Universidad Nacional de Salta
Facultad de Ciencias Naturales
Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente

Tesina de Grado

Diferencias entre composición y estructura forestal en dos sitos de selva de montaña en Salta, Argentina

Tesista:
Neli Romano Armada

Director:
Ing. For. (Mg.Sc.) Juan Manuel Cellini

Salta - Argentina
Año 2007

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 7
HIPOTESIS Y OBJETIVOS 12
HIPOTESIS 12
OBJETIVO GENERAL 12
OBJETIVO PARTICULAR 12
ÁREA DE ESTUDIO 13
3.1. UBICACIÓN Y VÍAS DE COMUNICACIÓN 13
3.1.1. Sitio Orán 13
3.1.2. Sitio Tartagal 13
3.2. RELIEVE 16
3.3. HIDROGRAFIA 16
3.3.1. Sitio Orán 17
3.3.2. Sitio Tartagal 17
3.4. SUELOS 18
3.4.1. Sitio Orán 18
3.4.2. Sitio Tartagal 21
3.5. CLIMA 23
3.5.1. Sitio Orán 23
3.5.2. Sitio Tartagal 24
3.6. VEGETACIÓN 26
3.7. FAUNA 28
MATERIALES Y METODOS 30
4.1. CARACTERIZACION FLORISTICO-ESTRUCTURAL DE SITIO 31
4.1.1. Composición Forestal 31
4.1.1.1. Abundancia 32
4.1.1.2. Frecuencia 32
4.1.1.3. Dominancia 33
4.1.1.4. Índice de valor de importancia (IVI) 34
4.1.2. Diversidad Alfa 35
4.1.2.1. Riqueza (S) 35
4.1.2.2. Estructura 36
4.1.2.3. Curvas de Whittaker o Rango-Abundancia 37
4.1.3. Estructuras Totales 38
4.1.3.1. Estructura horizontal 38
4.1.3.2. Estructura vertical 39
4.1.4. Clasificación y Ordenación de la Vegetación 39
4.2. COMPARACION ENTRE SITIOS 40

4.2.1. Diferencias de Composición 40
4.2.2. Diferencias Estructurales 40
4.2.3. Diversidad Entre Sitios 40
4.2.3.1. Indice de Sorensen 41
4.2.3.2. Indice de Jaccard 41
4.2.3.3. Índice de Complementariedad 41
RESULTADOS Y DISCUSION 43
5.1. COMPOSICION FORESTAL 43
5.1.1. Composición Florística 43
5.1.2. Abundancia 47
5.1.3. Frecuencia 50
5.1.4. Dominancia 55
5.1.5. Índice de Valor de Importancia – IVI 59
5.2. DIVERSIDAD 63
5.2.1. Alfa – Dentro del Sitio 63
5.2.2. Beta – Entre Sitios 65
5.3. ESTRUCTURAS TOTALES 66
5.3.1. Estructura Horizontal 66
5.3.1.1. Distribución diamétrica 66
5.3.1.2. Área basal 71
5.3.2. Estructura Vertical 73
5.3.2.4. Abundancia según estrato 73
5.3.2.1. Altura total 79
5.4. CLASIFICACION Y ORDENACION DE LA VEGETACION 83
5.4.1. Altitud 83
5.4.2. Pendiente 89
5.4.3. Exposición 93
CONCLUSIONES 99
BIBLIOGRAFIA 101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación climática entre sitios 23
Tabla 2. Criterios de clasificación de calidad forestal 31
Tabla 3. Clasificación de frecuencias 33
Tabla 4. Composición florística forestal del SiOr 43
Tabla 5. Parámetros florístico-estructurales de las especies del SiOr 44
Tabla 6. Composición florística forestal del SiTa 45
Tabla 7. Parámetros florístico-estructurales de las especies del SiTa 46
Tabla 8. Comparación entre sitios según Abundancia de especies 49
Tabla 9. Comparación entre sitios según Frecuencia de especies 54

Tabla 10. Comparación entre sitios según Dominancia de especies 58
Tabla 11. Clases de importancia ecológica de las especies según IVI 59
Tabla 12. Aporte parcial de cada parámetro al IVI total de cada especie del SiOr. 59
Tabla 13. Aporte parcial de cada parámetro al IVI total de cada especie del SiTa 61
Tabla 14. Índices de diversidad calculados para cada sitio 63
Tabla 15. Índices de Similitud/Disimilitud entre SiOr y SiTa 65
Tabla 16. Clasificación de distribución diamétrica para el SiOr 66
Tabla 17. Clasificación de distribución diamétrica para el SiTa 69
Tabla 18. Comparación entre sitios según el DAP de las especies 71
Tabla 19. Comparación entre sitios según la HT de las especies 82
Tabla 20. Clases de preferencia altitudinal de las especies del SiOr 83
Tabla 21. Clases de preferencia altitudinal de la especies del SiTa 85
Tabla 22. Comparación entre sitios según la Altitud de ocurrencia de especies 87
Tabla 23. Clases de Pendiente 89
Tabla 24. Comparación entre sitios según la Pendiente de ocurrencia de especies 92
Tabla 25. Valores asignados según Exposición 93
Tabla 26. Comparación entre sitios según la Exposición de ocurrencia de especies 97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Yungas en Argentina 9
Figura 2. Ubicación del Sitio Orán (SiOr) 14
Figura 3. Ubicación del Sitio Tartagal (SiTa) 15
Figura 4. Asociaciones de suelos presentes en el SiOr. 19
Figura 5. Asociaciones de suelos presentes en el SiTa. 20
Figura 6. Clima del SiOr. 24
Figura 7. Clima del SiTa. 25
Figura 8. Abundancia relativa de especies del SiOr 47
Figura 9. Abundancia relativa de especies del SiTa 48
Figura 10. Frecuencia de especies en el SiOr. 51
Figura 11. Clases de frecuencia del SiOr 51
Figura 12. Frecuencia de especies en el SiTa. 52
Figura 13. Clases de frecuencia del SiTa. 53
Figura 14. Dominancia de especies en el SiOr 55
Figura 15. Dominancia relativa de especies del SiOr 56
Figura 16. Dominancia de especies en el SiTa 56
Figura 17. Dominancia relativa de especies del SiTa 57
Figura 18. Índice de valor de importancia y aportes relativos de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie del SiOr. 60
Figura 19. Índice de valor de importancia y aportes relativos de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie del SiTa. 62
Figura 20. Curvas de Whittaker o de rango-abundancia 64

Figura 21. Estructura horizontal del SiOr según la clase diamétrica de sus árboles. 67
Figura 22. DAP medio (cm) de especies en el SiOr. 68
Figura 23. Estructura horizontal del SiTa según la clase diamétrica de sus árboles 69
Figura 24. DAP medio (cm) de especies en el SiTa 70
Figura 25. Aporte parcial de cada especie al área basal total del SiOr 72
Figura 26. Aporte parcial de cada especie al área basal total del SiTa 72
Figura 27. Diferencias entre especies del SiOr en cuanto a Altura Total 74
Figura 28. Porcentaje de representatividad por estrato en el SiOr 75
Figura 29. Abundancia proporcional por estrato de las especies del SiOr. 75
Figura 30. Diferencias entre especies del SiTa en cuanto a Altura Total 77
Figura 31. Porcentaje de representatividad por estrato en el SiTa 77
Figura 32. Abundancia proporcional por estrato de las especies del SiTa. 78
Figura 33. Altura según estrato del SiOr. 80
Figura 34. DAP vs. HT en el SiOr. 80
Figura 35. Altura según estrato del SiTa. 81
Figura 36. DAP vs. HT en el SiTa 82
Figura 37. Distribución de las especies de SiOr según Altitud. 84
Figura 38. Diagrama de Componentes Principales según Altitud para el SiOr. 84
Figura 39. Distribución de las especies del SiTa según Altitud 86
Figura 40. Diagrama de Componentes Principales según Altitud para el SiTa. 86
Figura 41. Comparación de sitios según altitud 88
Figura 42. Distribución de las especies de SiOr según Pendiente 90
Figura 43. Diagrama de Componentes Principales según Pendiente para el SiOr 90
Figura 44. Distribución de las especies del SiTa según Pendiente 91
Figura 45. Diagrama de Componentes Principales según Pendiente para el SiTa. 92
Figura 46. Comparación de sitios según pendiente. 93
Figura 47. Distribución de las especies de SiOr según Exposición 94
Figura 48. Diagrama de Componentes Principales según Exposición para el SiOr. 94
Figura 49. Distribución de las especies del SiTa según Exposición 95
Figura 50. Diagrama de Componentes Principales según Exposición para el SiTa. 96
Figura 51. Comparación de sitios según exposición 97

AGRADECIMIENTOS

Durante este tiempo son muchas las personas e instituciones que han participado en este trabajo, a quienes quiero expresar mi gratitud por el apoyo y la confianza que me han prestado de forma desinteresada.

A la empresa GMF Latinoamericana S.A. por brindarme los datos que con tantas horas de trabajo relevamos y a la Universidad Nacional de Salta por su formación, por que me dio las herramientas para poder elaborarlos y convertirlos en información

A mi director, Juan Manuel Cellini, por su confianza en mí, sus contribuciones, sus consejos y sus siempre serenas palabras que aplacaban mis nervios.

A Andrés Tálamo por sus respuestas a mis continuas preguntas e iluminación en esos momentos que me encontraba desorientada.

A Martín Pinazo, Facundo Bertolami y Griselda Guarino por sus siempre pertinentes opiniones y comentarios sobre el trabajo en marcha.

A Roberto Neumann por sus acertadas observaciones e ilustración constante, por compartir su conocimiento para enriquecer este trabajo y por sus correcciones.

A Boris Gastón Diaz por sus correcciones sobre el trabajo final.

A Fernando Delgado por su su paciencia y bondad al facilitarme el material acertado para la elaboración de este y tantos otros trabajos que realice a lo largo del cursado de la carrera.

A Ana María Pontussi, Juan José Sauad, Mónica Molina, Federico Coronado y a mis amigos y compañeros por darme incentivo constante para finalizar este trabajo.

A Rosario Farfán y Natalia Bruno por su cooperación y apoyo en la realización de este trabajo.

A Cristian Isaac Flores por su atención y afecto, continuamente acompañados de sus consejos.

A la familia Saavedra por su continuo apoyo y afecto, muy especialmente a Daniel Alfredo Saavedra quién a través de su compañía y contención simpre me hizo sentir protegida para hacerle frente a la vida. Gracias por crecer conmigo y caminar de mi mano durante todos estos años.

A mis padres Hugo Romano y Margarita Armada y a mis abuelos Roque Armada y Rosa Nelly Paz, por darme las bases para construir la persona que soy.

A mis hermanos Laura y Martín por facilitar mi vida y consentirme de mil maneras para que hoy pueda cerrar esta etapa de mi vida.

INTRODUCCIÓN

Los bosques cumplen un rol especial en la conservación de la diversidad biológica, ellos albergan el 70 % de especies animales y vegetales del mundo, más de 13 millones de especies diferentes. Contienen el 70 % de las especies de plantas vasculares, 30 % de especies de aves y 90 % de los invertebrados del mundo (USDA, 2005). Los bosques tropicales y subtropicales proporcionan productos maderables y no maderables siendo su investigación indispensable para lograr su manejo sostenible. Para lograr la conservación de la biodiversidad es necesario conseguir que su manejo sea económicamente rentable (Serrano Pacheco, 2003). El problema de la deforestación de los bosques tropicales es uno de los mayores problemas mundiales, existiendo una demanda de recursos forestales nativos con una disminución de la cubierta forestal. Los efectos directos o indirectos de la deforestación tienen consecuencias socioeconómicas, ambientales y ecológicas de largo alcance (Orozco Vílchez, 1991). Las medidas de conservación y desarrollo sostenible son aplicables para todos los ambientes boscosos del mundo, particularmente para los ambientes de mayor diversidad y fragilidad como las Selvas de Montañas (Rosa, 2002).

Los bosques o selvas de montaña se encuentran amenazados a nivel mundial, y la tasa de desaparición de los mismos es mayor a la de cualquier otra clase de bosque tropical (Henderson *et al.*, 1991). Estos bosques, presentan una gran variación en su perfil estructural según un gradiente altitudinal, siendo dos los parámetros generales de estructura que presentan mayor variación, la posición del dosel (altura) y la arquitectura de los árboles (Grau y Brown, 1995b).

Las regiones de selvas de montaña en Argentina son conocidas como Yungas, caracterizadas por la presencia de nubes y neblinas (MCN, 2004). Al ser una formación montañosa, la orografía determina la división en pisos de vegetación, que varía con la altitud, perdiendo el aspecto selvático de los pisos inferiores a medida que se asciende, disminuyendo también la diversidad de especies arbóreas como consecuencia de las nieblas y el cambio de clima de los pisos superiores (Tortorelli, 1956). Se ubican sobre la vertiente oriental de las cadenas montañosas de los Andes, ocurriendo en las laderas de las montañas en una franja altitudinal en donde el ambiente se caracteriza por una persistente o estacional cobertura de nubes y neblinas. Este sistema actúa como un filtro de las corrientes de circulación global, de forma tal que los bosques nublados del continente americano pueden captar e incorporar al ciclo de nutrientes local partículas originadas tan lejos como en el continente africano. Los bosques nublados se caracterizan por una gran diversidad biológica pero también por regular los importantes caudales hídricos de los ríos que atraviesan el continente (Brown *et al.*, 2005).

En la actualidad, los bosques nublados están considerados como uno de los sistemas naturales más frágiles ante la intervención humana, ya que sobre ellos están actuando con inusual fuerza los procesos de degradación por sobreutilización y conversión en sistemas agrícolas y campos de pastoreo (Brown *et al.*, 2005). En éste ecosistema, el clima y el aislamiento determinaron el patrón de composición biológica actual, el cual refleja un alto endemismo (Brown, 1995), existiendo latitudinalmente una disminución del número de especies desde el N hacia el S de los Andes (Gentry, 1988a). El número de especies

dominantes es elevado y sus interrelaciones sumamente complejas, de acuerdo con las variaciones microclimáticas y edáficas entre otros factores. De acuerdo a Cabrera (1976) las Yungas se dividen en tres distritos en función de un gradiente altitudinal:

Distrito de los Bosques Montanos: en laderas elevadas entre 1200 y 2700 msnm Su clima es más frío que el de los distritos selváticos, con precipitaciones en forma de nieve durante la estación húmeda de verano. Se diferencian cuatro comunidades, Bosques de Pino del Cerro, Bosques de Aliso, Bosques de Queñoa y Praderas Montanas. Sus árboles dominantes son: *Podocarpus parlatorei* Pilg., *Alnus acuminata* Kunth, *Cinnamomum porphyrium* (Griseb.) Kosterm. y *Polylepis australis* Bitter, encontrándose en algunos casos bosques monoespecíficos de las dos primeras especies (Cabrera, 1976).

Distrito de las Selvas Montanas: en laderas de montañas entre 550 y 1200 msnm, en su interior el ambiente es húmedo y sombrío, cubiertas permanentemente por nubes durante el verano. Constituye una selva densa donde las especies vegetales se distribuyen en cinco estratos de acuerdo a su tolerancia o exigencia de luz, los dos superiores los forman especies arbóreas como: *Nectandra pichurim* (Kunth) Mez, *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg, *Cedrela lilloi* C. DC., *Juglans australis* Griseb., *Amomyrtella güili* (Speg.) Kausel, *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand, *Amburana cearencis* (Allemão) A.C. Sm., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, *Parapiptadenia excelsa* (Griseb.) Burkart, *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl., *Prunus tucumanensis* Lillo, *Fagara coco* (Gillies ex Hook. f. & Arn.) Engl., *Celtis tala* Gillies ex Planch. y *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg.. (Cabrera, 1976).

Distrito de las Selvas de Transición: en llanuras al pie de las montañas y cerros bajos, entre 350 y 550 msnm, con precipitaciones que varían entre 700 y 1000 mm anuales. Se diferencia en dos comunidades climáticas, Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo y Selva de Tipa y Pacará. Las especies arbóreas representativas en este distrito son: *Calycophyllum multiflorum* Griseb., *Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub.), *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, *E. contortisiliquum, Anadenanthera colubrina var. cebil* (Vell.) Brenan, *P. excelsa, Myroxylon peruiferum* L. f., *Cedrela balansae* C. DC., *Astronium urundeuva var. urundeuva* (Allemão) Engl., *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. *y Chlorophora tinctoria* (Cabrera, 1976).

Paolini *et al.* (2005) presenta una variable a esta clasificación con dos tipos de bosque diferenciados también en función del gradiente altitudinal (figura 1), a) Selva Montana Baja: entre 400 y 1700 msnm Es un bosque diverso semi perenne, incorpora en uno los distritos de selvas de Cabrera (1976) y b) Selva Montana Alta: entre 1700 y 2700 msnm Es una savana con pastizales, arbustales y bosques dominados por aliso. Representa al distrito de bosque de Cabrera (1976).

El clima de esta región es subtropical monzónico y tanto precipitación como temperatura son fuertemente influenciadas por la topografía (Grau *et al*., 2003). La estación lluviosa se extiende de diciembre a marzo con un máximo en enero, este incremento estacional se acentúa al aumentar la altitud, alcanzando un máximo anual de 1500 mm entre 1100 y 1200 msnm Las precipitaciones de verano representan entre 70 y 90 % del total anual, seguidas por un invierno seco (Paolini *et al*., 2005).

Las Yungas representan un ecosistema que ocupa un 98% de la superficie de bosque natural en Jujuy, el 82% en Tucumán y el 30% en Salta (Brown y Grau, 1993), presentan

una marcada variación en sus características estructurales, tanto en un gradiente latitudinal como altitudinal, primordialmente en lo referente a riqueza específica, caracterizada por la presencia de especies tolerantes a la sequia y altas temperaturas en las partes bajas y tolerantes a altos niveles de humedad atmosférica y ocurrencias de heladas en los pisos altitudinales superiores (Brown *et al.*, 2001). Estos ecosistemas boscosos, cuentan con una estructura, composición y dinámica particular y necesaria de comprender a los fines de su manejo o gestión (Mainardi *et al*., 2005).

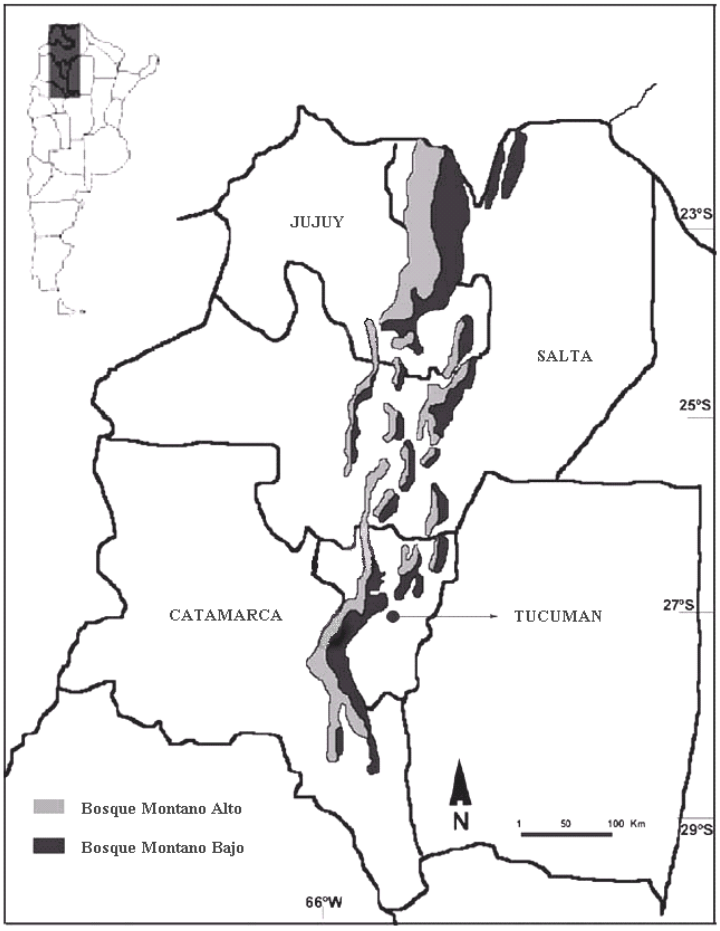

Figura 1. Ubicación de Yungas en Argentina (Fuente Paolini *et al.*, 2005)

La mayoría de las especies exclusivas de las Yungas se concentran en la Selva Pedemontana, la cual es notoriamente diferente en cuanto a composición entre sectores ubicados en los extremos N y S, en función de limitaciones climaticas principalmente (Grau y Brown, 1995). Debido a esta concentración y variedad es fundamental la determinación precisa de las especies presentes. Los estudios de composición florística y estructura de bosque, permiten realizar deducciones sobre el origen, características ecológicas, dinámica y posibles tendencias de desarrollo de una comunidad forestal, que a su vez es la base para comprender aspectos tales como el éxito de un plan de manejo (Danserau, 1951; Lamprecht, 1962). Tanto características de composición como estructura permiten relacionar la dinámica que ha experimentado un bosque con la que tendría a futuro de ser llevado a cabo un manejo sostenible (Ferrando Oyarzabal, 1998; Perez Flores,

2000; Serrano Pacheco, 2003). Una serie de estudios realizados en las selvas pedemontanas, han aportado información acerca de los cambios de estructura, diversidad y composición florística del bosque con la actividad agrícola y forestal (Manrique, 2001; Rosa, 2002; Heredia, 2004). Es debido a los valores de biodiversidad, endemismo, paisajes únicos, peligro de desertización y erosión de suelos (Chalukian, 1991), que la protección de estos bosques ha suscitado interés (Brown y Grau, 1993; Castro, 1995; Villalba, 1995; Brown *et al*., 2006).

La preservación de un paisaje tan heterógeneo como los bosques nublados, junto con la rica biodiversidad que albergan, sólo será posible si se elabora una estrategia de conservación por la cual las áreas protegidas se complementen con el manejo sustentable del espacio circundante. Esta estrategia debe buscar la forma de trabajar sobre la matriz boscosa dominante del paisaje, sobre los corredores biológicos, particularmente sobre las tierras privadas y comunales. Para ello, es central la generación de conocimiento y la capacitación técnica y científica de quienes regulan y toman las decisiones de manejo, a lo que también se debe sumar el compromiso activo del sector privado (Brown *et al.*, 2005).

Se conoce poco de la estructura y composición de las selvas pedemontanas, presentando estos bosques gran fragilidad (Ayarde, 1995; Grau y Brown, 1995b; Morales *et al*., 1995; Prado, 1995; Manrique, 2001; Rosa, 2002), analizando la historia de uso de este tipo de bosque, algunas zonas se han visto expuestas a una presión constante por las actividades antrópicas (forestal, ganadera y agrícola), fruto de la creciente colonización y ampliación de la frontera agropecuaria (Ramadori, 1995; Reboratti, 1995), magnificado este efecto negativo por disturbios naturales, como los deslizamientos en laderas, característicos de estas comunidades (Grau y Brown, 1995a). Una de las bases para emprender la descripción de la vegetación, es contar con la información adecuada de su diversidad, la cual se logra mediante inventarios que permiten orientar la panificación de la conservación y el manejo de una comunidad. Un inventario florístico brinda información sobre riqueza, rangos de distribución de especies, preferencias de hábitat y tendencia en relación a la variación macroclimática (Campbell *et al*., 1986; Berry, 1993).

La clasificación forestal basada en la composición arbórea, es la que mejor expresa las relaciones entre los distintos tipos de vegetación y el ambiente físico (Matteucci y Colma, 1982; Braun Blanquet, 1979). En términos generales las características de la vegetación se constituyen en un reflejo de los factores ambientales (clima, suelo, disponibilidad hídrica y de nutrientes), antrópicos y bióticos sobre el conjunto de las especies del lugar. Por tal motivo, la vegetación es considerada como uno de los mejores indicadores de condiciones ambientales de un área definida (Matteucci y Colma, 1982). La bibliografía describe la fuerte relación de interdependencia entre los recursos físicos, la estructura y el funcionamiento de los bosques, determinando la presencia o ausencia de ciertas especies vegetales, a su vez modificando esta presencia o ausencia la cantidad y calidad de aquellos recursos disponibles (Delgado, 1995; Castillo Urbina, 1997; Peña, 1997; Brown Salazar, 2000; Guariguata y Kattan, 2002; Gallego, 2002; Ospina, 2002).

Un ecosistema comprende la comunidad biológica junto a su medio ambiente físico, la comunidad se define como una agrupación de poblaciones de especies que se presentan juntas en el espacio y el tiempo (Begon *et al.*, 1988). Los estudios sobre estructura de la comunidad boscosa son importantes como la necesidad de realizar estudios de dinámica. En la actualidad, investigaciones que contemplen el aspecto estructural de la vegetación

surgen como necesarias para aportar al conocimiento básico y para conocer los procesos dinámicos que ocurren en una comunidad vegetal (Ayarde, 1995; Ramos Bendaña, 2003). La relevancia de los estudios de estructura y composición florística se refleja en estudios (Méndez y Sáenz, 1986; Salcedo, 1986; Orozco, 1991; Arroyo Padilla, 1995; Aguirre Calderón *et al*., 2003; Serrano Pacheco, 2003; Uslar *et al*., 2003; Hitamina *et al.*, 2004), que permiten comprender el estado ecológico y necesidades de manejo de un bosque para promover procesos y funciones naturales del ecosistema, mantener la diversidad, mejorar funciones protectoras y permitir un uso sustentable de madera y otros productos forestales. Por tales motivos, las características florísticas y estructurales de las comunidades boscosas nativas revisten importancia en la planificación del manejo y conservación de los recursos forestales. Estas se ven influenciadas por diferencias topográficas, con variaciones a lo largo de un gradiente latitudinal y altitudinal, pudiéndose determinar relaciones para realizar predicciones fisonómicas.

El análisis de gradientes, se basa en el muestreo de vegetación representativa de la composición de la comunidad y de las características ambientales en diferentes puntos del paisaje (Serrano Pacheco, 2003). Un gradiente ambiental, es un cambio cuantitativo y susceptible de medir en un rasgo físico o ambiental, en función de una variable dada (Scatena, 2001). Varios autores (Holdridge, 1967; Gentry, 1988b) expresan a través de sus estudios que tanto la diversidad como la composición son predecibles a lo largo de gradientes ambientales. Debido a que en la actualidad el 90% de la superficie original que ocupaban las áreas pedemontanas de las yungas en el NO argentino ha desaparecido (Pacheco y Brown, 2006) es de vital importancia determinar la calidad de las áreas remanentes y la variabilidad de las mismas en función de gradientes latitudinal y topográficos, por tal motivo, este estudio se enfoca en la caracterización florístico-estructural de la selva pedemontana de zonas aledañas a las ciudades de Orán y Tartagal. Se considera en la clasificación de los bosques la variación de la composición, diversidad y estructura de aquellas especies arbóreas forestales[1].

[1] Entiéndase por forestales, a aquellas especies arbóreas que por la calidad de su madera, presentan un valor de mercado, es decir que tienen importancia económica.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

HIPOTESIS

Se manifiesta una mayor diversidad de especies hacia el sector N de la Selva Pedemontana, en la Comunidad de Palo Blanco y Palo Amarillo.

OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar florística y estructuralmente dos comunidades boscosas del sector norte de la Provincia de Salta.
- Contribuir al conocimiento de la composición y estructura de las selvas de montaña.

OBJETIVO PARTICULAR

- Determinar diferencias entre dos sitios dentro del *Distrito de las Selvas de Transición* en base a su estructura y composición florística.
- Evaluar y comparar sus diferencias estructurales y florísticas.
- Analizar las relaciones entre las características topográficas, estructura y composición florística.

ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio consiste en el análisis de composición y estructura de las Selvas de Montaña de las Yungas. Especialmente del comportamiento de sus especies forestales, en función de factores topográficos y más específicamente de su variación en cuanto al gradiente latitudinal. Para tal fin se llevó a cabo el análisis de dos zonas de muestreo que se encuentran separadas aproximadamente a 150 km de distancia en línea recta y a 200 km tomando las rutas nacionales Nº 50 y Nº 34. El área de estudio general se encuentra ubicada en la zona N de la Provincia de Salta en el Distrito de la Selva Pedemontana o de Transición (SRNyDS, 1998; Brown *et al.*, 2005).

Para una mejor comprensión se describirán las características de cada zona de muestreo por separado, identificando a cada una de ellas como Sitio Orán –SiOr– (figura 2) y Sitio Tartagal –SiTa– (figura 3). Esta denominación se basa en la cercanía de las zonas de muestreo a las ciudades de San Ramón de la Nueva Orán y Tartagal, quienes se constituyen en las cabeceras de los departamentos Orán y General José de San Martín, respectivamente.

3.1. UBICACIÓN Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

3.1.1. Sitio Orán

El sitio se encuentra en el paraje Achiral, en el sector NO del departamento Orán, al N de la Provincia de Salta, entre los 23º 15’ - 23º 20’ S y los 64º 29’ - 64º 34’ O, presentando una extensión aproximada de muestreo de 3200 ha (figura 2). Se ubica 13 km al NO de la localidad de Colonia Santa Rosa, a 30 km al E del Ingenio San Martín del Tabacal y a 29 km al SO de la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán (cabecera departamental). El acceso al sitio de estudio desde la ciudad de Orán se encuentra recorriendo 34 km en dirección O por un camino vecinal que empalma con la ruta nacional Nº 50 (figura 2). Se puede acceder a la ciudad de Orán a través de las rutas provinciales Nº 5 y Nº 15, y las rutas nacionales Nº 34 y Nº 50.

3.1.2. Sitio Tartagal

El sitio se encuentra en la localidad de Tobantirenda, en el sector N del departamento General José de San Martín, al N de la Provincia de Salta, entre los 22º 05’ - 22º 12’ S y los 63º 42’ - 63º 47’ O, presentando una extensión aproximada de muestreo de 3500 ha (figura 3). Se ubica 10 km al N de la localidad de Aguaray, a 17 km al S de la localidad de Salvador Mazza, y a 42 km al N de la ciudad de Tartagal (cabecera departamental). Limita al N con el Río Itiyuro-Caraparí, al E con el Ferrocarril General Belgrano (actualmente en uso para cargas), la ruta nacional Nº 34 y la localidad de Caraparí, al S con la localidad de Capiazuti y al O con tierras fiscales. Se puede acceder al sitio de estudio por N o S desde la ruta nacional Nº 34 o por el E por la ruta provincial Nº 54.

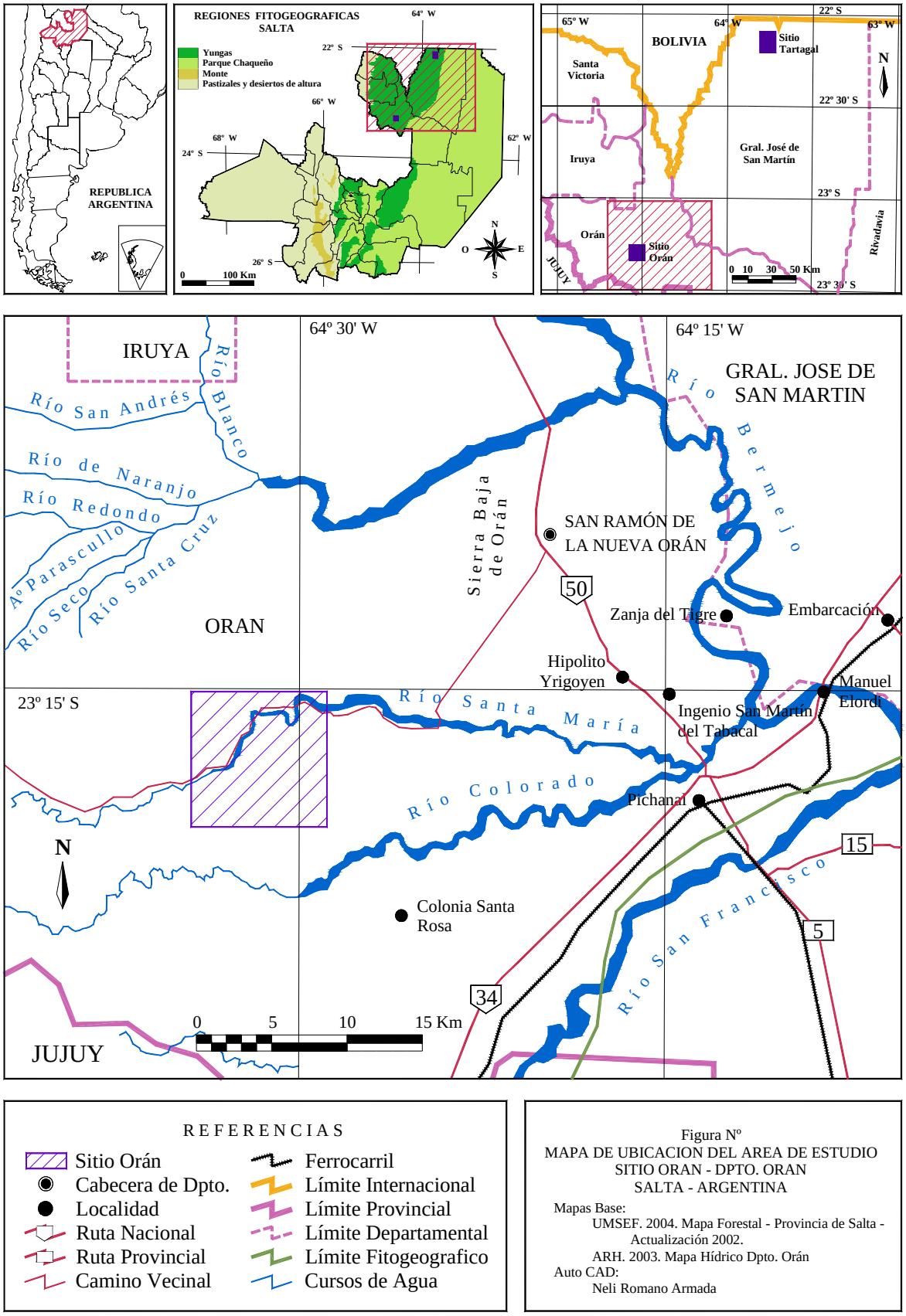

Figura 2. Ubicación del Sitio Orán (SiOr)

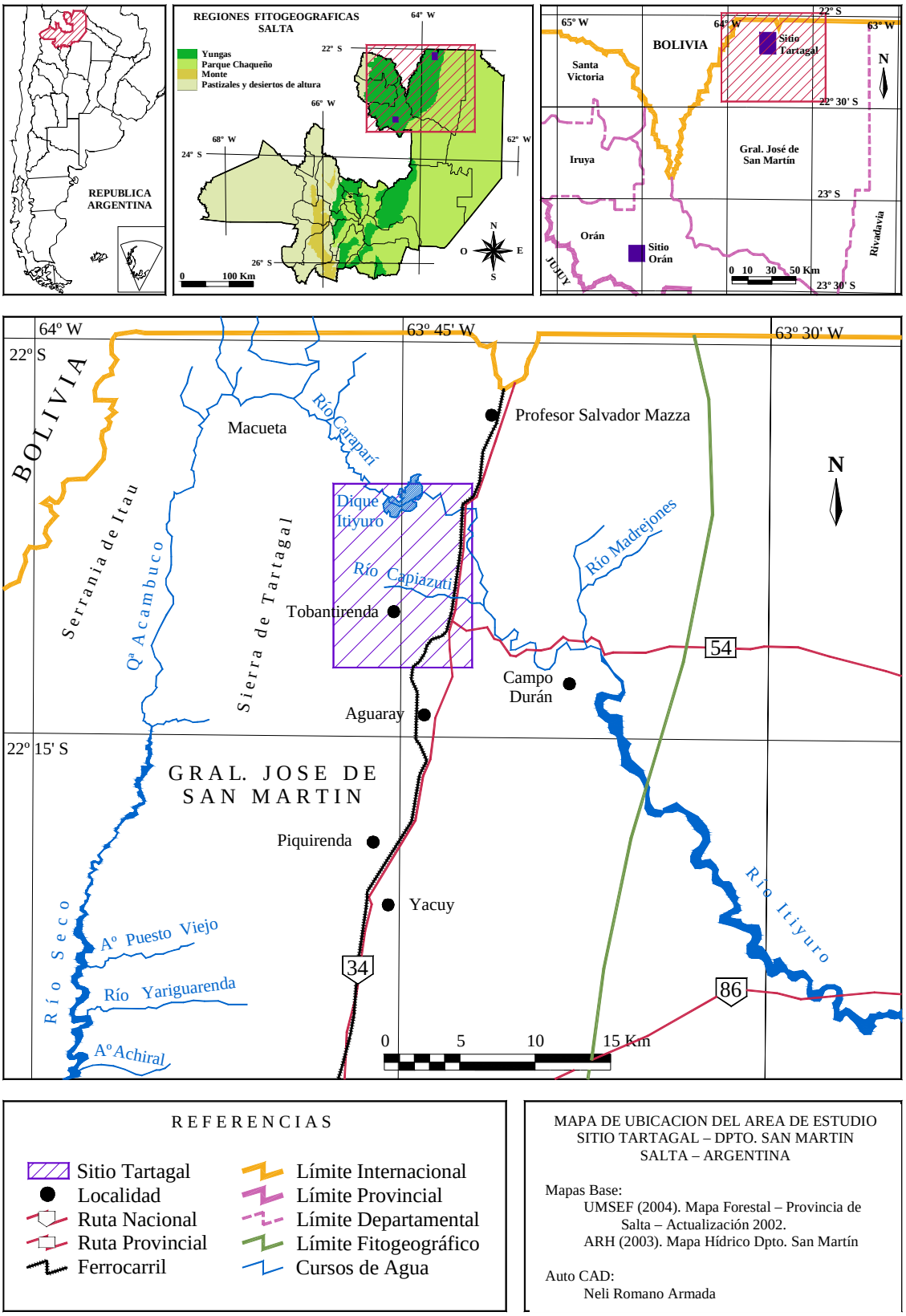

Figura 3. Ubicación del Sitio Tartagal (SiTa)

3.2. RELIEVE

Tanto el SiOr como el SiTa se encuentran en la provincia geológica de las Sierras Subandinas, las cuales corresponden a un conjunto de serranías subparalelas, de rumbo N-S, altura variable y características geológicas no muy uniformes, existentes en las provincias de Salta y Jujuy. Esas elevaciones forman parte de una faja montañosa ubicada en el borde oriental de la Cordillera de los Andes, de más de 1500 Km de largo y casi 100 Km de ancho, que desde Tucumán se extiende hacia el N a través de Bolivia y Perú. Las Sierras Subandinas ocupan una posición intermedia entre la Llanura Chaqueña y la Cordillera oriental, otras dos unidades geomorfológicas de gran magnitud, siendo sus límites con ambas transicionales. Consecuentemente con esa posición, los cordones orográficos pierden altura hacia el E, hasta convertirse en simples lomadas aisladas, muy poco elevadas sobre la llanura circundante, como son las Lomas de Icua, Campo Durán y Madrejones, de los Potrillos, Ipaguazú, y Cerro Colorado, entre otros. Constituye una zona de plegamiento complejo, cortada transversalmente por ríos antecedentes en una etapa juvenil de erosión. Las elevaciones coinciden con grandes anticlinales asimétricos, con uno de sus flancos reducido por fallas de empuje, inversas e inclinadas hacia el O o en sentido opuesto. Las depresiones son amplios sinclinales, también alargados, aprovechados por los cursos de agua secundarios para desarrollar sus cauces. La relación de primer orden entre la forma de las estructuras y el relieve es la característica principal de las Sierras Subandinas, lo que da idea de juventud, y permite distinguirla rápidamente de la Cordillera oriental, ubicada inmediatamente al O (ANC, 1980).

