

Informe de Pasantía
Opción Ecología

**Incidencia de la forestación con especies exóticas sobre el
bosque costero en la localidad Perla de Rocha, (Rocha)
Uruguay.**

Mariana Elena Rios Balletto
maririos34@gmail.com

Orientador:
Dr. Marcel Achkar

Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del
Territorio. Departamento de Geografía

Facultad de Ciencias
Universidad de la República

2007

Índice

1	Resumen	2
2	Introducción	3
2.1	Forestación en la zona costera	3
2.2	Hipótesis General	5
2.3	Hipótesis Específica	5
2.4	Objetivo General	5
2.5	Objetivos Específicos	5
3	Metodología	6
3.1	Sitio de Estudio	6
3.2	Colecta de datos	7
3.2.1	Diseño de muestreo	8
3.2.2	Muestreo de suelo	8
3.2.3	Muestreo de Vegetación	8
3.3	Trabajo de Laboratorio	9
3.4	Análisis de Datos	9
4	Resultados	12
4.1	Variables Edáficas	12
4.2	Vegetación	16
4.2.1	Vegetación Arbórea adulta	17
4.2.2	Renovales	19
4.2.3	Vegetación Arbustiva	21
4.2.4	Análisis de agrupamiento	22
4.3	Relación entre la Vegetación y las Variables Edáficas	23
5	Discusión	25
5.1	Variables Edáficas	25
5.2	Vegetación	26
5.2.1	Vegetación arbórea	26
5.2.2	Vegetación arbustiva	28
5.2.3	Análisis de agrupamiento	28
5.3	Relación entre la Vegetación y las Variables Ambientales	29
5.4	Efecto de la Forestación en el Bosque Costero	30
6	Conclusiones y Recomendaciones	30
7	Agradecimientos	32
8	Bibliografía	32
9	Anexos	37

1. RESUMEN

El bosque costero es una comunidad característica de suelos arenosos del litoral del Río de la Plata y el Océano Atlántico de Uruguay. Su distribución restringida, asociación de especies y fisonomía particular lo convierte en una formación vegetal única en el país.

Los ambientes costeros han sufrido drásticas modificaciones producto de diversas actividades antrópicas. La forestación con especies exóticas (*Pinus spp.* y *Acacia longifolia*) y consecuente fijación de dunas móviles son las causas más importantes, seguidas de la urbanización. Esto ha fragmentado los ecosistemas costeros, restringiendo la vegetación original a áreas relictuales.

Este trabajo analiza el impacto causado por la forestación con especies exóticas en la composición y estructura del bosque costero, generando información que contribuya a planes de ordenamiento y desarrollo costero futuros.

La localidad Perla de Rocha (34° 25' S, 53° 51' W) se ubica en la costa oceánica de Rocha, ocupando 80 ha. Comprende un área de bosque rodeado de dunas y pradera natural y otra área adyacente, rodeada de forestación exótica, principalmente *Pinus pinaster*, *P. elliotii* y *Acacia longifolia* de más de 30 años de antigüedad.

Mediante fotolectura, se delimitó la zona de bosque costero rodeada de forestación y un área de bosque, de dimensiones y características similares, fuera de dicha forestación. En cada parche, se midieron variables edáficas (%Hu, %MO, Na⁺, pH, Cond. y textura) y se muestreó la comunidad arbórea y arbustiva en los bordes y centro del bosque, por triplicado.

Se encontró una composición de especies similar dentro (23 especies) y fuera de la forestación (20 especies), todas nativas excepto dos exóticas dentro de la forestación. Se destacan la presencia de *Sideroxylon obtusifolium* y *Rollinia maritima*, especies de escasa distribución en el país. Se discuten diferencias en el reclutamiento, diversidad, distribución espacial de las especies entre ambos parches y su relación con la variación en las variables edáficas medidas.

Palabras clave: bosque costero, forestación, conservación

2. INTRODUCCIÓN

Hasta mediados del siglo XX, la costa atlántica uruguaya incluía extensas franjas de dunas móviles y suelos que evolucionaron a partir de aquellas (Campo *et al.*, 1999). La vegetación de la costa uruguaya constituye un mosaico de comunidades vegetales relacionadas con las características de los diversos suelos sobre los que se desarrollan. Estos suelos presentan claras diferencias respecto al contenido de nutrientes y de agua, de acuerdo a su posición topográfica, a su material madre, la vegetación asociada y el tiempo de evolución de los mismos. Así encontraremos en la costa vegetación que se corresponde con ambientes xerófilos, hidrófilos o mesófilos (Fagundez & Lezama, 2005; Alonso-Paz & Bassagoda, 2006). De esta forma, el número de especies, la leñosidad y la altura estarían relacionadas con la disminución de la salinidad y la acción de los vientos (Waechter, 1990; Alonso-Paz & Bassagoda, 2006).

Por muchos años al bosque costero, se lo excluyó de las clasificaciones arbóreas y arbustivas del Uruguay. Recientemente, Alonso (1994) y Alonso & Bassagoda (1999) han caracterizado a éstos bosques, como asociaciones particulares diferentes al resto de los bosques del Uruguay (Carrere, 1990). En particular, esta formación es una comunidad vegetal característica con algunas especies endémicas (Chebataroff, 1942; 1972) y otras con formas de crecimiento muy diferentes al observado en otros ambientes (Alonso, 1994). En cuanto a su composición específica comparte varias especies con el bosque serrano y ribereño del sur de Uruguay. Pero el registro reciente de *Sideroxylon obtusifolium* (Delfino *et al.*, 2005), sugiere una relación con las formaciones vegetales (bosques de restinga) distribuidas en la costa Sur de Brasil (Bueno & Martins-Mazzitelli, 1996, D'El Rei Souza *et al.*, 1992, Dillenburg *et al.*, 1992, Seeliger, 1992).

Actualmente y ya desde hace algunas décadas, los ambientes costeros han sufrido drásticas modificaciones producto de diversas actividades antrópicas como el turismo, urbanización no planificada, forestación, incendios, minería (extracción de arena), ganadería y agricultura (Legrand, 1959; Chebataroff, 1973; MTOP-PNUD-UNESCO, 1980; Azpiroz, 2001; Alonso Paz & Bassagoda, 2002b).

2.1. FORESTACIÓN EN LA ZONA COSTERA

La forestación con especies exóticas (*Pinus spp.* y *Acacia longifolia*) produce impactos negativos directos sobre la costa y su vegetación característica, tales como la fijación de dunas móviles y la fragmentación y reducción de la extensión del ecosistema costero (Campo *et al.*, 1999), limitando la vegetación original a

áreas relictuales. A nivel del suelo arenoso, la forestación puede producir marcados cambios en sus propiedades y en las tasas de circulación y conservación de nutrientes (Alpert & Money, 1996). Estos cambios en los nutrientes del suelo tienen importantes efectos en el restablecimiento de plantas en estos ambientes (Campos *et al.*, 1999). Los posibles cambios que puedan estar ocasionando sobre suelos adyacentes a la forestación, alterando los movimientos laterales de la humedad y nutrientes, no han sido evaluados aún.

Sumado a esto, la altura que alcanza dichas especies promedia entre 20 a 30 m, convirtiéndose en grandes barreras de los vientos predominantes del Sur y Suroeste, vientos que condicionan y modelan la distribución y morfología de la vegetación costera (Panario & Gutiérrez, 2005).

A su vez, la distribución típicamente en parches de los bosques costeros (Alonso Paz & Bassagoda, 2006) sumado a la diversidad de ambientes entre éstos, genera un mosaico de formaciones, la que presenta dinámicas propias de intercambio de organismos, materia y energía entre parches y su matriz asociada. En ambientes en mosaico, la dispersión de los organismos entre parches puede influenciar la estabilidad y propiedades demográficas de cada parche, así como del mosaico en su totalidad (Kozakiewicz, 1993). La forestación costera actuaría como barrera entre los parches de bosque alterando la conectividad entre ellos y fragmentando extensiones originales, a pequeños relictos. La fragmentación del bosque costero, lleva a una reducción en el tamaño de los relictos remanentes, con una consecuente disminución de la riqueza específica, así como un aumento en el grado de aislamiento de los parches entre sí (Saunders *et al.*, 1991) lo que se torna importante conocer para el buen manejo y conservación de esta formación.

En el año 1966 el Decreto 266/966 declaró como Monumento Natural al sistema de dunas de Cabo Polonio y de Interés Nacional su conservación (De Álava *et al.*, 1993). Esto no impidió que se llevaran a cabo, en los años 70 (de León, 1995; Caldevilla & Quintillán, 2002) extensas plantaciones de pinos (*Pinus pinaster* y *P. elliotii*) y acacias (*Acacia longifolia*), que se extendieron hasta la localidad en estudio, con el fin de detener el avance de las dunas hacia el continente (Maihle y Martínez, 1986) y con un efecto negativo sobre la dinámica dunar, al funcionar como una trampa de sedimentos y barrera contra los vientos, impidiendo el flujo de arena y la realimentación de los médanos y playas (De Álava *et al.*, 1993).

De acuerdo a los antecedentes citados, se reconoce que el cambio de cobertura vegetal a forestación con especies exóticas, modifica las condiciones del suelo sobre el que se ubica y la dinámica natural de la arena. A través de este trabajo se pretende analizar si la forestación con especies exóticas, que se encuentra rodeando el bosque costero, ocasiona alteraciones en el efecto del viento sobre este

bosque, su conectividad entre parches, así como cambios en sus parámetros edáficos, lo que afectaría la composición, estructura y desarrollo del bosque costero.

2.2. Hipótesis general

La forestación con especies exóticas afecta la composición, estructura y desarrollo del bosque costero.

2.3. Hipótesis específicas

En el bosque rodeado de forestación, las condiciones edáficas serán diferentes al no forestado presentando menor humedad, materia orgánica, pH, conductividad y contenido de Na⁺.

El bosque rodeado de forestación presentará menor riqueza, diversidad, abundancia, y regeneración que el bosque no forestado.

Las diferencias entre el bosque forestado y no forestado se deberán a los cambios en los parámetros edáficas.

El bosque fuera de la forestación presentará diferencias en su estructura y composición a medida que nos alejamos del mar, efecto que no se constataría en el parche rodeado de forestación.

2.4. Objetivo General

Analizar los impactos causados por la forestación con especies exóticas en la composición y estructura del bosque costero.

2.5. Objetivos Específicos

Determinar las características edáficas en el bosque costero rodeado de forestación y sin forestación.

Comparar la composición y abundancia de las especies leñosas del bosque rodeado de forestado y no forestado.

Analizar si las características edáficas determinan las principales diferencias en la composición y estructura del bosque costero.

Determinar la heterogeneidad ambiental comparando la composición y abundancias de las especies leñosas en el centro y bordes del bosque rodeado de forestado y no forestado.

Analizar si las características edáficas y ubicación respecto al mar del bosque explican las principales diferencias en la estructura y composición entre el centro y los bordes del bosque costero.

3. METODOLOGÍA

3.1. SITIO DE ESTUDIO

El bosque costero en estudio se ubica en la localidad Perla de Rocha (34° 25' S, 53° 51' W) sobre la costa oceánica de Uruguay. Ocupa suelos caracterizados como arenosoles ócricos de la Unidad Angostura, Carta de Suelos escala 1:1000000 (D.S.F., 1979).

Comprende un parche de bosque costero, rodeado de dunas y pradera natural (parche N) y otro parche rodeado por forestación exótica, principalmente de *Pinus pinaster*, *P. elliotii* y *Acacia longifolia* de 30 años de antigüedad (parche F) (Fig.1.). Posee muy pocos pobladores, siendo su principal actividad económica el turismo y en menor medida la ganadería extensiva vacuna y ovina (Masciadri com. pers.). De manera indirecta (a través de las fecas), se evidenció una mayor densidad de ganado en el parche N que el F.

El parche F comprende una superficie total de 86 Ha, siendo un parche único, indivisible con un largo y ancho máximo de 580m y 1600m respectivamente. Pertenece al MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca) y forma parte de la Reserva Forestal Aguas Dulces-Cabo Polonio establecida en el año 1969 (Decreto 571/969). Actualmente dicha Reserva forma parte de la propuesta de ingreso del Área Protegida Cabo Polonio al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Fig.1a y c). Este parche, históricamente, ha recibido gran presión de tala selectiva sobre *Scutia buxifolia*, principalmente por pobladores de esta zona y de la localidad Cabo Polonio (Porcile, 1988; Caldevilla com. pers.).

El parche N presenta una superficie total de 76 Ha. Está compuesto por subparches de menor tamaño con un largo y ancho máximo de 490m y 400m respectivamente. Entre los subparches se ubican pequeños cuerpos de agua con bañados asociados, con vertientes que desembocan en el Océano. Es de propiedad privada y se encuentra loteado en solares según un fraccionamiento realizado en la década de los 40'. Según las últimas normativas vigentes para esta zona (DINOT, 2004) se la clasifica como "área de interés para la conservación". A pesar de esto, en la actualidad, dichas tierras siguen un régimen de ventas a privados y su desarrollo se basa en el interés de cada propietario y en las especulaciones inmobiliarias (Fig. 1a y b).

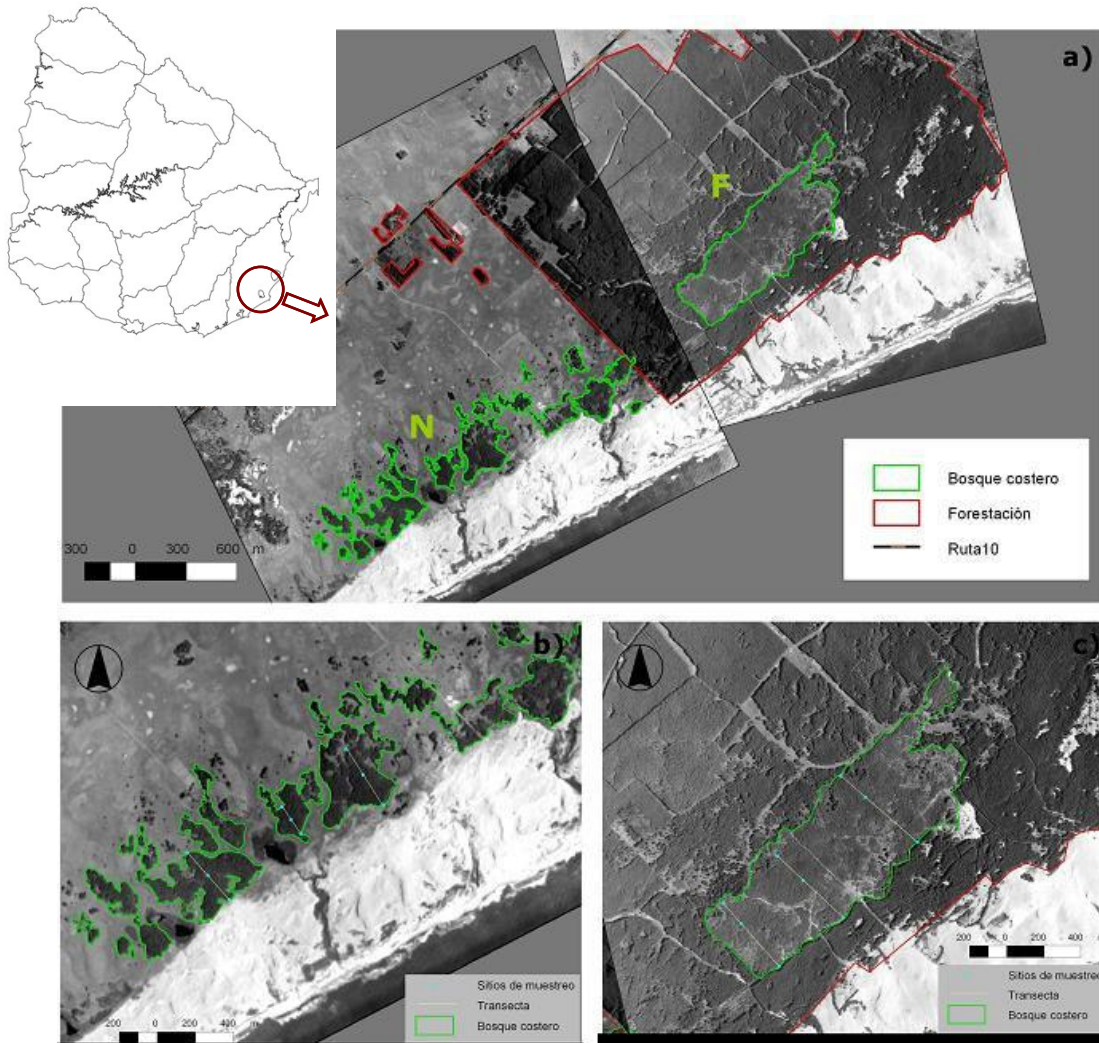


Figura 1a, b y c. Sitio de estudio completo **a)** destacando los sitios de bosque costero (en verde) y las zonas forestadas (en rojo). En **b)** y **c)** se muestran los parches F y N respectivamente, indicando la disposición de las transectas (perpendiculares a la línea de costa) y los puntos de muestreo FM_{1, 2 y 3}; FC_{1, 2 y 3}; FR_{1, 2 y 3} y NM_{1, 2 y 3}; NC_{1, 2 y 3}; NR_{1, 2 y 3}. Las siglas indican: F=parche rodeado de forestación; N=parche rodeado de matriz de duna y pradera. M=borde de bosque más cercano a la costa; R= borde de bosque más cercano a la ruta y C=centro del bosque. 1, 2 y 3 = número de transecta, siendo 1 la transecta ubicada más al Noreste de cada parche.

