

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis químicos de los suelos, los suelos de las parcelas estudiadas se presentan como débilmente ácidos, con un contenido medio de materia orgánica al igual que la capacidad de intercambio catiónico.

La saturación de bases es más bien alta, los contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio son medianamente altos al igual que el nitrógeno mineral. En comparación con otros suelos de los trópicos podemos decir que son relativamente de mayor fertilidad.

Luego del análisis preliminar de los datos - presentado en el Anexo - mostramos a continuación los resultados de los Análisis de Componentes Principales, de manera a resumir la información contenida en ellos y con el objetivo de encontrar semejanzas y diferencias entre las parcelas analizadas.

Para ello, hemos agrupado las variables en aquellas que hacen referencia a las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos de las parcelas, si bien las microbiológicas se refieren más que nada a la biomasa microbiana, en relación con algunas propiedades físicas y químicas de los suelos que creemos más pueden influir en su comportamiento.

Posteriormente realizamos el análisis con todas las variables, de manera a estudiar la relación existente entre las parcelas y el conjunto de propiedades.

4.1. Propiedades físicas de los suelos

Las variables consideradas en este grupo fueron:

- Tiempo de Infiltración del Agua en el Suelo (*TiempInf*)
- Humedad del Suelo (*Humedad*)
- Temperatura del Suelo (*TmpMax*)
- Rango de Temperatura del Suelo (*RgoTmp*)
- Agua Disponible en el Suelo:
 - Punto de Marchitez Permanente (*PtoMarchi*)
 - Capacidad de Campo (*CapCampo*)
- Microporosidad (*Micropor*)
- Textura: - Arena; Limo; Arcilla.
- Densidad Aparente (*DensiApa*).

Por la alta correlación entre las variables Temperatura Máxima del Suelo y Rango de Temperatura del Suelo (Tablas 3,5 y 7), hemos optado por trabajar solo con la última.

Inicialmente analizamos todos los datos, tanto de la época seca como de la lluviosa. El Análisis de Componentes Principales (ACP) arrojó resultados satisfactorios, ya que los dos primeros componentes contienen casi el 82% de la variación de los datos, lo cual consideramos suficiente, teniendo en cuenta además la alta correlación de todas las variables con uno de los dos primeros componentes (Tabla 4).

Observando los resultados (Fig. 7), analizamos la influencia de las variables en el plano principal y notamos que el Primer Eje está positivamente correlacionado con las variables Microporosidad, Limo, Punto de Marchitez Permanente, Capacidad de Campo y Arcilla y negativamente correlacionado con las variables Arena y Densidad Aparente. Esta conformación nos estaría indicando una variación en la textura de los suelos, por lo que denominaremos a este Componente como Eje de Textura del Suelo y ordenará las parcelas desde aquellas con mayor contenido de Arena hasta las de menor contenido de Arena y mayor contenido de Limo y Arcilla. Es importante resaltar que este Eje asocia las variables Capacidad de Campo, Punto de Marchitez P. y Microporosidad con el Limo, más que con la Arcilla.

El segundo Componente está correlacionado en forma positiva con la variable Humedad del Suelo y en forma negativa con el Rango de Temperatura. A este componente lo denominaremos Eje Humedad-Temperatura del Suelo.

La variable Tiempo de Infiltración del Agua tiene relativamente igual influencia en ambos Ejes, lo que indica que el Tiempo de Infiltración está influenciado tanto por la Textura como por el Agua de los Suelos.

	Humedad	TiempInf	TmpMax	RgoTmp	Arena	Arcilla	Limo	PtoMarchi	CapCampo	DensiApa
Humedad	1,00									
TiempInf	0,53	1,00								
TmpMax	-0,66	-0,15	1,00							
RgoTmp	-0,65	-0,23	0,97	1,00						
Arena	-0,02	-0,48	-0,16	-0,05	1,00					
Arcilla	-0,23	0,30	0,35	0,24	-0,71	1,00				
Limo	0,10	0,48	0,08	-0,02	-0,97	0,53	1,00			
PtoMarchi	0,18	0,49	0,10	-0,02	-0,89	0,80	0,81	1,00		
CapCampo	0,13	0,54	0,04	-0,07	-0,94	0,55	0,96	0,79	1,00	
DensiApa	-0,17	-0,49	0,08	0,19	0,87	-0,68	-0,83	-0,85	-0,82	1,00
Micropor	0,12	0,49	0,14	0,04	-0,87	0,67	0,84	0,84	0,90	-0,67

Tabla 3. Correlación de Variables. Época seca y lluviosa. Las variables altamente correlacionadas ($\geq 0,9$) son: Temperatura Máxima y Rango de Temp; Arena, Limo, Capacidad de Campo y Microporosidad.

Correlación Variables-Componentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,91	-0,07	Micropor.	0,82	0,01	0,83
-0,97	0,13	Arena	0,95	0,02	0,97
0,74	-0,41	Arcilla	0,55	0,17	0,72
0,93	-0,03	Limo	0,87	0,00	0,87
-0,90	-0,07	DensiApa	0,81	0,00	0,81
0,60	0,48	TiempInf	0,36	0,23	0,59
0,17	0,91	Humedad	0,03	0,83	0,86
0,93	-0,04	PtoMarchi	0,87	0,00	0,87
0,94	0,02	CapCampo	0,89	0,00	0,89
-0,05	-0,85	RgoTmp	0,00	0,71	0,72

Tabla 4: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Épocas seca y lluviosa. El plano principal explica el 81,21% de la variación de los datos (61,49%+19,72%). El Coeficiente de Determinación indica el porcentaje de la variación de cada variable que es explicada por el componente. Podemos ver que excepto la variable TiempInf, las demás variables están muy bien explicadas en el plano principal.