Respecto a la estratigrafía en las Sierras Subandinas afloran rocas precámbricas a holocenas. Las sedimentitas cretácicas y terciarias, presentes en toda la zona, apoyan sobre terrenos cada vez más antiguos a medida que se avanza hacia el S, encontrandose sobre carbónico o triásico al N del río Bermejo, sobre siluro-devónico entre los ríos Bermejo y Juramento, y sobre precámbrico o eopaleozoico más al S (Mingramm y Russo, 1972).

3.3. HIDROGRAFIA

Ambos SiOr y SiTa, pertenecen al Sistema del río Paraguay (SRRHH, 2004). La mayoría de los ríos corre en sentido O-E en dirección transversal a las serranías, recorriendo pendientes muy pronunciadas. Si bien el caudal es permanente, son marcadamente estacionales (MAB, 2004).

El agua que ingresa al sistema, proviene de las lluvias de las partes altas (a través de los ríos y arroyos), posibilitando el riego aún en la estación seca. El agua de las lluvias estivales es retenida por la cubierta vegetal y el suelo, quienes en conjunto se comportan como una esponja que drena lentamente su contenido. Sin la cubierta vegetal, la lluvia degrada y arrastra el suelo y el efecto esponja es nulo, produciéndose además aludes de materia orgánica y sedimentos. El otoño se caracteriza por las neblinas que cubren totalmente las serranías. La trama cerrada de la vegetación intercepta la neblina, haciéndola precipitar y aportando agua extra para la vegetación, este fenómeno se denomina lluvia horizontal (SAyDS, 2003). Las cuencas de la región, particularmente en los sectores de Pastizales de Neblina, se encuentran totalmente desequilibradas desde el punto de vista

hidrológico, situación que afecta a las laderas ocupadas por la Selva de Montaña y generan externalidades que afectan inclusive al Río de la Plata por la enorme cantidad de sedimentos que recibe (SAyDS, 2003).

3.3.1. Sitio Orán

Se encuentra en la subcuenca de los ríos Tarija – Bermejo (Nadir y Chafatinos, 1990b), la cual forma parte de la Cuenca del Bermejo Superior (SRRHH, 2004), también llamada Alta Cuenca del río Bermejo o Cuenca Activa (OEA, 1974), que se halla situada en el extremo NO de Argentina y extremo SSE de Bolivia. El río Santa María atraviesa el sitio de estudio con una dirección SO – NE, el mismo luego se une con el río Colorado para desembocar de manera conjunta en el río Bermejo (figura 2). Por la naturaleza quebrada del relieve, en el área de muestreo se presentan gran cantidad de pequeñas quebradas y arroyos, afluentes del río Santa María.

En cuanto a la Subcuenca Tarija – Bermejo, el río Tarija tiene su origen en territorio boliviano, en los ríos Chamata, Vermillo, Trancas y otros que nacen a unos 50 km al NO de la ciudad de Tarija, en la falda oriental de la serranía de Sama, a 3400 m de altitud. Confluye con el río Itaú y se denomina río Grande de Tarija, hasta la Junta de San Antonio, donde se une al río Bermejo, el único afluente que se destaca es el de la Quebrada de San Telmo. Este tramo, al igual que el recorrido inferior del río Itaú, constituye la frontera con la República de Bolivia (OEA, 1974). Desde la Junta de San Antonio, el Bermejo corre con dirección NO - SE hasta la Junta de San Francisco y recibe todos los afluentes por su margen derecha, entre éstos el más caudaloso es el río Pescado, que nace en las sierras de Santa Victoria a 4000 m y cuyo afluente principal, el río Iruya, se destaca por la importancia de su caudal sólido. Otros afluentes en esta margen son los ríos Blanco o Zenta y el Santa María – Colorado (OEA, 1974).

3.3.2. Sitio Tartagal

Ubicado dentro de la cuenca del río Itiyuro o Caraparí (Nadir y Chafatinos, 1990b), perteneciente al tramo argentino de la cuenca del río Pilcomayo (SRRHH, 2004), el SiTa es atravesado por el río Itiyuro en su sector NE y por el río Capiazuti en su parte media de O a E. Cabe destacar también la presencia del embalse Itiyuro en el sector N del sitio (figura 3). La cuenca del río Itiyuro es sensiblemente alargada, naciendo a más de mil metros de altitud en las serranías de Aguaragüe en Bolivia. La superficie de la cuenca hasta el actual emplazamiento del dique de embalse es de 1500 km^2. Pero sumándole la cuenca del arroyo Icua es de 2.250 km^2 (Municipalidad de Aguaray, 2007). El embalse del río Itiyuro fue construido para abastecer de agua potable a las localidades de Aguaray, Pocitos, Tartagal y parajes o asentamientos humanos intermedios, también para proveer de agua industrial a Campo Durán. Actualmente su nivel y servicio es muy reducido, debido al relleno por causa de sedimentos y materia orgánica (Municipalidad de Aguaray, 2007).

3.4. SUELOS

Según el mapa de aptitud del suelo para la agricultura y uso de recursos naturales del Atlas Argentino (Naumann y Madariaga, 2003), el área en general posee limitadas posibilidades de uso agrícola. Esto se debe principalmente a las características de los suelos (en muchos casos superficiales, con impedimentos muy graves a no corregibles, como por ejemplo subsuelos rocosos) y a la pendiente (que debería constituir una limitante al reemplazo de la vegetación boscosa por otras actividades como la agrícola). En cuanto a la erosión hídrica y eólica potencial, la situación actual de los suelos en los sectores colinados de la zona (piedemonte) es grave ya que se han transformado en su mayoría, en terrenos agrícolas, que junto al sobrepastoreo generan procesos de erosión laminar. Los piedemontes sufren el impacto de los desequilibrios hidrológicos de la zona alta (Pastizales Altoandinos y de Neblina), que provocan inundaciones y aluviones a sectores poblados y obras públicas. En la Selva Montana, la construcción de vías de saca de los aprovechamientos forestales, sin los necesarios recaudos técnicos provoca deslizamientos localizados, sumado a esto el sobrepastoreo, afecta con mayor intensidad las laderas, produciendo erosión laminar y cárcavas en las sendas de tránsito de ganado (SAyDS, 2005).

3.4.1. Sitio Orán

Se presentan en el sitio dos asociaciones de suelo (figura 4), la asociación El Candado (Eca) de mayor extensión, como una matriz que envuelve a la asociación Bermejo (Be) (Nadir y Chafatinos, 1990b). La asociación Bermejo se encuentra en la zona NO del área de muestreo, bordeando al río Santa Maria (figura 4). La conforman los suelos Bermejo (Be), Zenta (Zn) y San Andrés, siendo el Be el suelo dominante[2] (Nadir y Chafatinos, 1990b). Según Nadir y Chafatinos (1990b) el material original de la asociación esta compuesto por depósitos aluviales derivados de rocas del terciario: areniscas, limolitas, arcilitas y en menor proporción de rocas del Ordovícico, Cámbrico, Precámbrico, etc.

El suelo Be se encuentra fuertemente desarrollado (perfil A1, A2, B2, B3, C). Tiene una textura medianamente gruesa en superficie (FA) a medianamente fina en profundidad (FaA). En cuanto al drenaje esta clasificado como moderadamente bien drenado. El perfil va de moderada a fuertemente ácido con un pH que varia entre 6,0 y 5,1. El contenido de materia orgánica es moderadamente alto y se ve representado en el horizonte A1 con un 2,61 % de contenido de carbono orgánico. La capacidad de intercambio catiónico en superficie es media a baja (de 10,90 a 3,98 meq/100g), haciéndose moderadamente alta en profundidad (16,08 meq/100g). La pérdida de suelo varía entre 5 a 10 cm/Ha/año, constituyéndose en una erosión moderada (Nadir y Chafatinos, 1990b y Nadir y Chafatinos, 1995).

[2] Solamente se encuentra caracterizado el suelo Be en la bibliografía citada.

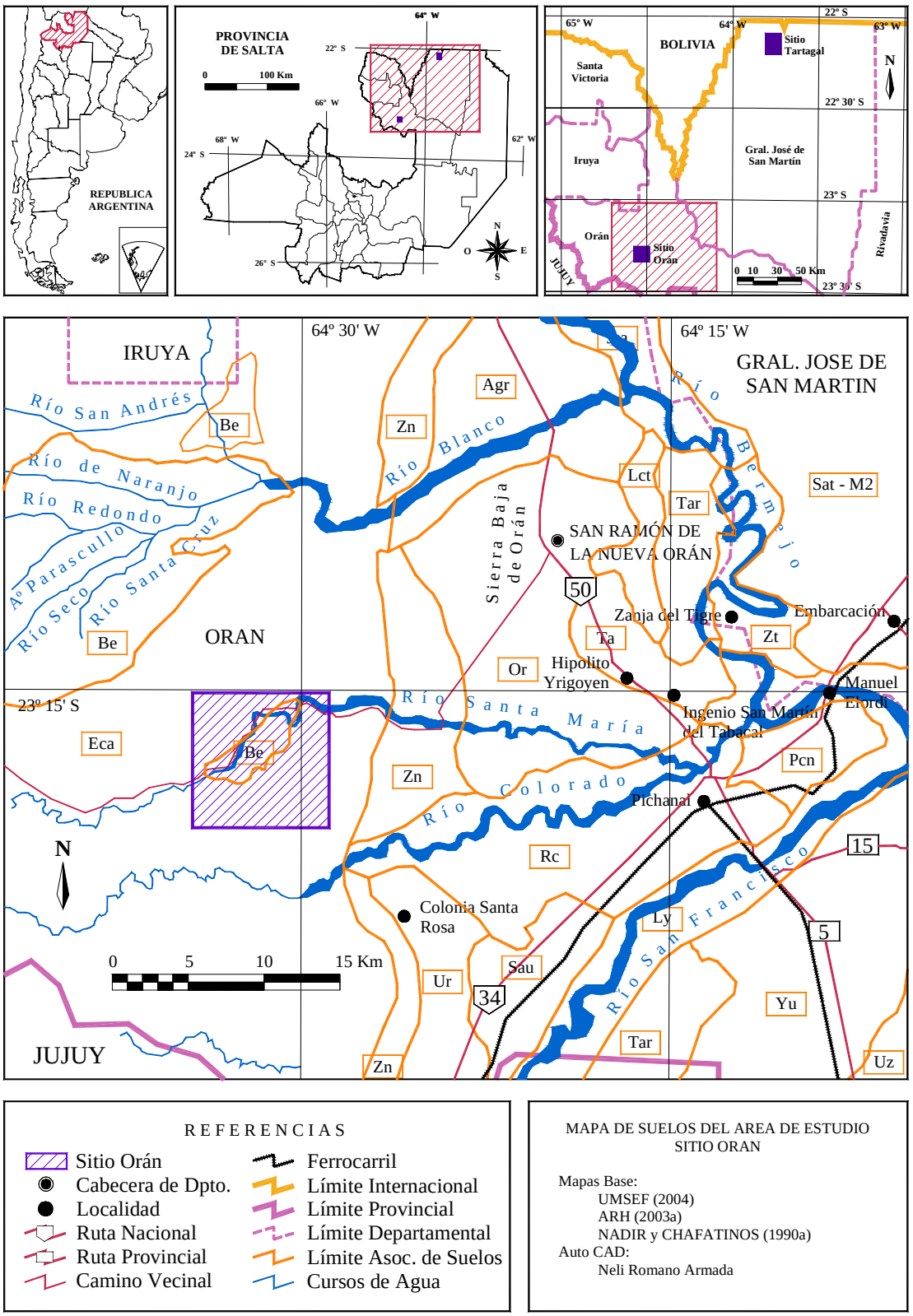

Figura 4. Asociaciones de suelos presentes en el SiOr.

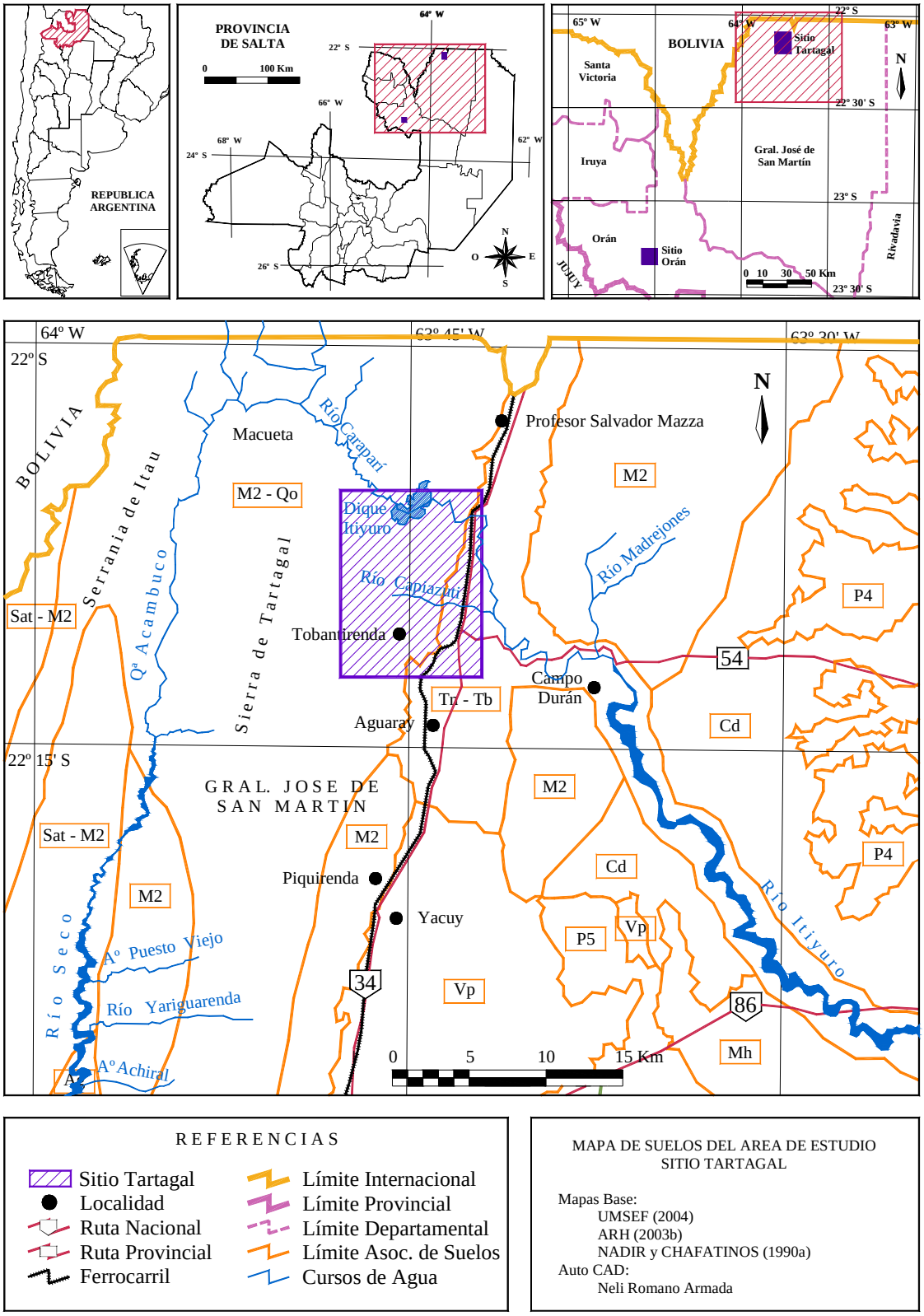

Figura 5. Asociaciones de suelos presentes en el SiTa.

Los suelos que conforman la asociación están clasificados como clase c, grupo de la tierra C en cuanto a aptitud agrícola, por lo tanto se presentan como aptos para la agricultura aunque con limitaciones moderadas a algo severas. Las mismas van desde riesgo a la erosión actual moderado, impedimento por drenaje moderado, anegabilidad poco frecuente, salinidad y/o sodicidad moderada a fuerte y una profundidad efectiva de hasta 70 cm. Debido a estas limitaciones estos suelos se constituyen en suelos de tercer orden para el desarrollo agrícola, las prácticas de manejo deben ser especiales y aplicadas en tratamientos constantes e intensivos, exigiendo una implementación obligada de tratamientos estructurales, a veces de tipo zonal como ser desagües, drenajes, etc. Es de esperar respuestas positivas frente a inversiones que superan significativamente el costo común de todo programa de desarrollo agrícola (Nadir y Chafatinos, 1990a).

La asociación El Candado se encuentra ampliamente distribuida en la zona SE del sitio, cubriendo la mayor parte del área de muestreo (figura 4). La conforman los suelos El Candado (Eca), Porongal (Pr) y Las Pavas (Lpv), siendo el Eca el suelo dominante[3] (Nadir y Chafatinos, 1990b). Según Nadir y Chafatinos (1990b) el material original de la asociación esta compuesto por depósitos residuales derivados de rocas del terciario: areniscas, limolitas, arcilitas y conglomerados. El suelo Eca presenta un desarrollo débil (perfil A, AC, C). Tiene una textura media en superficie (F) a gruesa en profundidad (A). En cuanto al drenaje esta clasificado como bien a algo excesivamente drenado. El perfil es moderadamente ácido con un pH que varia entre 6,1 y 6,3. La pérdida de suelo varía entre 5 a 10 cm./ha/año, constituyéndose en una erosión moderada (Nadir y Chafatinos, 1990b y Nadir y Chafatinos, 1995). Los suelos que conforman la asociación están clasificados como clase d, grupo de la tierra D en cuanto a aptitud agrícola, por lo tanto se presentan como no aptos para la agricultura debido a las severas limitaciones que estos suelos presentan para el cultivo. Las mismas van desde riesgo a la erosión fuerte, erosión actual fuerte, impedimento por drenaje fuerte, anegabilidad frecuente, salinidad y/o sodicidad fuerte y una profundidad efectiva de hasta 40 cm. Debido a estas limitaciones estos suelos se constituyen en áreas que en general solo admiten una planificación pecuaria y forestal (Nadir y Chafatinos, 1990a).

3.4.2. Sitio Tartagal

Se presentan en el sitio dos asociaciones de suelo (figura 5), la asociación Madrejones 2 – Quijarro (M2 - Qo) de mayor extensión cubriendo casi la totalidad del sitio en su sector O, y la asociación Tonono – Tobantirenda (Tn - Tb) en el sector SE del sitio (Nadir y Chafatinos, 1990). La asociación Madrejones 2 – Quijarro esta conformada por los suelos Madrejones 2 (M2), Quijarro (Qo) e Itiyuro (It), presentándose los suelos M2 y Qo como dominantes (Nadir y Chafatinos, 1990b). Según Nadir y Chafatinos (1990b) el material original de la asociación esta compuesto por depósitos residuales derivados de rocas del terciario: areniscas, limolitas, arcilitas, conglomerados y eventualmente de rocas del paleozoico inferior.

El suelo M2 se encuentra moderadamente desarrollado (perfil A, B2, C). Tiene una textura media en superficie (F) a fina en profundidad (a). En cuanto al drenaje esta

[3] Solo se encuentra descripto el suelo Eca en la bibliografía citada

clasificado como bien a muy pobremente drenado. El perfil va de neutro a moderadamente alcalino con un pH que varia entre 6,6 a 8,3. El contenido de materia orgánica es alto y se ve representado en el horizonte A1 con un 3,96 % de contenido de carbono orgánico. La capacidad de intercambio catiónico es alta, varia de 26,02 a 31,40 meq/100g. La erosión es moderada, ya que presenta valores de pérdida de suelo entre 5 a 10 cm/ha/año (Nadir y Chafatinos, 1990b y Nadir y Chafatinos, 1995). El suelo Qo se encuentra en desarrollo incipiente (perfil A, C). Tiene una textura medianamente gruesa en superficie (FA) a gruesa en profundidad (A). En cuanto al drenaje esta clasificado como algo excesiva a excesivamente drenado. La pérdida de suelo varía entre 5 a 10 cm/ha/año, constituyéndose en una erosión moderada (Nadir y Chafatinos, 1990b y Nadir y Chafatinos, 1995).

Los suelos que conforman la asociación están clasificados como clase e, grupo de la tierra E en cuanto a aptitud agrícola, por lo tanto resultan no aptos para la agricultura por presentar muy severas limitaciones a la misma. Estas están establecidas en función de relieve pronunciado, drenaje defectuoso, erosión alta, anegamiento frecuente, profundidad efectiva afectada por problemas de pedregosidad, freática, sales, sodio, etc. Debido a sus limitaciones estos suelos quedan excluidos de los programas de desarrollo, mejoramiento y recuperación. Los tratamientos están supeditados al uso que se les pueda dar y a la real necesidad local de extender la agricultura (Nadir y Chafatinos, 1990a).

La asociación Tonono - Tobantirenda esta conformada por los suelos Tonono (Tn), Tobantirenda (Tb), Caraparí (Cpa) y Capiazuti (Czt), siendo los suelos Tn y Tb dominantes (Nadir y Chafatinos, 1990b). Según Nadir y Chafatinos (1990b) el material original de la asociación esta compuesto por derivados de rocas terciarias: areniscas, limolitas, arcilitas y de rocas paleozoicas: lutitas, areniscas de grano fino, ortocuarcitas y diamictitas. El suelo Tn presenta un desarrollo incipiente (perfil A, C). Tiene una textura media en superficie (FL) a gruesa en profundidad (A). El perfil es neutro a moderadamente alcalino con un pH que varia entre 6,8 y 7,7. El contenido de materia orgánica es bajo y se ve representado en el horizonte A1 con un 0,94 % de contenido de carbono orgánico. La capacidad de intercambio catiónico es media en superficie (de 7,63 meq/100g), haciéndose baja en profundidad (3,92 meq/100g) (Nadir y Chafatinos, 1990b y Nadir y Chafatinos, 1995). El suelo Tb presenta un desarrollo incipiente (perfil A, C). Tiene una textura media en superficie (FA) y gruesa en profundidad (A). En cuanto al drenaje esta clasificado como moderadamente bien drenado a excesivamente drenado. El perfil es neutro con un pH que varia entre 6,6 y 6,8. El contenido de materia orgánica es bajo y se ve representado en el horizonte A1 con un 0,8 % de contenido de carbono orgánico. La capacidad de intercambio catiónico en superficie es media a baja (de 5,53 a 2,7 meq/100g). El porcentaje de saturación de bases es alto con escasa presencia de carbonatos. La pérdida de suelo es menor a 5 cm./ha/año, constituyéndose en una erosión ligera (Nadir y Chafatinos, 1990b y Nadir y Chafatinos, 1995).

Los suelos que conforman la asociación están clasificados como clase c, grupo de la tierra C en cuanto a aptitud agrícola, por lo tanto se presentan como aptos para la agricultura aunque con limitaciones moderadas a algo severas, las mismas fueron descriptas anteriormente para la asociación Be (Nadir y Chafatinos, 1990a).

3.5. CLIMA

En general el clima es cálido y húmedo, con lluvias principalmente estivales y heladas durante el invierno. Las montañas interceptan las masas húmedas provenientes del Atlántico produciéndose condensaciones y precipitaciones importantes en los meses del verano. Se producen heladas en todo el territorio y en las zonas más elevadas nieva. Los sistemas orográficos locales producen variaciones en las precipitaciones y los gradientes altitudinales modifican las temperaturas medias, máximas, mínimas y la frecuencia de heladas (SRNyDS, 1998).

Con relación a la temperatura, a medida que se avanza en latitud, los extremos mínimos son más pronunciados y es mayor la frecuencia de heladas (SRNyDS, 1998). Las condiciones climáticas de lluvia, temperatura y humedad varían notablemente con las diferencias en latitud, altitud y topografía, incidiendo también la orientación de los faldeos. Así, en los valles y zonas bajas el clima es más cálido y menos lluvioso, aunque las heladas son más frecuentes. En las laderas, la amplitud térmica es menos marcada y las lluvias más abundantes, decreciendo a medida que se asciende (SAyDS, 2005). El otoño se caracteriza por las neblinas que cubren totalmente las serranías. El ingreso de agua al sistema no sólo es a través de la lluvia vertical, sino que existe un importante aporte de agua denominada lluvia horizontal, producida por la condensación de neblina. Este fenómeno permite altos niveles de humedad en el aire y en el suelo, incluso en el invierno que es la época más seca.

Para la caracterización climática de los sitios se tomaron como referentes los datos de temperatura y precipitación de las localidades Colonia Santa Rosa (Chacra Experimental Santa Rosa) y Tobantirenda, por ser los más próximos a los SiOr y SiTa respectivamente. En la tabla 1 se pueden apreciar los valores representativos de cada localidad.

Tabla 1. Comparación climática entre sitios (Bianchi y Yañez, 1992 y Bianchi, 1996)

Localidad	Altitud	Latitud	Longitud	Temperatura media mensual			Precipitación media mensual		
				anual	Min	max	anual	min	max
Sitio Orán	671	23º 18’ S	64º 31’ O	-	-	-	-	-	-
Colonia Santa Rosa	540	23º 23’ S	64º 28’ O	19,7	13,6	24,5	1073	7	214
Sitio Tartagal	586	22º 09’ S	63º 44’ O	-	-	-	-	-	-
Tobantirenda	529	22º 10’ S	63º 44’ O	20,3	14,5	24,8	941	3	186

3.5.1. Sitio Orán

El área general en que se encuentra emplazado el sitio corresponde a un clima Cálido Tropical Serrano, con temperaturas medias de 27 – 28 ºC en Diciembre - Enero y 14 – 15 ºC en Julio, variando sus precipitaciones entre 700 a 1200 mm anuales (Nadir y Chafatinos, 1990a y Nadir y Chafatinos, 1990b). En la localidad Colonia Santa Rosa (Chacra Experimental Santa Rosa), según Bianchi (1996) las temperaturas medias estimadas son de 19,7 ºC anuales con una máxima de 24,5 ºC en el mes de Enero y una mínima de 13,6 ºC en el mes de Julio. La precipitación anual media es de 1073 mm,

registrándose Enero como el mes más lluvioso con una media mensual de 214 mm y Julio como el mes más seco con una media mensual de 7 mm (Bianchi y Yañez, 1992). Para esta localidad se determinó el tipo climático según la clasificación climática de Thornthwaite (Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, 1999), siendo la misma C_2 B_4 r a'. De acuerdo a esto, esta zona presenta un clima sub-húmedo húmedo mesotermal (templado) con una pequeña deficiencia de agua a un exceso de agua nulo y una eficiencia térmica en la época estival de 33 %.

En la figura 6a se observa que el balance hídrico de la localidad es negativo, ya que el déficit de agua no es cubierto por su exceso en la estación seca. Las precipitaciones que oscilan entre 762 y 1193 mm anuales son marcadamente estacionales (figura 6b), concentrandose los valores mas altos entre los meses de diciembre a Marzo y los mas bajos de mayo a septiembre, con un 88 % del total caído durante los meses de Noviembre a Abril, presentándose años de precipitaciones extraordinarias de 1685 mm (año 1977) y 1679 mm (año1991) (Bianchi y Yañez, 1992). En este sitio, el verano térmico ocurre entre los meses de octubre a marzo, adelantándose dos meses al verano astronómico, con ausencia total de invierno térmico.

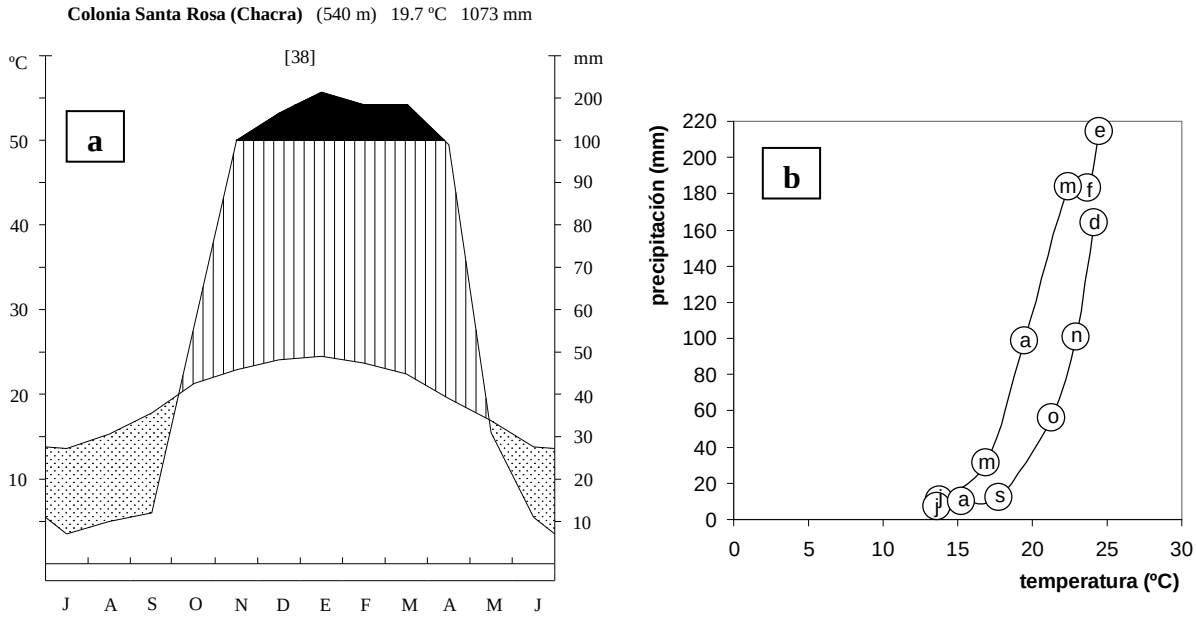

Figura 6. Clima del SiOr. Estación Meteorológica Colonia Santa Rosa (Chacra Experimental Santa Rosa). **a.** Climograma, **b.** Diagrama Climático de temperatura vs. precipitación, en los circulos se encuentran representados los meses del año según su valor medio mensual de temperatura y precipitación. (Fuente de datos: Bianchi y Yañez 1992, Bianchi, 1996)

3.5.2. Sitio Tartagal

Al área general de emplazamiento del sitio, corresponde el clima Calido Tropical Serrano, con temperaturas medias de 27 – 28 ºC en Diciembre - Enero y 13 – 16 ºC en Julio, con precipitaciones que varían de 800 a 1000 mm anuales (Nadir y Chafatinos,

1990a y Nadir y Chafatinos, 1990b). En la localidad Tobantirenda, según Bianchi (1996), las temperaturas medias estimadas son de 20,3 ºC anuales con una máxima de 24,8 ºC en el mes de Enero y una mínima de 14,5 ºC en el mes de Julio. La precipitación anual media es de 941 mm, registrándose Enero como el mes más lluvioso con 186 mm mensuales medios y Agosto como el mes más seco con 3 mm mensuales medios (Bianchi y Yañez, 1992). Para esta localidad se determinó el tipo climático C_1 B_4 d a', según la clasificación climática de Thornthwaite (Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, 1999). De acuerdo a este, esta zona presenta un clima sub-húmedo seco mesotermal (templado) con un exceso de agua nulo y una eficiencia térmica en la época estival de 34 %.

El balance hídrico de la localidad es negativo (figura 7a), el déficit de agua en la estación seca no llega a ser compensado por la recarga. Las precipitaciones marcadamente estacionales oscilan entre 595 y 1080 mm anuales, con un 90 % del total caído durante los meses de Noviembre a Abril, concentrándose los meses de mayores precipitaciones entre diciembre y marzo y los de valores mas bajos entre mayo y septiembre (figura 7b) (Bianchi y Yañez, 1992). Es importante destacar que se presentaron años con valores de precipitación extraordinarios tales como, mínimas de 291 mm (año 1956) y 421 (año 1964) y máximas de 1528 mm (año 1960) y 1432 mm (año 1951). De acuerdo a los datos de temperatura (Bianchi, 1996), este es un sitio sin invierno térmico, con un verano térmico que se adelanta dos meses y finaliza un mes después que al verano astronómico, ya que se inicia en octubre y finaliza en abril (figura 7b).

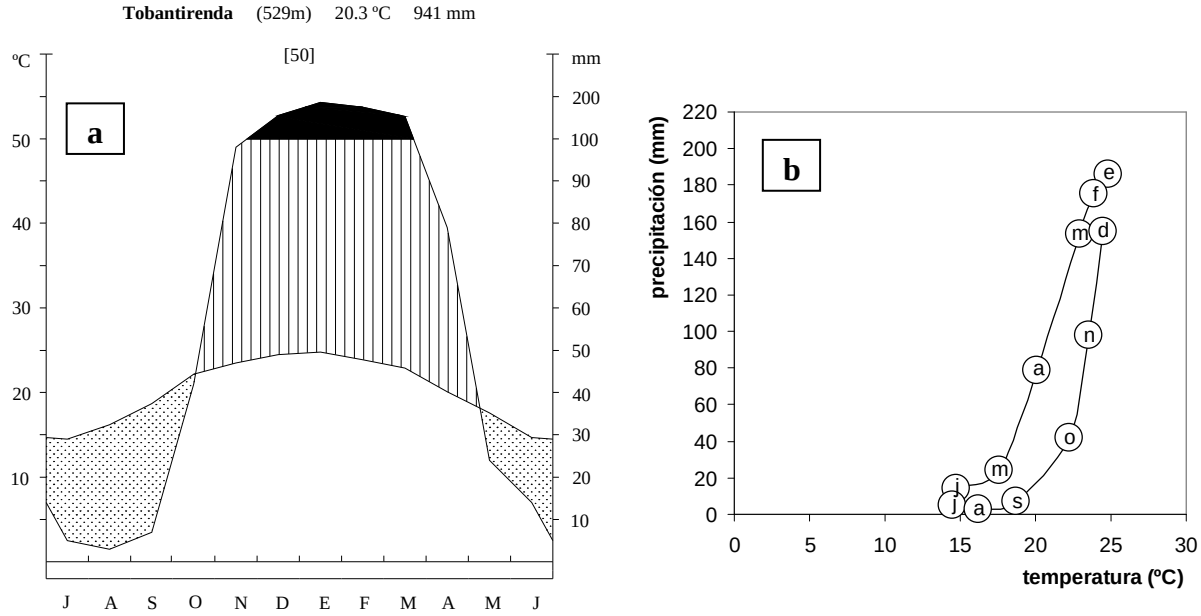

Figura 7. Clima del SiTa. Estación Meteorológica Tobantirenda. **a.** Climograma, **b.** Diagrama Climático de temperatura vs. precipitación, en los circulos se encuentran representados los meses del año según su valor medio mensual de temperatura y precipitación. (Fuente de datos: Bianchi y Yañez 1992, Bianchi, 1996)

3.6. VEGETACIÓN

Según la clasificación tradicional de Cabrera (1976), la Provincia Fitogeográfica de las Yungas, se subdivide en tres distritos: Selvas de Transición, Selvas Montanas y Bosques Montanos; estos últimos incluyen también a las praderas montanas. En el Estudio Integral de la Selva Tucumano Boliviana (SRNyDS, 1998) se propone una nueva subdivisión, rejerarquizando a las praderas montanas y denominándolos Pastizales de Neblina e incluyendo al Pastizal Altoandino, tradicionalmente clasificado por Cabrera (1976) como la Provincia Altoandina del Dominio Andino-Patagónico. Esta clasificación incluye a todos los pisos altitudinales, tanto los boscosos como los no boscosos, ya que todos ellos funcionan como sistemas interrelacionados, y considera a la denominada Selva de Transición como Selva Pedemontana. La selva de transición o pedemontana abarca desde el límite con la Provincia Chaqueña, hasta los 800 m de altitud aproximadamente, ocupando también las Sierras Subandinas bajas y los conos aluviales que forman los ríos principales y los afluentes menores de éstos, los cuales se abren en amplios abanicos al salir del encajonamiento del área serrana. Autores como Cabrera (1976) dividen la selva de piedemonte en dos sectores, diferenciando dos comunidades climáticas, la Selva de Tipa y Pacará en el sector sur (centro y S de Salta y N de Tucumán) prácticamente arrasada por la actividad agrícola y la Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo en el sector norte (E de Jujuy y N de Salta), siendo esta última la de mayor importancia para este estudio, por encontrarse los sitios muestreados en la región N de la provincia de Salta.

La Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo, está constituida por árboles de 20 a 30 metros de altura, con troncos rectos de cerca de un metro de diámetro y corteza blanquecina o parda. Las principales especies arbóreas que se encuentran en este ambiente son [4]:

- Árboles dominantes: palo amarillo (*Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub.), palo blanco (*Calycophyllum multiflorum* Griseb.), lanza blanca (*Patagonula americana* L.), cebil (*Anadenanthera colubrina var. cebil* (Vell.) Brenan), horco cebil (*Parapiptadenia excelsa* (Griseb.) Burkart), tipa blanca (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze), quina (*Myroxylon peruiferum* L. f.), cedro Orán (*Cedrela balansae* C. DC.), urundel (*Astronium urundeuva var. urundeuva* (Allemão) Engl.), lapacho rosado (*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl.), mora amarilla (*Maclura tinctoria* (L.) Steud.) (Cabrera, 1976).

- Árboles secundarios: timbó (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), roble salteño (*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm.), lanza amarilla (*Terminalia triflora* (Griseb.) Lillo), palo borracho (*Ceiba chodatti* (Hassl.) Ravenna), quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassl.) Burkart), espino blanco (*Acacia albicorticata* Burkart), carnaval (*Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby), tatané

[4] Nombres científicos actualizados, según Catálogo online de Plantas Vasculares de la República Argentina del Instituto Botánico Darwinion (2007)

(*Chloroleucon tenuiflorum* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes), espina corona (*Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub.), virarú (*Ruprechtia laxiflora* Meisn.), afata (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.), manzano del campo (*Ruprechtia apetala* Wedd.), tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul.), zapallo caspi (*Pisonia zapallo var. zapallo* Griseb.) (Cabrera, 1976).

- Especies acompañantes de porte arbóreo: nogal (*Juglans australis* Griseb.), sauce criollo (*Salix humboldtiana* Willd.), tarco (*Jacaranda mimosifolia* D. Don), tipa amarilla (*Cascaronia astragalina* Griseb.), laurel de la falda (*Cinnamomum porphyrium* (Griseb.) Kosterm.), palo bobo (*Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav.), chalchal (*Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.), maría preta (*Diatenopteryx sorbifolia* Radlk.), palo barroso (*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg), aguay (*Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl.), ceibo (*Erythrina dominguezii* Hassl.), maroma (*Ficus maroma* A. Cast.), palo San Antonio (*Myrsine laetevirens* (Mez) Arechav.), laurel blanco (*Nectandra angusta* Rohwer), naranjillo (*Zanthoxylum petiolare* A. St.-Hill. & Tul.) y tusca (*Acacia aromo* Gillies ex Hook. & Arn.). Se observa además un gran número de especies epifitas, trepadoras, lianas y apoyantes que dan a esta comunidad su carácter selvático y la diferencian de los bosques tropófilos de la Provincia Chaqueña (Cabrera, 1976; SAyDS, 2005).

Se reconocen dos fases, una húmeda con precipitaciones que oscilan entre los 900 a 1.500 mm y otra seca o de transición hacia el Chaco con precipitaciones entre los 700 y 900 mm (SAyDS, 2005).

