,6	2,6
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2013	0,3	0,1	13,3	10,7
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	10	2014	0,3	0,0	12,4	4,4
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	11	2015	0,3	0,2	11,5	2,6

E SPECIE	EDAD	AÑO	IMA-Dac	IPA-Dac	IMA-Ht	IPA-Ht
<i>Allophylis echinifolia</i>	3	2007	0	0	0	0
<i>Allophylis echinifolia</i>	4	2008	0,2	0,2	20,6	6,9
<i>Allophylis echinifolia</i>	5	2009	0,2	0,2	18,7	11,3
<i>Allophylis echinifolia</i>	6	2010	0,2	0,3	16,1	2,9
<i>Allophylis echinifolia</i>	7	2011	0,2	0,0	8,8	0,0
<i>Allophylis echinifolia</i>	8	2012	0,2	0,0	7,4	0,0
<i>Allophylis echinifolia</i>	9	2013	0,3	0,9	10,1	32,0
<i>Allophylis echinifolia</i>	10	2014	0,3	0,2	10,2	11,1
<i>Allophylis echinifolia</i>	11	2015	0,3	0,3	10,4	12,0

Anexo H

Crecimiento acumulado, en diámetro al cuello para las 11 especies monitoreadas, período 2008-2016

EDAD	AÑO	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Vachellia caven</i>	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Eugenia uruguayensis</i>	<i>Scutia buxifolia</i>	<i>Mirrhinium atropurpureum var.octandrum</i>	<i>Eugenia uniflora</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	<i>Allophylus edulis</i>
3	2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	2008	2,6	1,7	1,8	1,5	1,8	0,9	1,6	1,2	1,5	1,2	1,0
5	2009	4,8	3,5	2,8	2,1	2,3	1,4	2,0	1,6	1,8	1,4	1,2
6	2010	6,5	6,1	5,0	2,7	2,9	2,0	2,7	2,0	2,3	1,9	1,5
7	2011	8,0	8,8	5,5	3,3	3,3	2,3	3,4	2,2	2,6	2,4	1,5
8	2012	9,0	10,8	6,1	3,7	3,6	2,6	4,0	2,4	2,8	2,7	1,5
9	2013	10,9	12,0	7,2	4,3	4,3	3,9	4,1	2,4	3,0	2,8	2,4
10	2014	11,4	13,1	7,7	4,6	4,6	3,7	4,3	2,5	3,2	2,5	2,6
11	2015	16,5	14,7	11,6	5,6	5,7	5,4	4,6	2,9	4,1	3,0	2,9

Anexo I

Crecimiento acumulado en altura total (cm), período 2008-2016

EDAD	AÑO	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Vachellia caven</i>	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Eugenia uruguayensis</i>	<i>Scutia buxifolia</i>	<i>Mirrhinium atropurpureum var.octandrum</i>	<i>Eugenia uniflora</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	<i>Allophylus edulis</i>
3	2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	2008	231,7	111,3	182,2	118,4	120,9	90,7	110,1	84,3	109,2	91,4	82,3
5	2009	307,3	201,3	226,5	137,5	145,1	107,5	121,6	104,3	124,9	101,7	93,6
6	2010	359,0	256,7	256,5	148,1	154,4	98,8	136,4	110,9	131,3	98,9	96,4
7	2011	387,1	282,7	277,4	163,9	157,1	100,0	145,9	124,7	139,3	106,1	61,3
8	2012	403,8	299,3	284,8	186,5	160,9	107,8	154,9	116,3	148,2	108,7	59,3
9	2013	453,9	340,7	290,2	209,6	172,8	149,7	159,9	132,1	148,2	119,4	91,3
10	2014	480,6	350,3	290,2	227,4	184,4	147,5	169,9	141,9	148,3	123,9	102,4
11	2015	684,4	388,3	303,2	249,3	226,6	162,3	190,1	163,4	166,7	126,4	114,4

Anexo J

Crecimiento Periódico anual (cm), en diámetro al cuello para las 11 especies monitoreadas, período 2008-2016