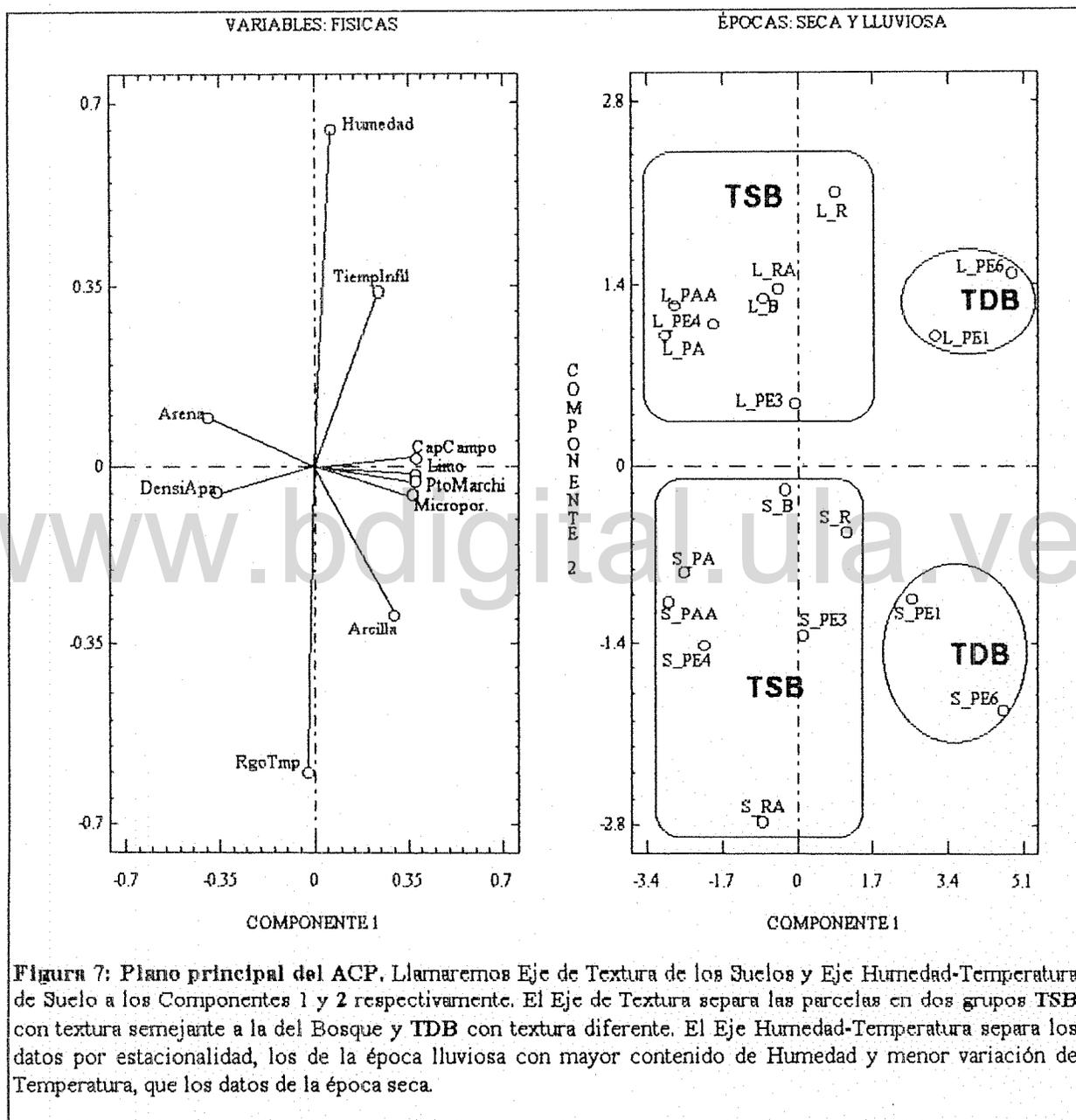
Observando como se ubican las parcelas sobre estos Componentes, notamos que el Eje Humedad-Temperatura agrupa los datos por estacionalidad, la cual es muy marcada en Caparo.

El Eje de Textura del Suelo, por su parte, separa las parcelas en dos grupos: llamaremos TSB (Textura Semejante a la del Bosque), al grupo formado por: Bosque (B), Rastrojo (R), Rastrojo con Agricultura (RA), Pasto Argentino (PA), Pasto Argentino con Agricultura (PAA), Pasto Estrella de 4 años (PE4) y Pasto Estrella de 3 años (PE3); y TDB (Textura Diferente a la del Bosque) al grupo formado por: Pasto Estrella de 6 años (PE6) y el Pasto Estrella de 1 año (PE1).

También podemos notar que las parcelas R y PE3, aunque dentro del grupo TSB, tienden a alejarse de las demás parcelas según los datos de la época de lluvia. Lo mismo sucede con RA en la época seca.

El caso de las parcelas del grupo TSB, agrupadas según el Eje de Textura del Suelo, nos lleva a sugerir que estas parcelas guardan relación estrecha con el Bosque, debido a que antes de ser deforestadas conformaban ecosistemas boscosos de características muy similares a la del bosque analizado. Esta suposición puede realizarse ya que las parcelas se agrupan más que nada según la textura superficial de los suelos, la cual consideramos que cambia muy poco después de la deforestación. De igual manera, el grupo TDB que se separa del bosque,

conformarían parcelas con texturas diferentes a la del bosque (B), por lo que suponemos se trata de un ecosistema boscoso original de características distintas a la del bosque natural analizado.