3.2. COLECTA DE DATOS

Previo al trabajo de campo se delimitaron los parches de bosque costero rodeado de forestación con especies exóticas y un área de bosque, de dimensiones y características similares, fuera de dicha forestación. Dicha selección se realizó mediante fotolectura de fotografías aéreas del año 2000 escala 1:20.000 (F.A.U). A su vez se realizó fotolectura de fotos aéreas del año 1943 escala aproximada 1:40.000 (S.G.M), utilizando esta información como antecedentes del sitio de estudio sin forestación.

3.2.1. Diseño de muestreo

En cada parche se ubicaron tres puntos de muestreo de área mínima pre-establecida de 50 m² (área mínima obtenida a partir de un muestreo piloto) a lo largo de tres unidades muestrales (transectas). Se distribuyeron linealmente con orientación perpendicular al mar, abarcando los bordes y centros de los mismos, denominando a cada sitio de muestreo como zona M (borde más cercano al mar), C (centro), R (borde más cercano a la ruta 10). Resultando en un total de nueve puntos de muestreo por parche (Fig. 1).

La aproximación metodológica se basa de un "experimento natural", donde se pretende analizar el posible impacto de la forestación sobre la estructura y desarrollo de uno de los últimos relictos de bosque costero de Uruguay. Por tal motivo, se contó con una sola replica, con sus respectivas pseudoréplicas, de parche impactado por la forestación y no impactado. Esto limita que los resultados obtenidos sean concluyentes, obteniendo sí, información que permita avanzar en las hipótesis planteadas para este trabajo.

3.2.2. Muestreo de Suelo

En cada punto de muestreo se obtuvo un homogeneizado de suelo a partir de la extracción y mezcla de 5 submuestras de suelo tomadas a una profundidad de 0,15m. Las muestras se colocaron en bolsas herméticas y se conservaron a 4 °C evitando la pérdida de humedad durante el traslado al laboratorio (Contreras *et al.*, 2006).

3.2.3. Muestreo de Vegetación

En cada punto se obtuvo una muestra de la comunidad vegetal leñosa (arbórea y arbustiva). Para las especies arbóreas, se realizó un conteo discriminado por categoría de especie de individuos adultos (mayores a 1.30m) y renuevos (entre 0.2 m y 1.3m). Los individuos menores a 0,2m no se consideraron por ser difícil su identificación. Para las especies arbustivas se realizó un conteo de todos los individuos mayores a 0,2 m, incluyendo a las cactáceas. Utilizando una cinta métrica flexible se midió el contorno a la altura del pecho del tronco de los árboles adultos, para el cálculo del Área Basal (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974; Mostacedo & Fredericksen, 2000) que por definición es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo (Matteucci y Colma, 1982).

El reconocimiento de las especies se efectuó en el área de estudio, exceptuando algunos casos dudosos en los que se recolectaron muestras para ser determinadas

en el laboratorio. Se utilizó la guía "Flora arbórea del Uruguay con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó" (Brussa & Grela, en prensa) y comunicaciones personales de la Ing. Agr. Delfino. Las plantas colectadas fueron ingresadas al Herbario del Museo y Jardín Botánico (MVJB) de la Comuna Montevideana.

3.3. TRABAJO DE LABORATORIO

Los parámetros edáficos analizados fueron: % de humedad (%Hu), % de materia orgánica (%MO), pH, contenido de Sodio (Na^+) y conductividad (Cond.), los que se analizaron en el laboratorio de suelos de UNCIEP (Unidad de Ciencias de la Epigénesis); y textura, en la Sección Oceanología.

El %Hu se determinó por diferencia entre el peso húmedo y peso seco, pesando las muestras antes y después de su secado en estufa a 50-60°C durante 48 hs. A partir de la diferencia de peso se calculó el %Hu de cada una de las muestras.

Luego de obtener las muestras secas, las mismas fueron molidas con molino eléctrico para realizar los otros análisis, exceptuando el de textura.

El %MO se obtuvo oxidando la muestra con dicromato de potasio y posterior lectura en espectrofotómetro de ultravioleta visible (Método Walkley & Black, 1934).

Los valores de pH y conductividad se estimaron, dispersando la muestra de suelo en agua y utilizando pH-metro y conductímetro digitales (Conteras *et al.*, 2006).

El Na^+ se midió a través de la extracción por acetato de sodio a pH 7 y posterior lectura por espectrofotómetro de absorción atómica (Black, 1965).

Para el análisis de textura (proporción relativa de arena, limo y arcilla) se partió de una submuestra de 60g. Dada la alta proporción de arena que compone los suelos costeros, la textura se estimó realizando análisis granulométrico. Previo a ello se separó la fracción de limos, arcillas y arena muy fina ($<63\mu\text{m}$) pasando la submuestra húmeda, a través de un tamiz de $63\mu\text{m}$ de diámetro de poro. Posteriormente se secó la muestra durante 48 horas a 70 °C y se procedió al tamizado en seco de las fracciones mayores. Se utilizó un agitador rote-up con tamices de 1000, 500, 250, 125 y $63\mu\text{m}$ agitando la submuestra por 15 minutos (Arocena & Conde, 1999). Cada fracción fue pesada en balanza de precisión con 0.01g de resolución. Una vez obtenidas estas fracciones, se las integró según su correlación en fracción de granos gruesos (1000 y $500\mu\text{m}$), medios (250 y $125\mu\text{m}$) y finos (arena $<125\mu\text{m}$, limos y arcillas).

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

A partir de los datos de vegetación obtenidos se determinó una lista de especies, la que incluye las especies arbóreas y arbustivas que aparecieron en las muestras y las observadas fuera de las mismas. Se caracterizó la estructura de la comunidad

de bosque determinando las abundancias y frecuencias relativas de las diferentes clases definidas: árboles adultos y renovales, y arbustos. Las gráficas de las diferentes variables fueron realizadas utilizando los valores promedios y desvíos estándar.

Para cada sitio de muestreo se calcularon los valores de diversidad de Shannon (1948) y Equitatividad (Índice de Shannon uniformizado) (Pielou, 1969). El Índice de Shannon H' es un Índice de Diversidad que combina la riqueza y la distribución de las abundancias en una muestra. Toma valores entre 0 (todos los individuos de una sola especie) y el logaritmo de la Riqueza (todas las especies están representadas por el mismo número de individuos), siendo diversidad baja y alta respectivamente. A partir de H' podemos obtener el Índice de Equitatividad E , el que toma valores entre 0 y 1, siendo los valores más cercanos a 0 correspondientes a comunidades poco equitativas y 1 el máximo de equitatividad (Magurran, 1988).

$$(*) H = -\sum p_i \ln p_i$$

p_i es la abundancia proporcional de la especie i .

$$(**) E = H / \ln S$$

Para ambos parches F y N, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) modificado de Grela (2003) para las especies arbóreas adultas. El IVI combina dominancia, densidad y frecuencia, revelando la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal (Mostacedo & Fredericksen, 2000) de la siguiente forma:

$$\text{Dominancia (D): } D_i = \frac{Ab_i}{\sum_{i=1..n} D_i} * 100$$

Ab = sección del fuste a 1.3m de altura (m^2)
 DR = dominancia (densidad) relativa de la especie i respecto de la dominancia total de la comunidad
 i = especies de la comunidad, 1...n

$$\text{Abundancia (A): } A_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1..n} A_i} * 100$$

AR = abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total
 N_i = número de individuos de la especie i
 i = especies de la comunidad, 1...n

$$\text{Frecuencia (F): } F_i = \frac{P_i}{NP} \\ FR_i = \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1..n} F_i} \right) * 100$$

FR = frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total
 P_i = N. de parcelas en que aparece la especie i
 NP = N. total de parcelas
 i = especies de la comunidad, 1...n

$$(IVI): IVI_i = (A_i \% + D_i \% + F_i \%)/3$$

i = especies de la comunidad, 1...n

El análisis de las variables edáficas, la riqueza de especies, abundancia total y por especie e índices de diversidad se realizó mediante análisis de varianza – ANOVA – de dos vías de efectos fijos. Los factores fueron: presencia o no de forestación (F/N) y ubicación en la transecta (mar, centro y ruta). Salvo la variable edáfica granos finos, todas las variables cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, habiendo que transformar el %Hu, %MO, Na+, Cond. y la fracción granos gruesos con Ln (x+1). La normalidad se probó con la prueba de Kolmogorov Smirnov y la homocedasticidad con la prueba de Bartlett (Zar 1999). Los tests a posteriori se realizaron utilizando Tukey para muestras balanceadas (Zar 1999). En el caso de la variable granos finos, se analizó utilizando test U Mann-Whitney (Zar 1999). Además, se realizaron análisis de correlaciones entre variables con la prueba de Spearman. Para todos estos análisis, se utilizó el programa Statistica 6.0.

En base a la matriz de abundancias totales de las especies por sitio de muestreo, se realizaron análisis de agrupamiento, utilizando el Índice de Bray Curtis, a través del programa Primer 5.1.2.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP)¹ para analizar el agrupamiento de las muestras de acuerdo a los valores que tomaban las variables edáficas (González López-Valcárcel, 1991). El propósito del ACP es condensar o resumir la información contenida en una serie de variables originales en una serie más pequeña de dimensiones compuestas o valores teóricos (factores) nuevos, con una mínima pérdida de información (Hair *et al.*, 1999) y capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos. Debido a que las variables edáficas fueron medidas en diferentes unidades, la matriz de datos fue centrada y estandarizada dividiendo por el desvío estándar.

Finalmente, mediante el software CANOCO para Windows 4.5, se realizó un Análisis de Redundancia (RDA)². Éste es un método de ordenación directo en el que se utilizan las variables ambientales para explicar la distribución de las especies (Lepš & Šmilauer, 2003). De esta forma, se logró determinar la asociación entre los principales parámetros edáficos y la comunidad de bosque de los parches F y N (González López-Valcárcel, 1991). Previo a la realización del análisis se determinó la pertinencia del mismo mediante el Test de Monte Carlo (Anexo VII) (Lepš & Šmilauer, 2003). A su vez para ambos análisis (CCA y RDA) la selección de las variables explicativas se realizó a través de la opción de selección manual del CANOCO, reteniendo las variables con un $p < 0,1$ del Test de Monte Carlo (Lepš & Šmilauer, 2003). Las variables edáficas utilizadas fueron: %Hu, %MO, Na+, Cond., fracción gruesos, medios y finos, quedando fuera del análisis el pH. A su vez, se

excluyeron las especies vegetales raras (con frecuencia menor al 30%, ver Anexo II) asumiendo que su contribución no sería significativa para este análisis.

(1) Dado que los resultados de los análisis DCA (Detrended Correspondence Analysis) realizados con los datos variables ambientales dieron como longitud de gradiente un valor menor a 3.0 (Anexo VII), se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Lepš & Šmilauer, 2003).

(2) El resultado del análisis DCCA (Detrended Canonical Correspondence Analysis), ejecutado en el Software Canoco para Windows 4.5, presentó un valor de longitud del gradiente menor a 3 (Anexo VII). Por tal motivo, el Método de Ordenación Lineal RDA se consideró como el más apropiado para el conjunto de datos (Lepš & Šmilauer, 2003) para realizar el análisis conjunto de las variables ambientales y la composición de especies.

4. RESULTADOS

4.1. VARIABLES EDÁFICAS

A partir de los resultados obtenidos para las variables edáficas, se determina que es un suelo arenoso ($52 \pm 13\%$ de arena), con valores promedio de $\%MO = 2,6 \pm 1,6$; $pH = 5,8 \pm 0,4$; $Na^+ = 0,13 \pm 0,06 meq/100gr$ y Cond de $0,07 \pm 0,03 mscm^{-1}$.

Los valores promedios obtenidos por sitio de muestreo se muestran en la Figura 2. El $\%Hu$, Na^+ y Cond fueron significativamente mayores en el parche N respecto al F (Tabla 1) así como la fracción granos finos ($U=71$; $U_{0,05(1),9.9}=64$). Las fracciones granos gruesos y medios fueron significativamente mayores en el parche F que el N, con interacción entre factores. El $\%MO$ y pH no presentaron diferencias significativas.

Tabla 1. Resultados de los ANOVAS de dos vías para las variables edáficas medidas, donde se especifica los resultados F y p-valor. (*) Valores significativos para un p-valor $<0,05$.