EDAD	AÑO	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Vachellia caven</i>	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Eugenia uruguayensis</i>	<i>Scutia buxifolia</i>	<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	<i>Eugenia uniflora</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	<i>Allophylus edulis</i>
3	2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	2008	0,5	0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
5	2009	2,1	1,8	1,0	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
6	2010	1,8	2,6	2,2	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3
7	2011	1,5	2,7	0,6	0,6	0,4	0,3	0,7	0,4	0,3	0,5	0,0
8	2012	1,0	2,0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,6	0,2	0,2	0,3	0,0
9	2013	1,9	1,2	1,1	0,6	0,8	1,3	0,0	0,5	0,2	0,1	0,9
10	2014	0,5	1,1	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,0	0,2
11	2015	5,1	1,6	3,8	1,0	1,1	1,2	0,2	0,3	0,9	0,2	0,3

Anexo K

Crecimiento Periódico anual (cm), en altura total para las 11 especies monitoreadas, período 2008-2016

EDAD	AÑO	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Vachellia caven</i>	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Eugenia uruguayensis</i>	<i>Scutia buxifolia</i>	<i>Mirrhinium atropurpureum var. octandrum</i>	<i>Eugenia uniflora</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	<i>Allophylus edulis</i>
3	2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	2008	43,0	48,5	40,9	18,1	20,1	10,7	10,1	8,1	4,9	13,3	6,9
5	2009	75,6	90,0	44,4	19,2	24,2	16,8	11,5	19,9	15,7	10,3	11,3
6	2010	51,7	55,3	30,0	10,5	9,4	0,0	14,8	6,6	6,4	0,0	2,9
7	2011	28,1	26,0	20,8	15,9	2,6	1,2	9,5	13,8	8,0	7,3	0,0
8	2012	16,7	16,7	7,4	22,5	3,8	7,8	9,0	0,0	8,9	2,6	0,0
9	2013	50,1	41,3	5,5	23,2	11,9	41,8	5,0	15,9	0,1	10,7	32,0
10	2014	26,7	9,7	0,0	17,7	11,6	0,0	10,0	9,8	0,1	4,4	11,1
11	2015	203,8	38,0	12,9	21,9	42,3	14,8	20,2	21,6	18,4	2,6	12,0

Anexo L*Precipitación mensual (mm) período 2005-2014*

Precipitación mensual (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2005	22	26	103	134	319	155	37	73	127	127	35	51	1209
2006	41	26	48	48	74	149	18	42	74	55	77	171	823
2007	104	212	276	111	57	116	16	177	48	181	53	95	1446
2008	82	98	31	30	148	88	112	151	61	95	46	85	1027
2009	58	129	86	7	103	82	44	75	229	138	614	187	1752
2010	89	404	56	62	118	90	181	56	95	22	53	91	1317
2011	57	92	117	77	67	100	49	105	140	103	71	48	1026
2012	57	401	22	89	23	123	50	136	123	265	60	164	1513
2013	95	203	77	121	235	52	28	49	256	222	275	22	1635
2014	248	197	122	220	51	72	158	18	189	212	140	233	1860

Anexo M*Evaporación mensual (mm) período 2005-2014*

Evaporación mensual (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2005	282	169	156	81	68	80	66	89	87	131	204	247	1660
2006	253	226	175	133	67	63	82	75	117	181	199	257	1828
2007	245	213	160	117	66	62	61	79	110	139	197	266	1715
2008	255	197	161	119	77	62	69	83	105	142	222	236	1728
2009	258	184	168	140	82	49	45	100	68	163	166	185	1608
2010	208	182	154	96	54	58	59	79	118	152	204	263	1627
2011	261	185	184	111	65	50	64	68	124	150	208	246	1716
2012	284	181	162	105	80	61	55	90	105	138	210	250	1721
2013	236	170	160	111	49	47	55	79	117	145	172	298	1639
2014	226	156	135	103	54	53	66	86	97	145	178	211	1510