Por otra parte, vemos que el ordenamiento de las parcelas según el Eje de Textura de Suelos no varía con la estacionalidad, pero sí lo hace según el Eje Humedad-Temperatura de Suelos, por lo que se torna necesario considerar cada época en forma aislada.

	Humedad	TiempInf	TmpMax	RgoTmp	Arena	Arcilla	Limo	PtoMarchi	CapCampo	DensiApa
Humedad	1,00									
TiempInf	-0,06	1,00								
TmpMax	-0,78	0,07	1,00							
RgoTmp	-0,64	-0,07	0,96	1,00						
Arena	0,03	-0,99	-0,03	0,10	1,00					
Arcilla	0,17	0,73	-0,08	-0,19	-0,69	1,00				
Limo	-0,07	0,97	0,06	-0,07	-0,99	0,57	1,00			
PtoMarchi	0,02	0,87	0,01	-0,13	-0,87	0,85	0,80	1,00		
CapCampo	-0,05	0,95	0,02	-0,14	-0,96	0,58	0,97	0,79	1,00	
DensiApa	-0,06	-0,86	0,16	0,31	0,85	-0,80	-0,79	-0,85	-0,82	1,00
Micropor	-0,02	0,88	0,12	-0,03	-0,90	0,67	0,87	0,84	0,90	-0,67

Tabla 5: Correlación entre Variables. Época seca. Las variables que se presentan altamente correlacionadas ($\geq 90\%$) son: Tiempo de Infiltración del Agua con Arena (en sentido opuesto -e.s.o.-), Limo y Capacidad de Campo; Temperatura Máxima con Rango de variación de la Temperatura; Arena y Limo (e.s.o.) y Microporosidad con Capacidad de Campo.

En la época seca, el ACP nos devuelve una proyección también satisfactoria de los datos, ya que el 85,74% de la variación de los datos está explicada en el plano principal. En la Tabla 5 se presenta las correlaciones entre las variables. Se presenta además una alta correlación de todas las variables con uno de los dos primeros componentes, como también altos coeficientes de determinación lo que indica una buena representación de los datos en el plano principal. (Tabla 6).

Correlación Variable-Componente			Coeficiente de Determinación		
COMP. 1	COMP. 2		COMP. 1	COMP. 2	ACUMULADO
0,91	-0,11	Micropor.	0,83	0,01	0,84
-0,98	0,08	Arena	0,97	0,01	0,97
0,79	0,20	Arcilla	0,63	0,04	0,67
0,94	-0,13	Limo	0,89	0,02	0,91
-0,90	-0,15	DensiApa	0,81	0,02	0,83
0,98	-0,10	TiempInf	0,96	0,01	0,98
0,02	0,90	Humedad	0,00	0,81	0,81
0,93	0,03	PtoMarchi	0,86	0,00	0,86
0,95	-0,08	CapCampo	0,90	0,01	0,90
0,00	-0,88	RgoTmp	0,00	0,78	0,78

Tabla 6: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Época seca. El plano principal explica el 85,72% de la variación de los datos (68,67%+17,05%). Excepto la variable Arcilla, todas las demás están muy bien explicadas en el plano principal.

La conformación de los componentes es la siguiente: Componente 1 está correlacionado en forma negativa con las variables Arena y Densidad Aparente y en forma positiva con el

Tiempo de Infiltración, Capacidad de Campo, Limo, Punto de Marchitez P., Microporosidad y Arcilla. Esta conformación nuevamente nos señala un Eje de Textura de Suelos.

El Componente 2 por su parte, mantiene la misma conformación que en el análisis anterior, es decir, nuevamente tenemos un Eje Humedad-Temperatura de los Suelos. (Fig. 8)