		%Hu	%MO	pH	Na+	Cond	gruesos	medios
F/N	F	23,59	3	0,13	7,9	8,34	23,64	56,37
	p-valor	$<0,001^{(*)}$	0,11	0,72	$0,016^{(*)}$	$0,0014^{(*)}$	$<0,001^{(*)}$	$<0,001^{(*)}$
M/C/R	F	11,21	10,92	1,47	8,55	14,74	2,6	32,1
	p-valor	$0,0018^{(*)}$	$0,002^{(*)}$	0,27	$0,0049^{(*)}$	$<0,001^{(*)}$	0,11	$<0,001^{(*)}$
Interac	F	0,4	3,18	3,1	3,6	3	5,68	8,17
	p-valor	0,68	0,078	0,082	0,059	0,088	$0,018^{(*)}$	$0,0057^{(*)}$

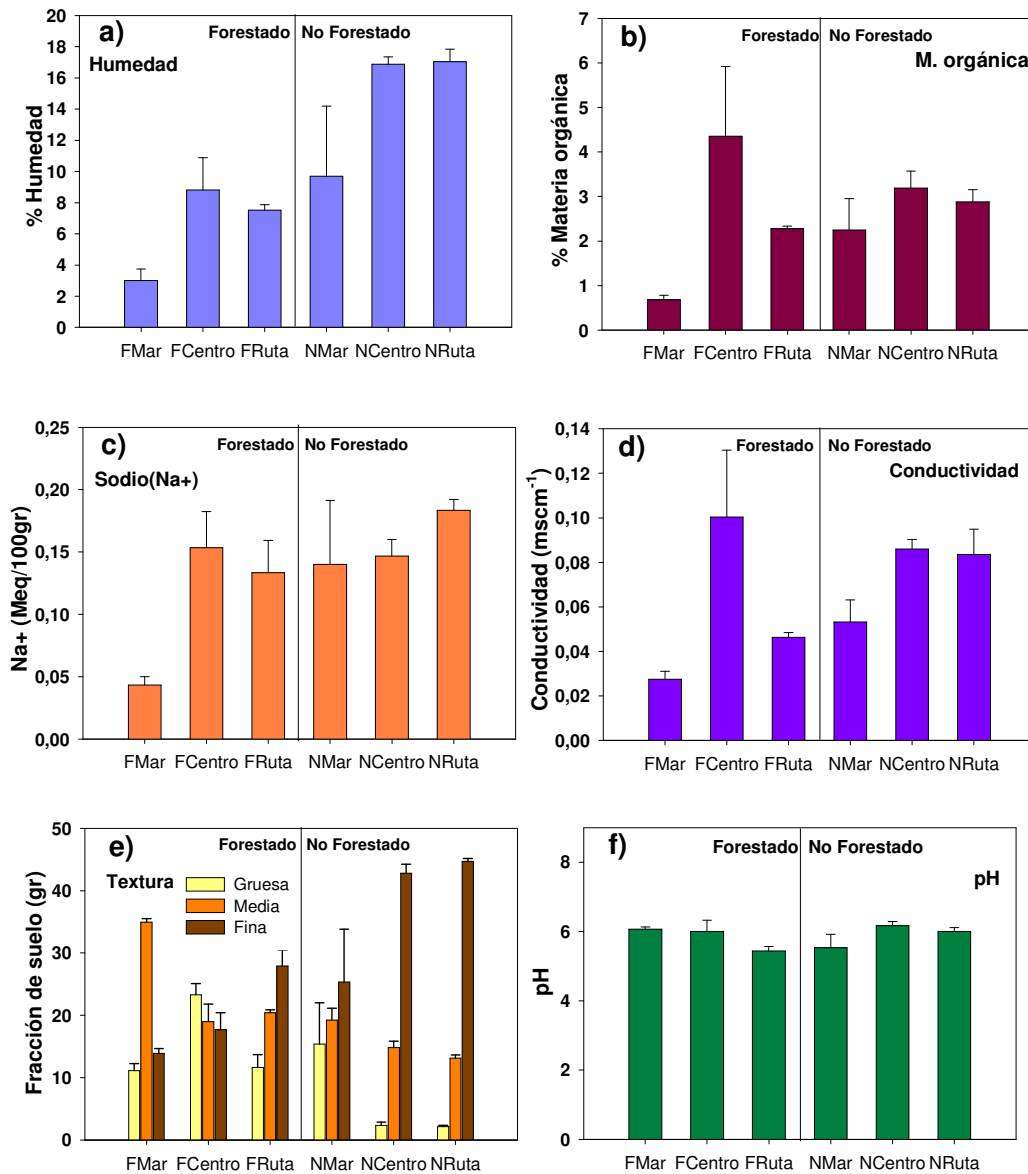


Figura 2a, b, c, d, e y f. Variables edáficas medidas para cada sitio de muestreo, donde **a)** %Humedad, **b)** %Materia Orgánica Total, **c)** Sodio total, **d)** Conductividad, **e)** Textura expresada en fracción de de suelo por tamaño de grano y **f)** pH.

El %Hu, %MO, Na⁺, Cond y la fracción de granos medios de suelo, presentaron diferencias significativas entre las zonas M, R y C (Tabla 1). En el caso de las cuatro primeras variables, éstas alcanzaron valores menores en la zona M respecto a las zonas R y C. Inversamente, la fracción media de suelo alcanzó mayores valores en la zona M, respecto a R y C. La fracción de granos finos presentó diferencias significativas entre las zonas M y R ($U=32$; $U_{0,05(1),6.6}=31$), no habiendo diferencias entre las zonas M y C ($U=28$; $U_{0,05(1),6.6}=31$) y C y R ($U=21$; $U_{0,05(1),6.6}=31$). Únicamente se constató interacción entre factores para la fracción granulométrica

gruesa y media de suelo. En la Figura 3 se esquematiza el comportamiento de las variables entre las zonas M, C y R.

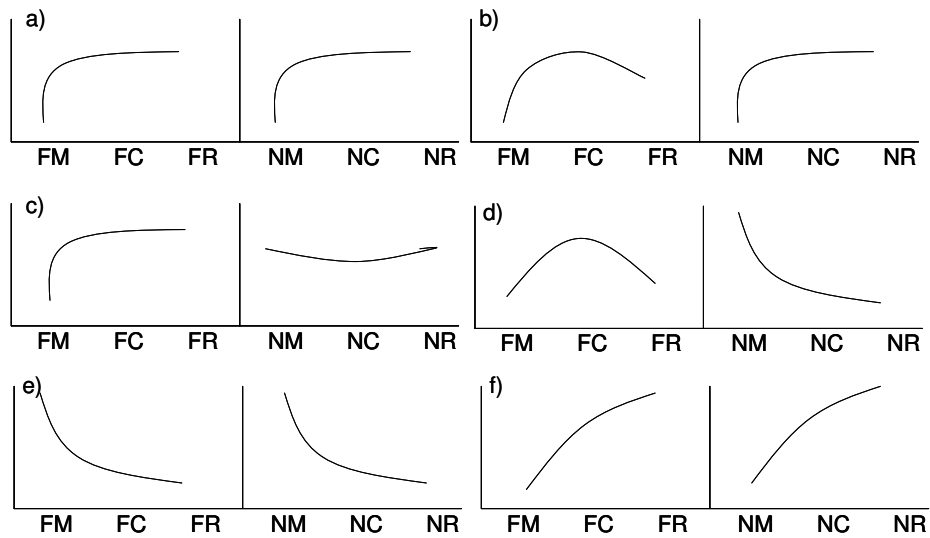


Figura 3a, b, c, d, e y f. Esquema de las variables edáficas entre las zonas M, C y R. En a) comportamiento de la variable %Hu; b) %MO y Cond; c) Na⁺; d) fracción de granos gruesos, e) fracción de granos medios y f) fracción granos finos. La variable pH no se representó por presentar distribución constante en todos los sitios de muestreo.

La tabla 2 muestra que el %Hu, %MO, Na⁺, Cond y la fracción de granos finos se encuentran altamente correlacionadas positivamente entre sí. A su vez los granos medios sólo se correlacionan positivamente con los granos gruesos y negativamente con todas las variables mencionadas anteriormente. Los granos gruesos sólo se correlacionaron negativamente con el %Hu. Sumado a esto se observa que a través del ACP de las variables edáficas, se generaron dos nuevos componentes principales que explican el 98,8% de la varianza (Anexo VII). Estos componentes generan dos claras agrupaciones, estando un primer grupo formado por la fracción de granos gruesos, medios y los puntos F y un segundo grupo formado por el %Hu, %MO, Cond, Na⁺, la fracción de granos finos y los puntos N (Fig. 4). El pH no se agrupa en ninguno de estos grupos.

Tabla 2. Resultados de las correlaciones de Spearman para las Variables Edáficas, donde se expresa los p-valores y R. En rojo se remarcan las variables significativamente correlacionadas.

		%Hu	%MO	pH	Na	Cond	Gruesos	Medios	Finos
%Hu	p-v								
	R								
%MO	p-v	<0,001							
	R	0,75							
pH	p-v	0,83	0,83						
	R	-0,05	0,06						
Na	p-v	<0,001	0,001	0,68					
	R	0,81	0,71	-0,11					
Cond	p-v	<0,001	<0,001	0,27	0,001				
	R	0,77	0,85	0,28	0,707				
Gruesos	p-v	0,004	0,49	0,88	0,10	0,17			
	R	-0,64	-0,17	-0,04	-0,40	-0,34			
Medios	p-v	<0,001	<0,001	0,78	<0,001	<0,001	0,02		
	R	-0,88	-0,737	-0,07	-0,832	-0,77	0,54		
Finos	p-v	<0,001	0,03	0,83	0,001	0,01	<0,001	<0,001	
	R	0,87	0,51	-0,05	0,70	0,64	-0,79	-0,87	

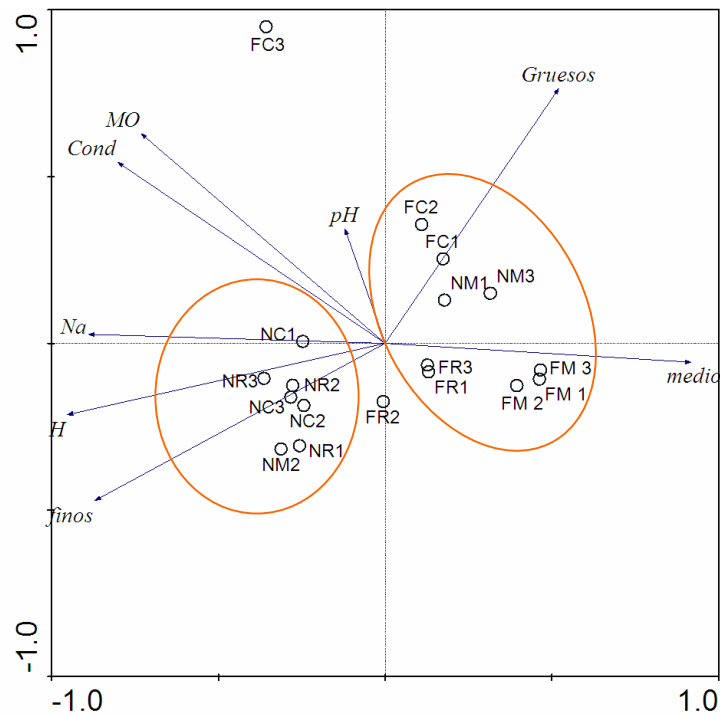


Figura 4. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables edáficas. Las flechas corresponden a los parámetros edáficos, los círculos a los sitios de muestreo y en círculos naranjas se indican las agrupaciones generadas.

FC3 se presenta como un punto raro, con elevados valores de %Hu, %MO, Cond y fracción de granos finos. FR2 se ubica equidistante de ambas agrupaciones, presentando características edáficas similares a ambos grupos.

4.2. VEGETACIÓN

El total de especies registradas para ambos parches fue de 25, siendo la riqueza de especies en el parche rodeado de forestación mayor, que en el parche de matriz nativa (23 y 20 respectivamente) (Anexo I). Ambos parches comparten 18 especies, encontrando a *Syderoxylon obtusifolium* y *Sebastiania commersoniana* exclusivamente en el parche N y *Solanum mauritianum*, *Dodonea viscosa*, *Eugenia uruguayensis*, *Cordia curassavica*, *Acacia longifolia* y *Pinus sp* solamente en el parche F. Las diferencias en la riqueza entre ambos parches no fueron significativas ($F=0,025$, $p=0,88$), así como entre las zonas M, R y C ($F=0,025$, $p=0,97$) ni interacción entre factores ($F= 0,76$, $p=0,489$).

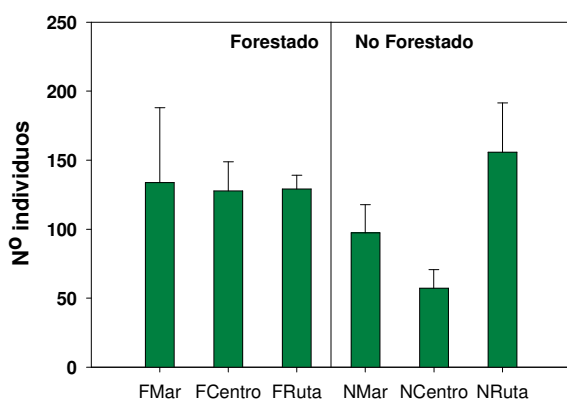


Figura 5. Gráfico de abundancias totales para cada sitio de muestreo.

fueron significativas dentro y fuera de la forestación ($F=1,20$, $p=0,30$), entre las zonas M, R y C ($F=1,40$, $p=0,29$) ni interacción entre factores.

El índice H' promedio para el parche F fue $1,86 \pm 0,33$ y $1,97 \pm 0,19$ para el parche N.

Para las zonas M, R y C H' fue $2,20 \pm 0,26$; $1,82 \pm 0,17$ Y $1,91 \pm 0,36$ respectivamente.

No hubo diferencias significativas entre los factores F/N, M/C/R ni interacción entre ellos (Anexo V). Los valores obtenidos de E se muestran en la Figura 6.

Las abundancias totales del parche F presentan valores más homogéneos respecto a la otra zona. Las zonas M y C de este parche, fueron más abundantes respecto a las mismas zonas en el parche N (Fig. 5). A pesar de estas diferencias en las abundancias totales, éstas no

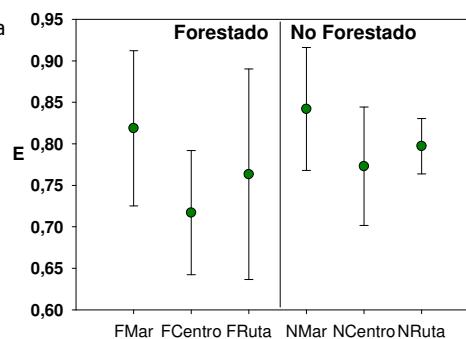


Figura 6. Índice de Equitatividad (E) de la comunidad total para cada sitio de muestreo

4.2.1. Vegetación Arbórea adulta

Se registraron 14 especies de árboles adultos, constatando en ambos parches F y N 12 especies, con 10 especies compartidas. *Eugenia uruguayensis* y *Acacia longifolia* fue exclusivas del parche F y *Syderoxylon obtusifolium* y *Sebastiania commersoniana* del parche N. No hubo diferencias significativas en la riqueza entre los parches F y N ($F=3,02$, $p=0,11$), entre las zonas M, R y C ($F=0,60$, $p=0,57$) ni interacción entre factores ($F=0,75$, $p=0,492$).

La abundancia de la vegetación de los adultos presentó un patrón similar al de la abundancia total aunque con mayor variabilidad en el sitio F. La máxima abundancia se registró en R seguido de M, en el parche N y en C del sitio F (Fig. 7). No existieron diferencias significativas para la abundancia entre los parches F y N ($F=0,20$, $p=0,66$), zonas M, C y R ($F=0,20$, $p=0,82$) ni interacción entre factores.