Anexo Ñ

Temperaturas medias (°C), período 1998-2010 y 2014

Mes	Temperaturas medias (°C)			
	Promedio		Año 2014	
	T.Máx.	T.Min	T.Max.	T.Min.
Enero	34,1	18,2	32	21,5
Febrero	32,9	18	29,8	20,2
Marzo	31	16,9	27	16
Abril	26,6	12,7	24,2	13,8
Mayo	22,2	8,9	20,7	9,2
Junio	19,5	6,8	18,5	6,9
Julio	19,3	6,0	19,6	8,4
Agosto	21,8	7,2	21,4	7,8
Septiembre	22,7	9,3	22,2	11
Octubre	26,4	11,5	25,7	14,2
Noviembre	29,6	13,8	28,8	14,8
Diciembre	32,8	16,6	29,4	16,3

Anexo O*Dinámica de supervivencia por estrato*

Estrato	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
A	8,0	0,0	3100,5	88,9	A
B	8,0	0,0	3098,1	82,1	A

Anexo P

Dinámica de supervivencia por especie para ambos estratos

Especie	PredLin	E. E.	Media	E. E.		
<i>Sebastianiabrasiliensis</i>	8,1	0,1	3365	187,5	A	
<i>Acaciacaven</i>	8,1	0,1	3363	314,5	A	
<i>Mirrhiniumatropurpureum</i>	8,1	0,1	3347	192,7	A	
<i>Sebastianiacomersoniana</i>	8,1	0,1	3177	197,2	A	
<i>Phyllanthussellowianus</i>	8,1	0,1	3176	215,6	A	B
<i>Eugeniauniflora</i>	8,0	0,1	3070	166,5	A	B
<i>Blepharocalyxsalicifolius</i>	8,0	0,1	3020	261,6	A	B
<i>Eugeniauruguayensis</i>	8,0	0,1	2883	273,5	A	B
<i>Salixhumboldtiana</i>	8,0	0,1	2876	189,0	A	B
<i>Scutiabuxifolia</i>	7,9	0,1	2820	204,3	A	B
<i>Allophyllusedulis</i>	7,9	0,1	2564	223,5		B

Anexo Q

Crecimiento en diámetro del cuello (cm) para el estrato bajo y alto

Estrato	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
A	1,4	0,0	4,2	0,1	A
B	1,2	0,0	3,3	0,1	B

Anexo R*Crecimiento en altura (cm) para el estrato bajo y alto*

Estrato	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
A	5,2	0,0	189,1	2,8	A
B	5,0	0,0	151,1	1,9	B

Anexo S

Crecimiento en diámetro (cm) por especie para el estrato bajo

Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Acaciacaven</i>	2,3	0,1	9,8	0,8	A
<i>Salixhumboldtiana</i>	2,2	0,0	8,8	0,3	A
<i>Phyllanthussellowianus</i>	1,8	0,0	6,0	0,2	B
<i>Sebastianiacommersoniana</i>	1,2	0,1	3,3	0,2	C
<i>Sebastianiabrasiliensis</i>	1,2	0,0	3,3	0,1	C
<i>Eugeniauruguayensis</i>	1,0	0,2	2,8	0,4	C D
<i>Eugeniauniflora</i>	1,0	0,1	2,7	0,2	D
<i>Blepharocalyxsalicifolius</i>	0,9	0,1	2,5	0,2	D
<i>Mirrhiniumatropurpureum</i>	0,7	0,1	2,0	0,1	D E
<i>Scutiabuxifolia</i>	0,6	0,1	1,8	0,1	E F
<i>Allophyllusedulis</i>	0,5	0,1	1,6	0,1	F

Anexo T

Crecimiento en diámetro (cm) por especie para el estrato alto

Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Acaciacaven</i>	2,1	0,1	7,8	0,6	A
<i>Scutiabuxifolia</i>	1,8	0,1	5,9	0,4	B
<i>Sebastianiabrasiliensis</i>	1,4	0,1	3,9	0,2	C
<i>Sebastianiacommersoniana</i>	1,3	0,1	3,7	0,2	C
<i>Mirrhiniumatropurpureum</i>	1,2	0,1	3,3	0,2	D
<i>Eugeniauruguayensis</i>	1,1	0,1	2,9	0,2	D E
<i>Eugeniauniflora</i>	1,0	0,0	2,6	0,1	E
<i>Allophyllusedulis</i>	0,7	0,1	2,0	0,2	F
<i>Blepharocalyxsalicifolius</i>	0,4	0,1	1,5	0,1	G