En las zonas de transición con el Parque Chaqueño, las precipitaciones son menores de 900 mm, la vegetación es de porte algo menor y los suelos tienen poca pendiente. Se observan especies leñosas típicamente chaqueñas como: quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl.), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco* Schltdl.), guayacán (*Caesalpinia paraguarienses* (D. Parodi) Burkart), algarrobo blanco y negro (*Prosopis alba* Griseb. *y P. nigra* (Griseb.) Hieron.), sacha membrillo (*Capparis tweediana* Eichler) y sacha limón (*Capparis speciosa* Griseb.). El disturbio más frecuente son los incendios (SAyDS, 2005). Actualmente el estrato arbóreo está empobrecido en especies de valor maderero debido a las sucesivas extracciones. Las existencias de especies como *C. balansae*, *A. cearensis*, *C. trichotoma*, *J. australis* y *T. tipu*, son muy reducidas. La regeneración es afectada por el ramoneo de la hacienda y el sobrepastoreo ha eliminado las especies forrajeras herbáceas. La tendencia es hacia la alteración de la composición florística. Los desmontes tradicionales, mediante el rozado y quema del residuo para habilitar tierras de cultivo, han comenzado a crear importantes claros sin vegetación. El desarrollo de cultivos industriales, frutihortícolas y hortalizas de primicia ha significado

posiblemente la eliminación del 70-80 % de la superficie boscosa original, y ha favorecido el asentamiento de importantes centros urbanos en base a la economía agrícola (SAyDS, 2005).

3.7. FAUNA

De acuerdo a lo establecido en cuanto a la vegetación, es propio afirmar que los sitios se encuentran ubicados en la Provincia Fitogeográficas de las Yungas, perteneciente al Dominio Amazónico, más precisamente en el Distrito de las Selvas de Transición (Cabrera, 1976) o también llamado de las Selvas Pedemontanas (SRNyDS, 1998; Brown *et al.*, 2005), las cuales albergan una enorme diversidad de especies (Cabrera, 1976). En las yungas están representadas 120 especies de mamíferos y ocho de las diez especies de félidos neotropicales. Como mamíferos exclusivos de las Yungas cabe mencionar la ardilla (*Sciurus ignitus*), el agutí (*Dasyprocta punctata*), el cuis serrano (*Cavia tschudi*) y la taruca (*Hippocamelus antisensis*). Una de las especies más emblemáticas de la región es el yaguareté (*Pantera onca*), que originalmente se distribuía desde el S de los Estados Unidos hasta el N de la Patagonia argentina y que hoy encuentra aquí el último refugio para su supervivencia (Red Yaguareté, 2005). Esta especie ha sido cazada por los pobladores locales por considerarla una amenaza para el ganado. Para su protección, en el año 2001 fue declarada Monumento Natural Nacional por la Ley Nº 22.351 de Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales (APN-SIB, 2005). Suelen cazarse además para consumo, otras especies de mamíferos como el anta o tapir (*Tapirus terrestris*), el pecarí rosillo (*Tayassu tajacu*), el pecarí labiado (*Tayassu albirostris*), el agutí (*D. punctata*), la corzuela roja (*Mazama americana sarae*), la corzuela parda (*Mazama simplicornis*), la mulita (*Dasypus mazzai*), la taruca; y para la venta de su piel, a los gatos del monte (*Oncifelis geoffroi* y *Felis yaguaroundi*) y los zorros (*Cerdocyon thous*, *Dusicyon gimnocercus* y *D. culpaeus*). El tapir es otra de las especies en estado vulnerable, aunque cabe mencionar que es abundante en el Parque Nacional Baritú (SAyDS, 2005).

Se estima que hay más de 500 especies de aves en toda la región. Las más abundantes son las pavas del monte común y alisera (*Penelope obscura y P. dabbenei*), loro alisero (*Amazona tucumana*) de gran importancia biológica por dispersar las semillas de aliso, árbol nativo de los Bosques Montanos, el Surucuá o aurora (*Trogon curucui*), el burgo (*Momotus momota*), el tucán (*Rhamphastos toco*), y aves asociadas a los ríos de montaña como el mirlo de agua (*Cinclus schulzi*). Muchas de las especies de aves se trasladan a través de los pisos altitudinales y a otras regiones forestales, como por ejemplo, al Parque Chaqueño (SAyDS, 2005).

Algunos reptiles que forman parte de este ecosistema son lagartos del género *Tupinambis*, la boa arco iris (*Epricates sp.*), y varias especies de serpientes. Tres tipos de serpientes venenosas como la coral (*Micrurus pyrrhocryptus*), la yarará de la cruz (*Bothrops alternatus*), y la de cascabel (*Crotalus durissus*), entre otras, son importantes depredadoras de insectos, arañas y roedores. Muchos de los reptiles existentes se encuentran seriamente amenazados por la caza desmedida para la venta de sus cueros (SAyDS, 2005).

Entre los anfibios, se han registrado unas 30 especies y muchos endemismos, como las ranas marsupiales que llevan sus larvas bajo la piel. Algunas de las especies presentes son *Hyla pulchella* y *Eleutherodactylus discoidalis*, en diversos ambientes de las Yungas y varias especies del género *Bufo* como *B. gallardoi*, *B. quechua* y *B. rumbolli* (SAyDS, 2005).

Son importantes representantes de la ictiofauna de ríos torrentosos el dorado (*Salminus maxillosus*), especie con ejemplares de casi 20 kg de peso, el sábalo (*Prochilodus lineatus*) y la mojarra (*Astyanax abramis*). En aguas calmas boga (*Schizodon nasutuskner*), bagre (*Netumba barba*), pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y piraña (*Pigocentrus nattereri*). La introducción de especies exóticas de peces como truchas (*Salmo trutta*) y carpas (*Cyprinus carpio*) constituye actualmente un problema difícil de resolver, afectando al ecosistema ya que desplazan a las especies autóctonas de peces (SAyDS, 2005).

En la actualidad es la población rural residente en la selva o en su cercanía la que provoca mayor impacto sobre la fauna silvestre, tanto por la cacería como por los cambios que produce en el hábitat. La fauna se ve seriamente amenazada por la destrucción y fragmentación del hábitat (principalmente debido al avance de la frontera agrícola para cultivos de caña de azúcar, soja y frutales), y por la explotación ganadera, el uso de fuego y por la caza desmedida (SAyDS, 2005).

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con datos proporcionados por la empresa GMF Latinoamericana S.A., obtenidos de dos inventarios forestales realizados en el año 2005. En ambos sitios se aplicó un diseño de muestreo sistemático, tomándose puntos distribuidos ortogonalmente a un 1 km de distancia entre sí, seleccionando el primer punto de la grilla de manera aleatoria. Se realizaron mediciones de datos estructurales y de composición florística en 3 parcelas circulares de 500 m^2 por punto, una central y dos distanciadas a 100 m con rumbo aleatorio. Para el análisis realizado en este trabajo, se tomaron aquellas parcelas que se encontraban en el rango altitudinal de 400 a 800 msnm, que de acuerdo a la clasificación por pisos altitudinales (SRNyDS, 1998; Brown *et al.*, 2005) corresponde al distrito de selva pedemontana.

En el SiTa se inventariaron 31 puntos durante el mes de mayo de 2005. Las parcelas procesadas en este trabajo representan un 0,15 % de la superficie total de su área de influencia, haciendo un total efectivo de 4,65 ha inventariadas.

En el SiOr se tomaron datos en 35 puntos en el mes de junio de 2005. Las parcelas procesadas en este trabajo representan un 0,15 % de la superficie total de su área de influencia, haciendo un total efectivo de 5,25 ha inventariadas.

En cada parcela de 500 m^2 se determinó:

1) La fisiografía, mediante el registro de valores de coordenadas (UTM), altitud (msnm), pendiente (%) y exposición de las laderas. Estos son parámetros de gran importancia al momento de establecer relaciones entre el comportamiento de las especies en cada sitio, como respuesta a sus características ambientales.

2) El impacto de la ganadería, en función de la regeneración y el pastoreo. La regeneración se caracterizó mediante una escala sencilla de tres niveles, tomando en cuenta la cantidad de renovales forestales presentes en las parcelas de medición, acumulando la cantidad de renovales registrados en todas las parcelas de cada punto (1500 m^2), sin discriminar especies, estableciéndose:

Regeneración	Criterio
Alta	Nº de renovales > a 75
Media	Nº de renovales entre 30 y 75
Baja	Nº de renovales < 30

El pastoreo se determino como presencia o ausencia, en función de signos de ramoneo y la presencia de otros signos de alteración en el suelo, tales como pisoteo y heces.

3) El impacto antrópico, mediante la observación de incendios (registrando presencia o ausencia).

4) Número de árboles mayores de 10 cm de DAP (diámetro normal a 1,30 m), por considerarse este diámetro el límite correspondiente a los árboles con importancia forestal para los objetivos de la empresa.

Aquellos individuos forestales (maderables), de DAP > 10 cm se caracterizaron según: especie, clase de calidad forestal, medición de DAP y altura total (Ht). La identificación de

especies se realizó a campo mediante el uso de bibliografía, adecuada para la provincia fitogeográfica de Yungas (Biloni, 1990; Digilio y Legname, 1966; Dimitri *et al*., 2000).

La clase de calidad forestal se determinó según las siguientes variables: número de ramas codominantes (presencia de ramas en una misma altura), inclinación y rectitud (tabla 2). Con los valores asignados a cada variable, se elaboró un índice de calidad maderera que varía de 1 (excelente) a 5 (malo).

Tabla 2. Criterios de clasificación de calidad forestal

Valor	Nº ramas codominantes	Inclinación	Rectitud
1	0	0 a 10%	Recto
2	1	10 a 20%	Levemente curvado
3	1	20 a 30%	Curvado notable
4	2	30 a 50%	Acodado leve
5	>2	> 50%	Sinuoso o acodado notable

El DAP (cm) se midió con cinta diamétrica. La altura (m) fue medida con clinómetro y cinta métrica, tomándose como valor de altura total (Ht) la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.

El análisis de los datos se realizo en dos etapas, primero se caracterizó la Composición, Diversidad Alfa y Estructura de cada sitio, para luego ordenar la información por medio de análisis de componentes principales con el fin de determinar si existe en cada sitio relación entre la distribución de la vegetación y las variables altitud, exposición y pendiente del terreno. En la segunda etapa se realizó una comparación entre los sitios en función de su Composición, Diversidad beta y Estructura, para determinar si existen diferencias o no, de acuerdo a un gradiente latitudinal.

4.1. CARACTERIZACION FLORISTICO-ESTRUCTURAL DE SITIO

4.1.1. Composición Forestal

La composición florística describe la organización de la comunidad en relación a las especies que componen la masa boscosa (Mainardi *et al.*, 2005), teniendo en cuenta la presencia y abundancia de dichas especies (Finegan, 1996, cit. en Rosa 2002). Peet (1974) considera también que la composición de un bosque se enfoca en la diversidad de especies en un ecosistema, la cual se mide por su riqueza (cantidad de especies), representatividad (balance equitativo de las especies) y heterogeneidad (disimilitud entre riqueza y representatividad). El análisis de composición se realizó tomando como base estas definiciones. Se realizó el listado de las especies presentes en cada sitio, para las mismas se determinó abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia (IVI). Una vez caracterizados los parámetros para cada especie, se procedió a caracterizar los sitios a través de su diversidad.

4.1.1.1. Abundancia

Se calculó la abundancia absoluta de acuerdo a la definición de Matteucci y Colma (1982), donde establece como abundancia al número de individuos de una especie en un área determinada.

Se calculó la abundancia relativa, por ser uno de los parámetros de la fórmula del índice IVI, de la siguiente manera (Uslar *et al*., 2003):

$$Ar = \frac{A_i}{\sum A} \times 100$$

donde:

$Ar =$ Abundancia relativa de la especie i

$A_i =$ Número de individuos de la especie i

$\sum A =$ Sumatoria de individuos de todas las especies

4.1.1.2. Frecuencia

Según Matteucci y Colma (1982), la frecuencia de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral particular. El cálculo se basa en el número de subdivisiones del área en que se presentan individuos de una especie, indicando de esta forma su dispersión dentro de la comunidad vegetal (Arroyo Padilla, 1995). Para calcular la frecuencia absoluta se registró la ocurrencia de cada especie en cada parcela, ya que esta variable indica la existencia o falta de una especie determinada. La frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (Lampretch, 1990), calculándose de la siguiente manera[5]:

$$Fi = \frac{O_i}{\sum O} \times 100$$

donde:

$Fi =$ Frecuencia absoluta de la especie i

$O_i =$ Número de ocurrencias de la especie i

$\sum O =$ Número total de ocurrencias posibles

Se adoptó el método de histograma de frecuencias de Lamprech (1990), tomando su clasificación de frecuencias absolutas, las cuales se observan en la tabla 3.

[5] En la realización de test de Kruskal – Wallis, se utilizó el valor de ocurrencias por punto, estableciéndose 33, 66 y 100% de ocurrencia por punto según la especie se encontrara presente en 1, 2 o 3 de las parcelas.

Tabla 3. Clasificación de frecuencias

Clase	Frecuencia Absoluta
A	1 – 20 %
B	21 – 40 %
C	41 – 60 %
D	61 – 80 %
E	81 – 100 %

La clase A es la que agrupa a las especies menos frecuentes y E la clase donde se encuentran las especies mas frecuentes, siendo C el nivel intermedio de este gradiente en cuanto a frecuencia absoluta. Se calculó también la frecuencia relativa por ser uno de los parámetros de la fórmula del IVI, la misma se refiere al porcentaje de la suma de todas las ocurrencias de una especie respecto a la sumatoria de las ocurrencias de todas las especies de la misma comunidad (Uslar *et al.*, 2003), expresado de una manera mas sencilla, la frecuencia relativa de una especie se calcula como el porcentaje de la suma de las frecuencias de todas la especies (Lampretch, 1990), como se observa en la siguiente fórmula:

$$Fr = \frac{F_i}{\sum F} \times 100$$

donde:

$Fr =$ Frecuencia relativa de la especie i

$F_i =$ Frecuencia absoluta de la especie i

$\sum F =$ Sumatoria total de frecuencias absolutas

4.1.1.3. Dominancia

También llamada grado de cobertura de las especies, que expresa el espacio ocupado por ellas. Lamprecht (1990) la define como la sección determinada en la superficie de suelo por el haz de proyección horizontal del cuerpo de la planta, lo que equivale al análisis de la proyección horizontal de las copas. Sin embargo, en las selvas subtropicales resulta difícil determinar dichos valores por la complejidad de estructura, especialmente los distintos doseles dispuestos uno encima de otro y la entremezcla de las copas unas con otras (Arroyo Padilla, 1995). Por tal motivo, se utilizó el área basal de los árboles en sustitución de la proyección de sus copas, de acuerdo a la propuesta de Matteucci y Colma (1982).

Se calculó también la dominancia relativa mediante la siguiente expresión (Uslar *et al.*, 2003), por ser uno de los parámetros de la fórmula del índice IVI:

$$Dr = \frac{AB_i}{\sum AB} \times 100$$

donde:

$Dr =$ Dominancia relativa de la especie i

$AB_i =$ Sumatoria de las áreas basales de la especie i

$\sum AB =$ Sumatoria de áreas basales de todas las especies

4.1.1.4. Índice de valor de importancia (IVI)

Matteucci y Colma (1982) sugieren el uso del índice de valor de importancia formulado por Curtis y Macintosh (1951 cit. en Lamprecht, 1990), el cual combina las abundancias, frecuencias y dominancias relativas de cada especie. Aunque Lamprecht (1990) indica que los análisis de estos tres criterios permiten generar una idea sobre la estructura del bosque, este enfoque, a pesar de tener gran valor científico práctico, suministra informaciones parciales y en ocasiones hasta aisladas. Aún así cabe destacar que este índice muestra un significado ecológico mayor que cada uno de sus componentes y ha sido utilizado en el campo de la investigación con el fin de revelar la importancia ecológica relativa de cada especie en cada muestra (Cantillo, 2001). Al exhibir la importancia ecológica relativa de cada especie en el área muestreada, el índice interpreta las especies que están mejor adaptadas, ya sea porque son dominantes, muy abundantes o están mejor distribuidas (Arroyo Padilla, 1995). Se calculó de la siguiente manera:

$$I.V.I. = Ar + Fr + Dr$$

donde:

$Ar =$ Abundancia relativa de la especie i

$Fr =$ Frecuencia relativa de la especie i

$Dr =$ Dominancia relativa de la especie i

Para facilitar la interpretación de éste índice, se calculó su valor relativo, refiriendolo a porcentaje, de esta forma el máximo valor de IVI relativo queda establecido como 100% (equivalente a 300, valor máximo de IVI absoluto)

El IVI relativo se calculó de la siguiente manera:

$$IVIr = \frac{IVI_i}{\sum IVI_i} \times 100 \quad \text{ó} \quad IVIr = IVI_i \times 0,33$$

donde:

$IVIr =$ IVI relativo de la especie i

$IVI_i =$ IVI absoluto de la especie i

$\sum IVI_i =$ Sumatoria del IVI de todas las especies

4.1.2. Diversidad Alfa

La diversidad biológica es la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los cuales estos organismos viven (OTA, 1987). En las comunidades la diversidad de especies es la más ampliamente utilizada, ya que en ésta se diferencian dos componentes, la riqueza o número de especies y la equidad o distribución de los individuos entre las especies (Melo Cruz y Vargas Ríos, 2003).

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad a la que consideramos homogénea (Moreno, 2001), también definida como la diversidad dentro de una comunidad particular, es decir a nivel local (Villarreal *et al.*, 2006; Melo Cruz y Vargas Ríos, 2003). Según Magurran (1988) y Moreno (2001), ésta puede ser medida fácilmente en función del número de especies, pero para obtener parámetros completos de la diversidad de especies en un hábitat es recomendable cuantificar el número de especies (valores de riqueza) y su representatividad o equidad (índices de estructura de la comunidad), de tal forma que ambos parámetros sean complementarios en la descripción de la diversidad. En la actualidad, los índices de diversidad son criticados porque comprimen mucha información en un solo valor, que podría ser más útil si se analizara de manera diferente (Mostacedo y Fredericksen, 2000), aunque especialistas en biología de la conservación como Magurran (1988) afirman que es en ésta síntesis donde reside la principal ventaja de los indices, ya que permite realizar comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos habitats o la de uno mismo a través del tiempo. Para la caracterización de la diversidad se aplicaron métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza), estructura de la comunidad (dominancia y equidad) y para complementar ambos parámetros favoreciendo una mejor descripción de la diversidad alfa de cada sitio, se realizaron curvas de abundancia relativa de acuerdo a lo propuesto por Feinsinger (2004) y Moreno (2001).

4.1.2.1. Riqueza (S)

La riqueza es la forma mas sencilla de medir la diversidad, ya que se basa únicamente en el recuento de especies presentes en la comunidad (Begon *et al.*, 1988), sin embargo las dificultades de utilizar esta medida, radican en que a menudo no es posible medir la totalidad de especies presentes en la comunidad y que no toma en cuenta el valor de importancia ni abundancia de las mismas (Moreno, 2001; Melo Cruz y Vargas Ríos, 2003). Para determinar la riqueza de cada sitio se calcularon los índices de riqueza específica (S) y cociente de mezcla (CM).

4.1.2.1.1. Riqueza específica

La riqueza específica (S) es un índice directo que expresa el número total de especies por sitio de muestreo, obtenido a través del censo de la comunidad (Moreno, 2001)

4.1.2.1.2. Cociente de mezcla de Holdridge

El cociente de mezcla (CM), formula la relación entre el número de especies y el número de individuos totales, reflejando la proporción de la abundancia de las especies. Proporciona una idea somera de la intensidad de mezcla, así como una primera

aproximación de la heterogeneidad de los bosques, se lo calculó de la siguiente manera (Melo Cruz y Vargas Ríos, 2003):

$$CM = \frac{S}{N}$$

donde:

$CM =$ Cociente de mezcla

$S =$ Número total de especies

$N =$ Número total de individuos

4.1.2.2. Estructura

La estructura de la comunidad en cuanto a diversidad, se define como la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie. Los métodos que miden la estructura como variable biológica (índices de abundancia proporcional), pueden clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad (Moreno, 2001). Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001), mientras que los índices de equidad tienen en cuenta la abundancia de cada especie y que tan uniformemente se encuentran distribuidas las mismas (Villarreal *et al.*, 2006).

4.1.2.2.1. Índice de Simpson (dominancia)

El índice de Simpson (λ), es una medida de la dominancia que determina la concentración de las especies, ya que manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Villarreal *et al.*, 2006).

En la mayoría de la bibliografía se presenta al índice de Simpson como:

$$\lambda = \sum \left(\frac{n^2}{N^2} \right) = \sum p_i^2$$

Siendo p_i la abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre en número total de individuos de la muestra. Sin embargo se utilizo la formula propuesta por Villarreal *et al.* (2006) y Mostacedo y Fredericksen (2000), debido a que como estos lo indican, el valor obtenido mediante la fórmula previa presenta sesgos que se zanjan realizando el cálculo de la siguiente manera:

$$\lambda = \sum \left(\frac{n_i^2 - n_i}{N^2 - N} \right)$$

donde:

$\lambda =$ Índice de Simpson

$n_i =$ Número de individuos en la iésima especie

$N =$ Número total de individuos

Cuando el valor del índice es alto, la diversidad es baja, ya que la probabilidad de que dos individuos tomadas al azar sean de la misma especie es alta (Mainardi *et al.*, 2005)

4.1.2.2.2. Índice de Shannon-Wiener (equidad)

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1988; Peet, 1974). El índice varía entre cero, cuando hay una fuerte dominancia de una o unas pocas especies (diversidad mínima) y el ln de S (riqueza) cuando los organismos están distribuidos equitativamente entre las especies (diversidad máxima) (Mainardi *et al.*, 2005).

Fue calculado mediante la siguiente expresión:

$$H' = -\sum p_i \times \ln p_i \quad \text{siendo} \quad \sum p_i = 1$$

donde:

$H' =$ Indice de Shannon-Wiener

$p_i =$ Abundancia proporcional (n_i / n)

$\ln =$ Logaritmo natural

4.1.2.3. Curvas de Whittaker o Rango-Abundancia

El uso de una medida de diversidad que no considere la identidad de las especies puede ser un grave error, ya que se puede perder información relevante sobre las especies nativas en sí (Feinsinger, 2004). Las curvas de rango-abundancia, consisten en un método gráfico que ordena a las especies en rango de mayor a menor abundancia, permitiendo comparar entre muestras los aspectos biológicamente importantes de la diversidad de especies. Estas gráficas brindan información acerca del nivel de dominancia que se presenta en la comunidad. Pueden ser elaboradas considerando como indicador de la abundancia (p_i) cualquier parámetro como cobertura, biomasa y densidad, incluso el IVI (Durán García, 1995)

Las curvas de cada sitio se calcularon en base a la abundancia proporcional de la siguiente manera:

$$\log p_i$$

$$\text{donde } p_i = n_i / N \qquad \text{donde } \sum p_i = 1$$

El ancho de la curva sobre el eje x refleja la riqueza (S), mientras que la pendiente indica el grado de dominancia de las especies (Feinsinger, 2004).

4.1.3. Estructuras Totales

Danserau (1957) definió la estructura de la vegetación como la organización en el espacio de los individuos que forman una muestra y por extensión de los que forman un tipo de vegetación. La comunidad boscosa presenta una serie de características cuantitativas constantes a las cuales Rollet (1980) denominó organización. Esta organización se ve reflejada a través de la estructura del bosque, la cual tiene que ver con los tamaños, ubicación relativa y tipos de formas de vida (Wadsworth, 2000), mientras que la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales, se refiere al ordenamiento espacial y temporal de los elementos que lo constituyen (Aguirre Calderón *et al.*, 2003). De acuerdo a Finegan (1996, cit. Rosa, 2002) la estructura de un bosque en un momento dado esta dada por los tamaños (tal vez las edades) y las distribuciones en el espacio de los árboles y sus componentes (copas, tallos, follaje, etc.). Las estructuras totales se pueden dividir en estructura horizontal y vertical (Mainardi *et al.*, 2005).

4.1.3.1. Estructura horizontal

La estructura horizontal se refiere a la ocupación superficial de los árboles sobre el suelo. Puede evaluarse en términos de diámetro, área basal y cobertura (Corvalán y Hernández, 2006). Manrique (2001) define a las estructuras totales en un plano horizontal como aquellas que están dadas por las distribuciones matemáticas de las variables cuantitativas medidas en este plano. Para la caracterización de la estructura horizontal se considero la distribución diamétrica de las especies y el área basal.

4.1.3.1.1. Distribución diamétrica

Se consideró a los sitios de estudio como bosques de edad no uniforme por ser bosques naturales sin intervención antrópica. La distribución diamétrica se realizó gráficamente en un plano de ejes cartesianos, representándose las clases de DAP en las abscisas y el número de individuos por hectárea correspondiente a cada clase de DAP en las ordenadas. La determinación de las clases de DAP se realizó mediante la ley de Sturges, según lo aplicado por Albesiano y Rangel (2006), de la siguiente manera:

$$C = \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{m} \qquad m = 1 + (3,3 \times \log n)$$

donde:

$n =$ Número total de individuos

$C =$ Amplitud del intervalo

$X =$ DAP

4.1.3.1.2. Area basal

Por definición, el área basal es el área correspondiente a una sección transversal del fuste a 1,30 m del suelo y a nivel de rodal es la sumatoria de estas secciones en una hectárea (Prodan *et al.*, 1997). Para cada árbol fue calculada a partir de su DAP de la siguiente manera:

$$AB = \pi \times \left(\frac{DAP}{2} \right)^2$$

4.1.3.2. Estructura vertical

La estructura vertical se refiere a la ocupación espacial de los fustes sobre el suelo en términos de altura. Para ello, en el caso de rodales multietaneos, es común utilizar parámetros tales como la posición de doseles por especie. La variable que la define, es la altura de los árboles que componen el rodal (Corvalán y Hernández 2006). Para la caracterización de la estructura vertical de las especies se siguió la metodología empleada por Aguirre Calderón *et al.* (2003), en primer lugar se dividió a los individuos en tres estratos de acuerdo a su altura, y se caracterizó cada estrato según: Composición forestal, Abundancia (N/ha), Dominancia (G/ha), DAP Medio (d) y Altura Media (h).

Para la estratificación, se modificó la clasificación propuesta por Rangel y Lozano (1986), adaptandola a las características de las especies de la Selva Pedemontana, contemplándose los siguientes intervalos:

Estrato	Sigla	Altura (m)
subarbóreo o de arbolitos	subA	5 – 10
arbóreo inferior	Ainf	10 – 15
arbóreo superior	Asup	> 15

4.1.4. Clasificación y Ordenación de la Vegetación

Se dividió cada sitio en sectores de vegetación homogénea, agrupando las especies en función de su comportamiento, como respuesta a las características topográficas (altitud, pendiente y exposición). El propósito del análisis con el test de Kruskal – Wallis y de componentes principales fue agrupar las especies por su similitud en cuanto a distribución, para por medio de estos grupos aproximar sus relaciones con los factores ambientales, es decir detectar cuales son los factores ambientales (altitud, pendiente y exposición) que se encuentran asociados a la distribución de la vegetación.

Para realizar el análisis se confeccionó una matriz primaria que contenía las parcelas (filas) y las variables especie, altitud, exposición y pendiente (columnas).

En la clasificación se siguieron los siguientes pasos:

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis) con el programa Systat 11.0 para determinar la existencia o no de diferencias de distribución espacial de las especies en función de altitud, exposición y pendiente. Se analizaron el total de individuos inventariados en cada sitio, tomando como variable de agrupación a las distintas especies y a las características topográficas como variables independientes. Una

vez determinado si las diferencias de distribución eran significativas, se llevó a cabo un análisis factorial de los valores de las variables, mediante el método de Componentes Principales, seguido de una rotación por el método varimax para simplificar la interpretación de los datos. El uso del método de componentes principales permite transformar las variables originales en una serie de combinaciones lineales que son las componentes, las cuales no se ven correlacionadas entre si. Se simplifica la interpretación de las componentes a través de la rotación Varimax, ya que al minimizar la misma el numero de variables que tiene alta carga sobre un factor, se transforman las matrices de factores complejos a mas simples, variando sin modificarse el porcentaje total de varianza explicada, sino el correspondiente a cada factor al ser redistribuido por la rotacion.

4.2. COMPARACION ENTRE SITIOS

4.2.1. Diferencias de Composición

Se tomaron de cada sitio 5 especies en común entre sitios, para llevar a cabo la comparación de medias en cuanto a abundancia, frecuencia y dominancia. Se consideró como criterio de selección que las 5 especies presentes en los dos sitios fueran aquellas con mayor IVI. Con las especies seleccionadas, se llevo a cabo un test no paramétrico de Kruskal-Wallis para determinar diferencias entre las especies, para luego realizar una comparación de a pares con un test de U de Mann-Whitney para determinar las especies que presentan semejanzas entre sitios.

4.2.2. Diferencias Estructurales

Se realizo el mismo procedimiento que para la determinación de diferencias de composición, pero se tuvo en cuenta el área basal de cada especie y la diferencia entre estratos.

4.2.3. Diversidad Entre Sitios

La diversidad beta es el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). La medición de la diversidad beta está basada en proporciones o diferencias, que se evaluó con índices de similitud-disimilitud y complementariedad. A través de los índices de similitud/disimilitud, se determinó cuan semejantes son los sitios según su composición y estructura. Éstos índices han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad Beta). Los índices de similitud pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o datos cuantitativos (abundancia). Se determinaron las diferencias entre los índices de diversidad de Shannon entre los sitios de estudio utilizando el test de t de student.

4.2.3.1. Indice de Sorensen

Este índice es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas, relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies de ambos sitios. De todos los coeficientes con datos cualitativos, es el más satisfactorio (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

$$I_S = \frac{2c}{a+b} \times 100$$

donde:

$I_S =$ Indice de Sorensen

$a =$ Numero de especies encontradas en la comunidad A

$b =$ Numero de especies encontradas en la comunidad B

$c =$ Numero de especies comunes en ambas localidades

4.2.3.2. Indice de Jaccard

Índice que utiliza datos cualitativos, es muy similar al de Sorensen. El intervalo de valores para este índice va de 0 (no hay especies compartidas), hasta 1 (los dos sitios tienen la misma composición).

$$I_J = \frac{c}{a+b-c}$$

donde:

$I_J =$ Indice de Jaccard

$a =$ Número de especies encontradas en la comunidad A

$b =$ Número de especies encontradas en la comunidad B

$c =$ Número de especies comunes en ambas localidades

4.2.3.3. Índice de Complementariedad

El concepto de complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas (Colwell y Coddington, 1994). La complementariedad de los sitios A y B varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos en composición de especies, hasta uno, cuando las especies son completamente distintas en ambos sitios (Colwell y Coddington, 1994). Su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

donde:

$$U_{AB} = a + b - 2c \qquad S_{AB} = a + b - c$$

$C_{AB} =$ Complementariedad entre A y B

$U_{AB} =$ Número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios

$S_{AB} =$ Riqueza total para ambos sitios combinados

$a =$ Número de especies del sitio A

$b =$ Número de especies del sitio B

$c =$ Número de especies en común entre los sitios A y B

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. COMPOSICION FORESTAL

5.1.1. Composición Florística

SiOr

En el SiOr se encontraron las especies que se detallan en la tabla 4. El inventario de las parcelas registró 14 especies forestales con DAP mayor a 10 cm.[6], pertenecientes a 8 familias.

Tabla 4. Composición florística forestal del SiOr

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Valor Forestal*
Anacardiácea	Urundel	*Astronium urundeuva var. urundeuva*	Valiosa
Bignonaceae	Lapacho	*Tabebuia impetiginosa*	Valiosa
Boraginaceae	Afata	*Cordia trichotoma*	Valiosa
	Lanza Blanca	*Patagonula americana*	Poco valiosa
Fabaceae	Cebil	*Anadenanthera colubrina var. cebil*	Valiosa
	Horco Cebil	*Parapiptadenia excelsa*	Valiosa
	Quina	*Myroxylon peruiferum*	Muy valiosa
	Roble	*Amburana cearensis*	Muy valiosa
	Tipa Blanca	*Tipuana tipu*	Valiosa
	Tipa Colorada	*Pterogyne nitens*	Valiosa
Lauracea	Laurel	*Ocotea puberula*	Valor potencial
Meliaceae	Cedro	*Cedrela balansae*	Muy valiosa
Rubiaceae	Palo Blanco	*Calycophyllum multiflorum*	Valiosa
Ulmaceae	Palo Amarillo	*Phyllostylon rhamnoides*	Valiosa

*Adaptado de la clasificación de valor comercial de Rosa (2002), según comentario personal Neumann (2007) y Brown y Malizia (2007).

Según su valor comercial (adaptado de Rosa, 2002; Neumann com. per.). El 86 % de las especies encontradas son de alto valor. Las familias que presentaron la mayor diversidad fueron: Fabaceae y Boraginaceae con 6 y 2 especies respectivamente, mientras que el resto se vieron representadas por una sola especie cada una. Diez de las especies registradas pertenecen al grupo de Árboles Dominantes dentro de la comunidad de Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo, mientras que las 4 restantes se encuentran dentro de los denominados Árboles Secundarios.

[6] Cabe destacar que se observaron otras especies forestales características de la zona como, lanza amarilla (*Terminalia triflora*), coronillo (*Gleditsia amorphoides*) y mato (*Myrcianthes pungens*), aunque las mismas no fueron registradas en este muestreo debido a que presentaban un DAP inferior al límite inventariado.

A continuación se presentan en la tabla 5 los valores calculados de abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia de cada una de las especies encontradas en el SiOr.

Tabla 5. Parámetros florístico-estructurales de las especies del SiOr

Especie (nombre científico)	Abundancia (arb. totales)		Frecuencia (ocurrencias)		Dominancia (AB)		IVI*	
	Abs	Rel**	Abs	Rel**	Abs	Rel**	Abs*	Rel**
P. nitens	1	0,15	1,08	0,26	0,01	0,07	0,48	0,16
A. cearensis	4	0,60	4,30	1,04	0,13	0,76	2,40	0,80
O. puberula	14	2,09	11,83	2,86	0,12	0,68	5,63	1,88
M. peruiferum	14	2,09	13,98	3,39	0,41	2,33	7,81	2,60
T. tipu	19	2,84	16,13	3,91	1,00	5,72	12,47	4,16
P. excelsa	25	3,73	26,88	6,51	0,62	3,55	13,79	4,60
T. impetiginosa	30	4,48	26,88	6,51	0,55	3,13	14,12	4,71
C. trichotoma	39	5,82	31,18	7,55	0,55	3,14	16,51	5,50
P. americana	39	5,82	29,03	7,03	0,83	4,80	17,65	5,88
C. balansae	37	5,52	31,18	7,55	1,30	7,46	20,54	6,85
C. multiflorum	46	6,87	36,56	8,85	1,26	7,26	22,98	7,66
A. urundeuva	46	6,87	33,33	8,07	1,97	11,33	26,27	8,76
P. rhamnoides	149	22,24	70,97	17,19	2,96	17,00	56,43	18,81
A. colubrina	207	30,90	79,57	19,27	5,70	32,77	82,94	27,65

AB: área basal en m^2/ha, **IVI**: índice de valor de importancia, **Abs**: valores absolutos, **Rel**: valores relativos, ***** sin unidad, ****** valores proporcionales en función del parámetro que representan

SiTa

Se detallan en la tabla 6 las especies forestales registradas en el SiTa. Se encontraron 26 especies, que representan en total a 13 familias, de las cuales, las mas diversas fueron Fabaceae con 12 especies, seguida por Anacardiácea y Boraginácea con 2 especies cada una, mientras que las familias restantes solo presentaron una especie forestal cada una. De las 26 especies encontradas, la mayoría (65 %) presenta un alto valor comercial[7]. Fueron registradas en el sitio las 11 especies que representan al grupo de Árboles Dominantes de la comunidad de Palo Amarillo y Palo Blanco, de las restantes, 8 pertenecen al grupo de Árboles Secundarios y 3 al grupo de Especies Acompañantes. Cabe destacar que 4 de las especies registradas (*S. lorentzii, A. quebracho-blanco, C. paraguarienses* y *Prosopis sp.*) pertenecen a la denominada zona de transición con el Parque Chaqueño. En la tabla 7, se presentan los valores calculados de abundancia, frecuencia, dominancia, e índice de valor de importancia de cada una de las especies encontradas en el SiTa.

[7] Cabe destacar que en este sitio *S. lorentzii* y *A. quebracho-blanco* están clasificadas como muy valiosas debido a que en su dominio principal, el parque chaqueño, tienen esa clasificación, aunque dentro del ambiente de selva pedemontana, el valor comercial de estas especies es inferior al de las especies muy valiosas características como *C. balansae, A. cearensis* y *M. peruiferum.*

SiOr vs. SiTa

Todas las especies presentes en el SiOr se encontraron también representadas en el SiTa. En ambos sitios las familias Fabaceae y Boraginaceae fueron las mas diversas, sumándose la familia Anacardiacea a las dos anteriores en el SiTa.

En el SiTa se registró un mayor número de especies con respecto al SiOr, mientras que en el SiOr es mayor la proporción de especies de importante valor comercial, distribuyéndose el 85,7 % del total de especies entre muy valiosas y valiosas en el SiOr y solo un 65,4 % de las mismas en el SiTa.

Tabla 6. Composición florística forestal del SiTa

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Valor Forestal*
Anacardiaceae	Quebracho Colorado	*Schinopsis lorentzii*	Muy valiosa
	Urundel	*Astronium urundeuva var. urundeuva*	Valiosa
Apocynaceae	Quebracho Blanco	*Aspidosperma quebracho-blanco*	Muy valiosa
Asteraceae	Palo Bobo	*Tessaria integrifolia*	Poco valiosa
Bignonaceae	Lapacho	*Tabebuia impetiginosa*	Valiosa
Boraginaceae	Lanza Blanca	*Patagonula americana*	Poco valiosa
	Afata	*Cordia trichotoma*	Valiosa
Combretaceae	Lanza Amarilla	*Terminalia triflora*	Poco valiosa
Fabaceae	Algarrobo	*Prosopis sp.*	Valiosa
	Arca	*Acacia visco*	Poco valiosa
	Guayacán	*Caesalpinia paraguariensis*	Valiosa
	Quina	*Myroxylon peruiferum*	Muy valiosa
	Roble	*Amburana cearensis*	Muy valiosa
	Tipa Blanca	*Tipuana tipu*	Valiosa
	Coronillo	*Gleditsia amorphoides*	Valor potencial
	Tipa Colorada	*Pterogyne nitens*	Valiosa
	Cebil	*Anadenanthera colubrina var. cebil*	Valiosa
	Horco Cebil	*Parapiptadenia excelsa*	Valiosa
	Pacara	*Enterolobium contortisiliquum*	Poco valiosa
	Tatané	*Chloroleucon tenuiflorum*	Valor potencial
Lauraceae	Laurel	*Ocotea puberula*	Valor potencial
Meliaceae	Cedro	*Cedrela balansae*	Muy valiosa
Moraceae	Mora	*Maclura tinctoria*	Valiosa
Myrtaceae	Mato	*Myrcianthes pungens*	Valor potencial
Rubiaceae	Palo Blanco	*Calycophyllum multiflorum*	Valiosa
Ulmaceae	Palo Amarillo	*Phyllostylon rhamnoides*	Valiosa

*Adaptado de la clasificación de valor comercial de Rosa (2002), según cometario personal Neumann (2007) y Brown y Malizia (2007).

Discusión

Aunque en ambos sitios se registraron especies propias del Distrito de Selva Pedemontana, se pueden observar inclinaciones diferentes entre los mismos, en función de la composición de sus especies. El SiOr presenta especies puramente de Selva Pedemontana, mientras que el SiTa evidencia además, especies típicas de la zona de transición con el Bosque Chaqueño. Cabe destacar también que el SiOr se encuentra totalmente incluido en el SiTa (según su composición específica).