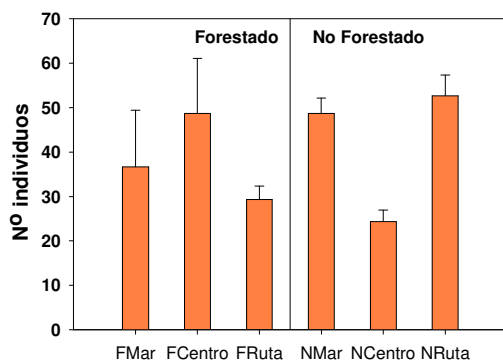


Figura 7. Abundancia total de las especies arbóreas adultas para cada sitio de muestreo.

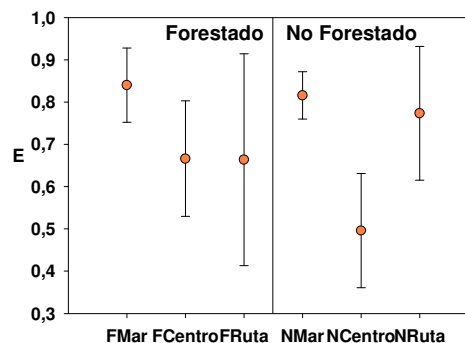


Figura 8. Índice de Equitatividad (E) de los árboles adultos para cada sitio de muestreo

El índice H' promedio para el parche F fue $1,43 \pm 0,38$ y $1,65 \pm 0,28$ para el parche N. Para las zonas M, R y C H' fue $1,51 \pm 0,48$; $1,61 \pm 0,17$ Y $1,50 \pm 0,36$ respectivamente. No hubo diferencias significativas entre los factores F/N, M/C/R ni interacción entre ellos (Anexo V). Los valores obtenidos de E se muestran en la Figura 8.

Se destaca la dominancia de *Rollinia maritima* en el parche N, en las zonas R y C, para ambas estimaciones de abundancia (Fig. 9a y 9b). La abundancia para esta especie presentó diferencias altamente significativas (N° de individuos: $F=28,40$, $p=0,00018$ y Área Basal: $F=49,65$, $p<<0,05$) entre el parche F y N. También se encontraron diferencias significativas para *R. maritima* entre M y R con C de los parches para esta especie (N° de individuos: $F=9,25$, $p=0,0037$ y Área Basal: $F=13,60$, $p=0,0008$) con interacción entre factores en ambos casos (N° de individuos: $F=8,688$, $p=0,005$ y Área Basal: $F=7,16$, $p=0,009$).

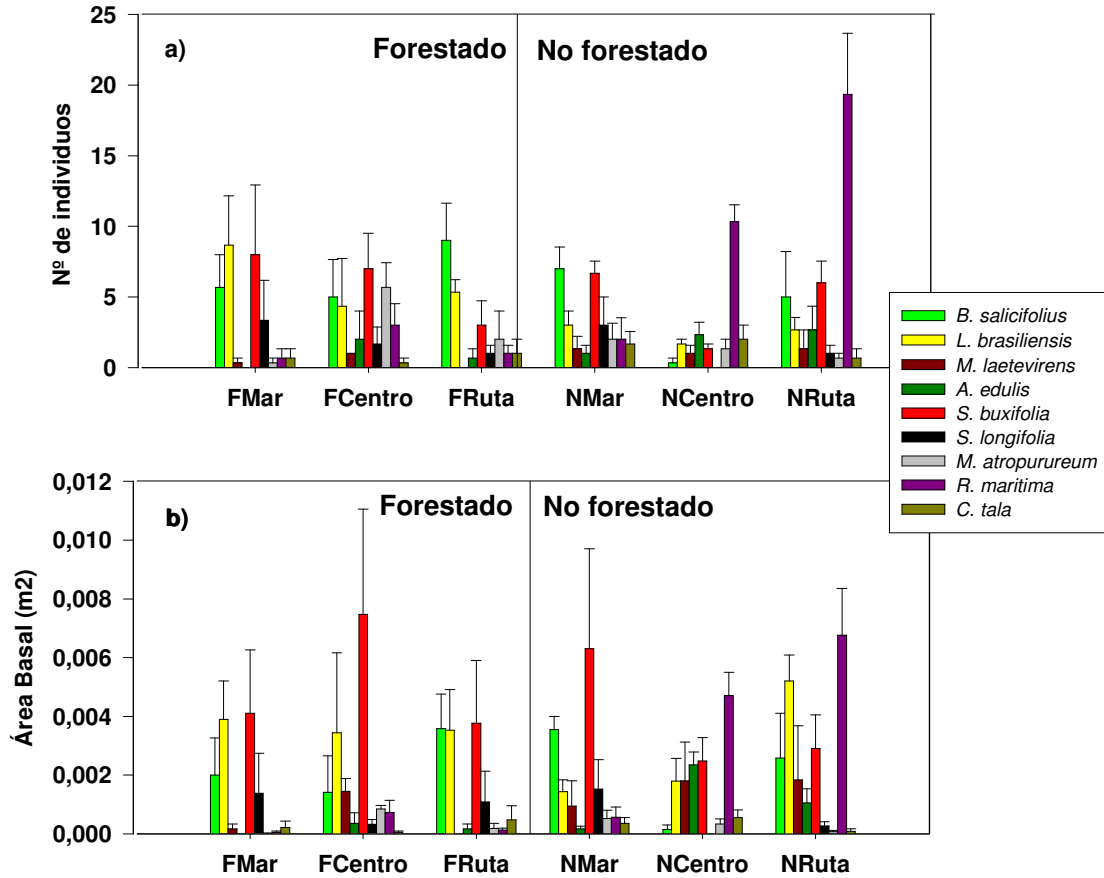


Figura 9a y b. Abundancias de las especies arbóreas adultas con una frecuencia mayor a 50% por sitio de muestreo. En **a)** abundancia expresado en N° de individuos; **b)** abundancia expresada en Área Basal.

Allophylus edulis presentó diferencias significativas para el Área Basal entre ambos parches F y N ($F= 16,0$, $p= 0,002$) y entre las zonas M, C y R ($F= 8,40$, $p=0,005$) con interacción entre ambos factores ($F=4,35$, $p=0,040$). *Myrrhinium atropurpureum* presentó diferencias significativas entre las zonas M, C y R ($F=4,19$, $p=0,043$), presentando también interacción entre ambas vías ($F=4,80$, $p=0,029$).

S. buxifolia presenta mayor abundancia según Área Basal que para N° de individuos, destacándose en el parche F en la zona C y en el N en la zona M aunque las diferencias no fueron significativas (Anexo III).

Para el resto de las especies no se encontraron diferencias significativas entre los parches F y N, y las zonas M, C y R (Anexo III).

El IVI para cada especie y parche de bosques se indica en la Tabla 3. Las especies con mayor IVI son *S. buxifolia* y *R. maritima* para F y N respectivamente. A su vez, *S. buxifolia* apareció como muy importante en el parche N. Las especies *B. salicifolius* y *L. brasiliensis* muestran alto IVI para ambos parches, correlacionándose además positivamente entre sí ($p=0.012$ y $R=0.58$). A su vez *L.*

brasiliensis se correlacionó negativamente con *R. marítima* ($p=0,047$, $R=-0,473$). También se destaca que *A. edulis* presentó elevados valores de IVI especialmente en el parche N.

Tabla 3. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies para el bosque dentro de la forestación (F) y fuera de ella (N), ordenados de manera decreciente. Se muestran sólo las especies nativas.

Forestado (F)					No forestado (N)				
Especie	Frecuencia	Dominancia	Densidad	IVI	Especie	Frecuencia	Dominancia	Densidad	IVI
<i>S. buxifolia</i>	13,0	19,4	37,4	23,3	<i>R. marítima</i>	11,4	34,5	22,3	22,7
<i>L. brasiliensis</i>	14,8	19,8	26,5	20,4	<i>S. buxifolia</i>	12,8	15,3	21,6	16,6
<i>B. salicifolius</i>	16,7	21,2	17,1	18,3	<i>L. brasiliensis</i>	12,8	8,0	15,6	12,1
<i>S. longifolius</i>	11,1	6,5	6,8	8,1	<i>B. salicifolius</i>	9,2	13,5	11,6	11,4
<i>M. atropurpureum</i>	9,3	8,6	2,5	6,8	<i>A. edulis</i>	11,4	6,5	6,6	8,2
<i>R. marítima</i>	11,1	5,0	2,2	6,1	<i>M. laetevirens</i>	7,1	4,0	8,5	6,4
<i>E. uruguayensis</i>	3,7	12,2	0,2	5,4	<i>C. tala</i>	8,5	4,7	1,8	5,1
<i>M. laetevirens</i>	7,4	1,4	3,9	4,3	<i>S. longifolius</i>	7,1	4,4	3,3	5,0
<i>C. tala</i>	5,6	2,2	1,8	3,2	<i>M. atropurpureum</i>	8,5	4,4	1,7	4,9
<i>A. edulis</i>	3,7	2,9	1,3	2,6	<i>Z. hyemale</i>	5,7	1,8	4,0	3,8
<i>Z. hyemale</i>	3,7	0,7	0,4	1,5	<i>S. obtusifolium</i>	4,3	1,8	2,4	2,8
					<i>S. commersoniana</i>	1,4	1,1	0,6	1,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	Total	100,0	100,0	100,0	100,0

4.2.2. Renovales

La riqueza total de los renovales fue de 15 especies, constatando 14 en el parche F y 10 en el N, de las cuales 9 fueron compartidas. *Sebastiania commersoniana* fue exclusiva del parche N y *Solanum mauritianum*, *Eugenia uruguayensis*, *Zanthoxylum hyemale*, *Acacia longifolia* y *Pinus sp* exclusivas del parche F. Entre los factores F y N hubo diferencias apenas significativas ($F= 5,35$, $p=0,039$), no así entre las zonas M, R y C ($F=4,01$, $p=0,052$), ni interacción entre factores ($F=0,57$, $p=0,578$).

La abundancia de los renovales presentan grandes diferencias entre parches para las zonas M y C, donde los valores son mayores en el parche F ($F=6,36$, $p=0,027$). Las abundancias en el parche N aumentan con la distancia al mar, lo que no sucede en el parche F (Fig. 10). Las diferencias entre las zonas M, C y R fueron significativas ($F= 5,25$, $p=0,023$), con valores de abundancia mayores en zona R,

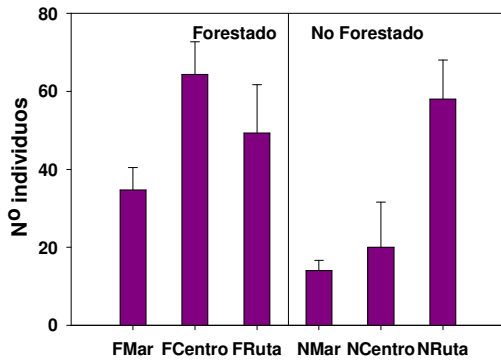


Figura 10. Abundancia total de los renovales para cada sitio de muestreo.

factores M, C y R ($F=4,23$, $p= 0,005$), con valores mayores en las zonas M y R, respecto a C. Entre los factores F y N, no fueron significativas las diferencias ni hubo interacción entre ellos (Anexo V). Los valores obtenidos de E se muestran en la Figura 11.

Las especies con mayor contribución a la

abundancia total en ambos parches son *B. salicifolius* y *M. atropurpureum*. *L.*

brasiliensis se presenta como una especie dominante en el parche F, siendo casi nula su presencia en el parche N (Fig. 12). *B. salicifolius* presentó diferencias significativas entre F y N ($F=8,69$, $p=0,012$) y entre las zonas M, R y C ($F=9,67$, $p=0,0032$). Entre ambos factores se constató interacción ($F=6,58$, $p=0,012$).

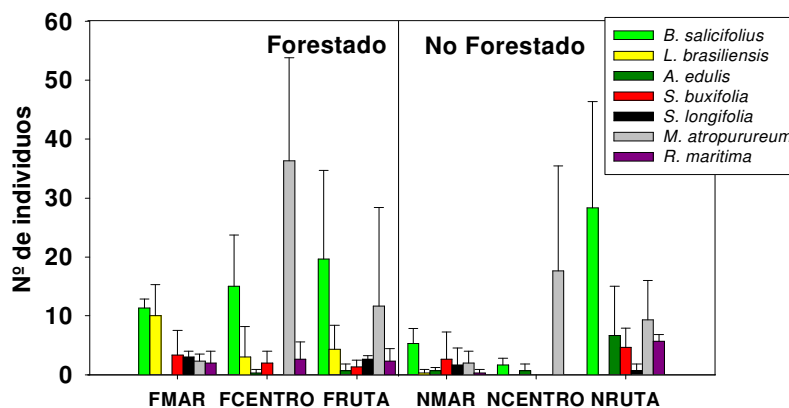


Figura 12. Abundancia de los renovales con una frecuencia mayor a 50% por sitio de muestreo.

La abundancia de *M. atropurpureum* presentó diferencias significativas entre las zonas M, R y C ($F=8,77$, $p=0,0045$). No así entre los parches F y N ($F= 1,0$

seguido por la zona C. Existió también interacción entre factores apenas significativa ($F=4,24$, $p=0,041$).

El índice H' promedio para el parche F fue $1,32 \pm 0,43$ y $1,00 \pm 0,49$ para el parche N. Para las zonas M, R y C H' fue $1,42 \pm 0,29$; $0,72 \pm 0,38$ Y $1,35 \pm 0,43$ respectivamente. Presentando diferencias significativas entre los

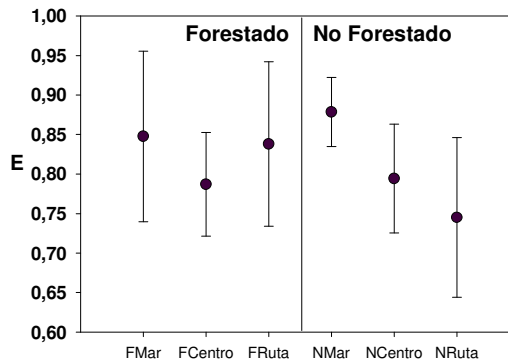


Figura 11. Índice de Equitatividad (E) de los renovales para cada sitio de muestreo

$p=0,50$). Para el caso de *L. brasiliensis*, cuya representación es casi nula en N, las diferencias en las abundancias entre parches fueron muy significativas ($F=12,1$, $p=0,0046$), sin diferencias entre las zonas. Contrariamente a los adultos, *R. maritima* no presentó diferencias significativas en la abundancia de los renovales entre los parches F y N ($F= 0,16$, $p=0,693$). Sí mostró diferencia entre las zonas M, R y C ($F=4,964$, $p=0,027$) e interacción entre ambos factores ($F=5,073$, $p=0,025$).

4.2.3. Vegetación Arbustiva

La riqueza total de arbustos fue de 9 especies, todas representadas en el parche F siendo *Dodonea viscosa* y *Cordia curassavica* exclusivas del mismo. No hubo diferencias significativas en la riqueza entre los parches F y N ($F=1,88$, $p=0,195$), entre las zonas M, R y C ($F=1,00$, $p=0,397$) ni interacción entre factores ($F=2,58$, $p=0,117$).

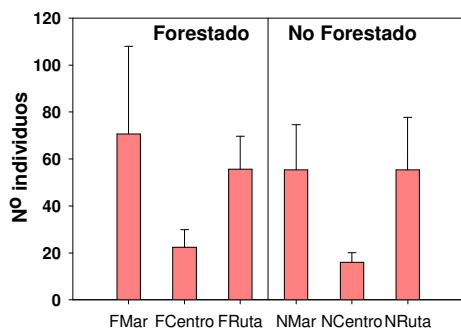


Figura 13. Abundancia de los arbustos para cada sitio de muestreo.