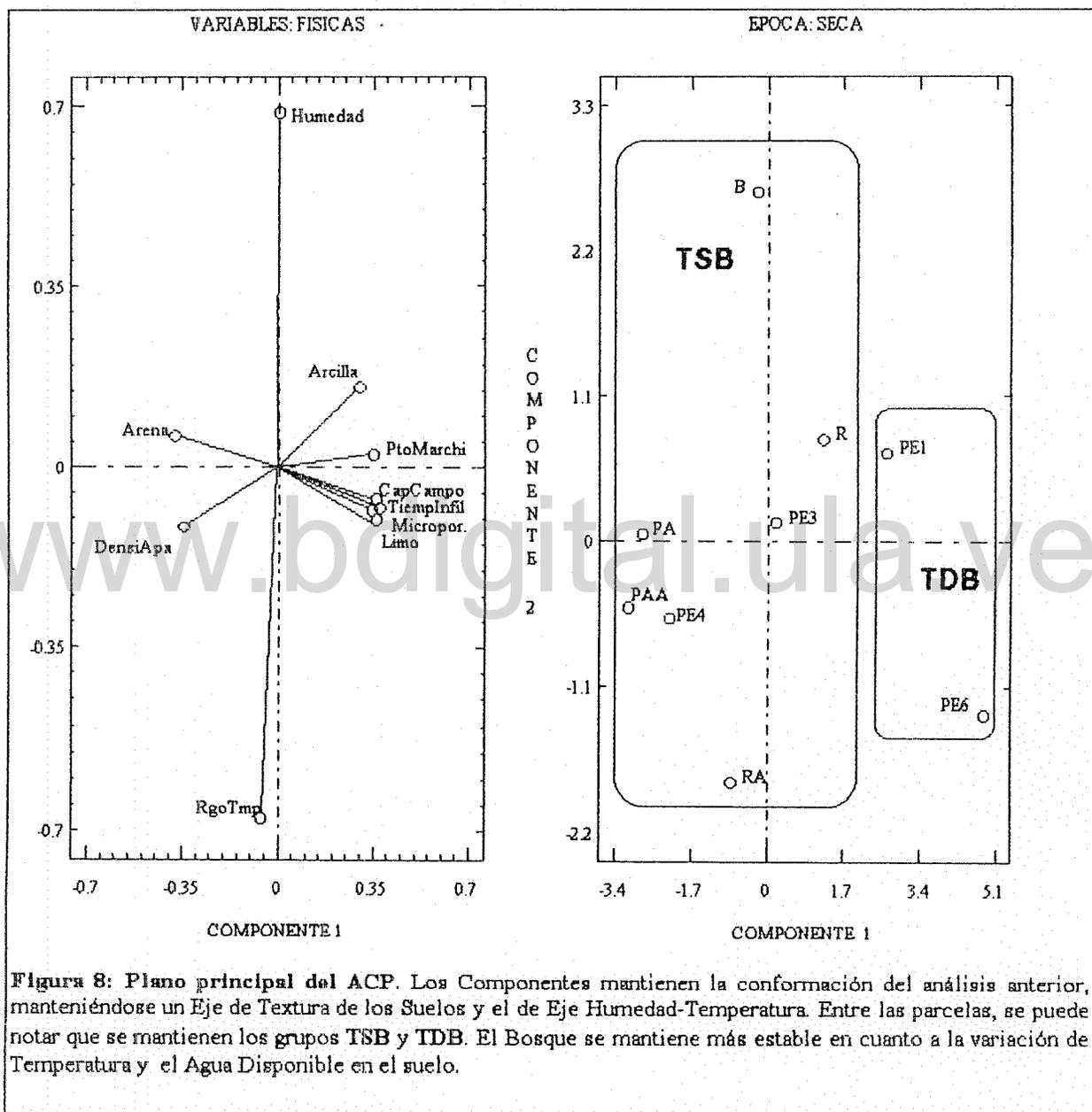
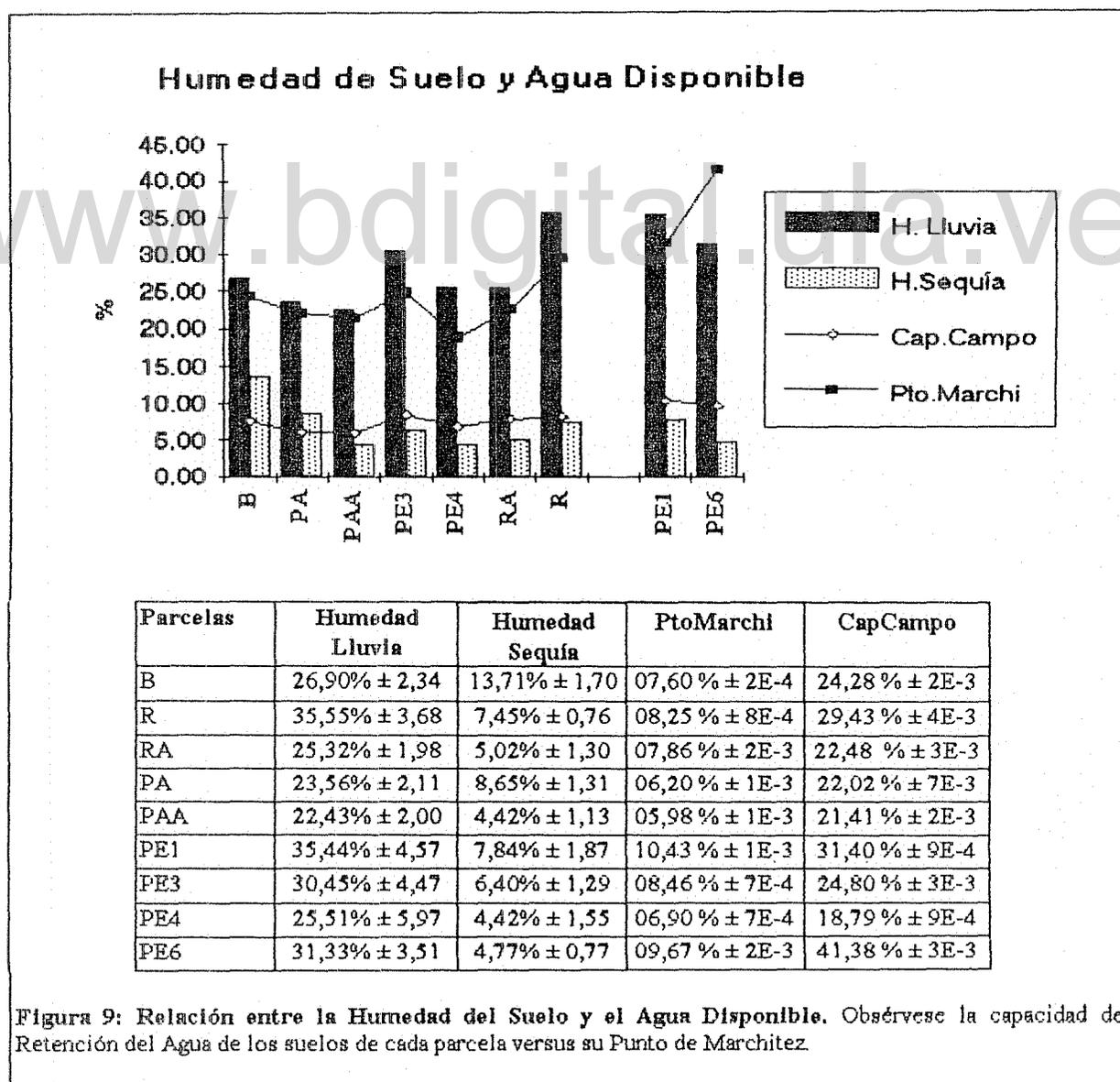