Anexo U

Crecimiento en altura (cm) por especie estrato bajo

Especie	PredLin	E.E.	Media	E. E.	
<i>Salixhumboldtiana</i>	6,0	0,0	416,9	10,6	A
<i>Acaciacaven</i>	5,6	0,1	265,0	14,6	B
<i>Phyllanthussellowianus</i>	5,6	0,0	262,0	6,9	B
<i>Sebastianiabrasiliensis</i>	5,2	0,0	172,3	5,0	C
<i>Eugeniauniiflora</i>	5,0	0,0	143,1	5,2	D
<i>Sebastianiacommersoniana</i>	4,9	0,0	137,2	5,4	D E
<i>Blepharocalyxsalicifolius</i>	4,8	0,0	117,9	5,0	E
<i>Eugeniauruguayensis</i>	4,7	0,1	114,1	10,9	E F
<i>Mirrhiniumatropurpureum</i>	4,7	0,0	105,4	3,6	F
<i>Scutiabuxifolia</i>	4,6	0,0	95,0	3,7	F
<i>Allophylusedulis</i>	4,3	0,1	73,5	3,5	G

Anexo V

Crecimiento en altura (cm) por especie estrato alto

Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Acaciacaven</i>	5,7	0,1	288,6	15,4	A
<i>Scutiabuxifolia</i>	5,5	0,1	235,0	10,8	B
<i>Sebastianiabrasiliensis</i>	5,3	0,0	196,2	7,4	C
<i>Sebastianiacommersonianc</i>	5,2	0,0	188,3	6,1	C
<i>Mirrhiniumatropurpureum</i>	5,0	0,0	142,9	4,7	D
<i>Eugeniauniflora</i>	4,9	0,0	136,5	3,8	D
<i>Eugeniauruguayensis</i>	4,8	0,0	119,3	4,9	E
<i>Allophyllusedulis</i>	4,7	0,1	109,2	5,8	E
<i>Blepharocalyxsalicifolius</i>	4,4	0,1	84,1	5,5	F

Anexo W

Análisis de crecimiento en diámetro (cm) por especie en el período 2008-2016

Año 2008					Año 2009						
Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.		
<i>Salix humboldtiana</i>	0,8	0,1	2,1	0,2	A	<i>Salix humboldtiana</i>	1,1	0,1	3,0	0,2	A
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	0,5	0,1	1,6	0,2	B	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	0,8	0,1	2,1	0,1	B
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,4	0,1	1,5	0,2	B	<i>Acacia caven</i>	0,7	0,1	2,1	0,2	B C
<i>Eugenia uniflora</i>	0,2	0,1	1,3	0,1	B C	<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,7	0,1	1,9	0,1	B C D
<i>Scutia buxifolia</i>	0,2	0,1	1,2	0,1	B C	<i>Scutia buxifolia</i>	0,6	0,1	1,7	0,1	C D E
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,1	0,1	1,1	0,1	C D	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,5	0,1	1,7	0,1	D E
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,0	0,2	1,0	0,2	C D	<i>Eugenia uniflora</i>	0,4	0,1	1,5	0,1	E F
<i>Acacia caven</i>	-0,1	0,2	1,0	0,1	C D	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,2	0,1	1,3	0,1	F G
<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	-0,1	0,1	0,9	0,1	D	<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	0,2	0,1	1,3	0,1	G
<i>Allophylus edulis</i>	-0,2	0,2	0,8	0,1	D	<i>Allophylus edulis</i>	0,1	0,1	1,1	0,1	G
<i>Eugenia uruguayensis</i>	-0,2	0,2	0,8	0,1	D	<i>Eugenia uruguayensis</i>	0,0	0,1	1,0	0,1	G