La abundancia total de la vegetación arbustiva fue muy similares entre ambos parches F y N, con diferencias no significativas ($F=0,19$, $p=0,67$). Alcanzó valores mayores en los bordes de los parches, disminuyendo notoriamente hacia los centros (Fig. 13). A pesar de estas diferencias entre las abundancias de las diferentes zonas M, R y C, no fueron

significativas ($F=2,6$, $p=0,12$).

El índice H' promedio para el parche F fue $0,98 \pm 0,45$ y $0,70 \pm 0,44$ para el parche N. Para las zonas M, R y C H' fue $0,99 \pm 0,41$; $0,79 \pm 0,58$ y $0,74 \pm 0,39$ respectivamente. No hubo diferencias significativas entre los factores F/N, M/C/R ni interacción entre ellos (Anexo V). Los valores obtenidos de E se muestran en la Figura 14.

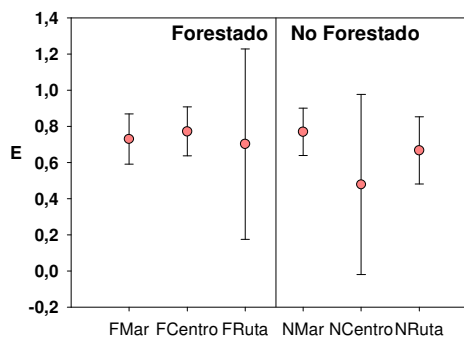


Figura 14. Índice de Equitatividad (E) de los arbustos para cada sitio de muestreo

Las especies que más contribuyen a la abundancia total es *B. laurina*, *D. racemosa* en ambos parches y *C. paradoxa*, principalmente en el parche F (Fig. 15). No se encontraron diferencias significativas en la distribución de las abundancias de ninguna de las especies de arbustos y cactáceas muestreadas (Anexo III).

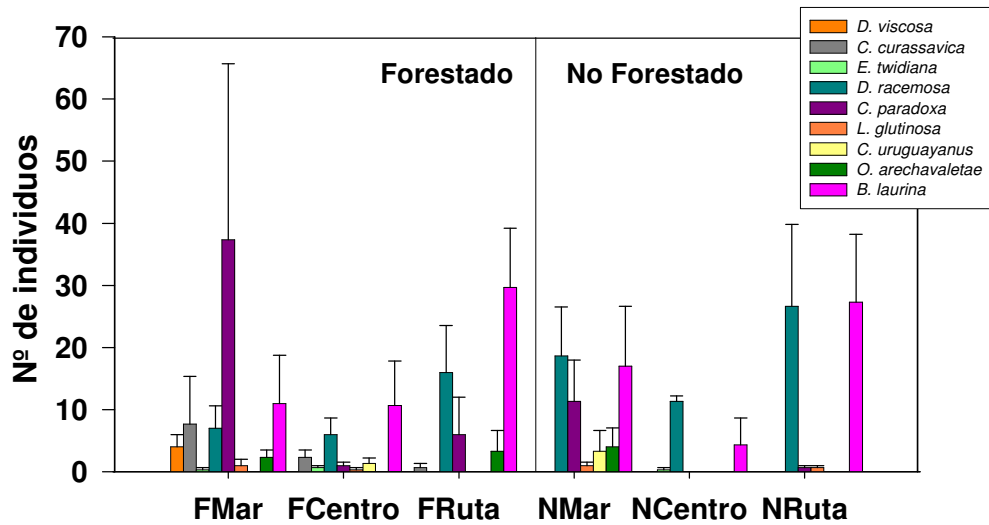
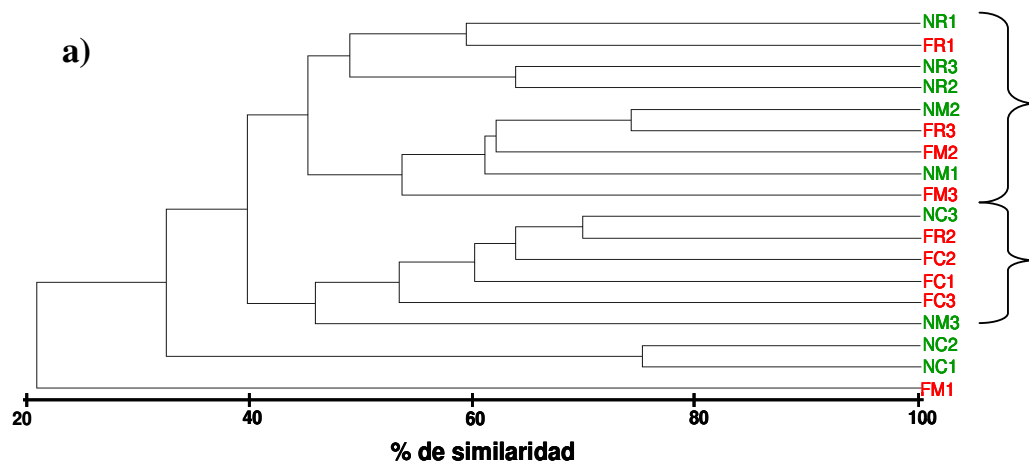


Figura 15. Abundancias de todas las especies de arbustos y cactáceas por sitio de muestreo.

4.2.4. Análisis de agrupamiento

El análisis de agrupamiento realizado a partir de la abundancia total de la comunidad leñosa (Fig. 16a) no diferencia el parche F del N. Sin embargo se evidencian agrupaciones según zonas dentro de ambos parches, diferenciando a C de M y R. El punto FM1 presenta solo un 20% de similitud respecto al resto de los puntos. NC1 y NC2 <40%, siendo muy similares entre sí. A excepción de los puntos FM1, FR2 y NM3 el resto de los puntos de borde se agruparon con una similitud de más del 40%.



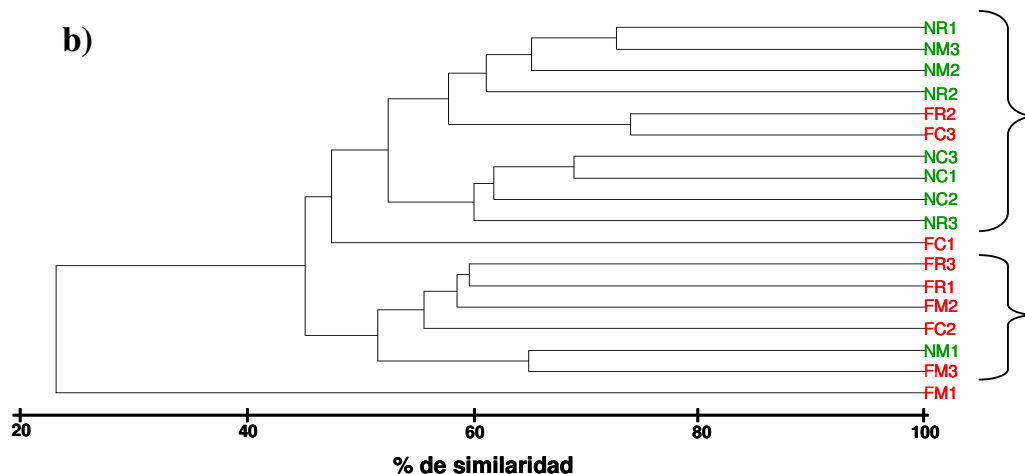


Figura 16a y b. Análisis de agrupamiento (Índice de Bray Curtis con distancia promedio) utilizando las abundancias totales por especies: **a)** del total de la comunidad arbórea y arbustiva; **b)** arbóreas adultas para cada punto de muestreo. En verde se representan los puntos de bosque rodeado de matriz natural y en rojo los puntos rodeados de forestación.

Para los árboles adultos (Fig. 16b), se observa que para una similitud mayor al 50% se diferencian el parche F del N, no siendo tan claras las similitudes entre zonas. En el parche N se diferencia C (NC1, 2 y 3) de M y R, no siendo tan claro este patrón para el parche F.

Los análisis de agrupamiento para los renuevos y arbustos se muestran en el Anexo VI debido a que no presentaron patrones claros.

4.3. RELACIÓN ENTRE LA VEGETACIÓN Y LAS VARIABLES EDÁFICAS

Resultados del RDA muestran, al igual que el ACP realizado para las variables edáficas (Fig. 4), que los puntos N se agrupan con los granos finos, %Hu, %MO, Na⁺ y Cond, estando la *Rm = R. maritima* muy correlacionada a éste grupo (Grupo C y D, Fig. 17).

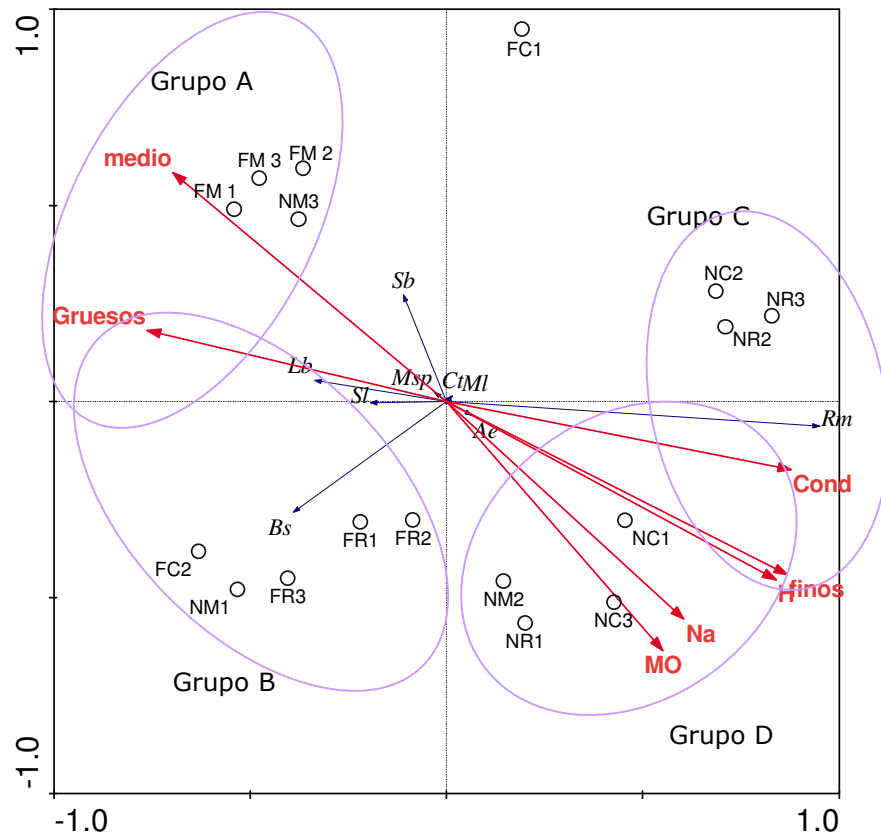


Figura 17. RDA de las especies arbóreas adultas más frecuentes (>50%) y con las variables edáficas como explicativas. Los dos nuevos ejes generados explican 89,2% de la varianza. Con flechas rojas se representan las variables edáficas; con flechas azules se representan las especies y con círculos pequeños los puntos de muestreo. En círculos grandes lilas, se resaltan las diferentes agrupaciones generadas. Se excluyó al punto FC3 por presentarse como un punto raro en el ACP de variables edáficas (ver Fig. 4).

A su vez las fracciones de granos gruesos y medios son contrarias al grupo anterior y se asocia con la especie *Sb*= *S. buxifolia* medianamente correlacionada a este grupo (Grupo A). *Bs*= *B. salicifolius* sería independiente al gradiente determinado por las fracciones granulométricas y se correlaciona con el Grupo B. El resto de las especies no están muy afectadas por dicho gradiente, ni presentan diferencias entre parches.

No se realizó RDA utilizando la matriz de abundancia de la comunidad total, renovales, ni arbustivas ya que los test asociados a este análisis no fueron significativos (ver Anexo VII).

5. DISCUSIÓN

5.1. VARIABLES EDÁFICAS

Los resultados obtenidos de las variables edáficas, muestran una clara separación de la fracción de sedimentos finos, respecto a los medios y gruesos. Por un lado, aparecen fuertemente correlacionadas las variables %Hu, %MO y la fracción de granos finos, que se corresponden con los suelos desarrollados, las que se correlacionan también con las variables Na⁺ y Cond. Por otro lado, la arena gruesa y media se correlacionaron entre sí y negativamente con el %Hu con características de suelos poco desarrollados. Según Duchaufour *et al.* (1975) las características que definen la condición de suelos arenosos poco estructurados son: textura arenosa con bajo contenido de fracciones finas con escasa o nula cohesión y de estructura inestable granular de grano suelto, escasa humedad y baja disponibilidad de agua para las plantas, escaso contenido de materia orgánica y nitrógeno. Los puntos F se agruparon a suelos menos estructurados y los N a suelos más estructurados.

El sistema de paleodunas de Cabo Polonio, sobre el cual se ubican ambos parches, se originó en el Holoceno, como resultado de regresiones marinas, alternadas con períodos muy áridos (Panario *et al.*, 1993; De Álava *et al.*, 1994). Estos sistemas pueden presentar diferentes grados de estabilización, a medida que las dunas van siendo colonizadas por vegetación (Panario & Gutiérrez, 2005), en diferentes etapas sucesionales. Fotos aéreas de 1943 (S. G. M.) previo a la forestación, muestran que los parches F y N se ubican sobre dunas con diferente grado de estabilización dentro del Sistema Cabo Polonio. Estando el parche N sobre dunas más estabilizadas, con un tapiz de herbáceas muy denso sobre suelos más estructurados y el parche F inserto en una matriz de herbáceas no tan densa y áreas de arena descubierta y sobre la cual se realizó la forestación en la década de los 70'. Si las diferencias granulométricas fueran causadas por la alteración del flujo de arena producido por la forestación, esperaríamos mayor proporción de granos finos dentro de ésta. Sin embargo, los resultados encontrados, contrario a esto, indican que no se explican por la cortina forestal, sino que son consecuencia de una composición diferencial de las dunas donde se asienta cada parche, lo que fue previo a la forestación.

Para el parche N, las diferencias encontradas en la humedad, materia orgánica, sodio, conductividad entre el borde M respecto a las otras dos zonas C y R, constatarían un gradiente ambiental, para estos parámetros, en la primera franja de bosque más cercana al mar, perdiéndose hacia las zonas de bosque en el centro y franja más contra la ruta. Las variables granos finos, medios y gruesos presentan

un claro gradiente mar-ruta en el parche fuera de la forestación, fuertemente condicionado por la influencia de los fuertes vientos del SW. La cortina forestal, al frenar los vientos predominantes, produce una alteración de dicho gradiente perpendicular al mar, para los parámetros edáficos dentro del parche F.

5.2. VEGETACIÓN

El total de especies encontradas para el bosque de La Perla de Rocha fue similar a lo esperado según Alonso-Paz & Bassagoda (2002a) para los bosques costeros. Los parches F y N no presentaron diferencias significativas en su riqueza, diversidad y abundancia de la comunidad leñosa, con valores de E superiores a 0,5, lo que muestra una distribución de sus abundancias moderadamente homogénea entre las diferentes especies presentes (Magurran, 1988). La riqueza y abundancia apenas superiores en el parche F, destacando que 2 de ellas fueron exóticas invasoras, podrían estar explicadas por el mayor tamaño y homogeneidad de este parche, respecto a los pequeños subparches que componen N. Esto concuerda con lo esperado según la Teoría de Biogeografía de Islas (MacArthur & Wilson, 1967). No se debe descartar el efecto que puede estar produciendo el pastoreo sobre el reclutamiento por especie de la comunidad de bosque, afectando diferencialmente a ambos parches en estudio.