Tabla 7. Parámetros florístico-estructurales de las especies del SiTa

Especie (nombre científico)	Abundancia (arb. Totales)		Frecuencia (ocurrencias)		Dominancia (AB)		IVI*	
	Abs	Rel**	Abs	Rel**	Abs	Rel**	Abs*	Rel**
C. tinctoria	1	0,09	2,08	0,29	0,00	0,02	0,41	0,14
P. nitens	1	0,09	2,08	0,29	0,00	0,03	0,42	0,14
Prosopis sp.	1	0,09	2,08	0,29	0,00	0,03	0,42	0,14
C. tenuiflorum	1	0,09	2,08	0,29	0,03	0,18	0,57	0,19
T. integrifolia	5	0,47	2,08	0,29	0,01	0,08	0,85	0,28
A. quebracho-blanco	4	0,38	2,08	0,29	0,04	0,32	0,99	0,33
C. paraguariensis	6	0,56	8,33	1,18	0,05	0,40	2,14	0,71
T. tipu	4	0,38	8,33	1,18	0,23	1,68	3,23	1,08
E. contortisiliquum	7	0,66	8,33	1,18	0,27	1,97	3,81	1,27
A. cearensis	12	1,13	12,50	1,76	0,22	1,61	4,50	1,50
O. puberula	42	3,95	14,58	2,06	0,31	2,28	8,29	2,76
S. lorentzii	10	0,94	14,58	2,06	0,79	5,78	8,78	2,93
G. amorphoides	27	2,54	25,00	3,53	0,23	1,68	7,75	2,58
A. visco	35	3,29	27,08	3,82	0,61	4,50	11,62	3,87
P. excelsa	33	3,10	29,17	4,12	0,41	3,04	10,27	3,42
M. pungens	48	4,52	31,25	4,41	0,30	2,17	11,10	3,70
C. trichotoma	28	2,63	35,42	5,00	0,26	1,92	9,55	3,18
P. americana	50	4,70	33,33	4,71	0,32	2,36	11,77	3,92
T. triflora	46	4,33	37,50	5,29	0,46	3,40	13,02	4,34
M. peruiferum	44	4,14	39,58	5,59	0,55	4,01	13,73	4,58
C. balansae	47	4,42	45,83	6,47	0,58	4,22	15,12	5,04
T. impetiginosa	81	7,62	62,50	8,82	0,80	5,88	22,32	7,44
A. urundeuva	86	8,09	56,25	7,94	2,03	14,91	30,94	10,31
P. rhamnoides	145	13,64	58,33	8,24	1,21	8,87	30,75	10,25
C. multiflorum	109	10,25	68,75	9,71	1,38	10,14	30,10	10,03
A. colubrina	190	17,87	79,17	11,18	2,52	18,50	47,55	15,85

AB: área basal en m^2/ha, **IVI**: índice de valor de importancia, **Abs**: valores absolutos, **Rel**: valores relativos, ***** sin unidad, ****** valores proporcionales en función del parámetro que representan.

Según la SAyDS (2005), se reconocen dos fases dentro de la comunidad de Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo, una húmeda y otra seca o de transición con el Chaco. Por lo tanto, teniendo en cuenta la composición forestal de cada sitio y complementando esta información con las características climáticas y altitudinales, es válido afirmar que el SiOr se encuentra en la fase húmeda, mientras que el SiTa presenta características de la fase seca.

Esta diferencia puede ser debida a que la altitud media de las parcelas muestreadas en el SiOr es mayor que la de las parcelas del SiTa (tabla 1). También se observa en el SiTa, una menor precipitación media anual y una mayor temperatura media anual, con respecto al SiOr (tabla 1).

El SiTa presenta una composición particular, ya que si se consideran otros estudios realizados en zonas cercanas (Rosa, 2002), se puede observar la ausencia[8] de las especies chaqueñas registradas en el SiTa.

5.1.2. Abundancia

SiOr

Existen dentro del sitio diferencias estadísticamente significativas entre especies[9]. Los valores de abundancia absoluta y relativa de cada especie se presentan en la tabla 5.

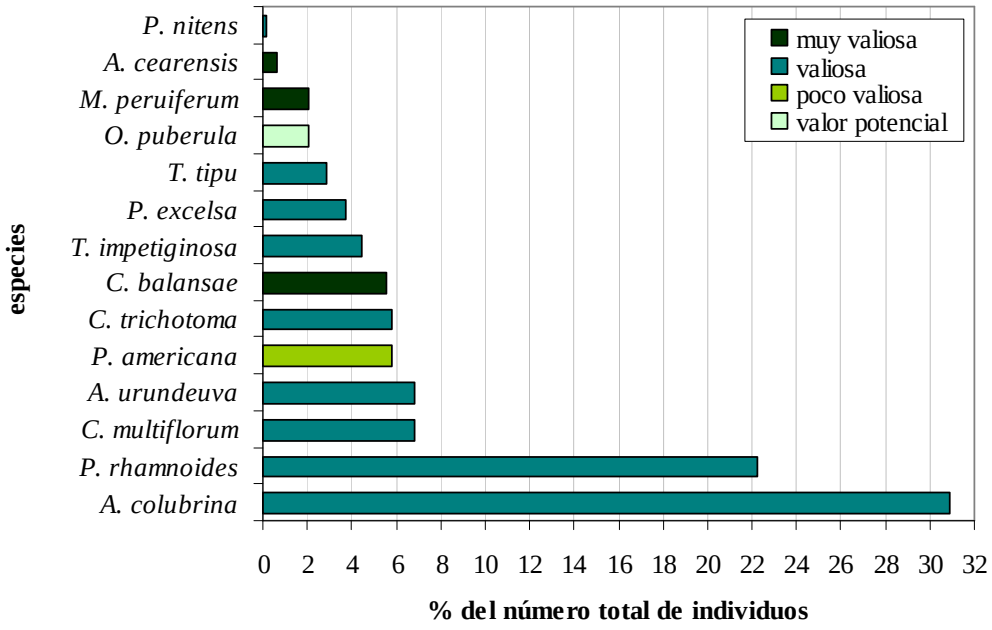

Figura 8. Abundancia relativa de especies del SiOr

Se puede apreciar en la figura 8 que dos especies valiosas, *A. colubrina* y *P. rhamnoides*, definen la estructura florística en función de su abundancia por la marcada

[8] Rosa (2002) registra la presencia de *C. paraguariensis* en un sitio que corresponde a un área con un aprovechamiento forestal de 3 años de antigüedad.
[9] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 176,99 con un $p < 0,0001$

diferencia de valores entre estas y el resto de las especies, aportando en conjunto el 53 % del total de individuos registrados, mientras que las especies menos representadas fueron *P. nitens* y *A. cearensis*. Las especies que siguen en importancia son *C. multiflorum*, *A. urundeuva*, *P. americana*, *C. trichotoma* y *C. balansae*, todas especies de alto valor maderero a excepción de *P. americana*, especie poco valiosa. En conjunto estas 5 especies representan el 31 % de la abundancia total. Las 7 especies restantes presentan valores de abundancia menores al 5 % (figura 8), las tres mas abundantes de este grupo, *T. impetignosa*, *P. excelsa* y *T. tipu* son especies valiosas. Las especies que siguen son *O. puberula* de valor potencial de mercado, *M. peruiferum* y *A. cearensis*, ambas especies muy valiosas comercialmente.

En el grupo donde se encuentran aquellas especies con valores de abundancia menores que 5 %, se encuentran dos especies que revelaron valores extremos menores al 1 % de abundancia, *A. cearensis* especie muy valiosa y *P. nitens*, especie valiosa.

SiTa

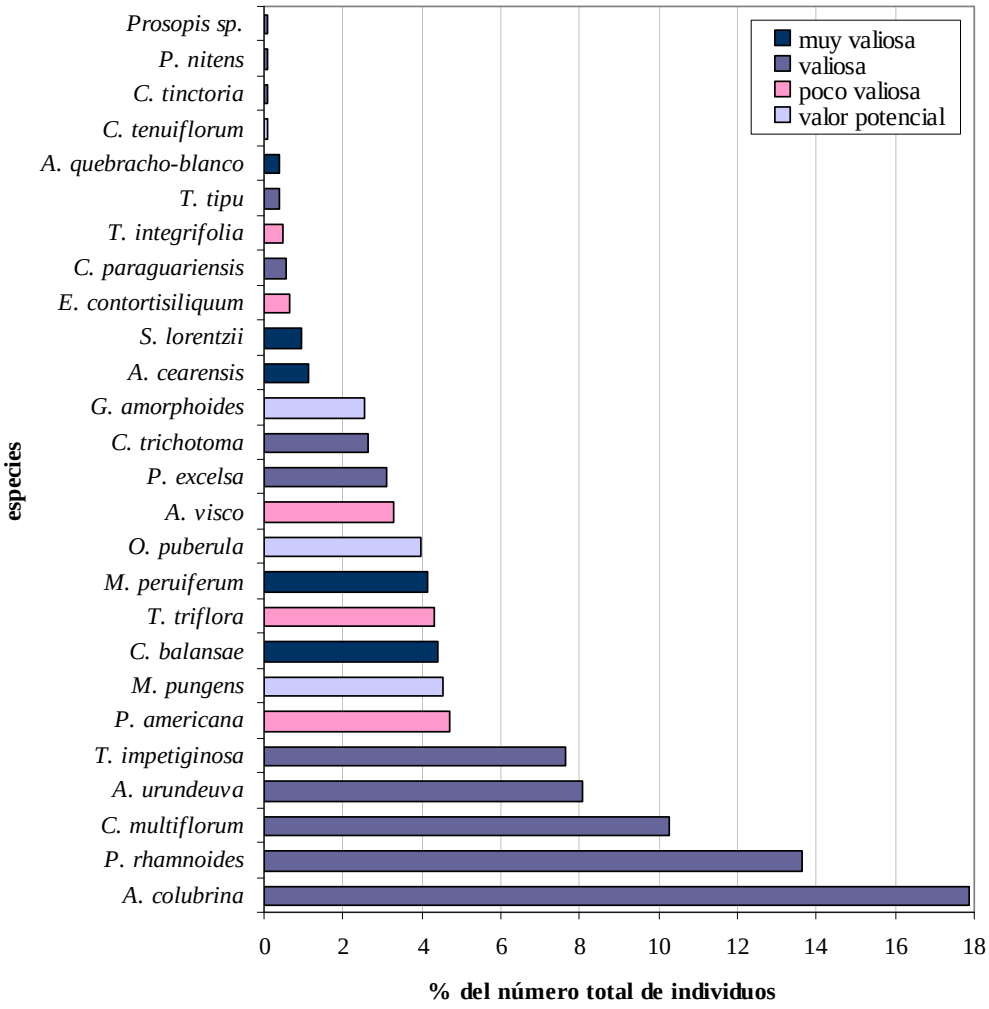

Figura 9. Abundancia relativa de especies del SiTa

Los valores de abundancia absoluta y relativa de las especies del SiTa se presentan en la tabla 7. Existen diferencias estadísticamente significativas de abundancia entre las especies[10] del sitio. Son 3 las especies que definen a la comunidad en función de su abundancia, *A. colubrina*, *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*, destacándose también *A. urundeuva* y *T. impetiginosa*, todas especies valiosas (figura 9).

En general, las 21 especies restantes presentan valores de abundancia relativa menores al 5 %, presentándose casos extremos menores al 0,5 % de abundancia relativa. Todas las especies muy valiosas presentan valores bajos de abundancia, particularmente *S. lorentzii* y *A. quebracho-blanco*. Estas especies son ajenas al Distrito Pedemontano, y son características del Distrito Chaqueño, posiblemente este sea el motivo de su escasa presencia.

SiOr vs SiTa

Al realizar el test de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, se observó que las diferencias de abundancia entre especies de los distintos sitios eran altamente significativas (H_{cal} = 79,04 con un p<0,0001), los resultados se encuentran expuestos en la tabla 8. En la misma se puede observar que de las 5 especies de mayor importancia ecológica de ambos sitios, la única que presenta diferencias significativas en cuanto a su abundancia es *C. multiflorum* con un nivel de significación estadística de 0,03, encontrándose un valor medio de abundancia mayor en el SiTa. Del resto de las especies que no presentan diferencias significativas entre sitios en cuanto a su abundancia, *C. balansae* tiene prácticamente el mismo comportamiento en ambos sitios en función de su abundancia, mientras que en el resto se observa una leve tendencia de las especies a presentar una mayor abundancia en el SiTa.

Tabla 8. Comparación entre sitios según Abundancia de especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	5,91	0,94	D	0,16
SiTa	*A. colubrina*	6,33	1,44	CD	
SiOr	*A. urundeuva*	1,31	0,27	A	0,40
SiTa	*A. urundeuva*	2,87	1,01	AB	
SiOr	*C. balansae*	1,06	0,20	A	0,91
SiTa	*C. balansae*	1,57	0,50	A	
SiOr	*C. multiflorum*	1,31	0,23	A	0,03
SiTa	*C. multiflorum*	3,63	0,67	BC	
SiOr	*P. rhamnoides*	4,26	0,54	CD	0,16
SiTa	*P. rhamnoides*	4,83	1,11	BC	

Media: valor de media aritmética de abundancia de especies por hectárea, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su abundancia, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

[10] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 162,27 con un p < 0,0001

Discusión

En ambos sitios *A. colubrina* y *P. rhamnoides* definen a la comunidad en función de su abundancia relativa, con la aparición de una tercera en el SiTa, *C. multiflorum*. Las 2 primeras especies presentan valores de abundancias relativas inferiores en el SiTa con respecto al SiOr, mientras que el valor de abundancia absoluta de *C. multiflorum* en el SiTa, dobla en cantidad al valor registrado en el SiOr.

Según su abundancia, entre sitios, las especies muy valiosas comunes (*C. balansae*, *M. peruiferum* y *A. cearensis*), se destacan en el SiTa por registrar abundancias absolutas y relativas mayores que en el SiOr, a excepción de *C. balansae*, que aunque manifiesta un comportamiento similar en ambos sitios, presenta una valor de abundancia relativa mayor en el SiOr. Según Minetti (2005), la especie con mayores existencias maderables en las Yungas es *A. colubrina*, siguiéndole en importancia (en función de las existencias) *P. rhamnoides*, *A. urundeuva*, *C. multiflorum*, *M. peruiferum*, *T. impetiginosa*, *C. trichotoma*, etc.[11] No se encontraron diferencias significativas entre sitios al analizar las 5 especies de mayor importancia ecológica de cada sitio, a excepción de *C. multiflorum*.

5.1.3. Frecuencia

SiOr

Se encontraron diferencias significativas entre las especies del SiOr en función de su frecuencia[12], aunque estas diferencias permiten en algunos casos la asociación de especies según la similitud de su frecuencia, como se observa en la figura 10.

Los valores de frecuencias absolutas y relativas de cada especie del SiOr se encuentran en la tabla 5. En la figura 11 se representan las 5 clases de frecuencia establecidas en función de la frecuencia absoluta, en la misma se puede observar que la mayoría de las especies presenta una frecuencia baja, ya que las clases A (1 a 20 %) y B (21 a 40 %) representan prácticamente el 63,54 % de las especies del sitio. Solamente 2 especies, *A. colubrina* y *P. rhamnoides* se destacan como las mas homogéneamente distribuidas del SiOr, conformando la clase D (61 a 80 %). Estas 2 especies son consideradas valiosas en cuanto al aprovechamiento forestal. En la clase B, predominan las especies valiosas, encontrándose solo una especie muy valiosa *(C. balansae*). La clase A, concentra menor número de especies que la clase B, aunque no se debe ignorar el hecho de que 2 de las 5 especies que conforman esta clase son especies muy valiosas (*A. cearensis* y *M. peruiferum*).

[11] Según lo informado por Minetti (2005), estas especies no siguen ningún orden, ya que sus existencias dependen de los sitios o usos anteriores que tuvo el bosque.
[12] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 154, 56 con un $p < 0,0001$

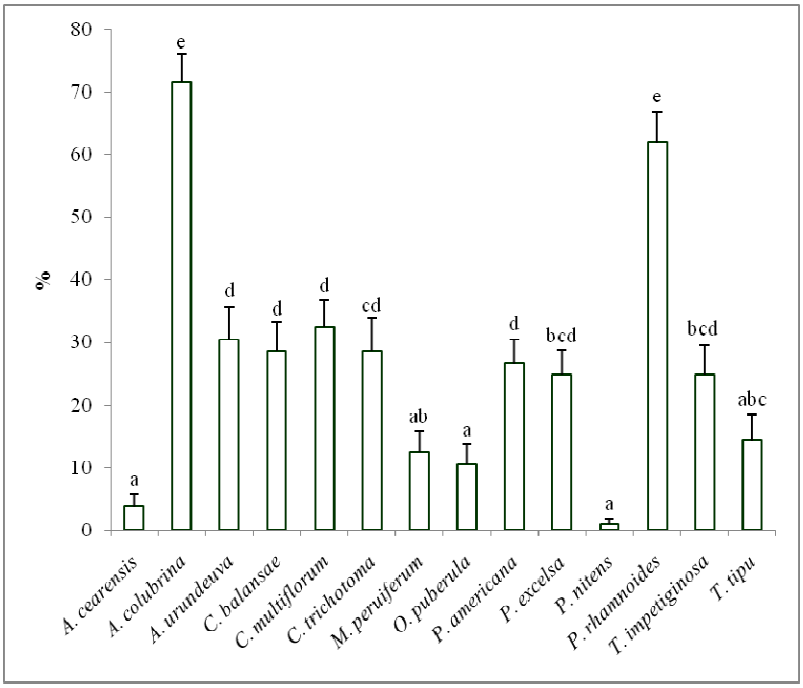

Figura 10. Frecuencia de especies en el SiOr. Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) de la frecuencia total de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis (p<0,05)

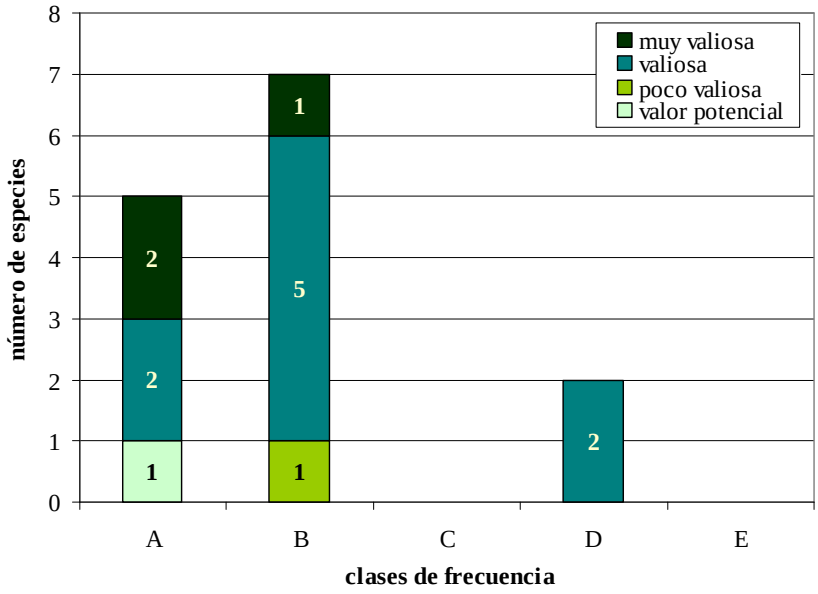

Figura 11. Clases de frecuencia del SiOr. **A** (1 a 20 %), **B** (21 a 40 %), **C** (41 a 60 %), **D** (61 a 80 %) y **E** (81 a 100%)

SiTa

En este sitio, al igual que en el SiOr, las diferencias entre especies en cuanto a su frecuencia, son altamente significativas[13]. Se presentan en la figura 12 los valores estádisticos calculados por especies y el nivel de asociación de las mismas.

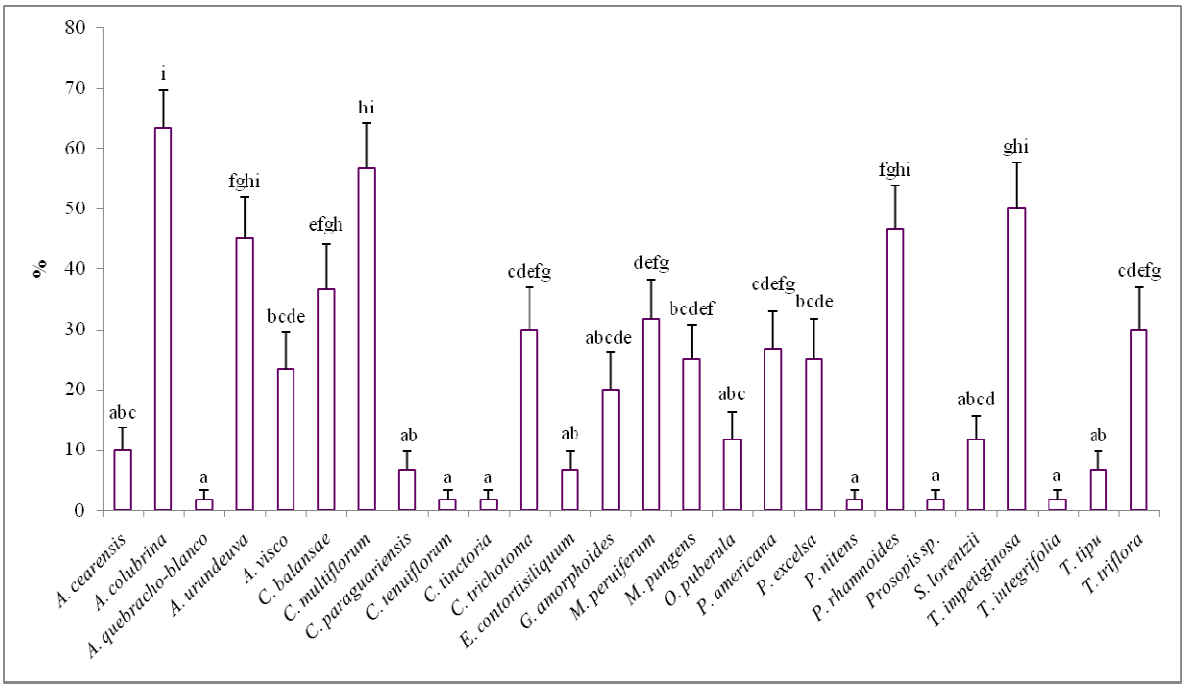

Figura 12. Frecuencia de especies en el SiTa. Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) de la frecuencia total de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis (p<0,05)

Los valores de frecuencias absolutas y relativas de cada especie del SiTa se encuentran en la tabla 7. La mayoría de las especies forman parte de las clases de frecuencia A y B (figura 13), evidenciando que se encuentran pobremente distribuidas.

Las especies de bajo valor comercial se encuentran pobremente distribuidas así como también la mayoría de las especies de alto valor comercial. Se exceptúan 6 especies de alto valor forestal ya que comercialmente hablando son especies valiosas, 3 de las cuales se encuentran medianamente bien distribuidas (clase C), *C. balansae*, *A. urundeuva* y *P. rhamnoides*, mientras que *T. impetiginosa*, *C. multiflorum* y *A. colubrina* son las especies que se destacan por ser las mejor distribuidas en función de su frecuencia absoluta (clase D).

[13] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 157,44 con un p < 0,0001

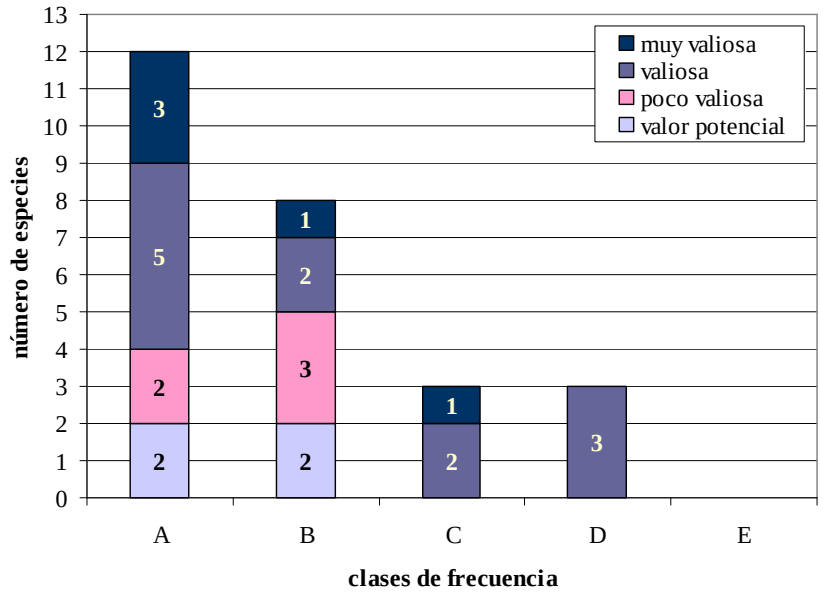

Figura 13. Clases de frecuencia del SiTa. **A** (1 a 20 %), **B** (21 a 40 %), **C** (41 a 60 %), **D** (61 a 80 %) y **E** (81 a 100 %)

SiOr vs. SiTa

Existe, según el test de Kruskal-Wallis, una diferencia significativa entre sitios en función de la frecuencia de sus especies (H_{cal} = 54,33 con un p < 0,0001), donde al realizar una comparación de a pares se obtuvieron los resultados de la tabla 9. En la misma se evidencia que de las 5 especies de mayor importancia ecológica de ambos sitios, la única que presenta diferencias significativas en cuanto a su frecuencia es *C. multiflorum* con un nivel de significación estadística de 0,01, siendo mayor la frecuencia encontrada para esta especie en el SiTa que en el SiOr. Del resto de las especies que no presentan diferencias significativas entre sitios en cuanto a su frecuencia, se infiere que tanto *A. colubrina* como *C. balansae* tienen el mismo comportamiento en ambos sitios según su frecuencia.

Discusión

En ambos sitios la mayoría de las especies se concentra en las clases de frecuencia A y B. Estas clases agrupan aquellas especies poco frecuentes o de menor ocurrencia, es decir aquellas que se presentan pobremente distribuidas en la selva, contrarias a las clases D y E, constituidas por las especies mejor distribuidas.

Según la comparación de las 5 especies de mayor importancia ecológica de ambos sitios, solo existen diferencias significativas en cuanto a frecuencia de la especie *C. multiflorum*, mientras que las especies *A. colubrina* y *C. balansae*, lejos de diferenciarse presentan comportamientos similares en ambos sitios en función de su frecuencia.

En ambos sitios se presenta la especie *A. colubrina* como miembro de la clase D. De acuerdo a Justiniano y Fredericksen (1998a), esta especie es pionera y heliófita y aunque tiene altos requerimientos lumínicos en sus primeras etapas de desarrollo, se la encuentra en terrenos con topografías variables. Esta especie presenta una alta capacidad de germinación, rápido crecimiento y alta tasa de regeneración en lugares degradados, por lo

tanto, una alta frecuencia de la misma en ambos sitios puede interpretarse como que los sitios objeto de estudio son zonas disturbadas.

Tabla 9. Comparación entre sitios según Frecuencia de especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	71,43	4,56	D	0,40
SiTa	*A. colubrina*	63,33	6,31	CD	
SiOr	*A. urundeuva*	30,48	5,18	AB	0,08
SiTa	*A. urundeuva*	45,00	6,93	ABC	
SiOr	*C. balansae*	28,57	4,76	A	0,36
SiTa	*C. balansae*	36,67	7,55	AB	
SiOr	*C. multiflorum*	32,38	4,43	AB	0,01
SiTa	*C. multiflorum*	56,67	7,43	CD	
SiOr	*P. rhamnoides*	61,90	4,95	CD	0,09
SiTa	*P. rhamnoides*	46,67	7,17	BC	

Media: valor de media aritmética de frecuencia por especies por punto, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su frecuencia, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

Al igual que *A. colubrina*, *C. balansae* es una especie heliófita en la que supervivencia y crecimiento se ven favorecidas por una mayor intensidad lumínica, por lo cual las áreas de reclutamiento de preferencia de esta especie son los bordes de bosque y claros (Del Castillo *et al.*, 2001), de acuerdo a Valdora y Soria (1999), la buena distribución de *C. balansae* podría indicar bosques secundarios. La buena distribución de esta especie podría indicar disturbios naturales, ya que si fueran originados por el hombre para la extracción de la madera, esta especie no presentaría una buena distribución debido a su alto valor comercial, aunque no se debe ignorar que esta distribución podría también estar influenciada por una amplia gama de factores fisiográficos y biológicos.

Entre las 3 especies que pertenecen a la clase D en el SiTa, se encuentra otra especie heliófita, *T. impetiginosa*. La buena distribución de la misma puede explicarse según la características edáficas y topográficas del SiTa, ya que el relieve es muy pronunciado (ver punto 3.4.2 en Área de Estudio), carácter bien recibido para la distribución de esta especie que se adapta a una amplia variedad de pendientes (Justiniano *et al*., 2000), y esta especie presenta afinidad por suelos arcillosos, tal como el Madrejones 2, suelo que se presenta ampliamente distribuido en el SiTa como se expresara en la descripción de área de estudio.

La especie *C. multiflorum* es la única que presentó diferencias significativas en cuanto a su frecuencia, encontrándose mejor distribuida en el SiTa que en el SiOr. Según lo planteado por Aquino *et al.* (2000), esta especie se encuentra asociada a bosques inundables del Distrito Chaqueño, que se asientan sobre suelos arcillosos medianamente salobres y se considera como indicadora de formaciones ligadas indirectamente al agua (inundables temporariamente), donde el pulso de agua alcanzado por el río en cada temporada influye directamente en los cambios de vegetación como consecuencia de las subidas y bajadas y el tiempo de permanencia del agua en un sitio. De acuerdo a estas

características se podría atribuir la mejor distribución de *C. multiflorum* en el SiTa a las características de su suelo dominante M2 (ver punto 3.4.2), aunque se debe tener presente que este comportamiento de asociación a suelos pesados y húmedos por parte de la especie fue reportado para el Distrito Chaqueño, siendo posible que en Selva Pedemontana se manifieste asociación a otros parámetros sin ser absoluta su existencia dependiente de formaciones ligadas al agua.

5.1.4. Dominancia

SiOr

De acuerdo al test de Kruskal-Wallis aplicado, las diferencias entre especies en el sitio en cuanto a dominancia son estadísticamente significativas (H_{cal} = 157,28 con un p < 0,0001), encontrándose grupos de dominancias similares entre las especies (figura 14).

Los valores de dominancia absoluta y relativa se presentan en la tabla 5, la dominancia relativa se presenta en la figura 15. Según lo planteado anteriormente en metodología (punto 4.1.1.5), la dominancia se calculó en base al área basal de cada especie.

La especie de mayor cobertura fue *A. colubrina*, siguiendo en importancia *P. rhamnoides* y *A. urundeuva*, sumando en conjunto 61 % del total de dominancia absoluta, siendo las 3 especies valiosas.

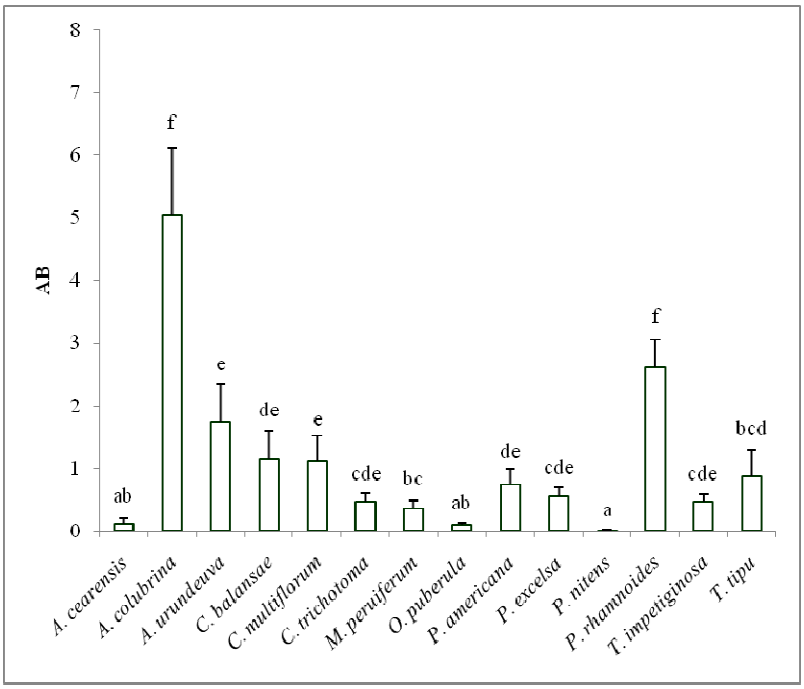

Figura 14. Dominancia de especies en el SiOr (AB en m2/ha). Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) de la dominancia total de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis (p<0,05)

Tres especies presentan valores de dominancia relativa entre 5 – 10 %, mientras que el resto de las especies no supera el 5 % de abundancia relativa.

Las especies muy valiosas tienen una representatividad conjunta de 10 %, destacándose entre estas *C. balansae* con un área basal de 1,30 m^2/ha equivalente al 7,46 % de dominancia relativa.

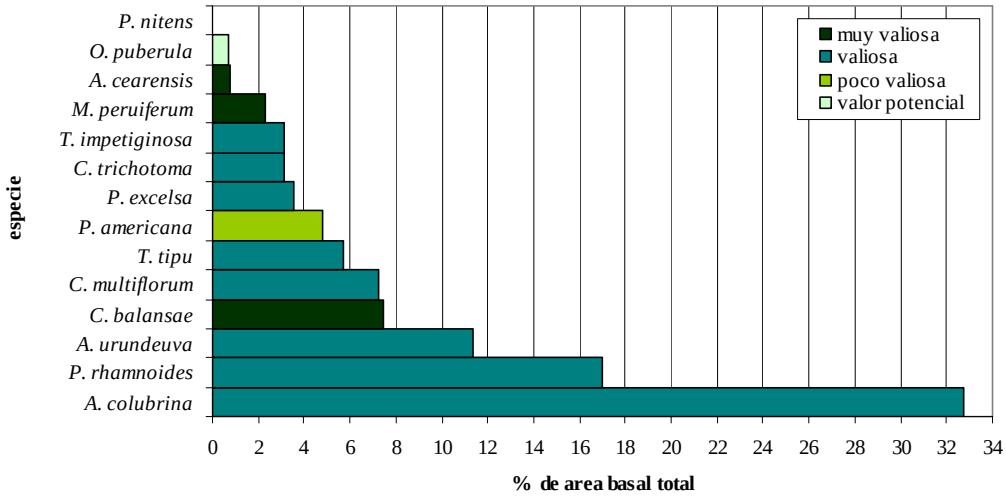

Figura 15. Dominancia relativa de especies del SiOr

SiTa

Las especies del sitio presentan diferencias significativas en cuanto a su cobertura[14], encontrándose grupos con valores de dominancia similares (figura 16).

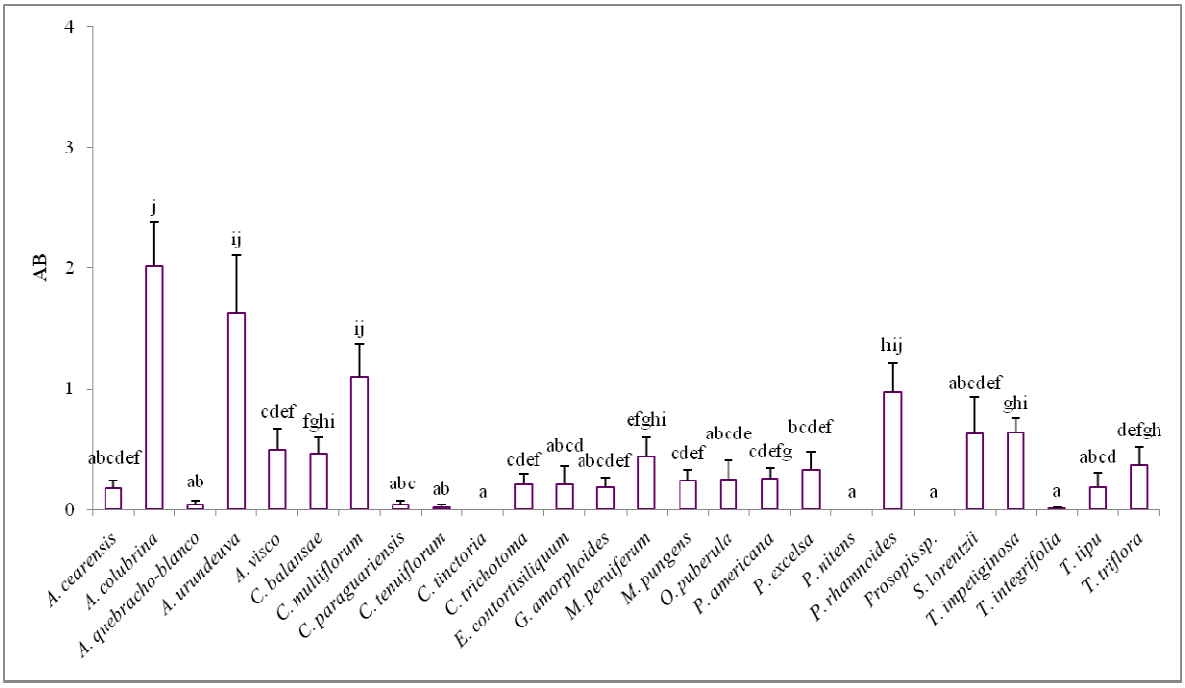

Figura 16. Dominancia de especies en el SiTa (AB en m2/ha). Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) de la dominancia total de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p<0,05$)

[14] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 159,78 con un $p < 0,0001$

Los valores de dominancia absoluta y relativa de las especies del SiTa se presentan en la tabla 7. En general la mayoría de las especies presenta un valor de dominancia relativa menor a 5 % (figura 17), resultando la suma de todas estas en 35,92 %. El resto de las especies constituyen el 64,08 % de la dominancia total.

Seis especies presentan valores mayores a 5 % de dominancia relativa (figura 17), todas de alto valor comercial. Entre estas se destacan *A. urundeuva* y *A. colubrina* con valores de área basal que varían entre 2,03 y 2,52 m^2/ha, siguiéndole en importancia *P. rhamnoides* y *C. multiflorum* con valores de área basal que varían entre 1,21 y 1,38 m^2/ha.