Figura 8: Plano principal del ACP. Los Componentes mantienen la conformación del análisis anterior, manteniéndose un Eje de Textura de los Suelos y el de Eje Humedad-Temperatura. Entre las parcelas, se puede notar que se mantienen los grupos TSB y TDB. El Bosque se mantiene más estable en cuanto a la variación de Temperatura y el Agua Disponible en el suelo.

Si tratáramos de mantener la hipótesis de los dos ecosistemas boscosos originales, vemos que en el grupo TSB, el Bosque se separa del resto de las parcelas según el Eje 2, hacia una posición que indica un contenido mayor de Humedad y menor Rango de Temperatura, que nos habla de una estabilidad en cuanto a la Temperatura del Suelo y a su contenido de humedad,

con un valor por encima de su Punto de Marchitez Permanente. (Fig.9). El PE1 y el PE6 se separan según el Eje de Humedad-Temperatura, donde el PE6 posee menor Humedad y mayor Rango de Temperatura del suelo que el PE1. Si consideráramos que estas parcelas provienen de un mismo ecosistema, el manejo y/o la antigüedad de la pastura estarán marcando la diferencia.

Si mantenemos el supuesto anterior de que las parcelas dentro cada grupo TSB y TDB provienen de ecosistemas boscosos muy similares, la variación en la Temperatura y en la Humedad del suelo serían las consecuencias más notables en el suelo, provocadas por la deforestación e implementación de pasturas, al menos en las propiedades físicas en la época seca.



Considerando solo los datos de la época lluviosa (Tablas 7, 8 y Fig.10) vemos que la estructura de correlación entre las variables es casi la misma que en los casos anteriores, excepto que el Tiempo de Infiltración del Agua no está en esta época, fuertemente correlacionada con ninguna otra variable, como sucedió en el análisis de los datos de ambas épocas.

	Humedad	TiempInf	TmpMax	RgoTmp	Arena	Arcilla	Limo	PtoMarchi	CapCampo	DensiApa
Humedad	1,00									
TiempInf	0,33	1,00								
TmpMax	0,13	0,38	1,00							
RgoTmp	0,00	0,30	0,97	1,00						
Arena	-0,85	-0,68	-0,20	-0,09	1,00					
Arcilla	0,60	0,62	0,45	0,38	-0,77	1,00				
Limo	0,84	0,63	0,08	-0,03	-0,97	0,59	1,00			
PtoMarchi	0,85	0,59	0,34	0,25	-0,93	0,89	0,83	1,00		
CapCampo	0,69	0,65	0,10	0,01	-0,94	0,63	0,95	0,79	1,00	
DensiApa	-0,81	-0,60	0,02	0,14	0,91	-0,72	-0,88	-0,85	-0,82	1,00
Micropor	0,61	0,58	0,29	0,25	-0,87	0,79	0,80	0,84	0,90	-0,67

Tabla 7: Correlación entre Variables. Época lluviosa. Las variables que se presentan altamente correlacionadas ($\geq 90\%$) son: Temperatura Máxima con Rango de variación de la Temperatura; Arena con Densidad Aparente; Arena con Limo, Pto.Marchitez, Capacidad de Campo (e.s.o.); Limo con Capacidad de Campo y Microporosidad con Capacidad de Campo.

La conformación del Componente 1 sigue siendo determinada prácticamente por las mismas variables que en la época seca, aunque ahora se suma la variable Humedad asociada al Limo y la Arcilla. El segundo Componente está conformado fundamentalmente por el Rango de Temperatura.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,89	0,16	Micropor.	0,79	0,03	0,81
-0,99	0,08	Arena	0,99	0,01	1,00
0,83	0,36	Arcilla	0,69	0,13	0,82
0,94	-0,24	Limo	0,88	0,06	0,94
-0,91	0,28	DensiApa	0,82	0,08	0,90
0,70	0,31	TiempInf	0,50	0,10	0,59
0,83	-0,25	Humedad	0,69	0,06	0,75
0,95	0,10	PtoMarchi	0,91	0,01	0,92
0,92	-0,14	CapCampo	0,85	0,02	0,87
0,00	0,93	RgoTmp	0,00	0,87	0,87

Tabla 8: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Época lluviosa. El plano principal explica el 84,92% de la variación de los datos (71,41%+13,51%). A diferencia de los análisis anteriores, la Humedad está altamente correlacionada con el Componente 1.

La parcela R se aleja más que B del resto del grupo, debido a que posee mayor Humedad, sobrepasando su Capacidad de Campo. Todas las parcelas se encuentran saturadas de agua, con valores mayores a su Capacidad de Campo, salvo la de Pasto Estrella de 6 años (PE6). (Fig. 9).

Llamaremos Eje de Textura al componente 1 y Eje de Temperatura al Componente 2. Nuevamente en este caso se puede mantener la agrupación TSB y TDB.