5.2.1. Vegetación Arbórea

Para la vegetación arbórea adulta, las diferencias en la riqueza entre ambos parches no fueron significativas y radica en la presencia de *S. obtusifolium* y *S. commersoniana* exclusivamente en el parche N y *E. uruguayensis* y *A. longifolia* en el F, todas ellas con muy baja frecuencia de aparición. Se destaca la presencia de *S. obtusifolium* característica de los ambientes de restinga y con una distribución restringida en el Este de la costa atlántica y Norte del país (localidad de Colonia Palma, Departamento de Artigas), siendo Uruguay su límite Sur de distribución (Delfino *et al.*, 2005). Entre ambos parches no se encontraron diferencias en la abundancia total para esta clase, ni en la diversidad. La composición y estructura arbórea no presentó diferencias en el sentido mar-ruta.

Los renuevos presentaron una riqueza y abundancia total significativamente mayores en el parche F. Debe destacarse particularmente para esta clase, que dichas diferencias pueden ser causadas por la presión que pueda estar ejerciendo el ganado local (directa a través de la ingesta o indirectamente por el pisoteo) cuyo impacto negativo ya ha sido constatado por Carrere (2001) y Rodríguez-Gallego, (2006). Observaciones en campo evidenciaron mayor presencia de ganado en el parche N que en F, disminuyendo así la capacidad de regeneración de esta

formación. A su vez, la mayor abundancia total en las zonas C y R, respecto a M es una clara evidencia de las mejores condiciones ambientales para su crecimiento, dado que presentan mayor humedad y menor incidencia de los fuertes vientos del SW, los que también estarían condicionando las abundancias totales en las diferentes zonas del bosque.

Rollinia maritima fue la especie más importante en el parche N, con mayor abundancia en las zonas C y R (obtenidos por ambas estimaciones) siendo significativas las diferencias entre estas dos zonas respecto a M. La interacción entre ambos factores indicaría que la abundancia de esta especie está afectada por las características del parche N y la lejanía con el mar, donde estaría más protegida de los fuertes vientos marinos. Los renovales presentaron diferencias significativas entre las zonas M, C y R, aunque cabe destacar que en ambos parches y zonas, su abundancia fue muy baja, incluso siendo 0 en el centro de N. Esto sugiere que a mediano plazo esta especie, de distribución restringida en Uruguay, encontrada solamente en el Este de la costa atlántica (Alonso Paz & Bassagoda, 2006), presentará una drástica disminución de su población. *R. maritima* también se destaca por ser características de los ambientes de restinga siendo Uruguay el límite Sur de su distribución (Alonso Paz & Bassagoda, 2002a).

Scutia buxifolia fue la especie más importante para el parche F y segunda para el N. A pesar de la tala durante muchas década, principalmente sobre el parche F, por parte de los pobladores locales y loberos del Cabo Polonio (Porcile, 1988; Caldevilla com. pers.). A la fecha, los resultados obtenidos no mostraron un deterioro de esta especie. Esto podría indicar que la población de *S. buxifolia* tuvo una rápida recuperación, en un período de 30 años, lo que concuerda con las apreciaciones realizadas por Carrere (2001) para el crecimiento de esta especie.

Las especies *Lithraea brasiliensis* y *B. salicifolius* fueron muy importantes en ambos parches, con altas abundancias en todos los sitios de muestreos y altamente correlacionadas entre sí. Estos resultados son congruentes con lo esperado a partir de resultados obtenidos por varios autores, en este mismo bosque (Porcile, 1988; Alonso-Paz & Bassagoda, 1999). Para los renovales de la especie *L. brasiliensis*, se destaca su casi nula aparición en el parche N (se muestreó 1 solo individuo en el punto NM1) a pesar de su alta presencia de adultos en el mismo. Contrario a lo encontrado para los renovales de *B. salicifolius*, especie con mayor abundancia en esta clase. Esto podría ser una evidencia más de la presión ganadera sobre los renovales, pudiendo ser altamente selectiva sobre esta especie. Sin embargo, esto no podría ser contestado con los resultados obtenidos en este trabajo.

5.2.2. Vegetación Arbustiva.

La comunidad arbustiva no presentó diferencias entre ambos parches respecto a su composición de especies, diversidad, abundancia total y por especie. Se destaca la presencia de *Cordia curassavica* cuya distribución en Uruguay se restringe a Rocha (Alonso-Paz & Bassagoda, 2006).

A pesar de que Carrere (1990), Alonso-Paz & Bassagoda (1999) y Masciadri (com. pers), sostienen que los arbustos son especies típicamente de borde de los parches de bosque costero, según lo cual esperaríamos mayor abundancia en las zonas M y R, respecto a C. Resultados obtenidos para esta vegetación entre las zonas M, C y R muestran que éstas no son significativamente diferentes.

El arbusto *B. laurina* fue citada previamente como una especie poco frecuente en el bosque costero (Alonso-Paz & Bassagoda, 1999), sin embargo, en este estudio se observa que es una especie abundante, presente en todos los puntos de muestreo y con altas abundancias relativas en todas las zonas (M, C y R). Esto, junto con la elevada abundancia relativa de *D. racemosa* en todas las zonas, podría explicar que no existan diferencias entre los bordes M y R, respecto a C. A excepción de *C. paradoxa* (abundante solamente en la zona M) el resto de las arbustivas no presentaron gran contribución a la abundancia total de esta clase.

5.2.3. Análisis de Agrupamiento

El análisis de agrupamiento de la comunidad total de bosque, permitió evidenciar un cierto patrón espacial, donde los bordes entre sí se muestran más similares respecto a los centros. Este patrón no fue encontrado utilizando ANOVAS para la riqueza, diversidad y abundancia total, sin embargo estos resultados demostrarían que existen diferencias en la composición de especies y abundancia total entre las zonas de borde (M y R) respecto a la zona centro, no pudiendo diferenciar si la distancia al mar influye sobre la composición y estructura de los bordes (ya que los bordes M y R fueron similares entre si).

Para las arbóreas adultas, el análisis de agrupamiento mostró una espacialización diferencial entre los puntos F, respecto a los N. Lo que indicaría que a pesar de que esta clase no presentó diferencias a nivel de riqueza, abundancia total y diversidad, en su conjunto, la composición arbórea dentro de la forestación es diferente a la encontrada fuera de ella. Esto podría radicar en la diferenciación del parche F, respecto al N, producto de la forestación, o también a variabilidad natural entre parches: mayor tamaño del parche F, fragmentación natural en pequeños subparches en el caso de N; cercanía al mar, estando el parche F más alejado a la línea de costa, que el N.

5.3. RELACIÓN ENTRE LA VEGETACIÓN Y LAS VARIABLES AMBIENTALES

De acuerdo a resultados obtenidos para las variables edáficas, se observa que las principales diferencias entre los suelos del parche F y N radicarían en que dentro de la forestación se constataron mayores proporciones de granos gruesos y medios y fuera de ésta mayor fracción de granos finos. Estas diferencias granulométricas, condicionarían el resto de las variables edáficas y producirían suelos con mejor estructura, mayor humedad y fertilidad en el parche N, respecto al F (Duchaufour *et al.*, 1975). El crecimiento vegetal se verá afectado por estas características, principalmente por la humedad, la que se constató menor en el parche F ya que por la mayor fracción de gruesos y medios, su velocidad de infiltración será mayor y por ende menos disponible para las plantas (Black, 1975). Esto podría afectar el crecimiento de la vegetación en este parche y condicionar el tipo de especies presentes. Sin embargo, los resultados obtenidos para la comunidad de bosque del parche F y N, muestran pequeñas diferencias, no significativas.

Resultados del RDA (Fig. 17) arrojan que el Factor I estaría explicando la mayor parte de la variabilidad de los parámetros edáficos, lo que determinaría una mayor similitud entre las muestras de los Grupo C y D. Para las agrupaciones de puntos a la izquierda del RDA la similitud entre ambos Grupos A y B no sería tan clara.

A su vez se indica que pocas especies están condicionadas por las variables edáficas y por tanto la agrupación de las muestras está más determinada por las variables edáficas, que por las especies. En particular *B. salicifolius* fue independiente a las agrupaciones edáficas, ubicándose ortogonal a las mismas, siendo un importante factor que agrupa a las muestras FR1, 2 y 3; FC2 y NM1, puntos que estarían poco condicionados por los parámetros edáficos. Para el caso de *R. maritima* es clara su correlación con zonas húmedas, con mayor proporción de granos finos, lo que estaría explicando su muy abundante presencia en el parche N y su baja importancia en el F.

Respecto a las zonas M, C y R, a través del RDA se constata una separación de los puntos M respecto a los R y C, principalmente para el parche F (Grupos A y B), lo que es congruente con lo encontrado para las variables edáficas y discutido en la sección 5.1.

En particular se discuten los puntos NM3 y NM1 agrupados con los puntos F. Las mayores similitudes en sus parámetros edáficos de ambos puntos a los puntos F, estaría determinado por la cercanía a la duna móvil (sin tapiz de herbáceas). El punto NM3, más similar a los puntos FM (Grupo A) se ubica casi sobre la duna móvil (ver Fig. 1), presentando muy baja fracción de granos finos. El punto NM1, más similar a los puntos FR y C, se ubica unos metros alejado de la duna móvil,

rodeado de un tapiz de herbáceas de baja densidad, con características edáficas similares a FR y C.

5.4. EFECTO DE LA FORESTACIÓN EN EL BOSQUE COSTERO.

A partir de los resultados obtenidos para la comunidad en su conjunto y por clases (arbóreas y arbustivas) se observa que la forestación con especies exóticas no estaría afectando la composición y estructura del bosque costero en su conjunto. A su vez, las principales diferencias en las variables edáficas podrían deberse a diferencias ambientales más antiguas que la plantación de *Pinus spp* y *Acacia longifolia*, radicando en diferentes etapas de estabilidad dunar, lo que también estaría condicionando la distribución y abundancia de algunas especies.

Sin embargo, el impacto de la forestación estaría más asociado a una modificación del paisaje costero en general y al funcionamiento natural del sistema, basado en alteraciones al transporte de arenas. A su vez, se la encuentra como un impacto directo sobre este bosque ya que a pesar de que las especies del género *Pinus* y la *A. longifolia* han sido caracterizadas como invasoras ocasionales de los bosques nativos (Nebel & Porcile, 2006), en este trabajo se observó una moderada presencia de estas especies en las zonas de borde del parche F, principalmente en la zona R. Evidenciado ya sea por la observación en campo o a través de fotos aéreas (2000), la presencia de adultos del género *Pinus* y *A. longifolia* dentro de este parche. Debe destacarse positivamente, que la no fragmentación del parche de bosque costero durante la forestación con *Pinus spp.* realizada por el MGAP, permitió que este bosque mantuviera similar estructura y diversidad que en sitios no forestados.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Evidencia de que el cambio de cobertura vegetal de pradera psamófila y duna sin vegetación, a forestación con especies exóticas como *Pinus pinaster*, *P. elliotii* y *Acacia longifolia* afecta negativamente a las dunas costeras, se han constatado previamente en diferentes estudios realizados (Campos *et al.*, 1999; Caldevilla & Quintilláns, 2002; Panario & Gutiérrez, 2005). Sin embargo este trabajo aporta evidencias de que a pesar de dichos impactos en el ecosistema dunar, la estructura y composición del bosque costero no presenta mayores modificaciones respecto al bosque no perturbado. Debe destacarse que la modalidad de forestación realizada en este sitio respetó el bosque original, no habiéndose efectuado tala.

Estos resultados deben tomarse con precaución ya que, a pesar de que la forestación no presenta grandes efectos sobre el bosque costero, sí se evidenciaron algunos efectos que deben ser tomados en cuenta en planes para esta área, como es la invasión por tres especies exóticas (*Pinus pinaster*, *P. elliottii* y *Acacia longifolia*) y la ausencia de tres especies nativas, entre ellas *S. obtusifolium*. La invasión por especies exóticas fue reconocido por Nebel & Porcile (2006) como una de las principales amenazas sobre los bosques nativos. En este caso, se encuentra en un estadio incipiente y de fácil control bajo un plan de manejo, pero podría ser irreversible en un futuro cercano.

Debido a los fuertes vientos del SW, S y SEE (presentes durante al menos 1% del año, Panario & Piñeiro, 1997) la vegetación, principalmente la más cercana al mar, presenta sus copas acuñadas hacia el mar, característica morfológica denominada "efecto bandera". Se considera la posibilidad de que dado que la forestación está actuando como una cortina a los vientos más intensos, el borde M del parche F habría perdido dicha morfológica. Este impacto no fue evaluado por este trabajo, aunque se cree necesario su análisis, ya que en caso de que se considere la tala de la forestación, esta debería ser gradual para que la zona de bosque más cercana al mar no sufra el estrés generado por los vientos incidentes a altas velocidades y cargadas de partículas del spray marino (Panario & Gutiérrez, 2005).

La presión ganadera, principalmente sobre el parche N, deberá ser evaluada, ya que dicho impacto puede estar amenazando el éxito de supervivencia de estas formaciones, por su drástica disminución de los renovales. Recomendando a su vez, la exclusión de la ganadería en esta zona para su recuperación.

Finalmente, según Delfino & Masciadri (2005) y Panario & Gutiérrez (2005) la vegetación costera, al formar y crecer con las dunas, tiene gran importancia en la preservación de la integridad de la morfológica de la costa, siendo así fundamental para el control de la erosión y el efecto de las olas. En particular, el bosque costero ha sido categorizado por Fagundez & Lezama (2005) como una formación vegetal "en peligro" dada su baja ocurrencia, superficie reducida y persistencia. A su vez, las propuestas de conservación para este sitio de estudio y zonas aledañas (De Álava *et al.*, 1994; DINOT, 2006; GABASOL SA, 2006, García-Alonso *et al.*, 2007) consideran la existencia de estos relictos de bosque costero. Sin embargo sólo De Álava *et al.* y García-Alonso *et al.* destacan la importancia de establecer medidas concretas para su conservación.

Se destaca que el bosque costero de la localidad Perla de Rocha, junto con el relicto ubicado en la localidad El Caracol (Bartesaghi, 2007), son los parches de mayor tamaño y mejor estado de conservación que posee Uruguay, con especies de distribución restringida a estas zonas del país y límite Sur de distribución de 3 especies de vegetación de restinga (*R. maritima*, *C. curassavica* y *S. obtusifolium*). Por tanto, es prioritario tomar acciones frente a impactos negativos, que afecten sobre el ecosistema costero y su vegetación característica, así como incluir esta formación vegetal en Planes de Ordenamiento Costero tales como el desarrollado por la DINOT e IMR en el 2004 (DINOT, 2004) y en el futuro plan de manejo que regirá para el Área Protegida Cabo Polonio.

7. AGRADECIMIENTOS

Primero y principal, quisiera agradecer enormemente a la Luli (Lucía Bartesaghi) gran compañera en este proceso y gran amiga. A la Pocha (Silvana Masciadri) y Lore (Lorena Rodríguez-Gallego) por su guía, apoyo, confianza y realización de aportes y correcciones fundamentales en todo momento.