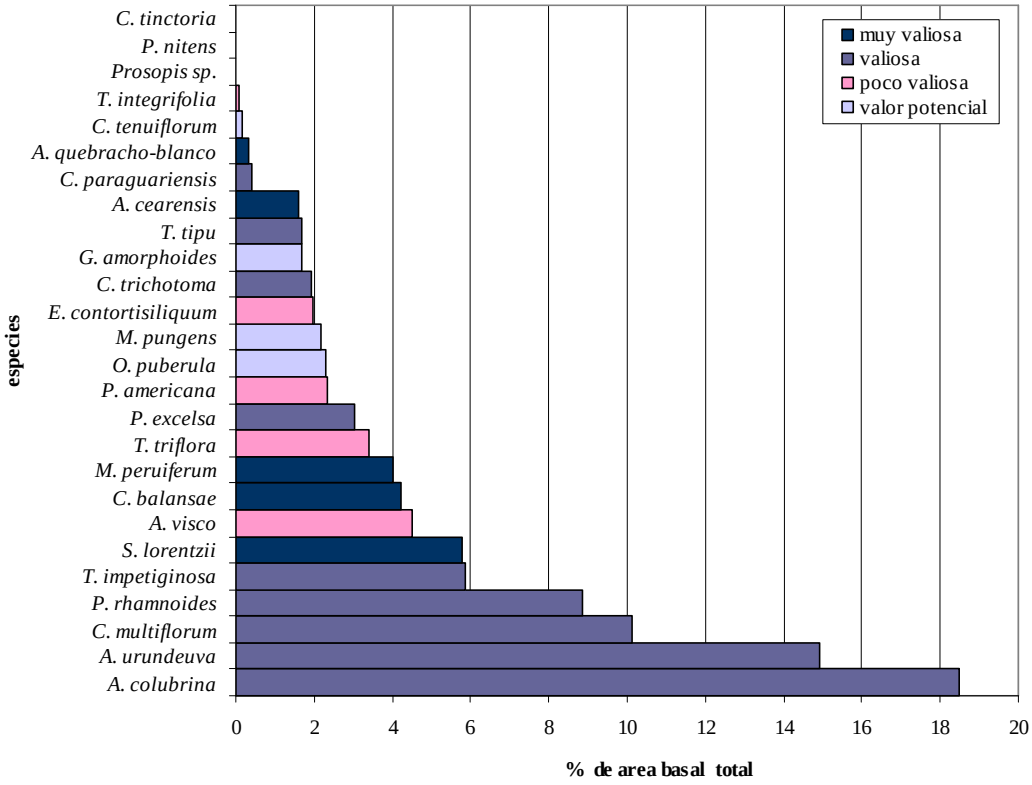

Figura 17. Dominancia relativa de especies del SiTa

SiOr vs. SiTa

De acuerdo al test de Kruskal-Wallis aplicado, existen diferencias estadísticamente significativas entre sitios en función de la dominancia de sus especies (H_{cal} = 67,12 con un $p < 0,0001$). Los resultados obtenidos indican que solo 2 de las 5 especies seleccionadas presentan diferencias significativas en cuanto a su área basal, mientras que las otras 3 tienen comportamientos similares en ambos sitios. Las especies que presentan diferencias entre sitios, son *A. colubrina* y *P. rhamnoides*, manifestando ambas mayores valores de dominancia en el SiOr.

Discusión

En ambos sitios inventariados son tres las especies que superan el 10 % de dominancia relativa, presentándose como especies comunes a ambos sitios *A. colubrina* y *A.*

urundeuva, en tanto que la tercera es *P. rhamnoides* para el SiOr y *C. multiflorum* para el SiTa.

Se observa que en ambos sitios, *A. colubrina* es la especie de mayor dominancia con una representatividad de 32,77 % en el SiOr y de 18,50 % en el SiTa, siendo mayor la dominancia absoluta de esta especie en el SiOr con 5,70 m^2/ha frente a 2,52 m^2/ha en el SiTa.

Tabla 10. Comparación entre sitios según Dominancia de especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	5,05	1,06	C	0,04
SiTa	*A. colubrina*	2,01	0,37	B	
SiOr	*A. urundeuva*	1,75	0,61	A	0,62
SiTa	*A. urundeuva*	1,62	0,48	A	
SiOr	*C. balansae*	1,15	0,46	A	0,30
SiTa	*C. balansae*	0,46	0,14	A	
SiOr	*C. multiflorum*	1,12	0,39	A	0,60
SiTa	*C. multiflorum*	1,10	0,27	A	
SiOr	*P. rhamnoides*	2,62	0,45	BC	0,00
SiTa	*P. rhamnoides*	0,97	0,24	A	

Media: valor de media aritmética de dominancia, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su dominancia, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

Si bien *A. urundeuva* se encuentra entre las tres especies mas dominantes, en el SiTa es la segunda en importancia con un 14,91 %, mientras que en el SiOr es la tercera con un 11,33 %, siendo sus valores absolutos de 2,03 m^2/ha y 1,97 m^2/ha respectivamente.

Según lo descripto para el área de estudio, la selva pedemontana se ve caracterizada por la comunidad de Palo Amarillo (*P. rhamnoides*) y Palo Blanco (*C. multiflorum*), coincidiendo con otros estudios realizados (Prado, 1995; Morales *et al.*, 1995; Manrique, 2001; Rosa, 2002), se observa la presencia de estas especies entre las 5 mas dominantes en cada sitio. En función de la dominancia relativa, se observa un predominio diferencial de estas especies entre sitios[15], con predominancia en el SiOr de *P. rhamnoides* con 17 % frente a 8,87 % en el SiTa, en tanto que *C. multiflorum* predomina en el SiTa con 10,14 % frente a 7,26 % en el SiOr. Estos valores indican que el desarrollo de P. *rhamnoides* se ve más favorecido en el SiOr, en tanto que el *C. multiflorum* en el SiTa.

En cuanto a las especies muy valiosas de cada sitio, se puede observar que la mayoría de las mismas se encuentra dentro de los valores mas bajos de dominancia relativa en el SiOr (figura 15), mientras que en el SiTa, se encuentran dentro de las de mayor valor de dominancia relativa (figura 17).

[15] Con diferencias estadísticamente significativas solo para la especie *P. rhamnoides*

5.1.5. Índice de Valor de Importancia – IVI

SiOr

La importancia ecológica de las diferentes especies del SiOr, expresada mediante el índice de valor de importancia (IVI), se ve representada en la figura 18 y sus valores se presentan en la tabla 5.

Para facilitar la interpretación de la contribución parcial de cada parámetro (abundancia, frecuencia y dominancia) al valor total del IVI de cada especie, se elaboró la tabla 12, donde se expresan los valores de los aportes parciales de cada parámetro como porcentaje del valor total de IVI de cada especie.

Se categorizó a las especies del SiOr en función de su IVI en 3 clases de importancia ecológica según la clasificación establecida en la tabla 11.

Tabla 11. Clases de importancia ecológica de las especies según IVI

Importancia Ecológica	Rango de IVI relativo
Muy Importante	≥ 15
Importancia Media	15> IVI ≥ 5
Baja Importancia	< 5

Tabla 12. Aporte parcial de cada parámetro al IVI total de cada especie del SiOr.

Especies (nombre científico)	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI	
	Rel*	Rel*	Rel*	Abs	Rel**
P. nitens	31	54	15	0,48	0,16
A. cearensis	25	43	32	2,40	0,80
O. puberula	37	51	12	5,63	1,88
M. peruiferum	27	43	30	7,81	2,60
T. tipu	23	31	46	12,47	4,16
P. excelsa	27	47	26	13,79	4,60
T. impetiginosa	32	46	22	14,12	4,71
C. trichotoma	35	46	19	16,51	5,50
P. americana	33	40	27	17,65	5,88
C. balansae	27	37	36	20,54	6,85
C. multiflorum	30	39	32	22,98	7,66
A. urundeuva	26	31	43	26,27	8,76
P. rhamnoides	39	30	30	56,43	18,81
A. colubrina	37	23	40	82,94	27,65

* valores relativos, aporte porcentual del parámetro que representan al valor total de IVI de cada especie, considerando como 100% al valor absoluto de IVI; **valor relativo de IVI, considerando como 100% a la suma de valores de IVI de todas las especies (300).

De acuerdo a esta clasificación, se observa que son dos las especies consideradas como Muy Importantes, *A. colubrina* y *P. rhamnoides* con un 27,6 y 18,8 % de representatividad respectivamente, donde los tres parámetros presentan valores similares[16] de aporte al IVI total. Ambas especies son valiosas de acuerdo a su valor comercial.

El grupo de Importancia Media se encuentra constituido por 5 especies, entre las cuales solo *C. trichotoma* presenta valores de aporte diferenciales entre los parámetros que conforman su IVI, teniendo mayor peso la frecuencia en detrimento de la dominancia, lo cual indica que si bien esta es una especie bien distribuida es de cobertura reducida. Cabe destacar que si bien en este grupo la mayoría de las especies son valiosas, también se encuentra una especie poco valiosa (*P. americana*) y una muy valiosa (*C. balansae*).

En el grupo de especies de Baja Importancia ecológica, se encuentran 7 especies, de las cuales solo *M. peruiferum* y *A. cearensis,* ambas especies muy valiosas, presentan valores similares de abundancia, frecuencia y dominancia. En las especies restantes, *T. impetiginosa, O. puberula y P. nitens* presentan un bajo valor de dominancia y alta frecuencia, mientras que *T. tipu* presenta un alto valor de dominancia y abundancia en defecto. En el caso particular de *P. excelsa* los valores de abundancia y dominancia son bajos pero similares, con un alto valor de frecuencia.

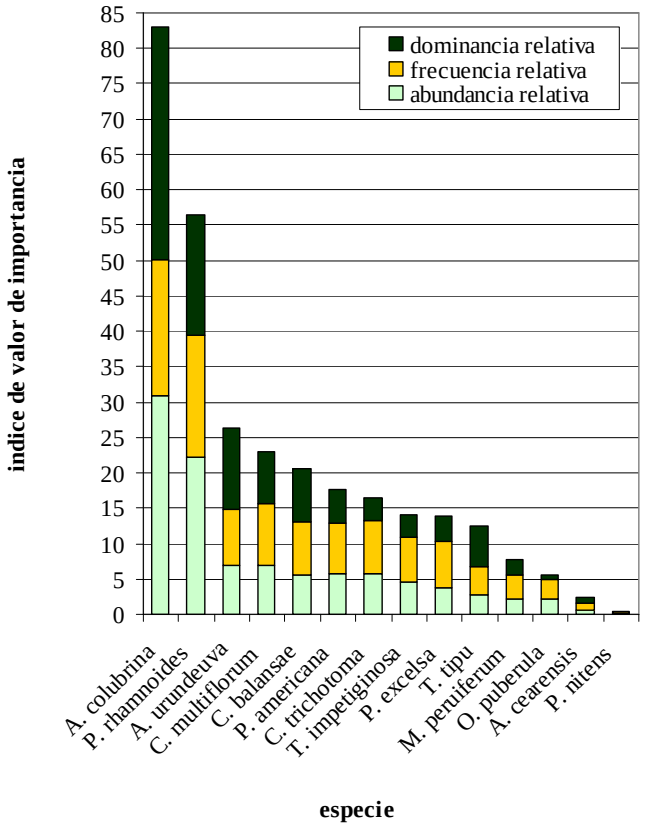

Figura 18. Índice de valor de importancia y aportes relativos de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie del SiOr.

[16] Se consideró como similar aquellos valores iguales a 33±10%

SiTa

La importancia ecológica de las diferentes especies del SiTa, expresada mediante el índice de valor de importancia (IVI), se ve representada en la figura 19 y sus valores se presentan en la tabla 7.

Al igual que para el SiOr, para facilitar la interpretación de la contribución parcial de cada parámetro (abundancia, frecuencia y dominancia) al valor total del IVI de cada especie, se elaboró la tabla 13, donde se expresan los valores de los aportes parciales de cada parámetro como porcentaje del valor total de IVI de cada especie. También se categorizó a las especies en clases de importancia ecológica de acuerdo a la clasificación establecida en la tabla 11.

De acuerdo a esta clasificación, solo se encuentra una especie Muy Importante, *A. colubrina*, especie valiosa, con un 15,85 % de representatividad, donde los tres parámetros realizan aportes similares, con una leve inclinación hacia mayor abundancia y dominancia.

Tabla 13. Aporte parcial de cada parámetro al IVI total de cada especie del SiTa

Especies (nombre científico)	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI	
	Rel*	Rel*	Rel*	Abs	Rel**
C. tinctoria	22	71	5	0,41	0,14
P. nitens	21	69	7	0,42	0,14
Prosopis sp.	21	69	7	0,42	0,14
C. tenuiflorum	16	51	32	0,57	0,19
T. integrifolia	55	34	9	0,85	0,28
A. quebracho-blanco	38	29	32	0,99	0,33
C. paraguariensis	26	55	19	2,14	0,71
T. tipu	12	37	52	3,23	1,08
E. contortisiliquum	17	31	52	3,81	1,27
A. cearensis	25	39	36	4,50	1,50
G. amorphoides	33	46	22	7,75	2,58
O. puberula	48	25	28	8,29	2,76
S. lorentzii	11	23	66	8,78	2,93
C. trichotoma	28	52	20	9,55	3,18
P. excelsa	30	40	30	10,27	3,42
M. pungens	41	40	20	11,10	3,70
A. visco	28	33	39	11,62	3,87
P. americana	40	40	20	11,77	3,92
T. triflora	33	41	26	13,02	4,34
M. peruiferum	30	41	29	13,73	4,58
C. balansae	29	43	28	15,12	5,04
T. impetiginosa	34	40	26	22,32	7,44
C. multiflorum	34	32	34	30,10	10,03
P. rhamnoides	44	27	29	30,75	10,25
A. urundeuva	26	26	48	30,94	10,31
A. colubrina	38	24	39	47,55	15,85

* valores relativos, aporte porcentual del parámetro que representan al valor total de IVI de cada especie, considerando como 100% al valor absoluto de IVI; **valor relativo de IVI, considerando como 100% a la suma de valores de IVI de todas las especies (300).

Son 5 las especies que constituyen el grupo de Importancia Media, entre las cuales solo *C. multiflorum* y *C. balansae* presentan valores similares de aporte de los tres parámetros, mientras que *A. urundeuva* presenta valores bajos de abundancia y frecuencia con una alta dominancia, *P. rhamnoides* bajas frecuencia y dominancia con una alta abundancia y *T. impetiginosa* baja dominancia con altos valores de abundancia y frecuencia.

Entre las especies del grupo de Baja importancia, 6 presentan valores similares de abundancia, frecuencia y dominancia (*M. peruiferum, T. triflora, A. visco, P. excelsa, A. cearensis* y *A. quebracho-blanco*) mientras que en 3 especies abundancia y frecuencia tiene mayor peso que la dominancia (*P. americana, M. Pungens* y *G. amorphoides*).

Se encontraron tres grupos donde un parámetro en particular domina en detrimento de los otros dos. Tanto en *O. puberula* como *T. integrifolia* prácticamente el 50% del valor total de su IVI está constituído por el aporte de la abundancia relativa, con una baja dominancia en la segunda especie. De las 6 especies que presentan un alto valor de frecuencia, *C. trichotoma, C. paraguariensis, C. tenuiflorum, Prosopis sp., P. nitens* y *M. tinctoria*, las últimas tres presentan un valor de aporte de dominancia menor al 10% (tabla 13), mientras que en las especies *S. lorentzii, E. contortisiliquum* y *T. tipu* el aporte realizado por la dominancia supera el 50% del valor de IVI de las mismas.

Cabe destacar que en el grupo de especies de Baja Importancia se encuentran todas aquellas especies de las cuales se registró un solo individuo en el inventario del SiTa.

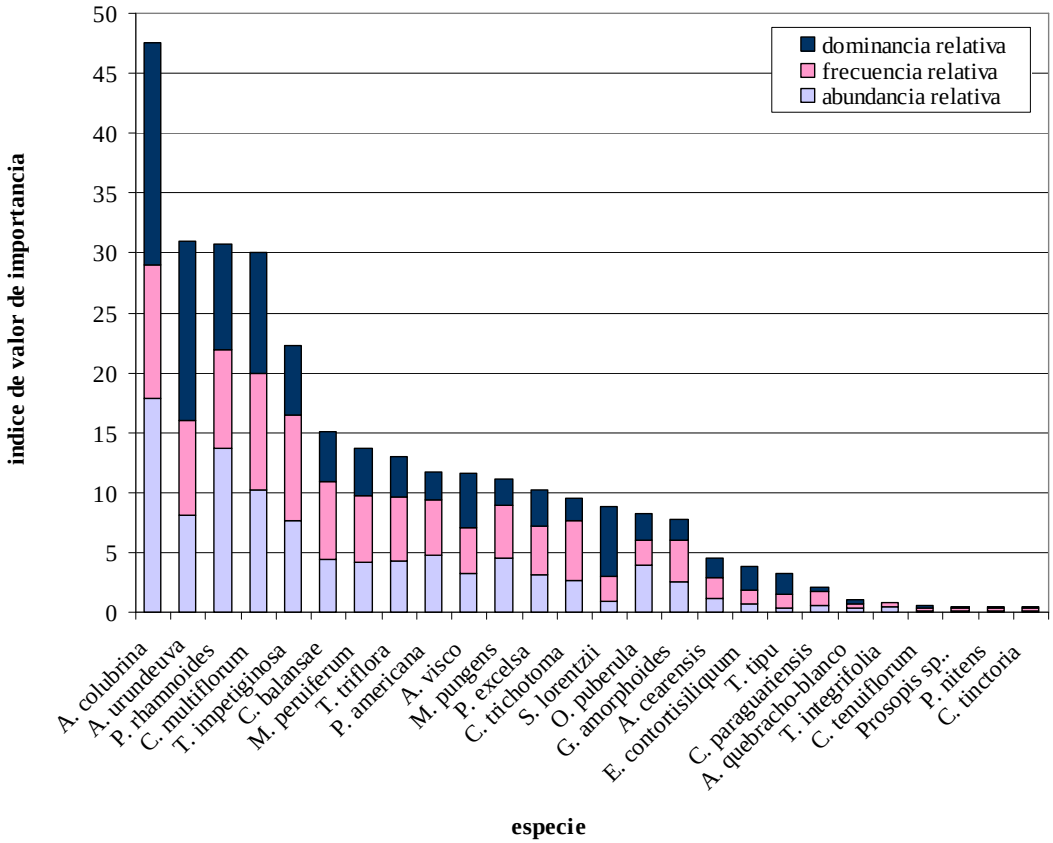

Figura 19. Índice de valor de importancia y aportes relativos de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie del SiTa.

SiOr vs. SiTa

En ambos sitios *A. colubrina* es la especie de mayor importancia ecológica, seguida por las especies (en común entre sitios) *A. urundeuva, P. rhamnoides, C. multiflorum y C. balansae.* Las 5 especies presentan el mismo comportamiento en cuanto a aporte relativo de los parámetros del IVI en ambos sitios, ya que en todas, excepto en *A. urundeuva*, el aporte que realiza cada parámetro es homogéneo, con una leve superioridad de abundancia y frecuencia respecto a dominancia, caso que no ocurre en la especie anteriormente nombrada, la cual exhibe una fuerte presencia de dominancia frente a los otros parámetros.

Discusión

Las 5 especies de mayor valor ecológico seleccionadas entre ambos sitios concuerdan con las especies clave determinadas por Manrique (2001) para caracterizar la selva pedemontana. Si se considera que estas especies son fueron establecidas como clave, podría decirse que nos encontramos ante una situación de bosque tipo en estado natural, ya que estas especies clave se encuentran entre las 10 de mayor importancia ecológica en ambos sitios. Lo anteriormente planteado se encuentra en concordancia con lo expuesto por Minetti (2005) en su informe sobre la comercialización de maderas nativas en Orán y Tartagal, donde manifiesta que en función de sus existencias *A. colubrina* es la especie de mayor importancia en las Yungas, siguiéndole *P. rhamnoides, A. urundeuva, C. multiflorum, M. peruiferum, T. impetiginosa, C. trichotoma*[17]

5.2. DIVERSIDAD

5.2.1. Alfa – Dentro del Sitio

En la tabla 14 se presentan los valores de los índices calculados para la caracterización de la diversidad de ambos sitios.

Tabla 14. Índices de diversidad calculados para cada sitio

Sitio	Riqueza		Estructura	
	S	**CM**	**Λ**	**H'**
SiOr	14	0,021	0,168	0,921
SiTa	26	0,024	0,088	1,167

S: riqueza específica, **CM:** cociente de mezcla de Holdridge, **λ:** índice de dominancia de Simpson, **H':** índice de equidad de Shannon-Wiener.

SiOr

Se registraron en el SiOr un total de 670 individuos forestales de DAP > 10 cm, pertenecientes a 8 familias, siendo la riqueza específica (**S**) de 14 especies. Según el cociente de mezcla de Holdridge (**CM**), la intensidad de mezcla de las especies es de 0,021.

[17] Según lo informado por Minetti (2005), estas especies no siguen ningún orden, ya que sus existencias dependen de los sitios o usos anteriores que tuvo el bosque.

Según los índices de dominancia de Simpson (**λ** = 0,168) y de equidad de Shannon-Wiener (**H'** = 0,921), el sitio presenta una diversidad medianamente baja, fuertemente influenciada por la dominancia de un número reducido de especies. Debido a que el nivel de equidad es bajo, los individuos no se encuentran distribuidos uniformemente entre las especies.

En la figura 20a, se encuentran representadas en la curva de Whittaker las abundancias de las especies del SiOr. La curva muestra que la diversidad se ve muy influenciada por la alta dominancia numérica de las especies *A. colubrina* y *P. rhamnoides.*

SiTa

Se registraron en el SiTa un total de 1063 individuos forestales de DAP > 10 cm, pertenecientes a 13 familias. La riqueza específica (**S**) es de 26 especies. El cociente de mezcla de Holdridge (**CM**) indica una intensidad de mezcla de 0,024.

Los índices de dominancia de Simpson (**λ** = 0,088) y de equidad de Shannon-Wiener (**H'** = 1,167), evidencian que el sitio presenta una diversidad medianamente alta. El reducido nivel de equidad, indica la influencia de la dominancia de un número reducido de especies.

Se representan en la figura 20b, las abundancias de las especies del SiTa en la curva de Whittaker. La pendiente de la misma indica que si bien la diversidad se encuentra influenciada por la dominancia de un grupo de especies (*A. colubrina*, *P. rhamnoides*, *C.multiflorum*, *A. urundeuva* y *T. impetiginosa*), la misma no es muy fuerte. Se observa un grupo de especies raras que constituyen la cola derecha de la curva.

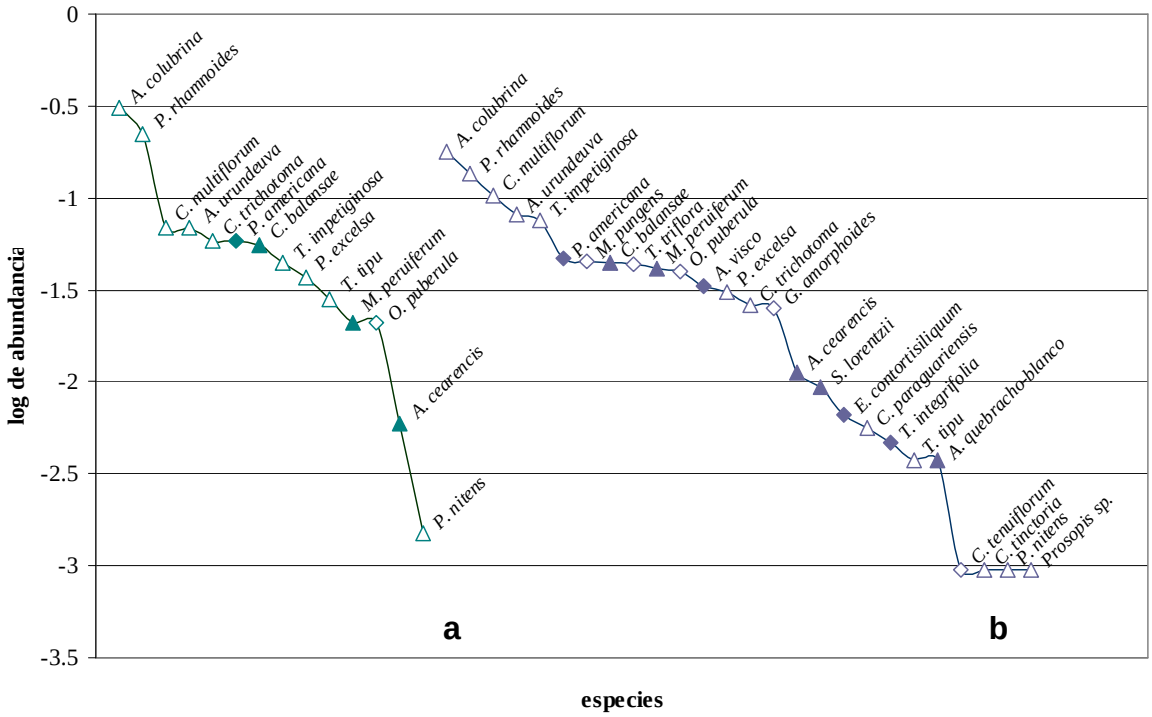

Figura 20. Curvas de Whittaker o de rango-abundancia: **a.** SiOr, **b.** SiTa. Valor comercial de las especies representadas: ▲ muy valiosa, △ valiosa, ◆ poco valiosa, ◇ valor potencial.

SiOr vs. SiTa

Los valores presentes en la tabla 14 manifiestan una mayor diversidad en el SiTa con respecto al SiOr. Esto se debe a que tanto los valores de **S**, **CM**, **λ**, como **H'** son mayores en el SiTa, presentando de esta manera el mismo una mayor cantidad de especies en áreas equivalentes y una mejor distribución de sus organismos entre especies.

En la figura 20 se encuentran representadas las curvas de rango-abundancia de ambos sitios. Al comparar las curvas se obtienen resultados similares a los anteriormente mencionados, se puede ver claramente que el SiTa es mas rico en especies y presenta una mayor igualdad entre las mismas en su abundancia, mientras que el SiOr es menos rico y presenta una fuerte dominancia numérica de las especies *A. colubrina* y *P. rhamnoides*. En ambos sitios el orden de las 4 primeras especies dominantes es el mismo (*A. colubrina*, *P. rhamnoides*, *C. multiflorum* y *A. urundeuva*). Se presenta un grupo de especies raras en el SiTa, mientras que en el SiOr solo se encuentra una especie rara.

Discusión

Varios autores (Rosa, 2002; Morales *et al.*, 1995; SAyDS, 2005) indican que la diversidad aumenta hacia el ecuador, Brown y Ramadori (1989) expresan que el sector N de las Yungas Argentinas es el mas diverso, señalando particularmente que gran parte de las especies exclusivas de éste sector se encuentran en el pedemonte. Este efecto está de acuerdo a las limitaciones climáticas, ya que el sector N es el único con zonas casi libres de heladas (Morales *et al.*, 1995). En concordancia con lo expresado, se observa entre los sitios analizados que el SiTa presenta una mayor diversidad que el SiOr, diferencia que se puede atribuir al aumento de temperatura y disminución de humedad hacia el N, lo cual favorece el ingreso de especies chaqueñas ajenas al Distrito de Selva Pedemontana, consideradas al realizar el inventario. Cabe destacar que también cobra importancia el grado de aislamiento entre los sectores, ya que como lo expresan Morales *et al.* (1995) en su análisis de riqueza de árboles de las yungas argentinas, hay especies presentes en el sector norte que no pueden colonizar cordones montañosos mas australes.

5.2.2. Beta – Entre Sitios

SiOr vs. SiTa

Para determinar el grado de similitud entre sitios se aplicaron los índices de similitud de Sorensen, de Jaccard y de Complementariedad, los valores calculados se encuentran en la tabla 15.

Tabla 15. Índices de Similitud/Disimilitud entre SiOr y SiTa

Índice		
Sorensen (I_s)	**Jaccard (J)**	**Complementariedad (C)**
70	0,54	0,46

Según el índice de Sorensen, los sitios presentan una similitud de 70 %. Tanto el índice de Jaccard como el de Complementariedad presentan valores medios ya que ambos varían de 0 a 1, pero ambos se inclinan hacia una mayor similitud de composición, por lo tanto los tres índices evidencian que existe similitud entre los sitios, sin embargo esta similitud

puede encontrarse influenciada por el echo de que el SiOr se encuentra incluido en el SiTa en función de su composición específica forestal.

Con el fin de determinar la diferencia de diversidad entre sitios, se realizó un Test de t entre los valores de **H'** obtenidos de cada sitio, con el mismo se determino que ambas comunidades son diferentes (t_{cal} = 12,88 > t_{tab} =1,98 con un p = 0,00001). El índice de homogeneidad del SiTa (0,82) es apenas mayor que el de SiOr (0,80), se podría decir que al acercarse mas al valor esperado, SiTa es más homogénea, indicando un mayor grado de dominancia en el SiOr, pero la diferencia entre valores es escasa, generando así un pequeño umbral de incertidumbre.

5.2.2.2. Discusión

Si bien los valores de los índices de diversidad beta indican que hay similitud entre los sitios, se puede observar en la descripción de composición de ambos sitios que el SiOr se encuentra totalmente incluido en el SiTa, y que al comparar los índices de diversidad alfa se observa que el SiTa es mas diverso que el SiOr.

5.3. ESTRUCTURAS TOTALES

5.3.1. Estructura Horizontal

5.3.1.1. Distribución diamétrica

SiOr

La determinación de las clases de DAP en función de la ley de Sturges para el SiOr, indicó una amplitud de intervalo de 7,74 cm, valor que se redondeó en 8 cm para facilitar la lectura de la clasificación (tabla 16).

Tabla 16. Clasificación de distribución diamétrica para el SiOr

Clase de DAP	Rango de clase (cm)	Individuos por clase		AB por clase	
		Total (ind/ha)	Proporción (%)	Total (m^2/ha)	Proporción (%)
1	10 – 18	79	12	0,32	2
2	18 – 26	147	22	1,23	7
3	26 – 34	127	19	1,91	11
4	34 – 42	128	19	3,08	18
5	42 – 50	68	10	2,45	14
6	50 – 58	51	8	2,47	14
7	58 – 66	37	6	2,39	14
8	66 – 74	10	1	0,81	5
9	74 – 82	10	1	0,99	6
10	82 – 90	13	2	1,74	10

En la figura 21 puede observarse que la distribución diamétrica de las especies es irregular, ya que aunque la mayoría de los individuos se encuentran en las primeras clases de distribución, la clase 1 presenta una cantidad media de individuos, que luego se duplica, disminuye hasta mantener cierta estabilidad para luego disminuir de manera gradual hasta la clase 8 donde se produce un descenso abrupto de la cantidad de individuos para conformar una meseta de valores similares hasta la ultima clase. Esta distribución se adapta a la definida por Daniel *et al*. (1982) para los bosques tropicales, donde suelen existir 2, 3 y hasta 4 niveles dentro del bosque principal. La denomina distribución de rodales de niveles escalonados. Estos suelen originarse cuando una especie tolerante[18] forma una capa subsidiaria por debajo de una capa superior de árboles no tolerantes.

La distribución de área basal es baja en las clases diamétricas inferiores (figura 21), con un valor mínimo de 0,32 m^2/ha en la clase 1 (tabla 16), ascendiendo gradualmente hasta la clase 4 donde alcanza un pico máximo de 3,08 m^2/ha. A partir de ésta clase, el área basal disminuye levemente manteniendo valores similares en las clases 5 a 7. Entre las clases 7 y 8 se produce una disminución del área basal, que luego aumenta levemente. Este ascenso en los valores de área basal podría ser llamativo si se considerase que el número de individuos mantiene valores similares de individuos en estas últimas tres clases, pero se debe tener en cuenta que al aumentar las clases diamétricas aumenta el DAP, aportando sus individuos una mayor superficie al área basal total.

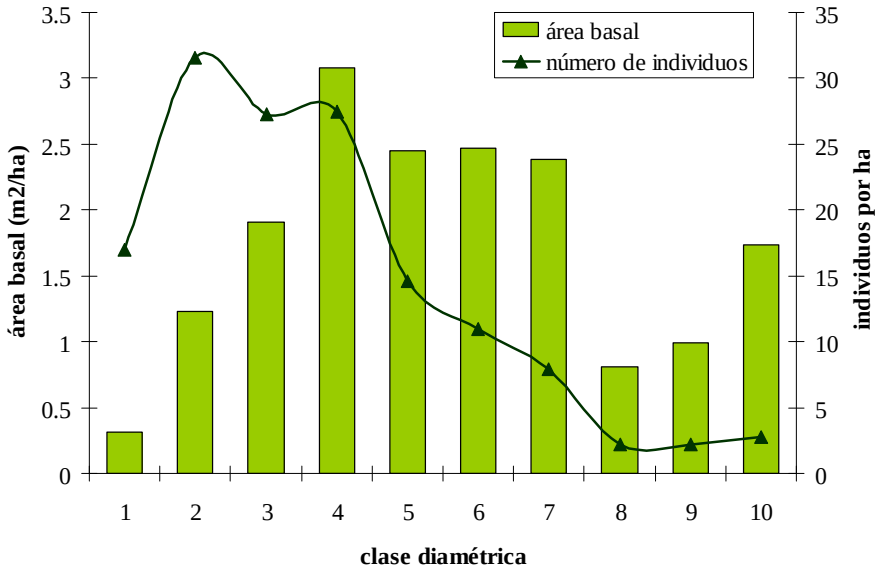

Figura 21. Estructura horizontal del SiOr según la clase diamétrica de sus árboles. El histograma muestra la distribución de área basal (eje y izquierdo), mientras que la curva muestra la distribución de los individuos (eje y derecho).

Según el test de Kruskal-Wallis, la diferencia de DAP entre especies es altamente significativa ($p<0,0001$), pero permite agrupar a las especies según la similitud de sus diámetros (figura 22). La mayoría de las especies se encuentra en el grupo de especies de

[18] Entendiéndose por especie tolerante a aquella especie tolerante a la sombra.

DAP mediano, seguidas por el grupo de especies de DAP grande, encontrándose en esta última las 2 especies más abundantes de las 3 de mayor valor comercial (*C. balansae* y *M. peruiferum*).

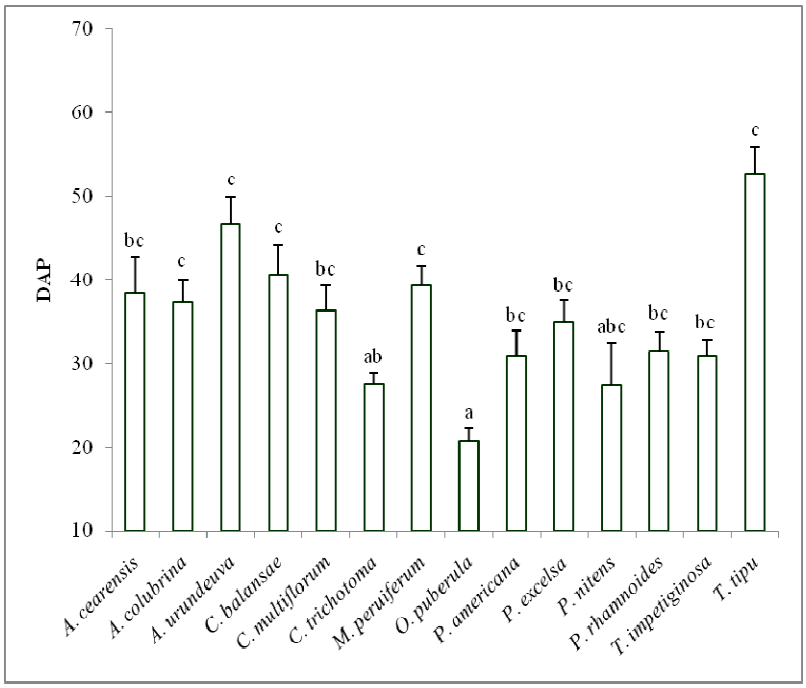

Figura 22. DAP medio (cm) de especies en el SiOr. Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) del DAP medio de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis (p<0,05)

SiTa

La determinación de las clases de DAP en función de la ley de Sturges indico una amplitud de intervalo de 8,28 cm para el sitio, redondeándose a 8 cm este valor para facilitar la lectura de la clasificación (tabla 17), la cual se encuentra representada en la figura 23.

La distribución diamétrica describe una J invertida (figura 23), característica de rodales de edad no uniforme (Daniel *et al.*, 1982). Se puede observar que el mayor número de fustes se encuentra en las clases diamétricas mas bajas, decreciendo de manera constante a medida que aumenta la clase, quedando en las últimas clases un número reducido de individuos. Se registró la ausencia de individuos en la clase 10 (82 – 90 cm).

En cuanto a la distribución de área basal, se puede observar que la misma acompaña a la distribución diamétrica con valores altos en las clases diamétricas mas bajas, para disminuir hacia las clases más altas. Por la ausencia de individuos en la clase 10 no es posible determinar con absoluta certeza que el área basal aumente, pero si se evidencia un aumento entre las clases 11 y 12.

Tabla 17. Clasificación de distribución diamétrica para el SiTa

Clase de DAP	Rango de clase (cm)	Individuos por clase		AB por clase	
		Total (ind/ha)	Proporción (%)	Total (m^2/ha)	Proporción (%)
1	10 – 18	417	39,2	1,36	10,0
2	18 – 26	306	28,8	2,45	18,0
3	26 – 34	136	12,8	2,01	14,7
4	34 – 42	99	9,3	2,33	17,1
5	42 – 50	53	5,0	1,87	13,7
6	50 – 58	28	2,6	1,33	9,7
7	58 – 66	12	1,1	0,76	5,6
8	66 – 74	3	0,3	0,24	1,8
9	74 – 82	3	0,3	0,30	2,2
10	82 – 90	0	0,0	0,00	0,0
11	90 – 98	2	0,2	0,29	2,1
12	98 – 106	4	0,4	0,67	4,9

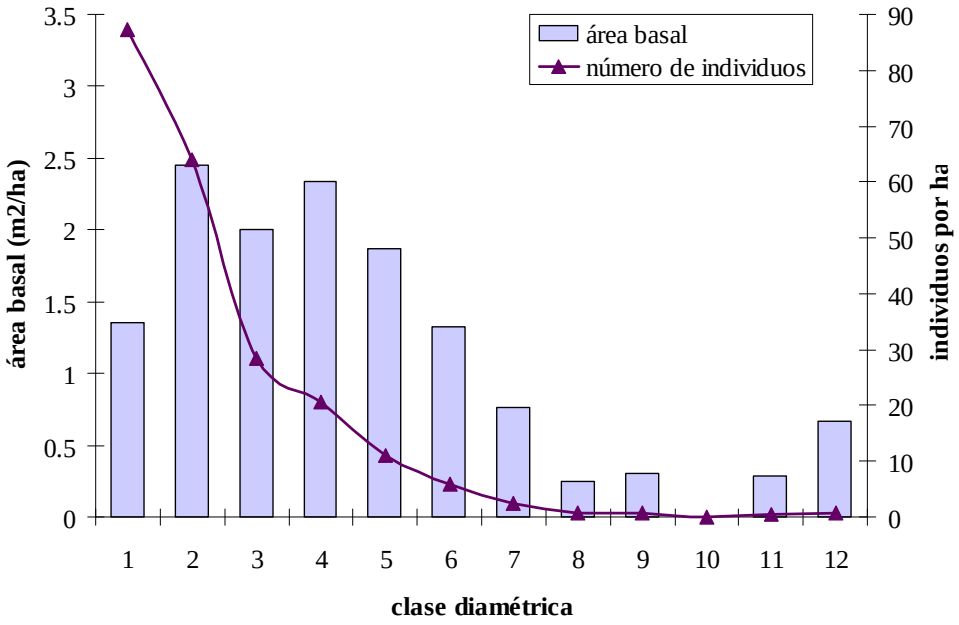

Figura 23. Estructura horizontal del SiTa según la clase diamétrica de sus árboles. El histograma muestra la distribución de área basal (eje y izquierdo), mientras que la curva muestra la distribución de los individuos (eje y derecho).