El Eje de Temperatura separa las parcelas B y R del resto, debido, como lo hemos explicado anteriormente, a la relativa estabilidad del Bosque (y del Rastrojo ahora) en cuanto a la variación de Temperatura del suelo y quizás también al valor máximo de la Temperatura, ya que como hemos visto están muy correlacionadas entre sí.

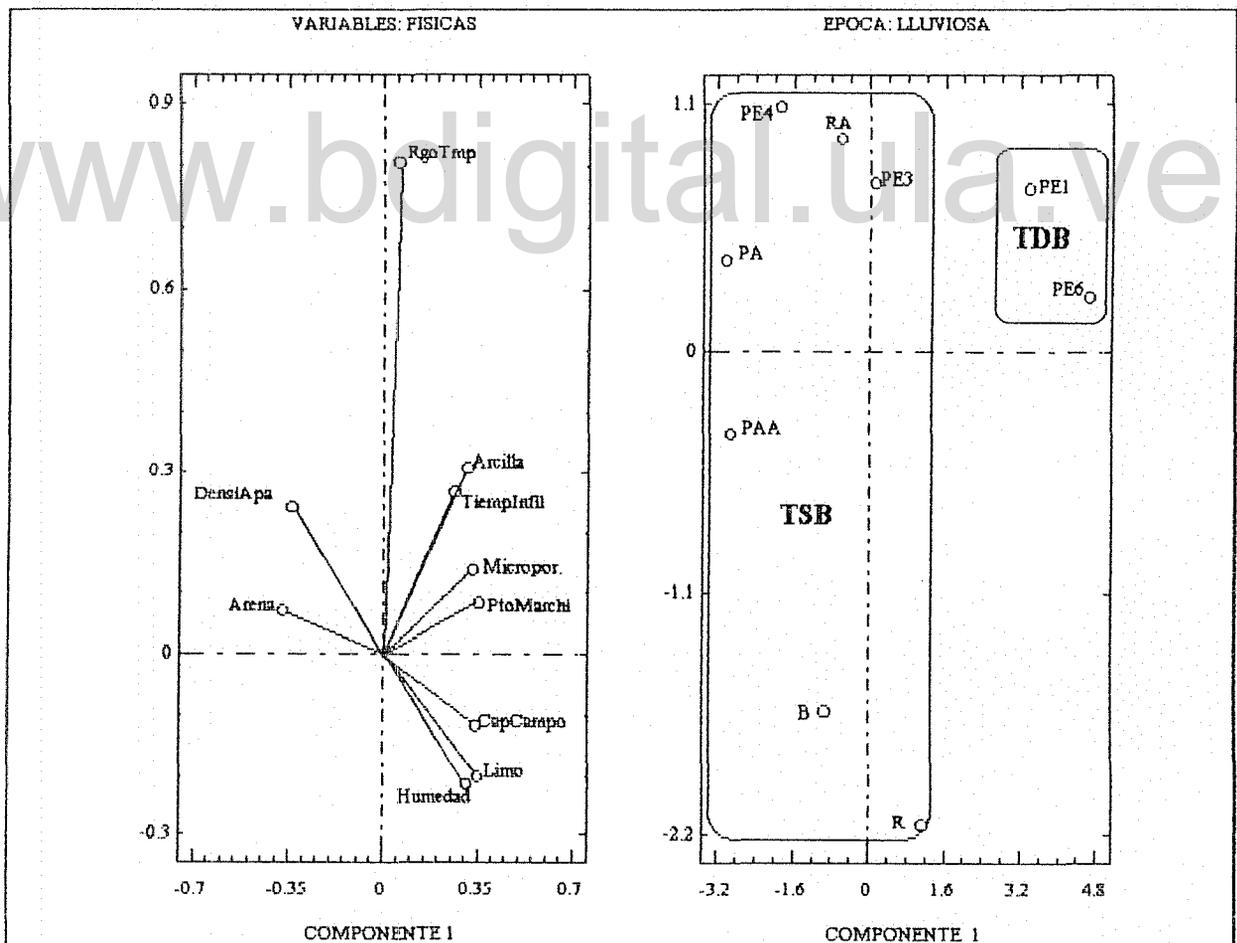


Figura 10: Plano principal del ACP. La conformación de los componentes cambiaron algo en relación a los análisis anteriores obteniéndose un Eje de Textura de los Suelos, influenciada esta vez por la Humedad y un Eje de Temperatura de los Suelo. Entre las parcelas, se puede notar que se mantienen los grupos TSB y TDB. El Bosque y el Rastrojo se mantiene más estable en cuanto a la variación de Temperatura.

Las parcelas B, RA y las de Pasto Argentino (PA y PAA) sobrepasan levemente su Capacidad de Campo entre las más arenosas, mientras las de Pastos Estrellas PE3 y PE4 sobrepasan mucho más. La capacidad de drenaje de las parcelas evidentemente está influyendo en estas diferencias y si consideramos la Capacidad de Campo de estas parcelas como de cierta similitud, las diferencias en la saturación del agua del suelo se explicarían más bien debido a cambios existentes en el drenaje superficial, sobre todo para PE3 y PE4.

En este sentido, dentro del grupo TDB la parcela PE1 sobrepasó su Capacidad de Campo, mientras a la parcela PE6 todavía le falta bastante para alcanzarla. Si seguimos sosteniendo que ambas provienen de similares ecosistemas boscosos originales, esta diferencia habría que explicarla. Una explicación sería que el sistema de drenaje de los sitios se ha modificado, originando la diferencia entre dichas parcelas.