Agradecer también a UNCIEP por permitir la realización de los análisis de suelo especialmente a Yolanda González por toda su paciencia y ayuda y a Noelia Rivas por su colaboración y a Daniel Panario y Ofelia Gutiérrez por sus aportes. Al Museo y Jardín Botánico "Atilio Lombardo" en especial a Liliana Delfino y Carlos Brussa por su gran ayuda en la identificación de las especies. A la Sección Oceanología que permitió realizar los análisis granulométricos. También a Mario Vera y a Diego Lercari por su ayuda granulométrica. A la Sección Limnología por el préstamo de la Estación Limnológica de Rocha. A Fabrizio Scarabino y César Fagundez por sus aportes bibliográficos y ayudas incondicionales. Un especial agradecimiento al LDSGAT donde realicé la pasantía. Finalmente agradezco a mi familia y al Juani por la paciencia que me tuvieron en tiempos difíciles.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, E. 1994. **Monte costero espinoso. Una imagen de lo que fue la costa uruguaya.** Bañados del Este, PROBIDES, Rocha, Uruguay. 2:12 p.
- Alonso Paz, E. & Bassagoda, M.J. 1999. **Los Bosques y Matorrales Costeros en el litoral platense y atlántico del Uruguay.** Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo. Montevideo, Uruguay. 113: p.1-12.
- Alonso Paz, E. & M. J. Bassagoda. 2002a. **Aspectos fitogeográficos y diversidad biológica de las formaciones boscosas del Uruguay.** Ciencia & Ambiente Santa María (RS). 24: p.35-50.

- Alonso Paz, E. & Bassagoda, M.J., 2002b. **La vegetación costera del SE uruguayo: ambientes y biodiversidad.** Museo de Historia Natural y Antropología. Montevideo, Uruguay. 5: p.1-6.
- Alonso Paz, E. & Bassagoda M J., 2006. **Flora y vegetación de la costa platense y atlántica uruguaya.** En: Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Eds. Menafra R., Rodríguez-Gallego L., Scarabino F., & D. Conde, 2006. Vida Silvestre Uruguay. Montevideo. p.71-88.
- Alpert, P. & Mooney, H.A. 1996. **Resource heterogeneity generated by shrubs and topography on coastal sand dunes.** Vegetation 122: p.83-93.
- Arocena R. & D. Conde, 1999. **Sedimento.** En: Métodos en Ecología de Aguas Continentales, con ejemplos de Limnología en Uruguay. Instituto de Biología. Sección Limnología. Facultad de Ciencias, UdelaR. Montevideo. 6:p.40-52.
- Azpiroz, A.B. 2001. **Aves del Uruguay. Lista e Introducción a su Biología y Conservación.** Aves Uruguay - GUPECA, Montevideo, Uruguay.
- Bartesaghi, M. L., 2007. **Análisis espacial de las formaciones vegetales costeras Matorral y Bosque, de la zona El Caracol, Departamento de Rocha, Uruguay.** Pasantía de Grado. Licenciatura en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 50pp.
- Biometris – Plant Research Internacional, 2003. **CANOCO para Windows Versión 4.52.**
- Black C.A., 1965. **Methods of soil analysis V. 2.** American Society of Agronomy. Madison.
- Black C.A., 1975. **Relaciones Suelo-Planta.** Tomo I. Departamento de Agronomía, Universidad del Estado de Iowa, Ames. Editorial Hemisferio Sur S.R.L. Buenos Aires. 444pp.
- Brussa C y Grela I, *en prensa*. **Flora arbórea del Uruguay con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó.** Mosca hnos, Montevideo.
- Bueno O.L. & Martins-Mazzitelli S.M. 1996. **Fitosociología e florística da vegetação herbáceo-subarbustiva da Praia de Fora, Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul.** Iheringia. Série Botânica, Porto Alegre, 47: p.123-137.
- Caldevilla G. & Quintillán A., 2002. **Plan para la eliminación de una forestación con impactos negativos en el monumento natural de dunas y costa atlántica (Dpto. de Rocha, Uruguay).** XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos Concordia, Argentina. 12pp.
- Campo, J., Bacigalupe, A., Costa, B. & Pistone, G. 1999. **Conservación y restauración del matorral costero.** Documentos de Trabajo 20, PROBIDES, Rocha, Uruguay.
- Carrere R., 1990. **Desarrollo Forestal y Medio Ambiente en el Uruguay. 2. El bosque natural uruguayo: caracterización general y estudios de caso.** Montevideo: CIEDUR. p. 33-38.
- Carrere R., 2001. **Monte Indígena. Mucho más que un conjunto de árboles.** Nordan-comunidad. Montevideo. 152 pp.
- Chebataroff, J. 1942. **La vegetación del Uruguay y sus relaciones fitogeográficas con el resto de América del Sur.** Revista de Geografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia 2:p.49-89.

- Chebataroff, J. 1972. **Costas platenses y atlánticas del Uruguay**. Talleres Gráficos Bouzot, Montevideo, Uruguay.
- Chebataroff J. 1973. **Introducción de los ecosistemas de bañados salinos**. Revista Uruguaya de Geografía, Montevideo, Uruguay. 2: p.31-41
- Contreras D., Fuentes N. & Sauco C., 2006. **Análisis y Determinación de la Composición del Suelo**. I.E.S. Enrique Flores. 20pp. En: http://www.ubu.es/investig/au/virtual/trabajos_06
- Darwinion, 2007. **Catálogo de Plantas Vasculares de la República Argentina II**. Instituto de Botánica Darwinion Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
URL: <http://www.darwin.edu.ar/Publicaciones/CatalogoVascII/CatalogoVascII.asp>
- De Álava, D., Fernández, G. y Panario, D. L. 1993. **Propuesta de Manejo para Área Prolegida1 Cabo Polonia - Monumento de Casia Oceánica • Cat III. UICN, Incluida en la Convención de Ramsar UNCEP**. Instituto de Geociencias Fac de Ciencias (Convenio entra la IMR y F. Ciencias para Estudios de Ordenamiento Territorial, Medio Ambiente y Manejo Apropriado de Recursos)
- De Álava, D., Panario, D. & Fernandez, G. 1994. **Estudios para la propuesta de un manejo integrado de la zona costera del Departamento de Rocha**. Documento de discusión. Convenio entre IMR y Facultad de Ciencias (UNCIEP) sobre medio ambiente, ordenamiento territorial y manejo apropiado de recursos. 83pp.
- de León J., 1995. **Un "progreso" lleno de contradicciones**. Revista Tierra Amiga, REDES/Amigos de la Tierra, , Uruguay. 27: p.31-37
- Delfino L., Masciadri S. & Figueredo E. 2005. **Registros de *Syderoxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D. Penn. (Sapotaceae) en bosques psamófilos de la costa atlántica de Rocha, Uruguay**. IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 60, n. 2, p. 129-133.
- Delfino L. & Masciadri S., 2005. **Relevamiento florístico en el Cabo Polonio, Rocha, Uruguay**. IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 60. 2:p. 119-128
- D'El Rei Souza M.L., De Barcellos D., Da Graça L., Fronza M., Araujo A.C. & De Sá M.R., 1992. **Vegetação do Pontal da Daniela, Florianópolis, SC, Brasil. I. Levantamento florístico e mapa fitogeográfico**. Insula, 21:p. 87-117
- Dillenburg L.R., Waechter J.L. & Porto M.L. 1992. **Species composition and structure of a sandy coastal pain forest in northern Rio Grande do Sul, Brasil**. En: Coastal plants communities of Latin America (Seeliger U., ed.). Academic Press, San Diego, p.349-366
- DINOT (MVOTMA), 2004. **Plan de Ordenamiento y Desarrollo sustentable de la Costa Atlántica del Departamento de Rocha "Ordenanza Costera"**. Texto del Decreto 12/2003 de la Junta Departamental de Rocha de setiembre de 2003. 72pp.
- DINOT (MVOTMA), 2006. **Propuesta de ingreso del área protegida marino-costera de Cabo Polonio al Sistema Nacional de Áreas Protegidas**. 27 pp.
- D.S.F. Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1979. **Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay**. Descripción de las unidades de suelos. Montevideo, Uruguay.

- Duchaufour P., Bonneau M., Jacquin F. & B. Souchier, 1975. **Manual de Edafología**. Toray-Masson, S.A., Barcelona. 478pp.
- Fagúndez C. & F. Lezama, 2005. **Distribución Espacial de la Vegetación Costera del Litoral Platense y Atlántico Uruguayo**. Informe Freplata. Sección Ecología, Facultad de Ciencias-UdelaR. Montevideo. 36pp.
- F.A.U. Fuerza Aérea Uruguaya, 2000. **Fotografías Aéreas localidad Perla de Rocha escala 1:20.000**. Uruguay.
- GABASOL S.A., 2006. **Propuesta de ingreso del área protegida marino-costera de Cabo Polonio al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Apreciaciones a la propuesta** Exp: 2006/14000/03386 (DINAMA – MVOTMA) Setiembre 2006. 71pp.
- García-Alonso J, Loureiro M, Masciadri S, Piccini, C, Beldarrain, G 2007. **Relicto costero en Parque Balneario Costa de Oro, Brisas del Polonio y Perla de Rocha: Propuesta de vecinos y propietarios de la zona**. Resúmenes del Congreso de Turismo y Áreas Protegidas, 25,26 y 27 de abril, Trinidad.
- González López-Valcárcel, B., 1991. **Análisis multivariante. Aplicaciones en el ámbito sanitario**. Editorial SG., Barcelona. 247pp.
- Grela, I.A., 2003. **Evaluación del estado sucesional de un bosque subtropical de quebradas en el norte de Uruguay**. Acta Bot. Bras. São Paulo, vol.17 no.2.
- Hair Jr. J.f., Anderson R.E., Tathman R.L. & W.C. Black, 1999. **Análisis Multivariante**. 5ª ed. Prentice Hall Iberia. Madrid. 832pp.
- Legrand, C.D. 1959. **Comunidades psamófilas de la Región de Carrasco (Uruguay)**. Anuales del Museo de Historia Natural, Montevideo, Uruguay. 7:p.1-75
- Lepš J. & P. Šmilauer, 2003. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO**. University Press Cambridge. United Kindom, 269pp.
- Kozakiewicz, M., 1993. **Habitat isolation and ecological barriers-the effect on small mammal populations and communities**. Acta Theriologica 38(1): p.1-30.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967) **The Theory of Island Biogeography**. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Magurran, A. E., 1988. **Diversidad Ecológica y su Medición**. Edic. Vedral. 200pp.
- Mailhe, S. & Martinez, F., 1986. **Antecedentes y propuestas sobre conservación de la naturaleza en Uruguay**. Tesis Ing.Agr.. Montevideo, Facultad de Agronomía. 298pp.
- Matteucci, S. & Colma, A. 1982. **Metodología para el estudio de la vegetación**. OEA , Washington, 167pp.
- Mostacedo, B. & Fredericksen, T.S., 2000. **Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal**. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFORS). Santa Cruz de la Sierra.
- MTOP-PNUD-UNESCO, 1980. **Conservación y mejora de playas-URU 73.007**. 593pp + 4 apéndices. UNESCO, Montevideo.
- Mueller-Dombois D. & Ellenberg H., 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. Wiley, New York. 547pp.
- Nebel, J. P. & Porcile, J. F., 2006. **La contaminación del bosque nativo por especies arbóreas y arbustivas exóticas**. MGAP. Dirección General Forestal. 27pp.

- Panario, D. Pineiro, G. De Álava, D. Fernández, G. Gutierrez, O. & Céspedes, C. 1993. **Dinámica sedimentaria y geomorfológica de dunas y playas en Cabo Polonio, Rocha.** UNCIEP-Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay. 35pp.
- Panario, D. y Piñeiro, G. 1997. **Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay.** Climate Research, 9(1-2):p. 67-72
- Panario D., Gutiérrez O. 2005. **La vegetación en la evolución de playas arenosas. El caso de la costa uruguaya.** Ecosistemas. 2005.
URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=95&Id_Categoria=2&tipo=portada
- Pielou, E. C., 1969. **An Introduction to Mathematical Ecology.** Wiley, New York.
- Premier E Ltda., 2000. Primer versión 5.1.2, All right reserve.
- Porciel, J.F. 1988. **Los bosques nativos en el área de Valizas – Cabo Polonio. I. Descripción preliminar.** Dirección Forestal. Montevideo, Uruguay. 13p
- Rodríguez-Gallego, M. G., 2006. **Estructura y regeneración del bosque de ombúes (*Phytolacca dioica*) de la Laguna de Castillos (Rocha, Uruguay).** En: Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Eds. Menafría R., Rodríguez-Gallego L., Scarabino F., & D. Conde, 2006. Vida Silvestre Uruguay. Montevideo. p.503-512
- Saunders D. A., Hobbs R. J. & Margules C. R. 1991. **Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review.** Conserv. Biol. 5: p.18-31.
- Seeliger U. 1992. **Coastal foredunes of southern Brazil: Physiography, habitats and vegetation.** En: Coastal plants communities of Latin America (U. Seeliger, ed.). Academic Press, San Diego, p.367-381
- SGM: Servicio Geográfico Militar, 1943. **Fotos aéreas oblicuas, vuelo trimetrogón, escala aproximada, 1:40000.** Uruguay.
- Shannon C.E., 1948. **The mathematical theory of communication.** Bell System Technological Journal 27: p.379-423 & p. 623-656
- StatSoft. Inc., 1998. **Statistica 6.0.** Kernel release 5.1 M. USA. The international Plant Names Index, 2007. URL: <http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>
- Waechter J.L., 1990. **Comunidades vegetais das restingas do Rio Grande do Sul.** En: Simpósio de Ecosistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, 2, Águas de Lindóia, 1990. Estrutura, função e manejo. Sao Paulo, Aciesp. V.3. p. 228-48
- Walkley A. & A.I. Black, 1934. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.** Soil Sci. 37: p29-37
- Zar, J.H., 1999. **Biostatistical analysis.** Prentice Hall, New Jersey. 929 pp.

9. ANEXOS

Anexo I

Lista de especies muestreadas y observadas (*) durante el muestreo. Se especifica sitio donde se muestreó/observó, siendo F = Forestado y N = No Forestado; 1 presencia, 0 ausencia.