La diferencia en cuanto a DAP entre las especies del sitio es altamente significativa ($p<0,0001$) según test de Kruskal-Wallis. Se llevó a cabo la clasificación en tres grupos de clase de DAP, siendo la mayoría de las especies de DAP pequeño aquellas de menor valor

comercial, solo *S. lorentzii* pertenece a la clase de DAP > 11, no se consideró a otras especies ya que si bien presentan un DAP promedio alto, también presentan un valor de error estándar alto (figura 24)

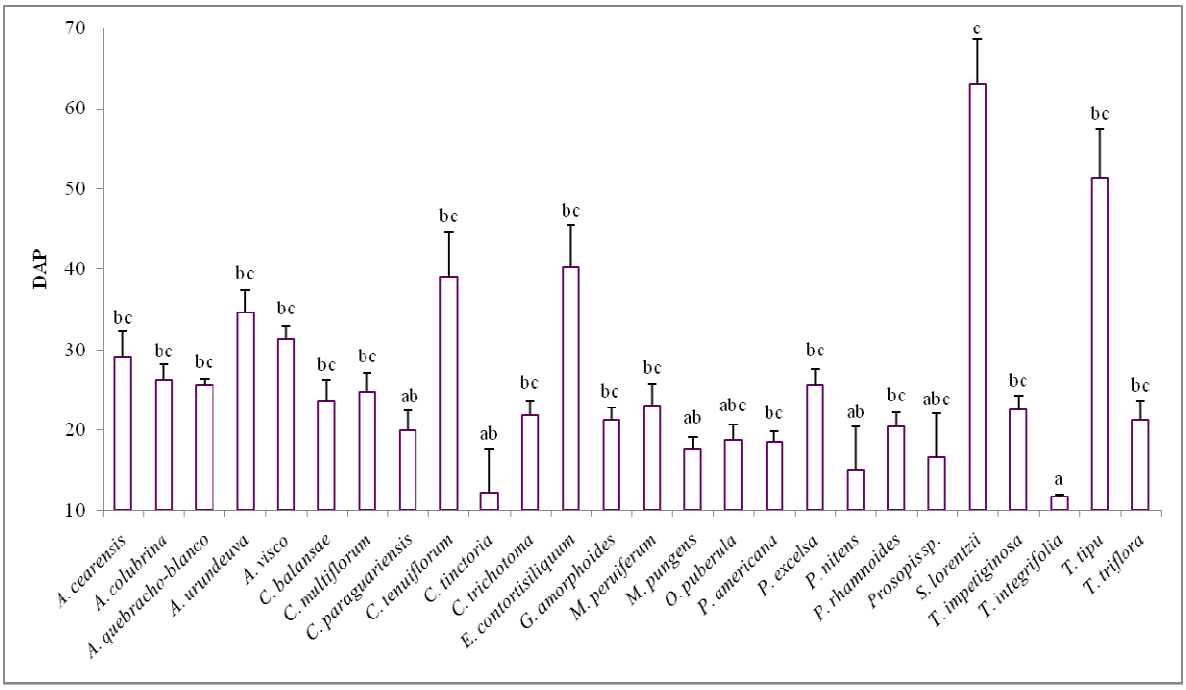

Figura 24. DAP medio (cm) de especies en el SiTa. Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) del DAP medio de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis (p<0,05)

SiOr vs. SiTa

En la tabla 18 se observa que las especies presentan diferentes comportamientos en cuanto al DAP según el sitio en que se encuentran (H_{cal} = 83,02 con p < 0,0001), todas las especies tienen mayores valores de DAP en el SiOr con diferencias significativas para todos los casos.

Discusión

La distribución del SiOr muestra que las clases diamétricas mayores presentan pocos individuos pero un área basal grande, lo cual indica que el SiOr tiende por sus características a la estrucutura de un bosque maduro, mientras que la distribución del SiTa indica que este en este sitio el bosque se asemeja mas a un estado inmaduro, ya que tanto la cantidad de individuos como el área basal forman una J invertida, con el mayor numero de individuos y área basal en las clases diamétricas menores. Este comportamiento puede atribuirse a un mayor número de disturbios en el SiTa (de origen natural o no), que dejan claros abiertos para la regeneración y retrasan la llegada del bosque a un estado de madurez.

Tabla 18. Comparación entre sitios según el DAP de las especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	37,35	2,60	D	0,00
SiTa	*A. colubrina*	26,12	2,04	B	
SiOr	*A. urundeuva*	46,67	3,24	E	1,6 E-03
SiTa	*A. urundeuva*	34,58	2,85	CD	
SiOr	*C. balansae*	40,62	3,55	DE	2,1 E-06
SiTa	*C. balansae*	23,58	2,53	AB	
SiOr	*C. multiflorum*	36,30	3,00	CD	2,6 E-05
SiTa	*C. multiflorum*	24,82	2,28	B	
SiOr	*P. rhamnoides*	31,48	2,31	C	0,00
SiTa	*P. rhamnoides*	20,46	1,72	A	

Media: valor de media aritmética de DAP, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su DAP, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

De acuerdo a la distribución diamétrica del SiTa, se observa un dosel discontinuo en el cual la mayor cantidad de árboles se encuentran concentrados en las clases diamétricas mas bajas (10 a 26 cm de DAP), siendo probable que estos sean individuos que nacieron en sitios donde se abrieron claros por algún disturbio.

Se infiere que debido a mejores condiciones de humedad y temperatura en el SiOr sus especies tienen mayores valores de DAP que en el SiTa.[19]

5.3.1.2. Área basal

SiOr

El área basal se calculó para cada especie y se observa en la tabla 5 como el valor de dominancia absoluta de las mismas.

Se determinó un área basal (DAP > 10 cm) de 17,41 m^2/ha, donde 4 especies presentan valores entre 0,5 – 1,0 m^2/ha, 4 entre 1,0 – 2,0 m^2/ha, 1 entre 2,0 – 3,0 m^2/ha y una en particular de 5,7 m^2/ha.

Las 6 especies de mayor área basal (AB > 1,0 m^2/ha) constituyen el 81 % de la misma (figura 25), todas de alto valor comercial. Las especies restantes no superan el 5 % de área basal. Se destacan en su aporte, *A. colubrina*, *P. rhamnoides* y *A. urundeuva*, contribuyendo en conjunto con un 61 % al valor total de área basal.

Las especies muy valiosas *C. balansae*, *M. peruiferum* y *A. cearensis*, aportan un 10 % del total de área basal (*C. balansae* aporta por si misma un 7 % al área basal total), mientras que las especies de bajo valor aportan un 6 %.

[19] cabe destacar que aunque solo se tomaron las 5 especies de mayor IVI para realizar la comparación entre sitios, todas las especies en común presentan una DAP promedio mayor en el SiOr.

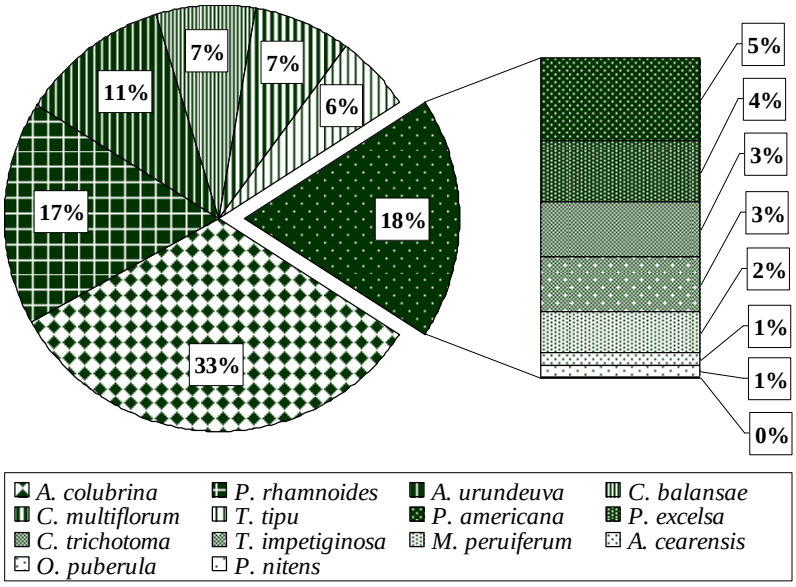

Figura 25. Aporte parcial de cada especie al área basal total del SiOr

SiTa

El área basal se calculó para cada especie y se observa en la tabla 7 como el valor de dominancia absoluta de las mismas.

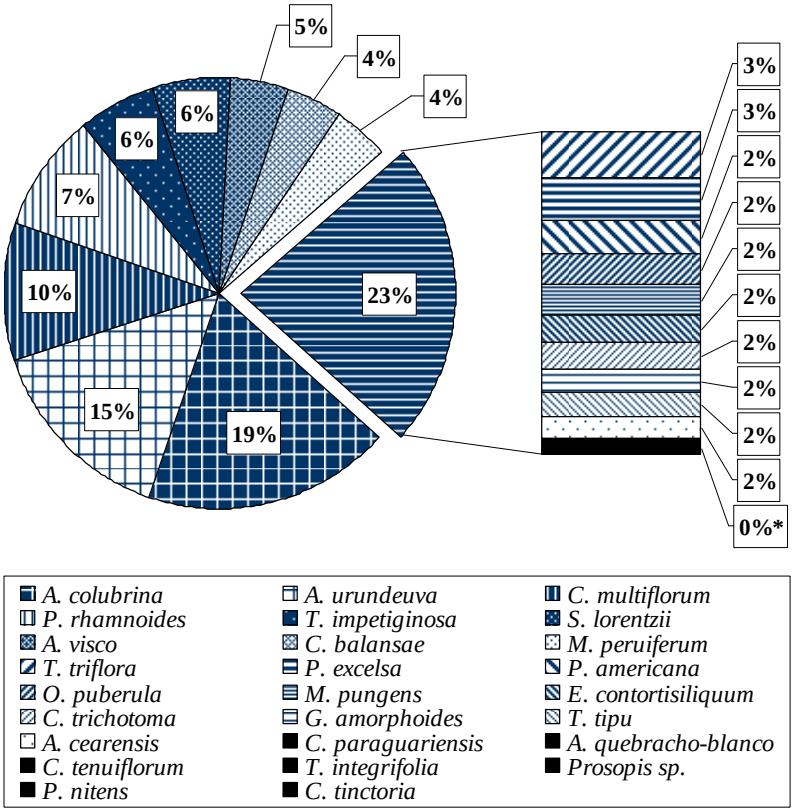

Figura 26. Aporte parcial de cada especie al área basal total del SiTa. *especies con una representatividad menor al 0,5 %

Se determinó un área basal (DAP > 10 cm) de 13,61 m^2/ha, donde 5 especies presentan valores entre 0,5 – 1,0 m^2/ha, 2 entre 1,0 – 2,0 m^2/ha y 2 entre 2,0 – 3,0 m^2/ha, encontrándose la mayoría de las especies (17) por debajo del valor de 0,05 m^2/ha, presentando 3 de las mismas valores despreciables menores a 0,001 m^2/ha

Las 4 especies de mayor área basal (AB > 1,0 m^2/ha) aportan tan solo el 51 % de la misma (figura 26), todas de alto valor comercial. De las especies restantes, aquellas que no superan los 0,5 m^2/ha, conforman el 23 % del total de área basal. Se destacan, *A. colubrina* y *A. urundeuva*, contribuyendo en conjunto con un 34 % al valor total de área basal.

Las especies muy valiosas *S. lorentzii*, *C. balansae*, *M. peruiferum*, *A. cearensis* y *A. quebracho-blanco*, aportan un 16 % del total de área basal (*S. lorentzii* y *C. balansae* aportan en conjunto un 10 % al área basal total), mientras que las especies de bajo valor aportan un 18 %.

SiOr vs SiTa

Aunque *A. colubrina* realiza el mayor aporte de área basal en ambos sitios, en el SiOr, dobla en magnitud el valor de m^2/ha del SiTa.

Se observa que aunque la abundancia de individuos es mayor en el SiTa, esta no se ve acompañada por el área basal, ya que las especies del SiOr, a pesar de ser menos individuos, superan a SiTa con respecto a los valores de área basal de sus especies.

Discusión

En el análisis de clases diamétricas de cada sitio, se ve que en el SiTa las primeras clases diamétricas son las que concentran la mayor cantidad de individuos, con escasos representantes en las clases de mayor diámetro, mientras que en el SiOr sucede lo opuesto, ya que son pocos los individuos que se encuentran en las clases de diámetros pequeños, aumentando hacia las clases de diámetros mayores.

Esta diferencia entre sitios en cuanto a la distribución diamétrica de sus individuos, explica en cierta medida la diferencia de áreas basales entres sitios. Se infiere que aunque la abundancia de individuos en las clases de diámetros mas bajos sea mayor en el SiTa, no logra compensar el aporte realizado por los individuos de mayor diámetro que presentan mayor abundancia en el SiOr con respecto al SiTa.

5.3.2. Estructura Vertical

5.3.2.4. Abundancia según estrato

SiOr

Las distintas especies encontradas en el SiOr varían en cuanto a sus características ecológicas y coexisten ocupando sus copas distintos niveles de altura. Esta diferencia de alturas es estadísticamente significativa[20] (figura 27).

[20] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 123,22 con un p < 0,0001

Debido a estas diferencias, se clasificó a las especies en tres estratos según su altura total (HT), estrato subarbóreo (subA), arbóreo inferior (Ainf) y arbóreo superior (Asup), quienes corresponderían a los doseles inferior, medio y superior respectivamente.

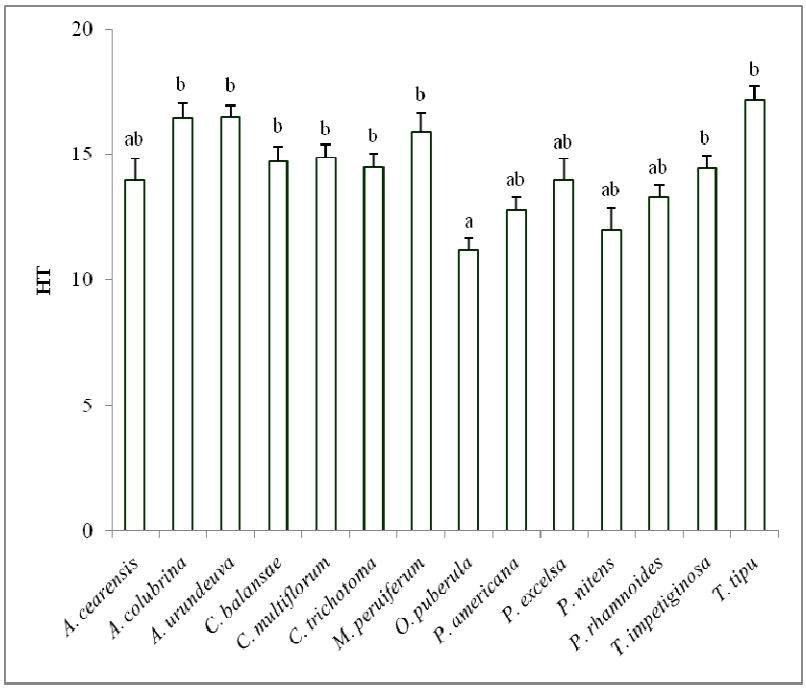

Figura 27. Diferencias entre especies del SiOr en cuanto a Altura Total. Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) del HT media de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p<0,05$)

La mayoría de las especies, presentó individuos en los 3 estratos establecidos, pero fueron pocas aquellas que presentaron abundancias similares en cada uno de ellos. En base a estas diferencias de abundancia, se estableció el comportamiento de las especies del SiOr tomando como premisa que cada especie pertenece al estrato o dosel donde presenta la mayor proporción de sus individuos, de esta manera, algunas especies pertenecen al dosel superior, medio o inferior.

Como se observa en la figura 28a los estratos Ainf y Asup, presentan porcentajes similares en cuanto a abundancia de individuos, mientras que quién tiene mayor peso en cuanto a cobertura (figura 28b) es el estrato Asup, que abarca el 61 % del área basal total del SiOr. Tanto en abundancia como en dominancia, el estrato subA tiene la menor representatividad en este sitio.

De acuerdo a su abundancia absoluta (figura 29), se considera a las especies *A. colubrina*, *A. urundeuva* y *T. tipu* como especies del dosel superior. Las especies que constituyen el dosel medio son *P. rhamnoides*, *P. americana*, *T. impetiginosa*, *P. excelsa*, *A. cearensis* y *T. tipu*, aunque esta ultima especie no se constituye en un indicador robusto por haberse encontrado tan solo un individuo.

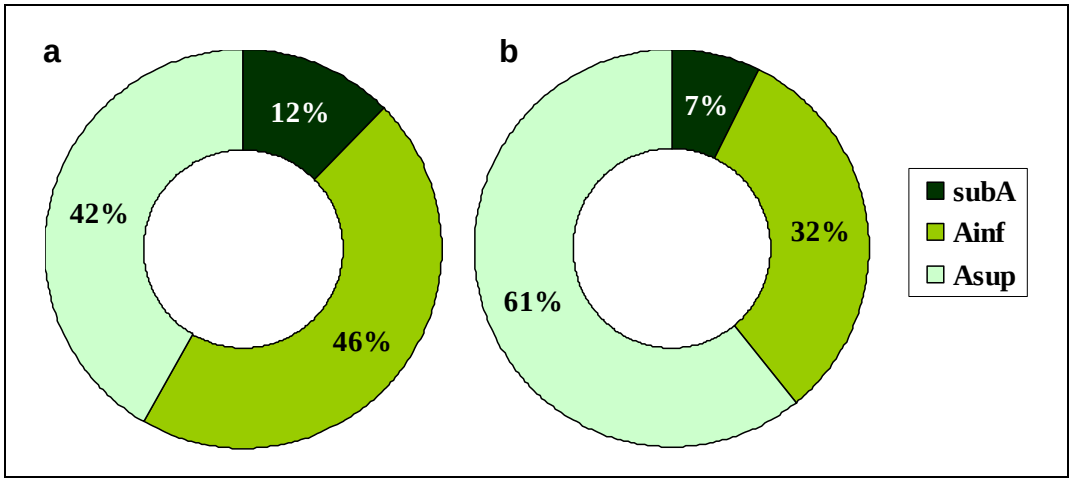

Figura 28. Porcentaje de representatividad por estrato en el SiOr. **a**: abundancia proporcional aportada por cada estrato al total de individuos registrados en el SiOr. **b**: dominancia proporcional aportada por cada estrato al área basal por ha total del SiOr.

Un grupo particular de especies, presento altos valores de abundancia absoluta similares en los doseles medio y superior, por lo tanto se infiere que las especies *C. multiflorum*, *C. trichotoma*, *C. balansae* y *M. peruiferum* se distribuyen de manera uniforme en ambos estratos en el SiOr, con una leve tendencia hacia el estrato superior en *M. peruiferum* y estrato medio en el resto de las especies.

En el estrato subA, se destaca una sola especie, *O. puberula* la cual presenta igual cantidad de individuos en el dosel bajo y en el dosel medio.

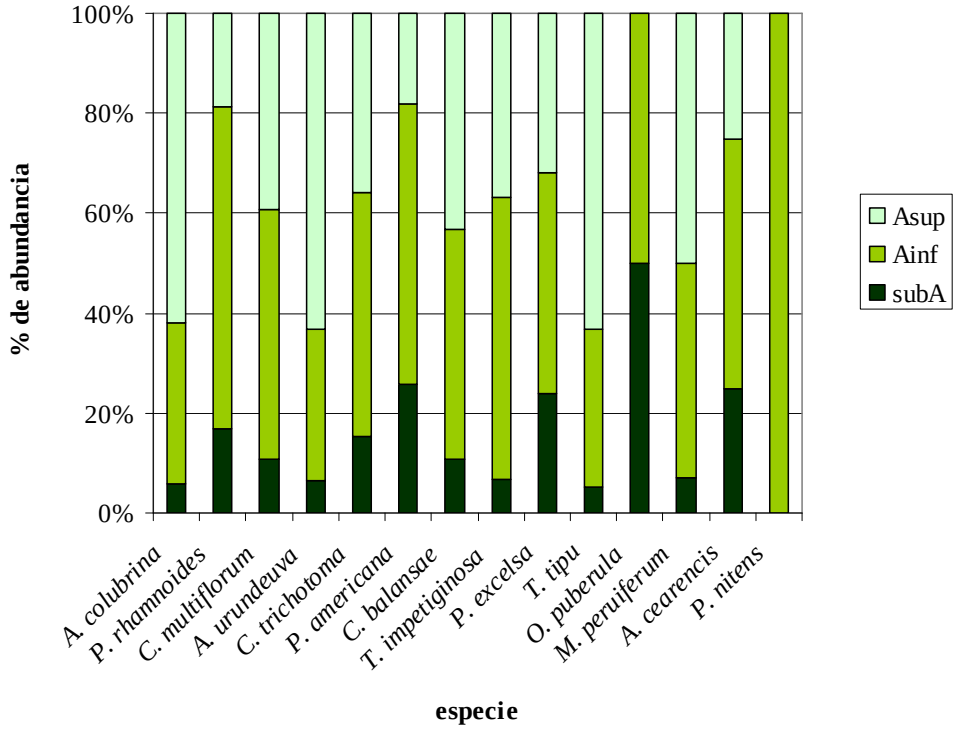

Figura 29. Abundancia proporcional por estrato de las especies del SiOr.

Se puede observar en la figura 29 que aquellas especies sin valor comercial presentan una mayor proporción de sus individuos en subA, aportando en conjunto un 20 % del total de los individuos de este estrato. Este valor puede causar confusión al ser comparado con los altos aportes de *P. rhamnoides* (30 %) y *A. colubrina* (14 %), ya que se puede interpretar que estas 2 especies son representativas del dosel bajo sin ser esta afirmación cierta, ya que la minoría de sus individuos se encuentran en este estrato (17 % y 6 % respectivamente). Debe considerarse que estas especies son las de mayor abundancia en el SiOr como puede observarse en la tabla 5, por lo tanto es de esperarse que presenten una alta abundancia también en todos los estratos.

De manera opuesta a las especies sin valor, las especies muy valiosas presentan la mayor cantidad de sus individuos distribuida de forma similar entre Ainf y Asup, excepto *A. cearensis* quien tiene mayor representatividad en Ainf. La mayoría de las especies (excepto *A. colubrina*, *A. urundeuva* y *T. tipu*) presentan un importante valor proporcional de su abundancia en el dosel medio. Cabe destacar, que no son las especies representativas de cada dosel las que presentan mayor abundancia en el mismo, este supuesto solo se cumple en el caso del dosel superior, donde *A. colubrina*, *A. urundeuva* y *T. tipu* representan el 60 % del estrato.

En el caso de subA, 3 especies *P. rhamnoides*, *A. colubrina* y *P. americana*, representan el 51 % de la abundancia total mientras que *O. puberula* que presenta la mayor cantidad de su abundancia en este dosel, solo aporta un 8 % del total de abundancia del estrato.

Este efecto de alta abundancia en un dosel, de especies que no pertenecen al mismo puede deberse, a que al ser un bosque natural (composición y edad no uniforme) se encuentran individuos en distintas etapas de crecimiento, integrándose así a distintos doseles en función de su edad.

SiTa

También las especies encontradas en el SiTa coexistan acomodando sus copas en distintos niveles de altura. Esta diferencia de alturas es estadísticamente significativa[21] (figura 30).

Al igual que para el SiOr, es debido a estas diferencias que se clasificó a las especies en tres estratos según su altura total (HT), estrato subarbóreo (subA), arbóreo inferior (Ainf) y arbóreo superior (Asup), que también corresponden a los doseles inferior, medio y superior respectivamente.

Si bien la mayoría de las especies presentó individuos en los 3 estratos establecidos, también se encontró un número importante de especies que solo registraron especies en uno y dos estratos. De las especies que presentan individuos en los tres estratos, la minoría evidencia una proporción de individuos constante entre los tres estratos, con una marcada tendencia en la mayoría hacia el dosel inferior o estrato subA.

[21] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 249,25 con un $p < 0,0001$

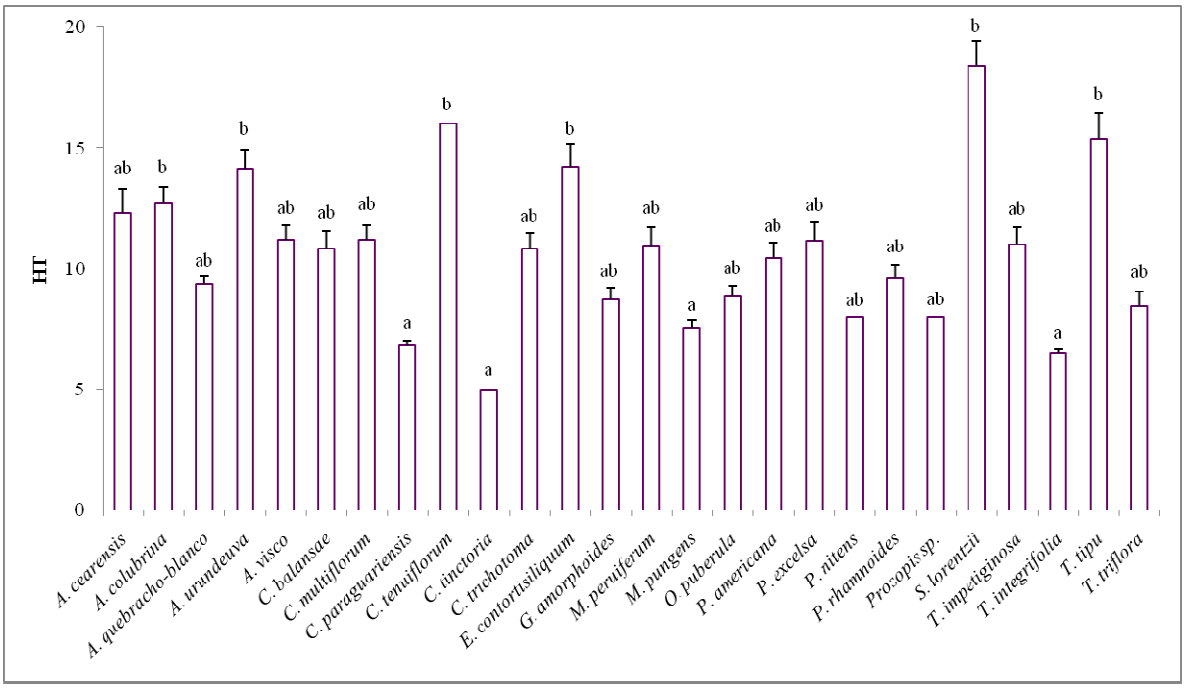

Figura 30. Diferencias entre especies del SiTa en cuanto a Altura Total. Cada barra representa el promedio (+ 1 Error Estándar) de la HT media de cada especie. Las especies que no comparten letra difieren estadísticamente según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis (p<0,05)

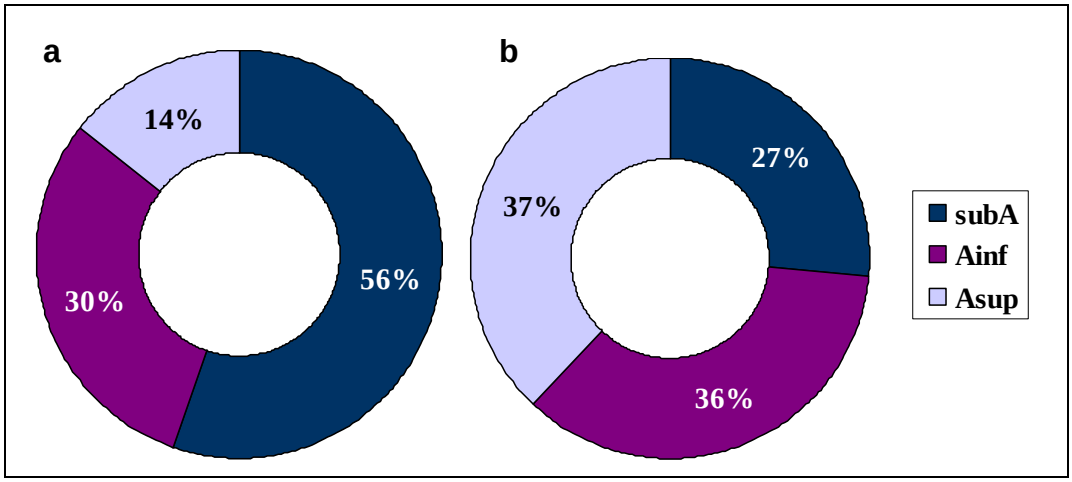

Figura 31. Porcentaje de representatividad por estrato en el SiTa. **a**: abundancia proporcional aportada por cada estrato al total de individuos registrados en el SiTa. **b**: dominancia proporcional aportada por cada estrato al área basal por ha total del SiTa.

Como se observa en la figura 31a el estrato Asup, presenta el menor porcentaje en cuanto a abundancia de individuos, pero es el de mayor cobertura (figura 31b), dándose una situación opuesta en el estrato subA quién tiene la mayor representatividad en cuanto a abundancia y la menor en cuanto a área basal.

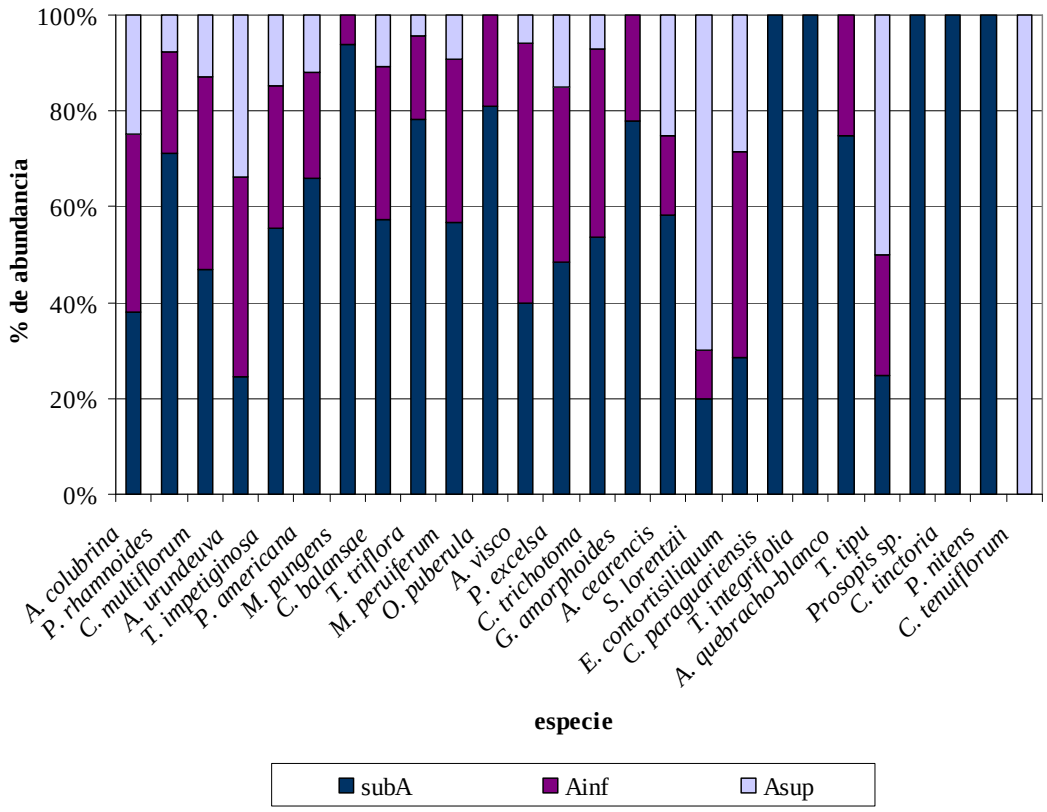

Figura 32. Abundancia proporcional por estrato de las especies del SiTa.

De acuerdo a su abundancia (figura 32), la mayoría de las especies presentan la mayor proporción de sus individuos en el estrato subA, encontrándose tan solo tres especies pertenecientes al estrato Asup de acuerdo a este criterio de clasificación. Las especies *S. lorentzii*, *T. tipu* y *C. tenuiflorum* son consideradas como especies del dosel superior. Las especies que se ven mejor representadas en el dosel medio son, *A. visco* y *E. contortisiliquum*, presentando el resto de las especies la mayoría de sus individuos en el estrato subA.

Un grupo particular de especies presentó altos valores de abundancia absoluta similares en los doseles bajo y medio (*A. colubrina* y *C. multiflorum*), y en los doseles medio y superior en el caso de *A. urundeuva*, por lo tanto se infiere que estas especies se distribuyen de manera uniforme entre estos estratos en el SiTa.

Proporcionalmente para cada especie hay una alta abundancia en el estrato subA, pero este hecho no significa que la mayoría de las especies en el SiTa pertenecen a este estrato, sino que la mayoría de los individuos son mas pequeños en tamaño y edad, es decir que pertenecen a las clases diamétricas mas bajas (tabla 17). Esta afirmación es concordante con lo observado a campo y con los valores presentados en la figura 23, donde se puede observar el alto numero de individuos que constituyen las dos primeras clases diamétricas.

SiOr vs. SiTa

Se observa una marcada diferencia entre sitios, tanto en la distribución de la abundancia como en la de la dominancia. En cuanto a la distribución del número de individuos entre estratos, en el SiOr la mayor abundancia se encuentra en el estrato Ainf, mientras que en el SiTa tiene mayor peso el estrato subA. En cuanto a la dominancia, mientras en el SiTa el área basal se distribuye de manera homogénea entre estratos, en el SiOr es el estrato Asup quién presenta un 61 % de la cobertura total en detrimento de los otros dos, en especial del subA que tiene una representatividad de 7 %.

Discusión

En el SiTa se observa que los estratos mas bajos tienen la mayor representatividad en cuanto a abundancia, efecto causado por el mayor número de individuos pertenecientes a las clases diametricas bajas que hay en este sitio, ya que especies que no pertenecen al estrato subA aportan un gran número de individuos a este estrato, mientras que en el SiOr la mayor abundancia de individuos se encuentra en los estratos mas altos. Se infiere que la causa de las diferencias de abundancia entre los estratos bajos y altos estaría dada por los diferentes estados de madurez del bosque en los distintos sitios.

5.3.2.1. Altura total

SiOr

Se puede observar en la figura 33 que los valores del estrato Ainf de cada especie, son casi idénticos a los valores medios de Ht de todos los individuos del sitio. Se presenta un caso particular en los estratos subA y Asup, ya que mientras el primero acompaña en la forma de su curva a la del estrato Ainf, la segunda se comporta de una manera opuesta al estrato subA. Generándose curvas prácticamente opuestas entre el comportamiento de las especies respecto a los doseles inferior y superior.

Algunas especies presentan una mayor amplitud de valores medios entre los estratos subA y Asup, tales como *A. cearensis*, *P. excelsa* y *M. peruiferum*, este efecto puede atribuirse a la edad de los individuos encontrados si se tiene en cuenta su baja abundancia, indicando que estas especies se comportan como intolerantes[22], con un bajo número de renovales que se encuentran oprimidos bajo los estratos superiores. También se puede suponer que los individuos pertenecientes a estas especies alcanzaron la madurez hace poco tiempo, motivo por el cual el reclutamiento es bajo y de corta edad, aunque los datos de altura solamente no son cocncluyentes ni lo sufcientemente robustos para afirmar con certeza esta aseveración.

[22] Entiéndase por especie intolerante aquella intolerante a la sombra

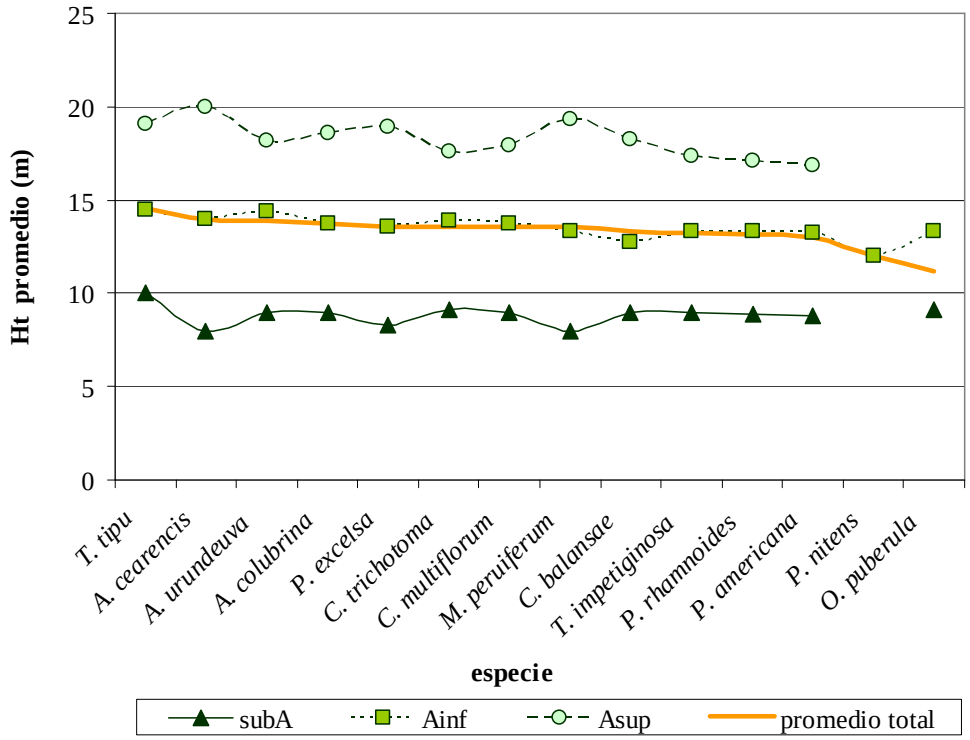

Figura 33. Altura según estrato del SiOr. Se encuentran representadas para cada especie las alturas totales medias por estrato y total del sitio.

Se puede apreciar en la figura 34 que la concentración de los datos es leve, conglomerandose entre los diámetros de 15 y 40 cm y entre 10 y 15 m de altura.

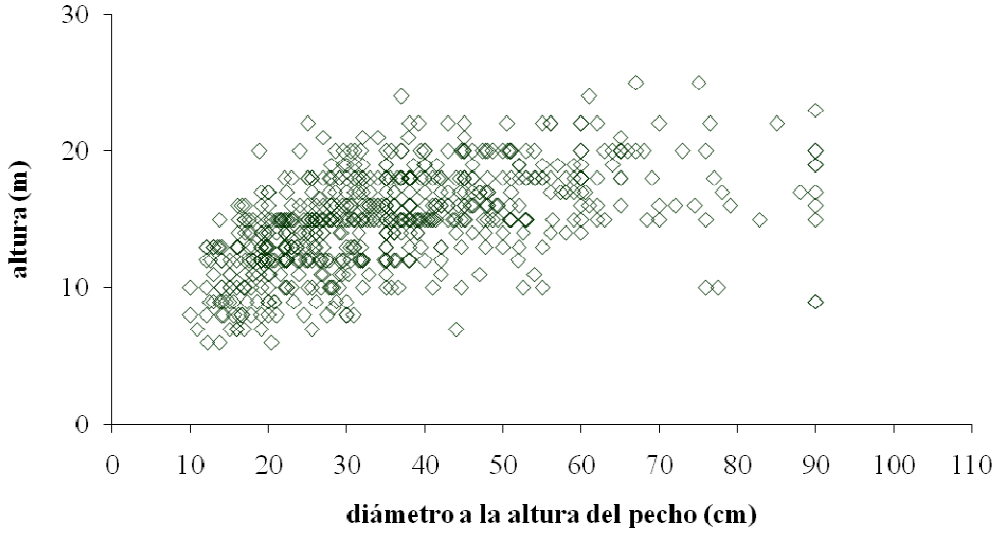

Figura 34. DAP vs. HT en el SiOr.

SiTa

En la figura 35, se encuentran graficadas las alturas medias de cada especie por estrato y la altura promedio por especie del total de individuos registrados en el sitio. Se observa que los valores medios del estrato subA son similares entre todas las especies y se mantiene siempre por debajo de los valores de HT promedio, acoplándose éstos valores en las especies *Prosopis sp.*, *P. nitens*, *M. pungens*, *C. paraguariensis*, *T. integrifolia* y *C. tinctoria*.