También podríamos pensar que estas parcelas no provienen de un mismo ecosistema boscoso original, sin embargo la diferencia entre la Humedad de los Suelos y su Capacidad de Campo superficial, puede no ser tan fundamental dentro de los grupos como para determinar ecosistemas boscosos distintos.

Por otra parte, observando la distribución de las parcelas dentro del plano principal y en relación al Bosque, vemos que PA, PAA y PE4 tienen mayor Densidad Aparente y Contenido de Arena, en tanto que PE1 y PE6 poseen menos Densidad Aparente y más Contenido de Limo y Arcilla. Además, todas las parcelas, excepto R, están alejadas del Bosque debido a que poseen mayor Rango de Temperatura de Suelo.

Para los casos de PE1 y PE6 los valores menores de la Densidad Aparente en relación al Bosque podremos decir que se deben a que provienen de Ecosistemas Boscosos Originales diferentes con menor contenido de Arena y obviamente menor Densidad Aparente. Sin embargo para las otras parcelas existe una serie de características que podrían ser motivos de tales diferencias.

Las parcelas PA y PAA son las primeras deforestadas y las de uso más antiguo. Las parcelas PE3 y PE4 fueron mecanizadas en la preparación de la siembra. Por estas razones no podemos explicar en que grado el aumento de la Densidad Aparente se debe al manejo utilizado en las parcelas con efectos en la compactación por pisoteo del ganado y/o mecanización o si se debe al aumento en el contenido de Arena, o a ambos.

El aumento en el contenido de Arena podría ser explicado también por cambios en la textura superficial debido a los procesos erosivos hídricos más intensos que se presentarían al modificarse la vegetación natural original. Si tal proceso erosivo laminar se presenta, con el arrastre de las partículas más finas por el agua, se elevarían los porcentajes de Arena de las parcelas y de hecho, las parcelas de Pasto Argentino son las de mayor contenido de Arena.

Franco y Folster (1978) dicen que si bien el relieve general de Caparo es muy plano con pendientes generales de 1%, a corta distancia existen diferencias de relieve (1-2 m/ 100m) de gran importancia pues controlan el movimiento superficial del agua. Estos mismos autores, afirman:

...” la zona se inunda fundamentalmente por el agua de las lluvias durante la época fuerte de lluvias (Junio-Agosto). El río Caparo influye represando los caños que desembocan en él. El agua de lluvia se mueve fundamentalmente en forma superficial por la reducida permeabilidad de gran parte de los suelos. De los bancos y subbancos se mueve hacia los bajíos y de allí lentamente hacia los esteros y a través de caños hasta el río”.

Habría que ver si el cambio de la vegetación natural original sumado a los usos y manejos posteriores de suelo, alteran las corrientes superficiales de agua de modo que puedan producir erosión laminar.

Si consideramos solamente el Rango de Temperatura de los Suelos de las parcelas vemos que el menor valor corresponde al bosque natural tanto en la época de sequía como en la lluviosa, teniendo todas las demás parcelas valores superiores al del bosque.

A modo de conclusión de los análisis de las propiedades físicas de los suelos de las parcelas podemos decir:

- 1) No es posible diferenciar con certeza las variaciones en las propiedades físicas de los suelos debidas a diferencias en los ecosistemas boscosos originales, de los cambios que se originaron por los usos y manejos distintos a que fueron sometidas las parcelas.
- 2) Los cambios en las temperaturas del suelo de las parcelas no boscosas en relación al bosque así como los mayores contenidos de humedad del suelo del bosque en relación con las parcelas deforestadas parecen ser los efectos más notorios debidos a la transformación del ecosistema original.
- 3) Los suelos del bosque y del rastrojo son los que poseen menor densidad aparente en relación a las demás parcelas de su grupo, no observándose en general diferencias notables en la microporosidad.

- 4) Según las propiedades físicas, podríamos establecer la siguiente agrupación: Bosque, Rastrojo con Agricultura, Pastos Argentinos y Pastos Estrellas de 3 y 4 años, como provenientes de un mismo ecosistema boscoso original; mientras que las parcelas de pasto estrella de 1 año y de 6 años no pertenecerían al grupo anterior, sin que necesariamente provengan del mismo ecosistema boscoso original. La parcela con rastrojo (R) la podemos considerar tanto dentro como fuera del grupo del bosque.
- 5) La marcada estacionalidad de Caparo se refleja en las propiedades físicas de los suelos principalmente en las variables Humedad y Rango de Temperatura del Suelo.
- 6) Debería ser estudiado con detenimiento si se produce erosión laminar desde los bancos hacia los bajos, incrementada por la deforestación.

4.2. Propiedades químicas de los suelos

Bajo esta denominación se incluyeron las siguientes variables:

- Carbono
- Calcio
- Magnesio
- Potasio
- Nitrógeno total (*NitroTotal*)
- pH
- Saturación de Bases (*SaturBases*)
- Capacidad de Intercambio Catiónico (*CapInterCat*)

Las correlaciones entre las variables consideradas para este análisis se incluyen en la Tabla 9, siendo las correlaciones más importantes dadas por el Ca con CapInterCat, NitroTotal, Mg y SaturBases; y la CapInterCat con el Mg y el NitroTotal.