Año 2010					Año 2011						
Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.		
<i>Salix humboldtiana</i>	1,6	0,1	5,1	0,3	A	<i>Salix humboldtiana</i>	1,9	0,1	6,5	0,6	A
<i>Acacia caven</i>	1,4	0,1	4,0	0,4	B	<i>Acacia caven</i>	1,9	0,1	6,5	0,8	A B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	1,1	0,1	3,1	0,2	C	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	1,6	0,1	4,9	0,4	B
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,9	0,1	2,5	0,2	D	<i>Sebastiania commersoniana</i>	1,1	0,1	2,9	0,3	C
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,8	0,1	2,3	0,1	D E	<i>Scutia buxifolia</i>	1,0	0,1	2,8	0,3	C D
<i>Scutia buxifolia</i>	0,8	0,1	2,1	0,2	D E	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,0	0,1	2,7	0,2	C D
<i>Eugenia uniflora</i>	0,7	0,1	2,0	0,1	E F	<i>Eugenia uniflora</i>	0,8	0,1	2,3	0,2	D E
<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	0,5	0,1	1,7	0,1	F G	<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	0,8	0,1	2,2	0,2	D E
<i>Eugenia uruguayensis</i>	0,5	0,1	1,6	0,2	F G	<i>Eugenia uruguayensis</i>	0,7	0,1	2,0	0,3	E F
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,5	0,1	1,6	0,1	G H	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,7	0,1	1,9	0,2	E F
<i>Allophylus edulis</i>	0,2	0,1	1,2	0,1	H	<i>Allophylus edulis</i>	0,4	0,1	1,5	0,2	F

Año 2012					Año 2013						
Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.		
<i>Acacia caven</i>	2,2	0,1	9,1	0,9	A	<i>Acacia caven</i>	2,4	0,1	11,0	1,4	A
<i>Salix humboldtiana</i>	2,1	0,1	8,1	0,5	A	<i>Salix humboldtiana</i>	2,3	0,1	9,6	0,8	A
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	1,7	0,1	5,6	0,4	B	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	1,9	0,1	6,6	0,6	B
<i>Scutia buxifolia</i>	1,3	0,1	3,5	0,3	C	<i>Scutia buxifolia</i>	1,4	0,1	4,0	0,4	C
<i>Sebastiania commersoniana</i>	1,2	0,1	3,3	0,2	C	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,3	0,1	3,8	0,3	C
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,2	0,1	3,3	0,2	C	<i>Sebastiania commersoniana</i>	1,3	0,1	3,8	0,3	C
<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	1,0	0,1	2,6	0,2	D	<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	1,1	0,1	3,0	0,2	C D
<i>Eugenia uniflora</i>	0,9	0,1	2,6	0,2	D	<i>Eugenia uruguayensis</i>	1,1	0,1	2,9	0,4	C D
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,9	0,1	2,4	0,2	D	<i>Eugenia uniflora</i>	1,1	0,1	2,9	0,2	D
<i>Eugenia uruguayensis</i>	0,8	0,1	2,3	0,2	D	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	1,0	0,1	2,7	0,3	D
<i>Allophylus edulis</i>	0,4	0,1	1,5	0,1	E	<i>Allophylus edulis</i>	0,6	0,1	1,8	0,2	E

Año 2014					Año 2015						
Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.		
<i>Acacia caven</i>	2,5	0,2	12,5	2,2	A	<i>Acacia caven</i>	2,6	0,1	13,5	1,9	A
<i>Salix humboldtiana</i>	2,4	0,1	11,1	1,3	A	<i>Salix humboldtiana</i>	2,5	0,1	12,7	1,2	A
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	2,0	0,1	7,5	0,9	B	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	2,1	0,1	8,3	0,8	B
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,5	0,1	4,4	0,5	C	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,6	0,1	4,8	0,4	C
<i>Sebastiania commersoniana</i>	1,5	0,1	4,4	0,5	C	<i>Sebastiania commersoniana</i>	1,5	0,1	4,6	0,4	C D
<i>Scutia buxifolia</i>	1,4	0,1	4,2	0,6	C D	<i>Scutia buxifolia</i>	1,5	0,1	4,4	0,5	C D
<i>Eugenia uruguayensis</i>	1,3	0,2	3,8	0,7	C D E	<i>Eugenia uruguayensis</i>	1,5	0,1	4,3	0,6	C D E
<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	1,2	0,1	3,5	0,4	C D E	<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	1,3	0,1	3,7	0,3	D E
<i>Eugenia uniflora</i>	1,1	0,1	3,1	0,3	D E	<i>Eugenia uniflora</i>	1,2	0,1	3,3	0,3	E F
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	1,0	0,2	2,7	0,4	E	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	1,0	0,1	2,7	0,4	F
<i>Allophylus edulis</i>	0,9	0,2	2,5	0,4	E	<i>Allophylus edulis</i>	1,0	0,1	2,6	0,3	F