En el estrato Ainf, las HT tampoco presentan gran variabilidad, manteniendo valores similares, excepto en las especies *A. cearensis*, donde su valor medio es superior al de las otras especies, y en *T. tipu* y *A. quebracho-blanco*, donde se produce una situación opuesta, ya que sus valores medios son inferiores a los del resto de las especies en este estrato. Se observa en este estrato, que los valores medios de HT de las especies *S. lorentzii*, *T. tipu*, *E. contortisiliquum* y *A. urundeuva*, se encuentran por debajo del valor promedio de HT por especie. Se hace evidente también la ausencia de aquellas especies que presentan los valores más bajos de HT promedio.

En el estrato Asup hay una marcada diferencia en los valores medios de HT, donde se destacan las especies *S. lorentzii*, *T. tipu*, *E. contortisiliquum*, *A cearensis*, *M peruiferum* y *C. trichotoma* por presentar valores mayores a 20 m de HT. A pesar de esta oscilación, todos los valores se encuentran por encima del valor medio de HT total. Cabe destacar que en este estrato es aún mayor el número de especies que se encuentran ausentes (figura 35).

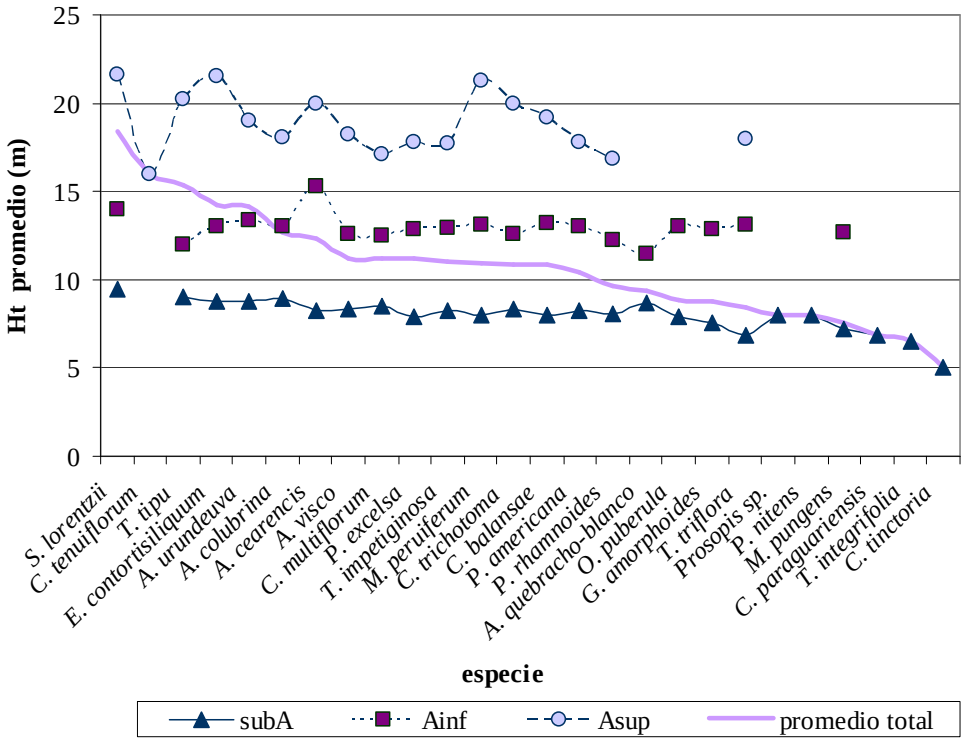

Figura 35. Altura según estrato del SiTa. Se encuentran representadas para cada especie las alturas totales medias por estrato y total del sitio.

De acuerdo a la figura 36, hay una fuerte concentración de los datos entre los 10 y 30 cm de DAP y los 5 y 10 m de HT, siendo poco equitativa la distribución en el resto de los valores, indicando una fuerte presencia de individuos pequeños.

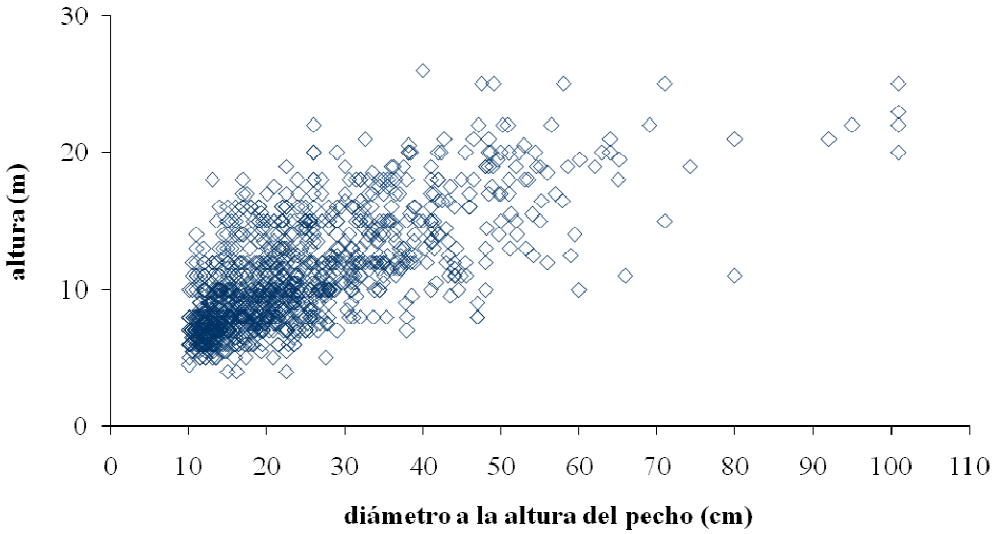

Figura 36. DAP vs. HT en el SiTa.

SiOr vs. SiTa

Las diferencias de altura total de las especies en los diferentes sitios son estadísticamente significativas[23]. En la tabla 19 se puede apreciar que en el SiTa, todas las especies exhiben una menor HT con respeto al SiOr.

Tabla 19. Comparación entre sitios según la HT de las especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	16,45	0,61	F	0,00
SiTa	*A. colubrina*	12,71	0,71	C	
SiOr	*A. urundeuva*	16,46	0,51	F	1,6 E-03
SiTa	*A. urundeuva*	14,15	0,77	DE	
SiOr	*C. balansae*	14,70	0,62	DE	2,1 E-06
SiTa	*C. balansae*	10,83	0,74	AB	
SiOr	*C. multiflorum*	14,85	0,53	EF	2,6 E-05
SiTa	*C. multiflorum*	11,22	0,58	B	
SiOr	*P. rhamnoides*	13,30	0,47	CD	0,00
SiTa	*P. rhamnoides*	9,62	0,55	A	

Media: valor de media aritmética de HT, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su HT, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

[23] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 331,24 con un $p < 0,0001$

Discusión

Al analizar la figuras 34 y 36, se observa que en el SiOr los datos se encuentran mas dispersos que en el SiTa, donde los datos se encuentran concentrados, de esto se puede inferir que en el SiOr todas las clases de DAP se encuentran representadas por un numero similar de individuos, mientras que en el SiTa la mayoría de los individuos se encuentra en las clases de DAP menores, indicando que los individuos mas jóvenes de los inventariados son quienes tienen mayor representación en este sitio. Esto concuerda con lo expresado por Brouver y Manghi (2006) en su estudio sobre los cambios estructurales de la selva tucumano boliviana en la zona de Tartagal, donde manifiestan que la estructura del bosque ha cambiado en los últimos años, encontrándose en la actualidad un mayor número de árboles más jóvenes y menor cantidad de adultos. Brouver y Manghi (2006) plantean como posible causa de este aumento a que las condiciones para la regeneración se han visto favorecidas por la disminución de árboles de DAP mayor, debido a la mayor intensidad de extracción de árboles de estas clases. De acuerdo al Informe Regional de la Selva Tucumano Boliviana de la SAyDS (2005), en las zonas de transición con el Parque Chaqueño, la vegetación presenta un porte menor. Si bien en el SiTa, en general los individuos presentan menores valores de HT que en el SiOr, cabe destacar que en el estrato Asup en el SiTa, se encontraron especies que superan los 20 m de HT, mientras que en el SiOr, ninguna especie supera dicho valor.

5.4. CLASIFICACION Y ORDENACION DE LA VEGETACION

5.4.1. Altitud

SiOr

A través de la comparación realizada con el test de Kruskal-Wallis, se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas (H_{cal} = 29,85 con un p = 0,0049) entre las especies, por lo tanto, las mismas presentan distribuciones espaciales diferentes en función de la altitud.

Aunque existen diferencias entre las especies, es posible agruparlas en función de comportamientos similares, en la figura 37 se observa la amplitud del rango altitudinal donde se encuentran las especies y la concentración de sus individuos. Para una mejor observación de la preferencia de altitud de las especies, se dividió el perfil en dos pisos (tabla 20), siendo indistinta la preferencia de las especies, cuando las mismas se presentan a lo largo de todo el perfil.

Tabla 20. Clases de preferencia altitudinal de las especies del SiOr

Preferencia	Rango Altitudinal (msnm)
Menor altitud	450 – 575
Mayor altitud	575 – 700
Indistinto	450 – 700

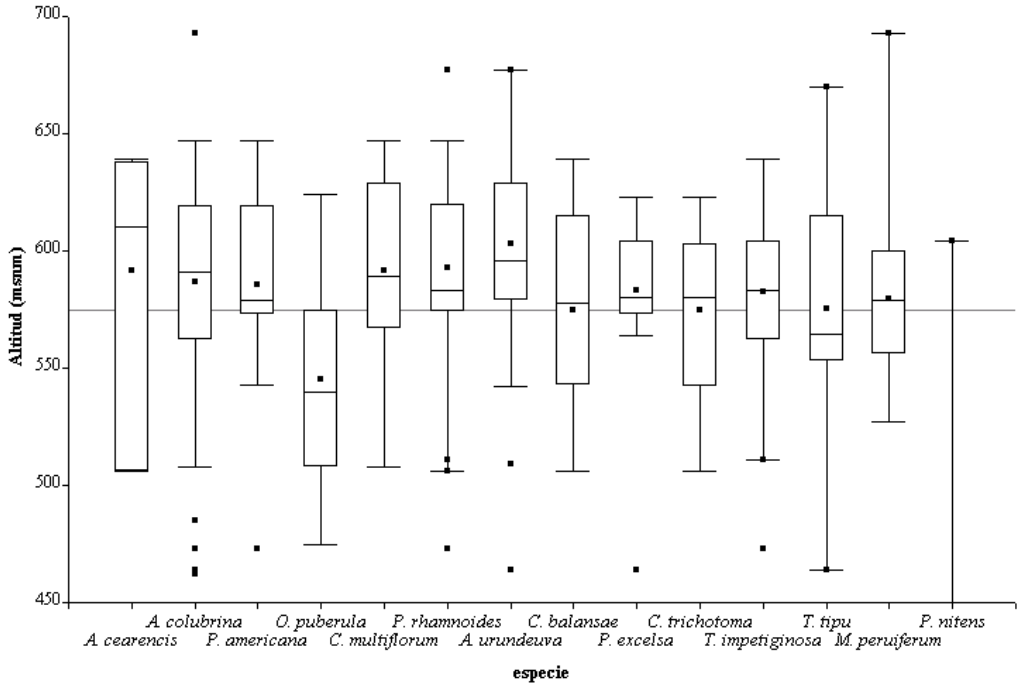

Figura 37. Distribución de las especies de SiOr según Altitud.

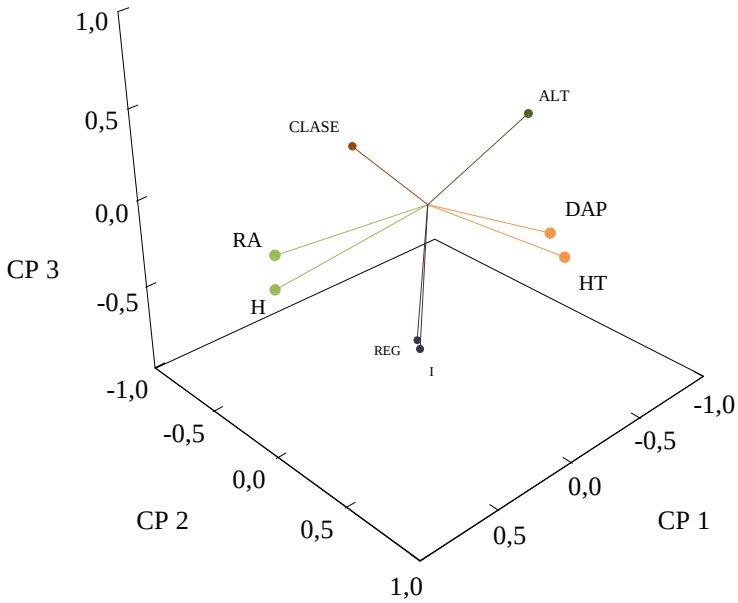

Figura 38. Diagrama de Componentes Principales según Altitud para el SiOr. **CP:** número del componente, **ALT:** altitud, **DAP:** diámetro a la altura del pecho, **HT:** altura total, **CLASE:** clase de calidad forestal, **RA:** ramoneo de la vegetación, **H:** huellas de ganado vacuno, **REG:** regeneración forestal, **I:** presencia de incendios. El tamaño de letra del parámetro implica distancia al centro de coordenadas.

En la figura 37, se puede observar que las especies *P. americana, A. urundeuva* y *P. excelsa,* presentan preferencia por altitudes mayores, destacándose también la especie *O. puberula* por ser la única que presenta la mayoría de sus individuos (75%) en el rango de menor altitud. En cuanto al resto de las especies, se podría inferir que se distribuyen indistintamente a lo largo de todo el perfil altitudinal, pero esta información no es del todo concluyente.

De acuerdo al análisis de componentes principales de la figura 38 (ver Anexo para autovectores), a medida que aumenta la altitud, disminuye la presencia de ganado, la regeneración y la frecuencia de incendios. La altitud no tiene efectos evidentes sobre las características de DAP, HT y clase de las especies de SiOr.

SiTa

Al igual que para el SiOr, se encontraron diferencias estadísticamente significativas[24] en función de la altitud en que se encuentran presentes las distintas especies. Se agrupó a las especies de la misma manera que en el SiOr, en función de su comportamiento, en la figura 39 se observa la amplitud del rango altitudinal donde se encuentran las especies y la concentración de sus individuos. Se dividió al perfil en dos pisos (tabla 21), siendo indistinta la preferencia de las especies, cuando las mismas se presentan a lo largo de todo el perfil.

Tabla 21. Clases de preferencia altitudinal de la especies del SiTa

Preferencia	Rango Altitudinal (msnm)
Menor altitud	550 – 675
Mayor altitud	675 – 800
Indistinto	550 – 800

En la figura 39, se puede observar que las especies *P. excelsa, P. rhamnoides, C. paraguariensis, P. americana, G. amorphoides, C balansae, T. impetiginosa* y *A. cearensis,* presentan preferencia por el piso de menor altitud, mientras que solamente *E. contortisiliquum* prefiere el piso de mayor altitud. El resto de las especies presenta individuos a lo largo de todo el perfil, por lo cual se podría inferir que no presentan en este sitio preferencia alguna.

En la figura 40, se puede observar el diagrama de componentes principales, donde se ve que a medida que aumenta la altitud se ve favorecido el efecto negativo del ganado, ya que aumenta la presencia de huellas y el ramoneo.

[24] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 69,32 con un $p < 0,0001$

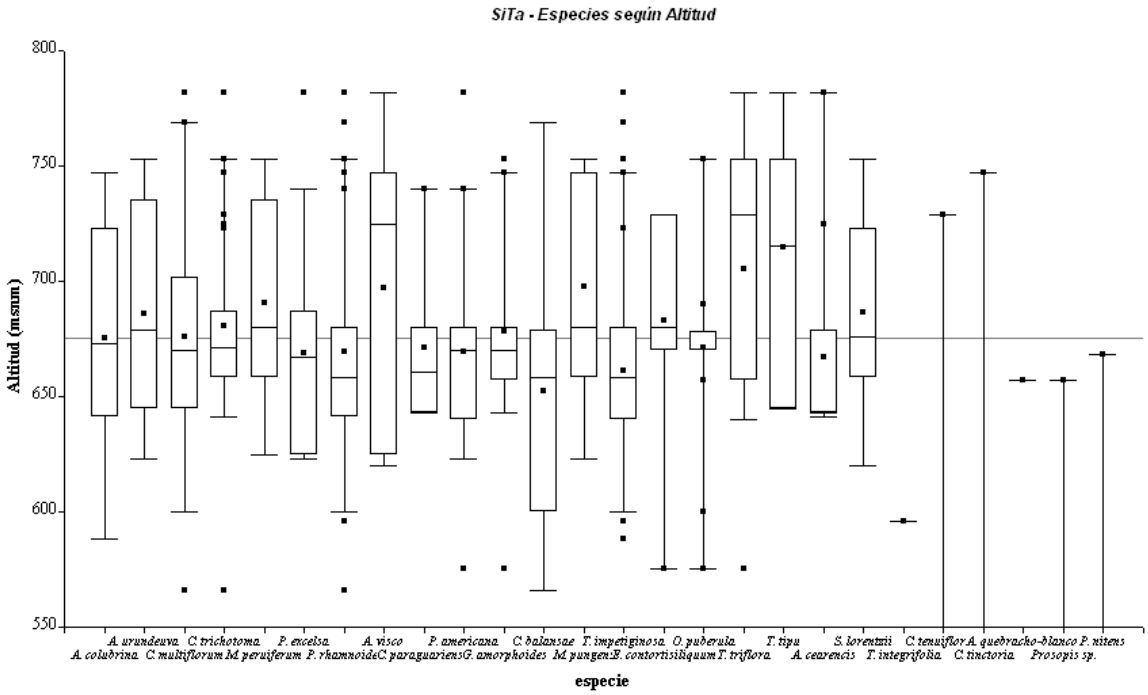

Figura 39. Distribución de las especies del SiTa según Altitud

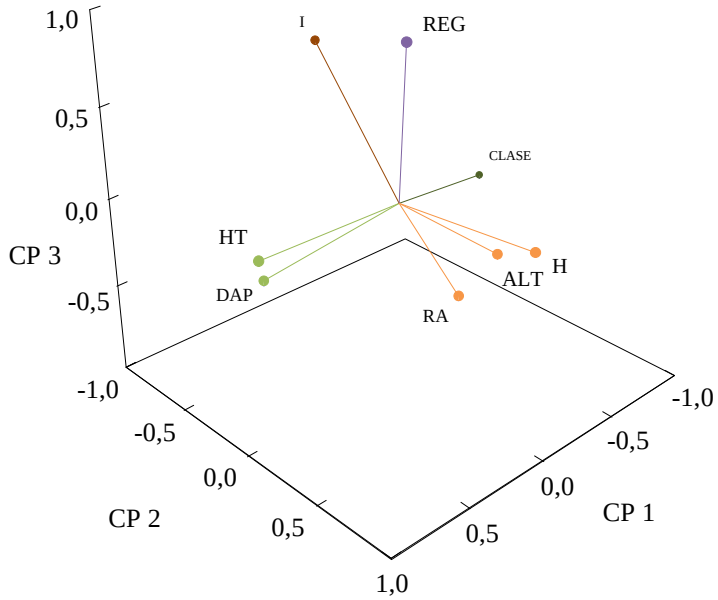

Figura 40. Diagrama de Componentes Principales según Altitud para el SiTa. **CP:** número del componente, **ALT:** altitud, **DAP:** diámetro a la altura del pecho, **HT:** altura total, **CLASE:** clase de calidad forestal, **RA:** ramoneo de la vegetación, **H:** huellas de ganado vacuno, **REG:** regeneración forestal, **I:** presencia de incendios. El tamaño de letra del parámetro implica distancia al centro de coordenadas.

La altitud tiene un leve efecto sobre los incendios, ya que al aumentar la misma se produce una disminución de estos, aunque no tiene efecto sobre la regeneración. Tampoco tiene un efecto evidente sobre las características de DAP, HT y clase de las especies.

SiOr vs. SiTa

Se presentan en la tabla 22, los valores obtenidos de la realización del test de Kruskal-Wallis, el cual arroja valores de diferencias estadísticamente significativas entre especies.

Tabla 22. Comparación entre sitios según la Altitud de ocurrencia de especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	586,57	8,25	AB	0,00
SiTa	*A. colubrina*	675,28	8,92	D	
SiOr	*A. urundeuva*	603,00	7,33	B	0,00
SiTa	*A. urundeuva*	686,14	9,23	D	
SiOr	*C. balansae*	574,92	6,98	A	0,00
SiTa	*C. balansae*	652,19	10,68	C	
SiOr	*C. multiflorum*	591,74	7,75	AB	0,00
SiTa	*C. multiflorum*	676,00	8,25	D	
SiOr	*P. rhamnoides*	592,53	6,64	AB	0,00
SiTa	*P. rhamnoides*	669,70	8,95	CD	

Media: valor de media aritmética de HT, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su HT, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

No hay similitud de especies entre sitios según la distribución en función de la altitud, (tabla 22), lo cual se ve manifestado en que existe una diferencia estadísticamente significativa[25] entre las especies de SiOr y SiTa.

Se representan las distribuciones de cada especie por sitio en la figura 41, aquí se pone en evidencia que si bien las especies se encuentran a mayores altitudes en el SiTa con respecto al SiOr, presentan un comportamiento similar en ambos sitios.

Discusión

La distribución de las distintas especies se ve influenciada por la altitud en ambos sitios, tal como puede apreciarse en las figuras 37 y 39, aunque la misma, no tiene un efecto evidente sobre las características físicas externas de las especies.

Se producen situaciones opuestas entre el SiOr y el SiTa en cuanto a la influencia de la altitud sobre el efecto negativo del ganado, ya que el mismo disminuye con la altitud en el SiOr, mientras que en el SiTa aumenta. Según Bertolami (com. pers.) y Blendinger *et al.* (2004), la densidad de ganado es mayor en el área del SiTa con respecto al SiOr. Esto podría explicarse considerando el relieve de ambos sitios, ya que aunque en el SiOr las

[25] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 530,65 con un $p < 0,0001$

altitudes son menores, el terreno es más quebrado[26] que en el SiTa, donde las diferencias de altitud no son tan pronunciadas en toda la superficie de muestreo.

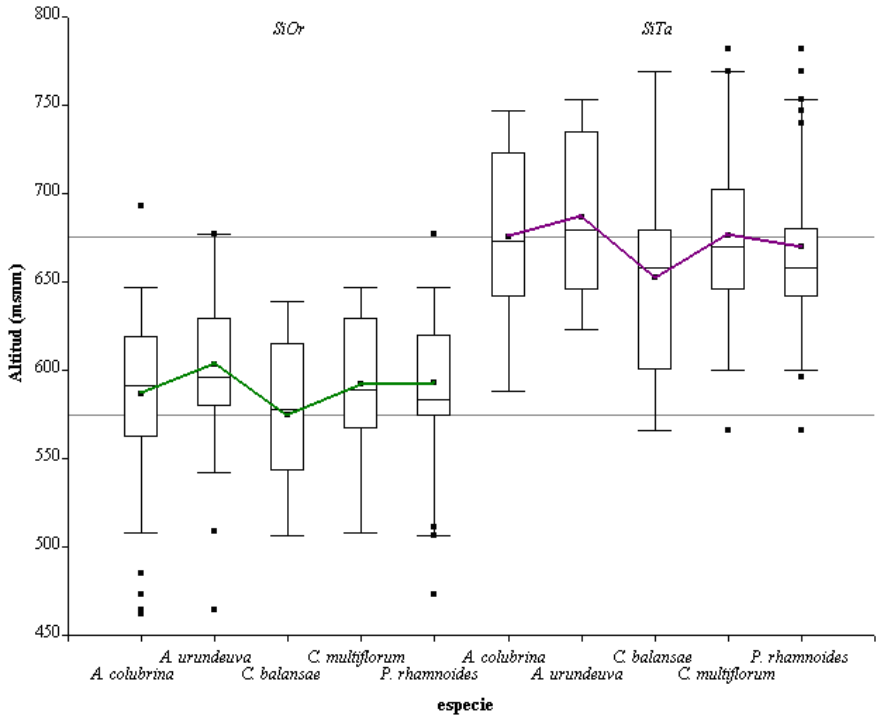

Figura 41. Comparación de sitios según altitud. Las líneas de unión de medias evidencian que las especies, aunque ocurren a mayores altitudes en el SiTa, presentan el mismo comportamiento en ambos sitios

Se observó que en ambos sitios, la frecuencia de incendios disminuye al aumentar la altitud, este efecto se encuentra en concordancia con lo expresado por Bertolami (op. cit.), quién explica que esta disminución en la frecuencia de incendios con el aumento de la altitud obedece que se produce una disminución de la temperatura y el aumento de la humedad hacia los pisos de Selva Montana (donde existen mayores precipitaciones verticales en verano y horizontales en invierno), generando una menor disponibilidad de combustible para el fuego.

Al realizar la comparación de especies, se pone de manifiesto que en el SiTa las mismas especies ocurren a mayor altitud, pero que el comportamiento global de estas es similar en ambos sitios (figura 41). Es probable que este aumento de altitud en la distribución, responda a un factor climático, de acuerdo a Neumann (com. pers.) a medida que aumenta la latitud desciende la temperatura y genera que el límite altitudinal de las formaciones boscosas disminuya, es decir que este ascenso de la comunidad boscosa en altitud se debe al aumento de la temperatura, por lo tanto al seguir un gradiente S – N se encuentran las mismas comunidades a mayor altitud. Se infiere también que al encontrarse en la fase seca de la comunidad de Palo Blanco y Palo Amarillo, es posible que la descarga de las lluvias orográficas se produzca a mayor altitud en el SiTa, por presentar la zona una mayor temperatura media, favoreciendo la capacidad del aire de albergar una mayor cantidad de

[26] Observación a campo

agua en estado gaseoso a medida que aumenta la altitud. Según Pinazo (com. pers.) es probable que esto ocurra, aunque asegurar que solo este factor ambiental regula la altitud a la que se encuentran las especies debería estar apoyado con mediciones precisas de precipitación.

5.4.2. Pendiente

SiOr

Se clasificaron los distintos grados de pendiente según lo establecido en la tabla 23, para asignar la preferencia de las especies, la cual se encuentra ilustrada en la figura 42.

Tabla 23. Clases de Pendiente

Clase	Descripción	Rango	
		grados	%
Baja	Plano a muy ondulado	0 – 9	0 – 15
Media	Inclinado a Muy inclinado	9 – 27	15 – 50
Alta	Empinado a Extremadamente Empinado	27 – 45	50 – 100

De acuerdo al test realizado, las diferencias entre especies en función de su pendiente son estadísticamente significativas[27]. En la figura 42, se observa que solo *A. cearensis* presenta preferencia por las áreas de pendiente baja. Si bien la mayoría de las especies presenta individuos a lo largo de todo el gradiente de pendiente, se observa una preferencia de las mismas por las zonas de pendiente media. Entre todas las especies, algunas presentan escasos individuos en zonas de pendiente alta, pero ninguna las prefiere de manera particular.

Según lo observado en el análisis de componentes principales (figura 43), hay un leve grado de incertidumbre en cuanto al efecto de la pendiente sobre otros factores, ya que la misma se encuentra muy cercana al centro del gráfico, por lo tanto cualquier interpretación sería arriesgada, pero al considerar la matriz de correlación se observa que la pendiente afecta 4 parámetros de forma inversamente proporcional. Tiene un efecto marcado sobre la frecuencia de incendios y regeneración del bosque, quienes se encuentran estrechamente asociados entre sí de manera directamente proporcional.

La pendiente presenta un efecto menor sobre la presencia de ganado en la zona, la cual disminuye con el aumento de la pendiente. Que el efecto negativo del ganado disminuya con el aumento de la pendiente obedece a la lógica, ya que es poco probable que los animales se encuentren en zonas de alta pendiente por un impedimento físico.

[27] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 25,30 con un p de 0,0203

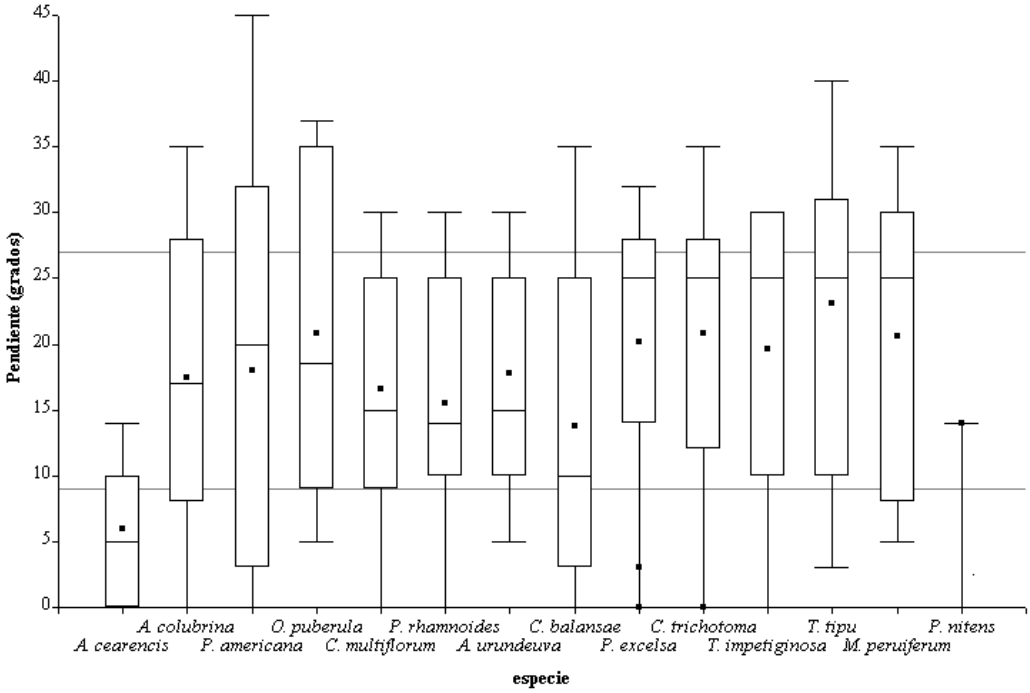

Figura 42. Distribución de las especies de SiOr según Pendiente

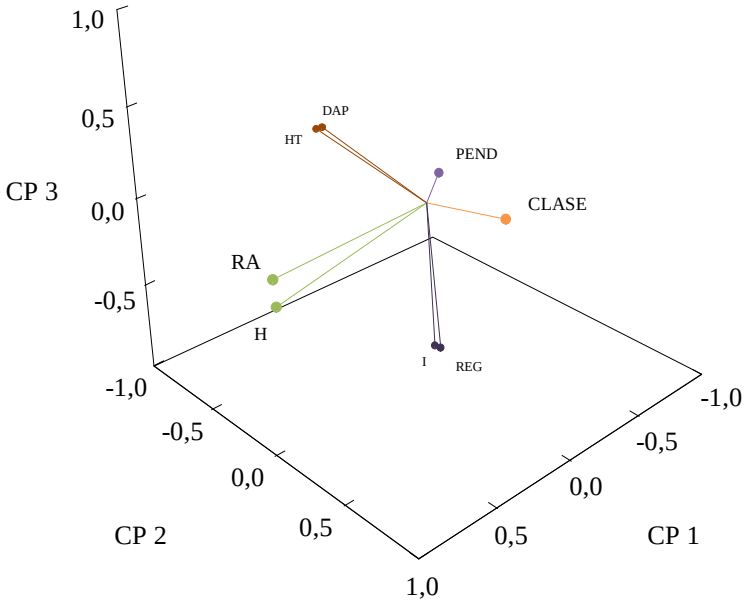

Figura 43. Diagrama de Componentes Principales según Pendiente para el SiOr. **CP:** número del componente, **PEND:** pendiente, **DAP:** diámetro a la altura del pecho, **HT:** altura total, **CLASE:** clase de calidad forestal, **RA:** ramoneo de la vegetación, **H:** huellas de ganado vacuno, **REG:** regeneración forestal, **I:** presencia de incendios. El tamaño de letra del parámetro implica distancia al centro de coordenadas.

SiTa

En este sitio se utilizó la misma clasificación de pendiente para asignar la preferencia de las especies (tabla 23). De acuerdo al análisis del test no paramétrico realizado, se observa que las especies presentan diferencias estadísticamente significativas[28] en cuanto a su distribución según la pendiente.

En la figura 44, se puede observar que en este sitio son 2 las especies que prefieren las áreas de baja pendiente, *E. contortisiliquum* y *T. tipu*. De las especies que presentan preferencia por las zonas de mayor pendiente, se encuentran *P. excelsa*, *A. visco* y *P. americana*. Del resto de las especies, la mayoría presenta individuos a lo largo de todo el gradiente de pendientes con una leve preferencia por las pendientes medias.

Por la gran variabilidad de los datos en las especies que presentan gran amplitud en su distribución, no es posible afirmar con certeza que clase de pendiente prefieren[29].

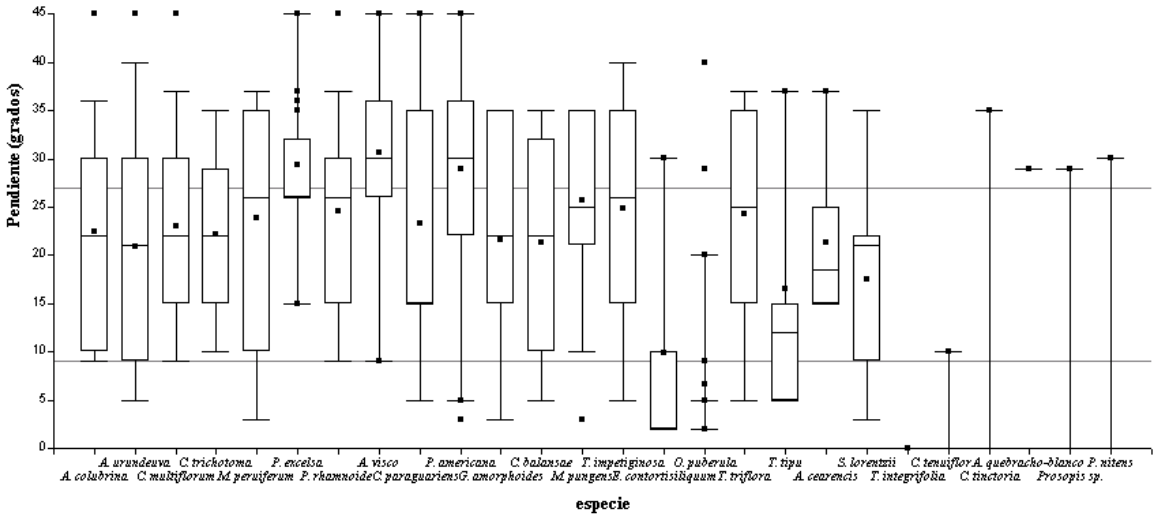

Figura 44. Distribución de las especies del SiTa según Pendiente

A través del análisis de componentes principales, se infiere que la pendiente no tiene efecto significativo sobre las características clase, DAP y HT de las especies en general, pero si sobre el efecto del ganado, la regeneración y los incendios (figura 45).

La presencia de ramoneo y huellas de ganado se encuentran asociadas de manera directa, presentando la pendiente un leve efecto sobre las mismas, ocurriendo que al aumentar la pendiente disminuye levemente la presencia de ganado. También disminuyen de manera leve la regeneración y los incendios con el aumento de la pendiente, siendo mas marcado este efecto en la regeneración. Al igual que para el SiOr, es lógico que la presencia del ganado disminuya a medida que aumenta la pendiente.

[28] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 158,51 con un $p < 0,0001$

[29] En las especies *T. integrifolia, C. tenuiflorum, C. tinctoria, A. quebracho-blanco, Prosopis sp.* y *P. nitens* solo se consideró como indicativo el valor que evidencia en la figura 44, por haberse encontrado estas especies en una sola parcela, lo cual no permite inferir de manera concluyente su preferencia en cuanto a pendiente.

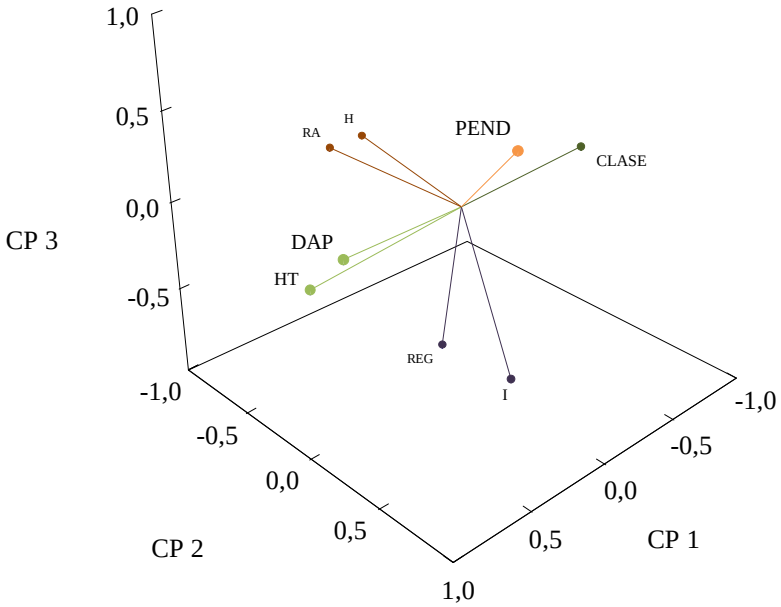

Figura 45. Diagrama de Componentes Principales según Pendiente para el SiTa. **CP:** número del componente, **PEND:** pendiente, **DAP:** diámetro a la altura del pecho, **HT:** altura total, **CLASE:** clase de calidad forestal, **RA:** ramoneo de la vegetación, **H:** huellas de ganado vacuno, **REG:** regeneración forestal, **I:** presencia de incendios. El tamaño de letra del parámetro implica distancia al centro de coordenadas.

SiOr vs. SiTa

Al comparar las especies entre ambos sitios, se observan diferencias estadísticamente significativas[30].

Tabla 24. Comparación entre sitios según la Pendiente de ocurrencia de especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	17,45	1,98	AB	0,00
SiTa	*A. colubrina*	22,51	2,17	DE	
SiOr	*A. urundeuva*	17,74	1,48	ABC	0,32
SiTa	*A. urundeuva*	20,91	2,39	BCD	
SiOr	*C. balansae*	13,73	2,11	A	0,00
SiTa	*C. balansae*	21,36	1,85	CDE	
SiOr	*C. multiflorum*	16,63	1,70	AB	0,00
SiTa	*C. multiflorum*	23,04	1,79	E	
SiOr	*P. rhamnoides*	15,46	1,73	A	0,00
SiTa	*P. rhamnoides*	24,57	1,84	E	

Media: valor de media aritmética de HT, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su HT, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

[30] Según test de Kruskal-Wallis, donde $H_{cal} = 85,85$ con un $p < 0,0001$

En la tabla 24, se presentan los valores obtenidos del test realizado, en la misma se puede observar que las especies *A. colubrina*, *C. balansae*, *C. multiflorum* y *P. rhamnoides* presentan diferencias entre sitios en cuanto a su distribución según la pendiente.