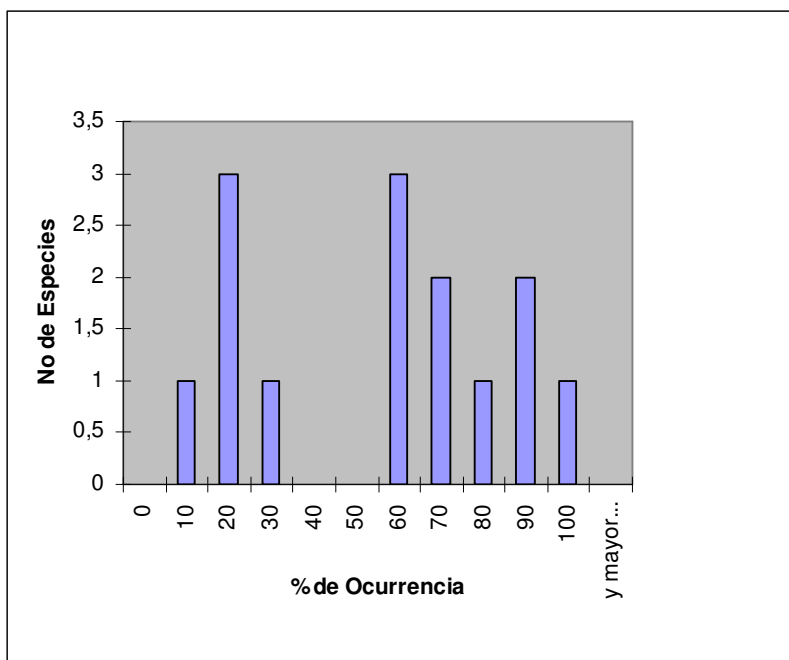
Familia	Especie	Nombre común	Código	F	N
Anacardiaceae	<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	Aruera	Lb	1	1
	<i>Schinus longifolia</i> (Lindl.) Speg.	Molle	Sl	1	1
	(*) <i>Schinus engleri</i>	Molle rastrero	Se	1	1
Annonaceae	<i>Rollinia maritima</i> Zachia	Rollinia	Rm	1	1
Berberidaceae	<i>Berberis laurina</i> Billb.	Espina Amarilla	Bl	1	1
	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.		Co		
Boraginaceae	Schult.	Cordia		1	0
Cactaceae	<i>Cereus uruguayanus</i> R. Kiesling	Cereus	Cu	1	1
	<i>Opuntia arechavaletae</i> Speg.	Opuntia	Oa	1	1
	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill) L.		Sc		
Euphorbiaceae	B. Smith & R. J. Downs	Blanquillo		0	1
Leguminosae	<i>Acacia longifolia</i>	Acacia	Al	1	0
	(*) <i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem & Schult.		Mc		
Myrsinaceae	Roem & Schult	Canelón		1	1
	<i>Myrsine laetevirens</i> (Mez) Arechav.	Canelón	MI	1	1
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.		Bs		
	Berg. ex Roem. & Schult.	Arrayán		1	1
	<i>Eugenia uruguayensis</i> Camb.	Guayabo blanco	Eu	1	0
	<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott var. <i>Octandrum</i> Benth.	Palo de Fierro	Msp	1	1
Palmae	(*) <i>Butia capitata</i>	Palma butiá	Bc	0	1
	(*) <i>Tripodanthus acutifolius</i> (Ruiz & Pav.) Tiegh.		Ta		
Passifloraceae		Parásita		1	1
Phytolaccaceae	(*) <i>Phytolacca dioica</i> L.	Ombú	Pd	0	1
Rhamnaceae	<i>Scutia buxifolia</i> (Reissek) Kuntze.	Coronilla	Sb	1	1
	<i>Colletia paradoxa</i> (Spreng.) Escal.	Espina de la Cruz	Cp	1	1
Rutaceae	<i>Zanthoxylum hyemale</i> A. St. Hill	Tembetarí	Zh	1	1
	(*) <i>Jodina rhombifolia</i> (Hook et Arn.)		Ir		
Santalaceae	Reiss	Sombra de toro		1	0
	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hill, A. Juss. & Cambess.) Radlk.		Ae		
Sapindaceae		Chal-chal		1	1

	<i>Dodonea viscosa</i> Jacq.	Chirca de monte	Dv	1	0
	<i>Syderoxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D. Penn.	Syderoxylon	So	0	1
Sapotaceae					
Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Tabaquillo	Sm	1	0
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.	Envira	Dr	1	1
Ulmaceae	(*) <i>Celtis iguanea</i> (Jacq.) Sarg.	Tala trepador	Ci	1	1
	<i>C. tala</i> Gillies ex Planch	Tala	Ct	1	1
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Lantana	Lg	1	1
	(*) <i>Citharexylum montevidense</i> (Spreng.) Mold	Tarumán	Cm	0	1
Ephedraceae	<i>Ephedra teediana</i> Fisco & C. A. Mey	Efedra	Et	1	1
Pinaceae	(*) <i>Pinus pinaster</i> Ait	Pino marítimo	Pp	1	0
	(*) <i>P. elliotii</i> Englem	Pino	Pe	1	0

(*) Especies observadas durante el muestreo, pero no muestreadas.

Anexo II

Histograma del número de especies vs. el % de ocurrencia.



Anexo III

3.1. Resultados de los ANOVAS de dos factores (Factores: F/N; M/C/R) para los árboles adultos, con una frecuencia mayor a 50%. Donde en a) N° de individuos y en b) Área Basal.

a)

		Bs	Lb	MI	Ae	Sb	SI	Msp	Rm	Ct
F/N	F	1,669	4,614	1,815	1,333	0,434	0,281	1,756	28,403	1,441
	p-valor	0,221	0,053	0,203	0,271	0,523	0,606	0,210	<0,001 ^(*)	0,253
M/C/R	F	2,028	0,945	0,111	1,053	0,985	1,430	2,232	9,251	0,118
	p-valor	0,174	0,416	0,896	0,379	0,402	0,277	0,150	0,004 ^(*)	0,890
Interacción	F	1,007	0,343	0,481	0,253	1,527	0,164	2,963	8,688	0,824
	p-valor	0,394	0,716	0,629	0,780	0,257	0,851	0,090	0,005 ^(*)	0,462

b)

		Bs	Lb	MI	Ae	Sb	SI	Msp	Rm	Ct
F/N	F	0,074	0,476	1,457	15,974	0,376	0,247	0,073	49,646	0,149
	p-valor	0,790	0,503	0,251	0,002 ^(*)	0,551	0,628	0,792	<0,001 ^(*)	0,707
M/C/R	F	2,629	0,947	0,582	8,397	0,351	1,272	4,193	13,600	0,004
	p-valor	0,113	0,415	0,574	0,005 ^(*)	0,711	0,316	0,042 ^(*)	0,001 ^(*)	0,996
Interacción	F	1,025	1,154	0,285	4,350	1,098	0,170	4,803	7,158	1,533
	p-valor	0,388	0,348	0,757	0,038 ^(*)	0,365	0,846	0,029 ^(*)	0,009 ^(*)	0,255

3.2. Resultados de los ANOVAS de dos factores (Factores: F/N; M/C/R) para los renovales con frecuencia mayor al 50%. Se muestra los F y p-valor y se resalta con (*) los valores significativos para un p-valor <0,05.

		Bs	Lb	Ae	Sb	SI	Msp	Rm
F/N	F	8,690	12,098	2,796	0,025	3,030	1,000	0,164
	p-valor	0,012 ^(*)	0,005 ^(*)	0,120	0,878	0,107	0,496	0,693
M/C/R	F	9,668	1,916	1,669	0,883	4,727	8,767	4,964
	p-valor	0,003 ^(*)	0,190	0,229	0,439	0,031 ^(*)	0,004 ^(*)	0,027 ^(*)
Interacción	F	6,579	1,563	0,712	1,276	0,848	0,796	5,073
	p-valor	0,012 ^(*)	0,249	0,510	0,314	0,452	0,474	0,025 ^(*)

3.3. Resultados de los ANOVAS de dos factores (Factores: F/N; M/C/R) para las especies arbustivas con frecuencia mayor al 20%. Se muestra los F y p-valor y se resalta con (*) los valores significativos para un p-valor <0,05.

		Co	Dr	Bl	Cp	Lg
F/N	F	1,875	2,443	0,016	0,793	0,071
	p-valor	0,196	0,144	0,900	0,391	0,794
M/C/R	F	0,661	1,596	3,200	3,125	1,500
	p-valor	0,534	0,243	0,077	0,081	0,262
Interacción	F	0,661	0,111	0,274	0,002	0,500
	p-valor	0,534	0,896	0,765	0,998	0,619

Anexo IV

Resultados de las correlaciones de Spearman para las especies arbóreas adultas con una frecuencia mayor al 50%, donde se expresa los p-valores y R. En rojo se remarcan las variables significativamente correlacionadas.

		Bs	Ab	MI	Ae	Sb	SI	Msp	Rm	Ct
Bs	p-valor									
	R									
Lb	p-valor	0,012								
	R	0,577								
MI	p-valor	0,979	0,317							
	R	0,007	-0,250							
Ae	p-valor	0,750	0,857	0,437						
	R	-0,081	-0,046	0,195						
Sb	p-valor	0,510	0,822	0,113	0,258					
	R	0,166	0,057	0,387	-0,281					
SI	p-valor	0,001	0,012	0,564	0,748	0,131				
	R	0,698	0,577	0,146	-0,081	0,369				
Msp	p-valor	0,521	0,456	0,450	0,954	0,180	0,443			
	R	-0,162	-0,188	0,190	0,015	0,330	-0,193			
Rm	p-valor	0,061	0,047	0,481	0,119	0,679	0,062	0,779		
	R	-0,451	-0,473	0,177	0,381	-0,105	-0,448	0,071		
Ct	p-valor	0,494	0,704	0,054	0,612	0,251	0,958	0,288	0,836	
	R	-0,172	-0,096	0,462	0,128	0,286	0,013	0,265	-0,053	

Anexo V

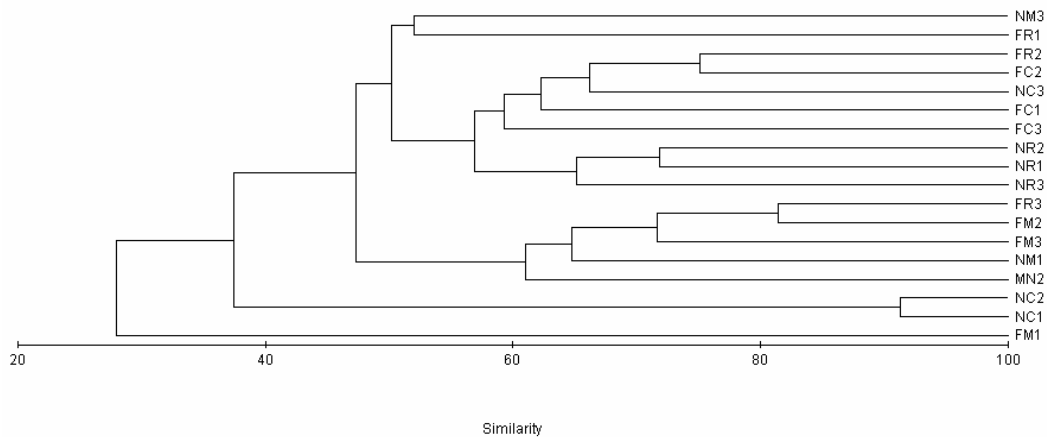
Resultados de los ANOVAS de dos factores (Factores: F/N; M/C/R) para H', donde se muestra los F y p-valor. Se resalta con (*) los valores significativos para un p-valor <0,05.

		H'(total)	H'(Arb adultos)	H'(renovales)	H'(Arbustos)
F/N	F	0,590	1,702	4,233	2,138
	p-valor	0,457	0,217	0,062	0,169
M/C/R	F	0,747	0,186	8,442	0,645
	p-valor	0,495	0,833	0,005 ^(*)	0,542
Interacción	F	0,240	0,953	1,722	2,572
	p-valor	0,790	0,413	0,220	0,118

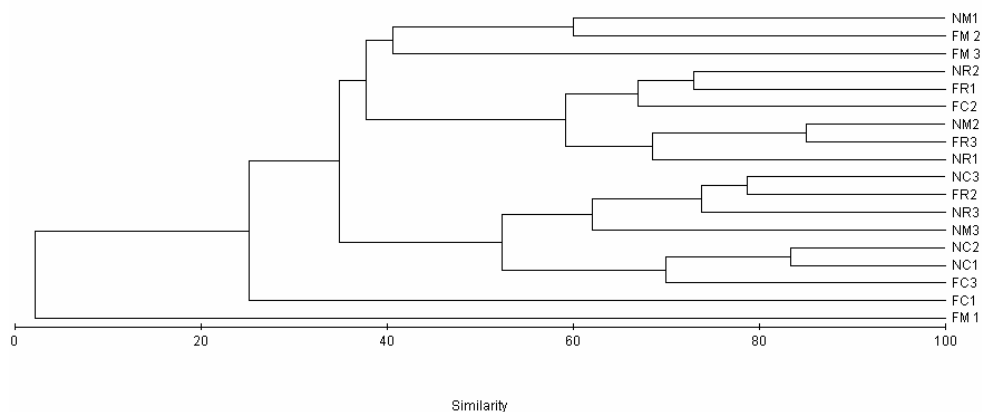
Anexo VI

Resultados de los análisis de similitud utilizando Bry-Curtis para a) renovales y b) especies arbustivas.

a)



b)



Anexo VII

7.1. Detrended Correspondence Analysis (DCA) de las especies

Número de muestras: 18

Número de especies: 8

Número de ocurrencias: 144

Inercia total en los datos de especies = Suma de todos los valores de los ejes del CA = 0,234

**** Resumen ****

Ejes	1	2	3	4
Valores de los ejes:	0.182	0.036	0.001	0.001
Longitud del gradiente:	0.959	0.698	0.751	0.317
Porcentaje acumulado de la varianza de los datos de especies:	77.7	93.1	93.7	94.0

Suma de todos los valores de los ejes: 0.234

7.2. Análisis de Componentes Principales

Número de muestras: 18

Número de especies: 8

Número de ocurrencias: 144

Suma total de los cuadrados en los datos de especies = 5873.0

Desvío estándar total en los datos de especies TAU = 6.38629

**** Resumen ****

Ejes	1	2	3	4	Varianza total
Valores de los ejes	0.849	0.139	0.010	0.002	1.000
Porcentaje acumulado de la varianza de los datos de especies	84.9	98.8	99.8	100.0	

Suma de todos los valores de los ejes: 1.000

7.3. Detrended Canonical Correspondence Analysis (DCCA)

Número de muestras: 17

Número de especies: 9

Número de variables ambientales: 7

**** Resumen ****

Ejes	1	2	3	4
Valores de los ejes	0.361	0.045	0.018	0.010
Longitud del gradiente	1.799	0.978	0.689	0.854
Correlaciones especies-variables ambientales	0.941	0.634	0.742	0.658
Porcentaje de la varianza acumulado de los datos de especies	40.4	45.4	47.5	48.6
Porcentaje de la varianza acumulado de la relación especies-variables ambientales	63.0	74.5	0.0	0.0

Suma de todos los valores de los ejes = 0.892

Suma de todos los valores de los ejes canónicos = 0.539

Resumen del Test de Monte Carlo

(449 permutaciones)

Test de significancia del primer eje canónico: Valor de eje = 0.361

Rango-F = 6.784

P-valor = 0.0020

Test de significancia de todos los ejes canónicos: Trace = 0.539

Rango-F = 2.545

P-valor = 0.0040

7.4. Redundancy Analysis (RDA)

Número de muestras: 17

Número de especies: 9

Número de ocurrencias: 126

Número de variables ambientales: 7

Suma total de los cuadrados en los datos de especies = 2128.59

Desvío estándar total en los datos de especies TAU = 3.72993

Ejes	1	2	3	4	Varianza total
Valores de los ejes	0.445	0.059	0.032	0.018	1.000
Correlaciones especies-variables ambientales	0.909	0.712	0.602	0.516	
Porcentaje de la varianza acumulado de los datos de especies	44.5	50.4	53.7	55.4	
Porcentaje de la varianza acumulado de la relación especies-variables ambientales	78.7	89.2	94.9	98.0	

Suma de todos los valores de los ejes = 1.000

Suma de todos los valores de los ejes canónicos = 0.566

Los cuatro factores resultantes son canónicos y corresponden con los ejes que están comprimidos por las variables ambientales