Año 2016					
Especie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	2,8	0,1	16,8	1,7	A
<i>Acacia caven</i>	2,7	0,2	14,8	2,3	A B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	2,5	0,1	11,7	1,2	B
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,8	0,1	5,9	0,5	C
<i>Eugenia uruguayensis</i>	1,8	0,2	5,7	0,9	C
<i>Sebastiania commersoniana</i>	1,7	0,1	5,6	0,6	C
<i>Scutia buxifolia</i>	1,7	0,1	5,6	0,7	C
<i>Eugenia uniflora</i>	1,4	0,1	4,0	0,4	D
<i>Mirrhinium atropurpureum</i>	1,4	0,1	3,9	0,4	D
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	1,0	0,1	2,8	0,4	E
<i>Allophylus edulis</i>	0,9	0,1	2,5	0,4	E

Anexo X

Crecimiento en altura (cm) total por especie en el período 2008-2016

Año 2008						Año 2009					
Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.		Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	5,2	0,1	188,7	19,2	A	<i>Salix humboldtiana</i>	5,5	0,1	247,6	12,1	A
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,0	0,1	141,2	14,9	A B	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,3	0,1	193,5	9,9	B
<i>Eugenia uniflora</i>	4,7	0,1	104,9	10,0	B C	<i>Acacia caven</i>	4,9	0,1	128,0	9,6	C
<i>Sebastiania commersoniana</i>	4,7	0,1	104,8	11,5	B C D	<i>Sebastiania commersoniana</i>	4,8	0,1	126,5	6,2	C
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	4,6	0,1	100,3	9,3	C D	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	4,8	0,0	122,1	5,4	C
<i>Scutia buxifolia</i>	4,6	0,1	100,0	12,1	C D	<i>Scutia buxifolia</i>	4,7	0,1	114,5	6,7	C
<i>Eugenia uruguayensis</i>	4,4	0,2	83,8	14,3	C D E	<i>Eugenia uniflora</i>	4,7	0,0	114,3	5,0	C
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,4	0,2	77,2	13,2	C D E	<i>Eugenia uruguayensis</i>	4,6	0,1	94,6	7,1	D
<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	4,3	0,1	74,3	7,6	D E	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,5	0,1	92,2	6,4	D
<i>Allaphyllus edulis</i>	4,3	0,2	73,0	11,4	D E	<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	4,5	0,1	89,5	4,1	D
<i>Acacia caven</i>	4,1	0,2	62,8	9,8	E	<i>Allaphyllus edulis</i>	4,4	0,1	84,4	5,9	D

Año 2010						Año 2011					
Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.		Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	5,8	0,1	317,6	16,7	A	<i>Salix humboldtiana</i>	5,9	0,1	357,6	24,9	A
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,5	0,1	232,6	12,7	B	<i>Acacia caven</i>	5,6	0,1	260,9	27,7	B
<i>Acacia caven</i>	5,4	0,1	213,8	17,2	B	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,5	0,1	255,8	18,5	B
<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,0	0,1	145,8	7,7	C	<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,1	0,1	155,4	10,8	C
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	4,9	0,1	137,3	6,6	C D	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5,0	0,1	149,3	9,4	C
<i>Eugenia uniflora</i>	4,8	0,1	124,7	5,8	D	<i>Scutia buxifolia</i>	4,9	0,1	139,6	11,5	C D
<i>Scutia buxifolia</i>	4,8	0,1	123,6	7,7	D	<i>Eugenia uniflora</i>	4,9	0,1	131,4	8,1	C D
<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	4,7	0,1	105,3	5,2	E	<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	4,7	0,1	114,7	7,5	D E
<i>Eugenia uruguayensis</i>	4,6	0,1	98,6	7,9	E	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,6	0,1	99,1	9,7	E
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,6	0,1	95,1	7,1	E	<i>Eugenia uruguayensis</i>	4,6	0,1	98,6	10,5	E
<i>Allaphyllus edulis</i>	4,5	0,1	91,8	6,8	E	<i>Allaphyllus edulis</i>	4,6	0,1	96,4	9,5	E