Se puede apreciar en la figura 46 que las especies se presentan en áreas de menores pendientes en el SiOr con respecto al SiTa y que tienen comportamientos diferentes entre sitios. Todas las especies presentan una dispersión de sus datos similar entre un sitio y otro, a excepción de *A. urundeuva*, quién evidencia mayor dispersión en el SiTa

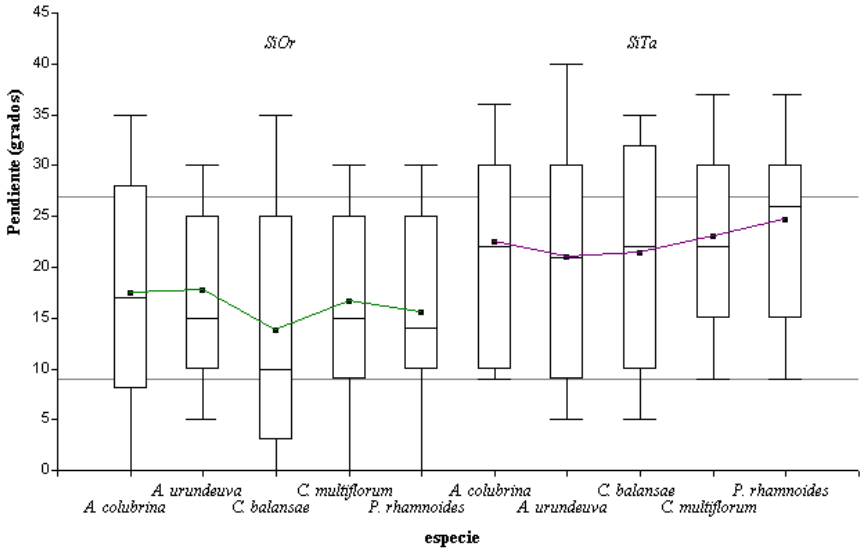

Figura 46. Comparación de sitios según pendiente. Las líneas de unión de medias evidencian que las especies presentan comportamientos generales diferentes en ambos sitios

Discusión

La tendencia general que se observa entre sitios es que las especies presentan preferencia por pendientes menores en el SiOr, diferencia que se ve acentuada en la especie *C. balansae.* Esto probablemente sea debido a que por la mayor humedad en el SiOr las especies prefieren zonas de menor escurrimiento.

5.4.3. Exposición

SiOr

Se asignaron valores numéricos a cada exposición (tabla 25) para facilitar la interpretación de los datos, siendo los valores inferiores aquellos asociados a las laderas solanas (de mayor incidencia solar) y los valores mayores los asociados a las laderas umbrías (de menor incidencia solar)

Tabla 25. Valores asignados según Exposición

SE	N	NE
O		E
SO	S	SE

4	2	1
6		3
8	7	5

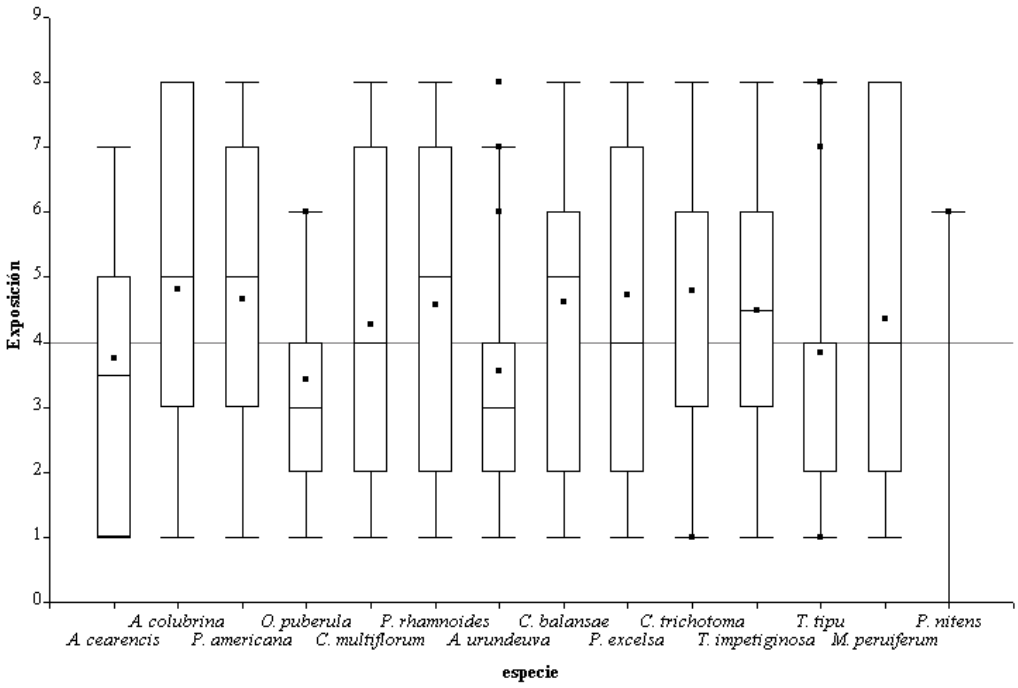

Figura 47. Distribución de las especies de SiOr según Exposición

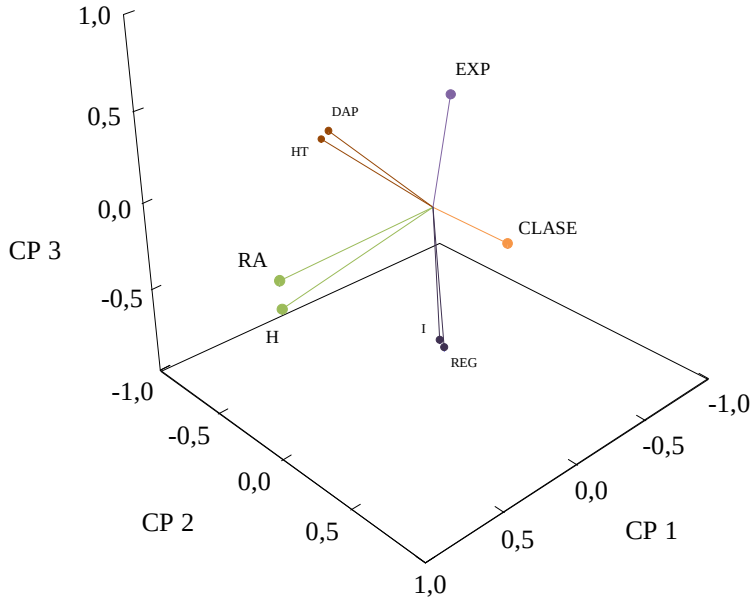

Figura 48. Diagrama de Componentes Principales según Exposición para el SiOr. **CP:** número del componente, **EXP:** exposición, **DAP:** diámetro a la altura del pecho, **HT:** altura total, **CLASE:** clase de calidad forestal, **RA:** ramoneo de la vegetación, **H:** huellas de ganado vacuno, **REG:** regeneración forestal, **I:** presencia de incendios. El tamaño de letra del parámetro implica distancia al centro de coordenadas.

De acuerdo al test de análisis de medias de Kruskal-Wallis, se determinó que no existen en este sitio diferencias estadísticamente significativas entre las especies en cuanto a su distribución según la exposición (H_{cal} = 17,12 con un p = 0,18), aunque de acuerdo al diagrama de cajas de la figura 47, las especies *O. puberula, A. urundeuva* y *T. tipu* presentan una marcada preferencia por las laderas de mayor exposición solar, mientras que para el resto de las especies se infiere a través de estos datos que no presentan una preferencia en particular en este sitio.

De acuerdo al análisis de componentes principales realizado (figura 48), la exposición solamente presenta una gran influencia sobre los incendios y la regeneración en el SiOr, aumentando estas últimas en las laderas de mayor exposición solar.

SiTa

Existen diferencias estadísticamente significativas[31] entre las especies del sitio en función de su distribución como respuesta a la exposición de las laderas en donde se encuentran. En la mayoría de las especies los datos no presentan información concluyente, sin embargo un grupo determinado de especies presenta una marcada preferencia, como puede observarse en la figura 49.

Las especies *A. urundeuva, P. excelsa, E. contortisiliquum* y *O. puberula* presentan preferencia por las laderas solanas, mientras que *C. paraguariensis, G. amorphoides* y *M. pungens* presentan preferencia por las laderas umbrías[32]

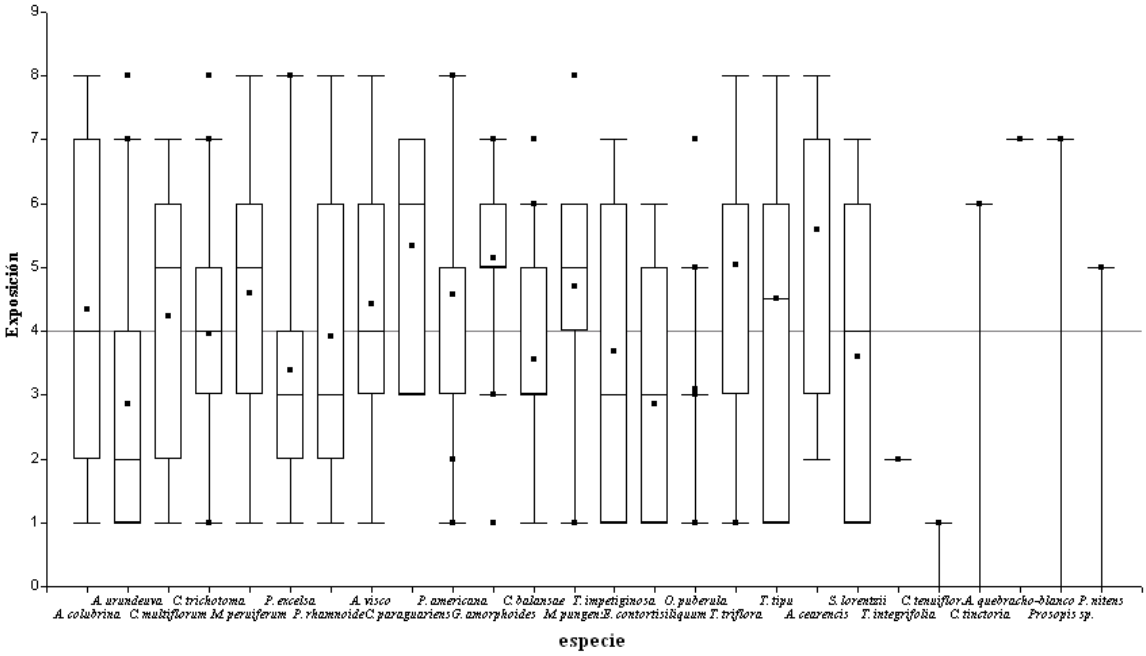

Figura 49. Distribución de las especies del SiTa según Exposición

[31] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 94,04 con un p < 0,0001

[32] En las especies *T. integrifolia, C. tenuiflorum, C. tinctoria, A. quebracho-blanco, Prosopis sp.* y *P. nitens* solo se consideró como indicativo el valor que evidencia en la figura 49, por haberse encontrado estas especies en una sola parcela, lo cual no permite inferir de manera concluyente su preferencia en cuanto a exposición

Según el análisis de componentes principales, la exposición en el SiTa tiene una gran influencia sobre la presencia de ganado, y en menor grado sobre la regeneración y la frecuencia de incendios. En este sitio, a medida que aumenta la insolación aumenta el ramoneo y las huellas de ganado, por lo tanto se produce mayor degradación, ya que estas laderas al ser menos húmedas presentan menor cobertura forestal, por lo tanto son mas susceptibles a la erosión ante las precipitaciones verticales de verano. Es probable que este aumento en la presencia de ganado en las laderas solanas se deba a una mayor disponibilidad de biomasa, ya que en las laderas umbrías el sotobosque suele ser pobre en especies herbáceas debido a la menor cantidad de luz que penetra a través de los estratos superiores. La regeneración también aumenta a medida que aumenta la insolación, es probable que esto ocurra porque la mayoría de especies registradas son heliófitas, viéndose favorecidas en sus primeras etapas de vida por una mayor disponibilidad lumínica.

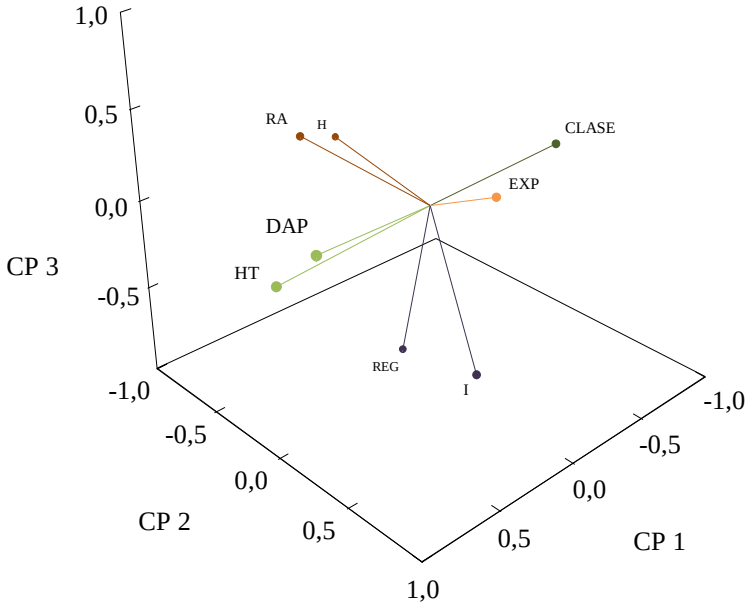

Figura 50. Diagrama de Componentes Principales según Exposición para el SiTa. **CP:** número del componente, **EXP:** exposición, **DAP:** diámetro a la altura del pecho, **HT:** altura total, **CLASE:** clase de calidad forestal, **RA:** ramoneo de la vegetación, **H:** huellas de ganado vacuno, **REG:** regeneración forestal, **I:** presencia de incendios. El tamaño de letra del parámetro implica distancia al centro de coordenadas.

Contrario a lo que se esperaba, los incendios aumentan a medida que la exposición solar disminuye, evidenciándose una mayor presencia de incendios en las ladera umbrías.

SiOr vs. SiTa

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas[33] entre especies en función de su exposición, en la tabla 26 se presentan los valores obtenidos.

Se puede observar en la tabla 26, que *A. urundeuva* es la única especie que presenta diferencias significativas entre sitios de acuerdo al test de Kruskal-Wallis realizado, sin

[33] Según test de Kruskal-Wallis, donde H_{cal} = 55,05 con un p < 0,0001

embargo en la figura 51, se puede observar que presenta el mismo comportamiento en ambos sitios, con preferencia de las laderas solanas, mientras que en las otras especies no se observa una preferencia marcada por ninguna exposición en particular

Tabla 26. Comparación entre sitios según la Exposición de ocurrencia de especies

Sitio	Especie	Media	EE	*	P
SiOr	*A. colubrina*	4,82	0,42	C	0,04
SiTa	*A. colubrina*	4,34	0,44	BC	
SiOr	*A. urundeuva*	3,57	0,29	B	0,04
SiTa	*A. urundeuva*	2,85	0,39	A	
SiOr	*C. balansae*	4,62	0,41	BC	0,08
SiTa	*C. balansae*	3,55	0,31	B	
SiOr	*C. multiflorum*	4,28	0,44	BC	0,95
SiTa	*C. multiflorum*	4,23	0,40	B	
SiOr	*P. rhamnoides*	4,57	0,41	BC	0,04
SiTa	*P. rhamnoides*	3,92	0,45	B	

Media: valor de media aritmética de exposición de cada especie, **EE:** error estándar de la media, ***** nivel de asociación entre especies según su exposición, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, **p:** grado de significación estadística.

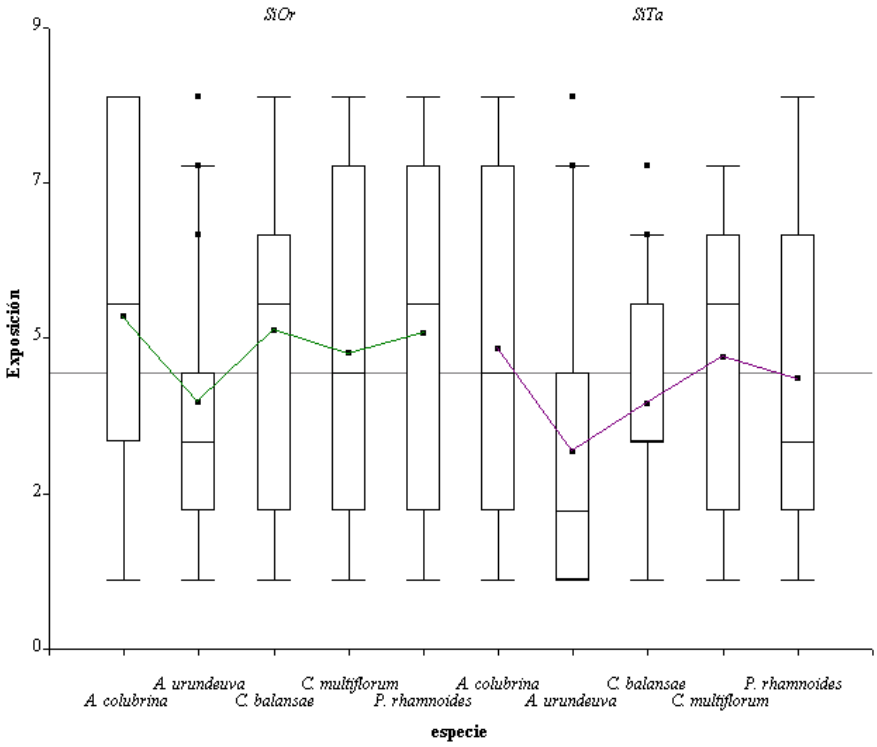

Figura 51. Comparación de sitios según exposición

Discusión

Las especies no presentan diferencias mayores en cuanto a su distribución según la exposición. Se puede observar el comportamiento general de las mismas no varía de un sitio a otro. Se observa que en el SiOr, la exposición no tiene influencias significativas en la presencia negativa del ganado, mientras que en el SiTa hay una fuerte influencia de la exposición, donde la presencia de ganado se ve favorecida por las mayor cantidad de luz disponible.

CONCLUSIONES

Este trabajo contribuye a ampliar la información actual que se encuentra disponible sobre composición y estructura de las selvas pedemontanas.

Se observó que si existen diferencias de composición, diversidad y estructura entre los sitios, manifiestándose una mayor diversidad de especies hacia el sector N de la Selva Pedemontana, en la Comunidad de Palo Blanco y Palo Amarillo.

En el SiTa, ubicado hacia al N con respecto al SiOr, la composición flóristica forestal[34] presenta tanto individuos característicos de la Selva de Transición o Pedemontana así como también individuos pertenecientes al Dominio Chaqueño, generando así una mayor diversidad por la presencia de estas últimas. En cuanto a su estructura, la mayoría de los individuos se concentran en valores bajos de DAP y de altura total, generando así una mayor representatividad de los individuos de menor edad, presentando una tendencia hacia las características de un bosque en estado inmaduro.

En el SiOr, sin embargo, la composición florística forestal presenta unicamente individuos característicos de la Selva de Transición o Pedemontana, siendo de esta manera menos diverso que SiTa. En cuanto a su estructura, se observa que los individuos se distribuyen de una manera mas homogenea en cuanto a DAP y altura total, indicando que en este sitio, tanto los individuos de las clases de edad bajas como los de las clases altas se encuentran bien representados, es decir que estructuralmente presenta características de un bosque maduro.

La mayoría de las especies que solo se encuentran representadas en SiTa presentan un importante valor comercial, pero los individuos encontrados son de baja calidad. Es posible que este efecto sea causado por la extracción ilegal de los individuos de mayor calidad. Al realizarse de todas maneras (aunque ilegítimamente) la extracción, debería implementarse en esta zona un sistema de aprovechamiento de bajo impacto para que el aprovechamiento comercial sea sostenible.

En el SiOr, los individuos presentes tienen mayor calidad forestal para un eventual aprovechamiento con un buen plan de manejo que favorezca el desarrollo de las especies valiosas.

[34] Como fuera expresado con anterioridad, entiéndase por forestal a aquellas especies arbóreas de interés comercial de acuerdo a su valor maderero.

Sin embargo es necesario llevar a cabo estudios mas precisos para comprender mejor la ecologia de las especies arbóreas de interes forestal y de aquellas que se encuentran estrechamente asociadas a las mismas en el sistema natural. Esta información es necesaria, para poder diseñar planes de manejo apropiados para la tarea de aprovechamiento de cada zona, donde se contemplen los datos básicos estructurales para determinar tanto las zonas de uso como las intangibles.

Si bien no todas las especies se encuentran fuertemente influenciadas por las características topográficas, se pudo observar que en el SiTa (sector N) las especies presentan el mismo comportamiento en cuanto a distribución según altitud pero a un rango altitudinal superior que en el SiOr (sector S), probablemente como respuesta a la variación climática.

No se determinaron relaciones significativas entre la distribución de las especies y los factores pendiente y exposición con los análisis realizados en este trabajo, pero sería recomendable llevar a cabo otro tratamiento considerando a las especies de manera individual, ya que autores como Rosa (2002) afirman que tanto pendiente como exposición regulan la distribución de las especies.

Sería recomendable también realizar estudios a mayor profundiad tomando datos de campo en cuanto a parámetros básicos como temperatura, precipitación, humedad relativa y características edafologicas, para determinar si las diferencias en el comportamiento de las especies ocurren a escala local como respuesta a las características de cada sitio.

En cuanto al efecto antrópico sobre el bosque, en ambos sitios se observa que la presión del ganado es mayor en las zonas bajas y de menor pendiente, disminuyendo hacia las zonas de mayor altitud y de mayor pendiente al igual que la presencia de incendios.

Es importante continuar con investigaciones y monitoreos ecológicos que provean de información en cuanto a características estructurales, de composición y dinámica de estas selvas, para proveer información que avale la necesidad de conservación y manejo apropiado de estos bosques.

BIBLIOGRAFIA

ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS (ANC). 1980. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina-Vol.I. Córdoba, Argentina.

ADMINISTRACION DE PARQUES NACIONALES. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE BIODIVERSIDAD (APN-SIB). 2005. Resultados del primer taller para la conservación del monumento natural nacional Yaguareté en la Argentina. www.parquesnacionales.gov.ar

AGENCIA DE RECURSOS HIDRICOS (ARH). 2003a. Mapa hídrico del Departamento Orán. Salta. Argentina.

AGENCIA DE RECURSOS HIDRICOS (ARH). 2003b. Mapa hídrico del Departamento San Martín. Argentina.

AGUIRRE CALDERON O. A., J. JIMENEZ PEREZ, H. KRAMER y A. AKÇA. 2003. Analisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. Ciencia UANL, abril-junio, Vol. VI, número 002. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. Mexico.

ALBESIANO S. y J. O. RANGEL. 2006. Structure of the plant communities from Chicamocha canyon, 500 - 1200 m.a.s.l., Santander, Colombia: a tool for conservation. Caldasia, 28(2) 307-325.

AQUINO A. L., R. OWEN, R. CLAY, M. F. MERELES, J. H. PALMIERI, M. SANJURJO, F. GONZALEZ y M. J. LOPEZ. 2000. Iniciativas transfronterizas para el Pantanal (Paraguay). Proyecto cross border Pantanal, Paraguay. Delimitación – Areas de conservación – Plan de conservación. USAID – Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco – The Nature Conservancy. Paraguay.

ARROYO PADILLA L. 1995. Estructura y composición de una isla de bosque y un bosque de galeria en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Biología. Santa Cruz, Bolivia.

AYARDE H. 1995. Estructura de un sector de selva pedemontana. Reserva Fiscal Parque La Florida, Tucumán (Argentina). En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

BEGON M., J. L. HARPER y C. R. TOWSEND. 1988. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Ed. Omega. Barcelona. España.

BERRY S. G. 1993. Vegetación en Bolivia. Guía de árboles de Bolivia. Herbario nacional de Bolivia – Missouri botanical garden. La Paz. Bolivia.

BIANCHI A. R. 1996. Temperaturas medias estimadas para la región Noroeste de Argentina. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Argentina.

BIANCHI A. R. y E. YAÑEZ. 1992. Las precipitaciones en el Noroeste Argentino. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Argentina.

BILONI J. S. 1990. Árboles autóctonos argentinos. Tipográfica Editora Argentina. Buenos Aires. Argentina.

BLENDINGER P. G., M. E. ALVAREZ y L. O. RIVERA. 2004. Valor de conservación de selvas pedemontanas en Argentina y Bolivia. En: Las selvas pedemontanas de Las Yungas: en el umbral de la extinción (Eds. BROWN A. D. y L. R. MALIZIA). Ciencia Hoy 14: 52-63.

BRAUN BLANQUET J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume. Madrid.

BROUVER M. y E. MANGHI. 2006. Cambios estructurales en la selva Tucumano boliviana entre 1975 y 2000 en la zona de Tartagal. SAyDS. Dirección de Bosques. UMSEF. Buenos Aires. Argentina.

BROWN A. D. 1995. Fitogeografía y conservación de las selvas de montaña del Noroeste de Argentina. En Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. Eds. CHURCHILL S. P. H., H. BALSLEV, E. FORERO and J. L. LUTEYN. New York.

BROWN A. D. y E. D. RAMADORI. 1989. Patrón de distribución, diversidad y características ecológicas de especies arbóreas de las selvas de bosques montanos del noroeste argentino. IV Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero.

BROWN A. D. y H. R. GRAU. 1993. La naturaleza y el hombre en las selvas de montaña. Proyecto GTZ. Desarrollo agroforestal en comunidades del noroeste argentino. Salta. Argentina.

BROWN A. D. y L. R. MALIZIA. 2007. Lista comentada de árboles de las Yungas de Argentina. Fundación ProYungas. Tucumán, Argentina.

BROWN A. D., H. R. GRAU, L. R. MALIZIA y B. GRAU. 2001 Argentina. En Bosques nublados del neotrópico. Eds. KAPPELLE M. y A. D. BROWN. INBIO.

BROWN A. D., U. MARTINEZ ORTIZ, M. ACERBI y J. CORCUERA. 2006. La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires. Argentina.

BROWN SALAZAR, R. 2000. Efectos del aprovechamiento forestal en la riqueza, diversidad y composición florística de un bosque húmedo en la costa norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

CABRERA A. L. 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Tomo II, Fascículo 1. Segunda edición. ACME.

CAMPBELL D. G., D. C. DALY, G. T. PRANCE and V. N. MACIEL. 1986. Quantitative ecological inventory of terra firme and varzea tropical forest on the Río Xingu, Brasilian Amazon. Brittonia, 38: 369-393.

CANTILLO E. 2001. Diversidad y caracterización florística y estructural de la vegetación en la zona de captación de aguas de la microcuenca El Tigre. Universida Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

CASTILLO URBINA, A. D. 1997. Factores asociados con el crecimiento de dos bosques húmedos tropicales intervenidos silviculturalmente en Río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

CASTRO H. 1995. Una aproximación al estudio de las formas de ocupación y uso productivo del sector pedemontano de las Yungas. En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

CATEDRA DE CLIMATOLOGIA Y FENOLOGIA AGRICOLA. 1999. Guias teoricas y prácticas de clase. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta. Argentina.

CHALUKIAN S. C. 1991. Regeneración, sucesión y plantas invasoras en un bosque de Yungas, Salta, Argentina. Programa regional en manejo de vida silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Tesis de Magíster. Costa Rica.

COLWELL R. K. and CODDINGTON J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation Philosophical Transactions: Biological Sciences. 345(1311): 101-118.

CORVALAN P. y J. HERNANDEZ. 2006. Apuntes teóricos, Cátedra de Dasometría. Depto. Manejo de Recursos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.

CURTIS H. and R. MACINTOSH. 1951. An upland forest continuum in the praire forest with special reference to Uganda. Imperial Forestry Istitute, G.B. Paper Nº 34, 135 pp.

DANIEL T. W., J. A. HELMS y F. S. BACKER. 1982. Principios de silvicultura. Segunda Edición. Mc Graw-Hill Book. Mejico.

DANSERAU P. 1951. Description and recording of vegetation upon a structural basis. Ecology, 32(2): 172-229.

DANSEREAU P. 1957. Biogeography: An ecological perspective. Ronald Press Co. New Cork.

DEL CASTILLO E. M., M. A. ZAPATER, M. N. GIL y J. SARAVIA TOLEDO. 2001. Estudio autoecológico en especies de maderas preciosas de la selva subtropical del noroeste argentino. V Congreso Latinoamericano de Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.Ju. S. S. de Jujuy. Argentina.

DELGADO R. 1995. Efectos en la riqueza, composición y diversidad florística producidos por el manejo silvícola de un bosque húmedo tropical de tierras bajas en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

DIGILIO A. P. y P. R. LEGNAME. 1966. Los árboles indígenas de la provincia de Tucumán. Opera Lilloana XV. Ministerio de Cultura y Educación. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina.

DIMITRI M. J., R. F. J. LEONARDIS y J. S. BILONI. 2000. El nuevo libro del árbol. Tomos I y II. Editorial El Ateneo. Buenos Aires. Argentina.

DURAN GARCIA R. 1995. Diversidad florística de los Petenes de Campeche. Acta Botánica Mexicana. 31: 73 – 84

FEINSINGER P. 2004. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia.

FERRANDO OYARZABAL J. J. 1998. Composición y estructura del bosque latifoliado de la costa norte de Honduras: pautas ecológicas para su manejo. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

FINEGAN B. 1996. Bases ecológicas para el manejo forestal sostenible. CATIE. Costa Rica.

GALLEGO C. B. 2002. Estructura y composición de un paisaje fragmentado y su relación con especies arbóreas indicadoras en una zona de bosque muy húmedo tropical, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

GENTRY A. H. 1988a. Tree species richness in upper amazonian forest. Prc. Natl. Acad., 85: 156-159.

GENTRY A. H. 1988b. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographic gradients. Ann. Missouri Bot. Garden, 75: 1-34.

GRAU H. A. y A. D. BROWN. 1995a. Los deslizamientos de ladera como condicionantes de la estructura y composición de la selva subtropical de montaña. En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

GRAU H. A. y A. D. BROWN. 1995b. Patterns of tree species diversity along latitudinal and altitudinal gradients in the Argentinean subtropical montane forests. En Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. Eds. CHURCHILL S. P. H., H. BALSLEV, E. FORERO and J. L. LUTEYN. New York.

GRAU H. R., T. A. EASDALE and L. PAOLINI. 2003. Subtropical Dendroecology Dating Disturbances and Forest Dynamics in Northwestern Argentinian Montane Ecosystems. Forest Ecology and Management. 177: 131-143.

GUARIGUATA M. R. y G. H. KATTAN. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropìcales. Cártago Ediciones. Costa Rica.

HENDERSON A., S. P. CHURCHILL y J. LUTEYN. 1991. Neotropical plant diversity. Nature, 229: 44-45.

HEREDIA F. M. 2004. Evaluación del nivel de daño ocasionado por dos tipos de tala en zona pedemontana de Yungas. Tesina de Grado. Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales. U.N.Sa. Salta. Argentina.

HITAMINA J., J. L. KIYIAPI and J. T. NJUNGE. 2004. Forest Structure Characteristics in Disturbed and Undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, Western Kenya. Forest Ecology and Management. 194: 269-291.

HOLDRIDGE L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José. Costa Rica.

JUSTINIANO M. J. y T. S. FREDERICKSEN. 1998a. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Curupaú (*Anadenanthera colubrina*) Mimosoideae. BOLFOR. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz. Bolivia.

JUSTINIANO M. J. y T. S. FREDERICKSEN. 1998b. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Cuta (*Phyllostylon rhamnoides*) Ulmacea. BOLFOR. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz. Bolivia.

JUSTINIANO M. J., T. S. FREDERICKSEN. y D. NASH. 2000. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Tajibos (*Tabebuia spp.*) Bignonaceae. BOLFOR. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz. Bolivia.

LAMPRECHT H. 1962. Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. Acta Científica Venezolana. Mérida. 13(2) 57-65.

LAMPRECHT H. 1990. Silviculture in the Tropics: tropical forest ecosystems and their tree species possibilities and methods for their long term utilization. GTZ, Eschborn. Germany.

MAGURRAN A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey.

MAINARDI V, O. E. ARCE y A. ORTÍN. 2005. Estudio cuantitativo de comunidades boscosas. Curso de Postgrado. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta. Argentina.

MAN AND BIOSPHERE - RESERVA DE LA BIOSFERA - ARGENTINA (MAB) 2004. Programa "El Hombre y la Biosfera". Comité MAB Argentino. UNESCO. www.medioambiente.gov.ar/mab/reservas.htm

MANRIQUE S. M. 2001. La selva pedemontana en fragmentos: ¿Mantienen los parches remanentes las características del ecosistema continuo?. Tesina de Grado Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales. U.N.Sa. Salta. Argentina.

MATTEUCCI S. D. y A. COLMA. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía Científica N° 22, Serie de Biología, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington DC.

MELO CRUZ O. A. y R. VARGAS RIOS. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA. Ibagué.

MENDEZ, J.A. y L. SAENZ. 1986. Estructura y composición de dos comunidades arbóreas de la parte noreste de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis Ing. Forestal. ITCR. Cártago, Costa Rica.

MINETTI J. M. 2005. Características de la comercialización de maderas nativas en Orán y Tartagal (Salta). Publicado en internet. http://www.inta.gov.ar/yuto/info/documentos/entomologia/maderas.pdf

MINGRAMM A. y A. RUSSO. 1972. Sierras Subandinas y Chaco Salteño. Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba. Argentina.

MORALES J. M., M. SIROMBRA y A. D. BROWN. 1995. Riqueza de árboles en las Yungas Argentinas. En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

MORENO C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA.

MOSTACEDO B. y T. S. FREDERICKSEN. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz. Bolivia.

MUNICIPALIDAD DE AGUARAY. 2007. Portal informativo municipal. http://www.aguaray.gov.ar

MUSEO DE CIENCIAS NATURALES (MCN). 2004. Número 1. Año 1. Septiembre. Facultad de Ciencias Naturales. U.N.Sa. Salta. Argentina.

NADIR A. y T. CHAFATINOS. 1990a. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 1. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Argentina.

NADIR A. y T. CHAFATINOS. 1990b. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 2. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Argentina.

NADIR A. y T. CHAFATINOS. 1995. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 3. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Argentina.

NAUMANN M. y M. MADARIAGA. 2003. Atlas Argentino / Argentinien atlas. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Buenos Aires.

OEA. 1974. Cuenca del río de la plata - Estudio para su planificación y desarrollo - República Argentina - República de Bolivia - Cuenca del río Bermejo I - Alta cuenca. Unidad Técnica Durante El Periodo 1970-1973 Gobierno de Argentina - Gobierno de Bolivia. Departamento de Desarrollo Regional de la OEA.

OFFICE OF TECHNOLOGICAL ASSESSMENT (OTA). 1987. Technologies to maintain biological diversity. United States Congress. United States Government Printing Office. Washington, D.C., USA.

OROZCO VILCHEZ, L. 1991. Estudio ecológico y estructural de seis comunidades boscosas de la parte noroeste de la Cordillera de Talamanca. Tesis de Lic. UNA. Heredia, Costa Rica.

OSPINA, R. 2002. Factores que determinan las características florísticas y estructurales de los fragmentos dominados por Guadua angustifolia Kunth en el eje cafetero colombiano y su relación con el aprovechamiento de guadua. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

PACHECO S. Y BROWN A. D. 2006. La biodiversidad de la ecorregión de las Yungas ¿Es sustentable a largo plazo?. En La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires. Argentina.

PAOLINI L., R. VILLALBA and H. R. GRAU. 2005. Precipitation variability and landslide occurrence in a subtropical mountain ecosystem of NW Argentina. Dendrochronologia, 22: 175-180.

PEET R. K. 1974. The measurement of species diversity. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5: 285-307.

PEÑA WILDE, O. L. 1997. Efecto de factores edáficos y topográficos en el crecimiento de especies comerciales en un bosque secundario en Sarapiquí, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

PEREZ FLORES, M. A. 2000. Composición y diversidad de los bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte nicaragüense: una base para el manejo sostenible. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

PRADO D. E. 1995. Selva pedemontana: contexto regional y lista florística de un ecosistema en peligro. En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

PRODAN M., R. PETERS, F. COX y P. REAL. 1997. Mensura Forestal. GTZ/IICA. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica.

RAMADORI D. E. 1995. Agricultura migratoria en el valle del Río Baritú, Santa Victoria, Salta. En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

RAMOS BENDAÑA, Z. S. 2003. Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: Herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

RANGEL J. O. y G. LOZANO. 1986. Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila) y el volcán Puracé. Caldasia 14: 503-547.

REBORATTI C. E. 1995. Apropiación y uso de la tierra en las Yungas del Alto Bermejo. En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

RED YAGUARETÉ. 2005. Las Yungas - Descripción. http://www.jaguares.com.ar

ROLLET B. 1980. Organización en ecosistemas tropicales. Informe UNESCO – PNUMA – FAO.

ROSA M. V. 2002. Estructura, composición florística y regeneración arbórea en zona pedemontana de yungas del noroeste argentino. Tesina de Grado Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales. U.N.Sa. Salta. Argentina.

SALCEDO, G. 1986. Estudio ecológico y estructural del bosque "Los Espaveles", Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

SCATENA F. N. 2001. El bosque neotropical desde una perspectiva jerárquica. En Ecología y conservación de bosques neotropicales. Eds. GUARIGUATA, M. R. y G. H. KATTAN. Cártago Ediciones. Costa Rica.

SECRETARIA DE AMBIENTE y DESARROLLO SUSTENTABLE (SAyDS). 2003. Inventario Nacional de Bosques Nativos y Sistema de Evaluación Forestal. Manual de Teledetección. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas. Préstamo BIRF 4085-AR.

SECRETARIA DE AMBIENTE y DESARROLLO SUSTENTABLE (SAyDS). 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Regional Selva Tucumano Boliviana. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas. Préstamo BIRF 4085-AR.

SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE (SRNyDS). 1998. Estudio Integral de la Selva Tucumano Boliviana. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Préstamo BIRF Nº 4085-AR. Gerencia Técnica Bosques Nativos, Dirección de Bosques.

SERRANO PACHECO M. 2003. Composición y estructura de bosques montanos subtropicales y sus implicaciones para la conservación y el manejo de los recursos forestales en la Serranía del Iñao, Bolivia. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

SUBSECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS (SRRHH). 2004. Estadística hidrológica de la República Argentina. Edición 2004. Buenos Aires. Argentina.

TORTORELLI L. A. 1956. Maderas y bosques argentinos. Ed. ACME. Buenos Aires Argentina.

UNIDAD DE MANEJO DEL SISTEMA DE EVALUACION FORETAL (UMSEF). 2004. Mapa forestal Provincia de Salta – Actualización Año 2002. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio de Salud. República Argentina.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2005. Natural Resources Conservation Service. Caribbean Area. http://www.pr.nrcs.usda.gov/technical/plants/bosques.html

USLAR Y. V., B. MOSTACEDO y M. SALDIAS. 2003. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. Documento técnico 114/2003. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Chemonics Internacional Inc. USAID Bolivia.

VALDORA E. E. y M. B. SORIA. 1999. Árboles de interés forestal y ornamental para el noroeste argentino. LIEY. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. Argentina.

VILLALBA R. 1995. Estudios dendrocronológicos en la selva subtropical de montaña: implicancias para su conservación y desarrollo. En Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Eds. BROWN A. D. y H. R. GRAU. LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e IML. U.N.T. Tucumán. Argentina.

VILLARREAL H., M. ÁLVAREZ, S. CÓRDOBA, F. ESCOBAR, G. FAGUA, F. GAST, H. MENDOZA, M. OSPINA y A. M. UMAÑA. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Segunda edición. Bogotá, Colombia.

WADSWORTH F. H. 2000. Producción forestal para America tropical. Servicio Forestal. Manual de agricultura 710-S. USDA. Washington DC.

WHITTAKER R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxón, 21: 213-251.