Año 2012						Año 2013					
Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.		Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	5,9	0,1	381,4	20,0	A	<i>Salix humboldtiana</i>	6,0	0,1	397,1	25,8	A
<i>Acacia caven</i>	5,7	0,1	284,4	22,8	B	<i>Acacia caven</i>	5,7	0,1	308,6	30,6	B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,6	0,1	279,3	15,2	B	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,7	0,1	287,7	19,4	B
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5,1	0,1	162,9	7,8	C	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5,3	0,1	194,6	11,5	C
<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,1	0,1	157,6	8,3	C D	<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,1	0,1	164,3	10,7	C D
<i>Scutia buxifolia</i>	5,0	0,1	148,8	9,2	C D	<i>Scutia buxifolia</i>	5,0	0,1	152,2	11,7	D
<i>Eugenia uniflora</i>	4,9	0,1	138,4	6,4	D	<i>Eugenia uniflora</i>	5,0	0,1	148,2	8,5	D
<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	4,8	0,1	120,3	5,9	E	<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	4,8	0,1	120,6	7,3	E
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,6	0,1	104,0	7,7	E	<i>Eugenia uruguayensis</i>	4,7	0,1	114,8	11,4	E
<i>Eugenia uruguayensis</i>	4,6	0,1	100,3	8,0	E	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,7	0,1	111,8	10,3	E
<i>Allaphyllus edulis</i>	4,1	0,1	62,1	4,6	F	<i>Allaphyllus edulis</i>	4,2	0,1	67,5	6,2	F

Año 2014						Año 2015					
Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.		Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	6,1	0,1	464,2	39,8	A	<i>Salix humboldtiana</i>	6,3	0,1	522,0	38,2	A
<i>Acacia caven</i>	5,8	0,1	343,8	45,0	A B	<i>Acacia caven</i>	5,9	0,1	365,7	40,8	B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,7	0,1	289,9	25,8	B	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,7	0,1	299,1	22,7	B
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5,4	0,1	218,1	17,0	C	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5,5	0,1	236,4	15,7	C
<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,2	0,1	179,4	15,4	C D	<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,3	0,1	190,1	13,9	D
<i>Scutia buxifolia</i>	5,1	0,1	164,8	16,7	D E	<i>Scutia buxifolia</i>	5,2	0,1	178,7	15,5	D
<i>Eugenia uniflora</i>	5,0	0,1	148,2	11,2	D E	<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	5,0	0,1	152,4	10,4	D E
<i>Eugenia uruguayensis</i>	5,0	0,1	146,1	19,1	D E	<i>Eugenia uniflora</i>	5,0	0,1	150,2	9,7	D E
<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	4,9	0,1	136,2	10,9	E	<i>Eugenia uruguayensis</i>	5,0	0,1	149,6	16,7	D E
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,8	0,1	121,1	14,7	E F	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,8	0,1	125,2	13,0	E F
<i>Allaphyllus edulis</i>	4,6	0,1	98,1	11,9	F	<i>Allaphyllus edulis</i>	4,7	0,1	106,4	11,0	F

Año 2016					
Especie	Pred.Lin	E.E.	Media	E.E.	
<i>Salix humboldtiana</i>	6,6	0,1	731,7	53,5	A
<i>Acacia caven</i>	6,0	0,1	395,2	44,1	B
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	5,7	0,1	299,6	22,7	C
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	5,6	0,1	259,5	17,2	C D
<i>Sebastiania commersoniana</i>	5,4	0,1	230,5	16,5	D E
<i>Scutia buxifolia</i>	5,3	0,1	204,6	17,7	E F
<i>Mirrhinum atropurpureum</i>	5,1	0,1	169,1	11,3	F
<i>Eugenia uniflora</i>	5,1	0,1	167,1	10,6	F
<i>Eugenia uruguayensis</i>	5,1	0,1	161,1	17,5	F G
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,8	0,1	126,0	12,4	G
<i>Allaphyllus edulis</i>	4,8	0,1	121,3	12,3	G