	Carbono	Calcio	Magnesio	NitroTotal	Potasio	pH	CapInterCat
Carbono	1,00						
Calcio	0,49	1,00					
Magnesio	0,51	0,70	1,00				
NitroTotal	0,51	0,71	0,69	1,00			
Potasio	0,47	0,46	0,53	0,77	1,00		
pH	-0,21	0,08	-0,19	0,27	0,25	1,00	
CapInterCat	0,64	0,79	0,88	0,82	0,65	-0,15	1,00
SaturBases	0,30	0,82	0,47	0,39	0,27	0,19	0,38

Tabla 9: Correlación entre Variables de las Propiedades Químicas. Épocas seca y lluviosa. No se ven correlaciones muy altas como en el caso de las variables que conforman las propiedades físicas.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,68	-0,36	Carbono	0,47	0,13	0,60
0,88	0,10	Calcio	0,78	0,01	0,79
0,86	-0,25	Magnesio	0,74	0,06	0,80
0,88	0,22	NitroTotal	0,78	0,05	0,83
0,74	0,22	Potasio	0,55	0,05	0,60
0,05	0,96	pH	0,00	0,92	0,92
0,93	-0,23	CapInterCat	0,86	0,05	0,91
0,63	0,29	SaturBases	0,39	0,09	0,48

Tabla 10: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Épocas seca y lluviosa. El plano principal explica el 74% de la variación de los datos (57%+17%). El Componente 1 está conformado principalmente por las variables Calcio, Magnesio, Nitrógeno Total, Potasio y Capacidad de Intercambio C., mientras el Componente 2 por el pH.

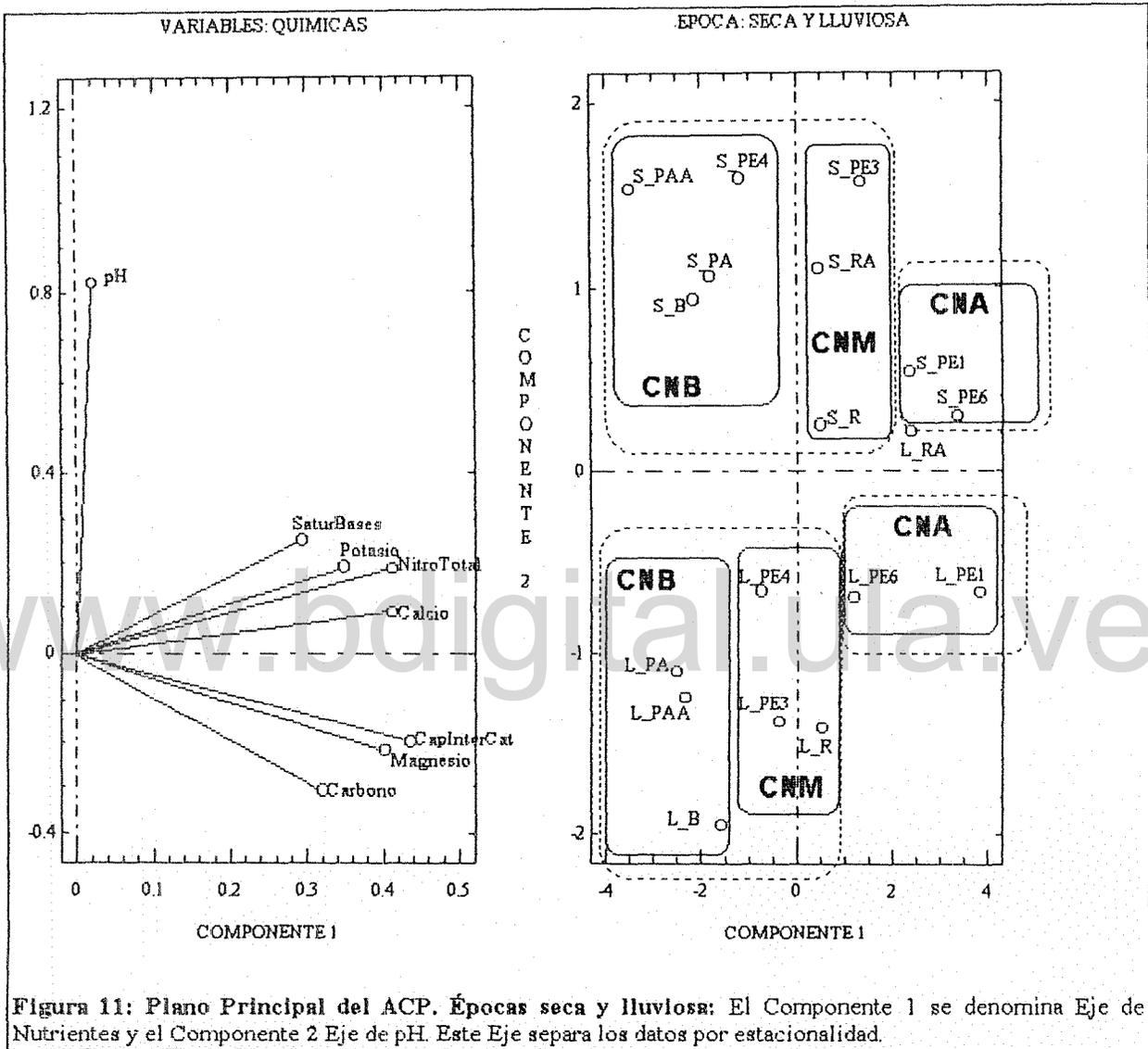
El Análisis de Componentes Principales, con las variables de la época lluviosa y la época seca nos determina dos componentes importantes (Tabla 10 y Fig. 11). El componente 1 correlacionado positivamente con Capacidad de Intercambio Catiónico, Calcio, Magnesio, Nitrógeno total, Potasio, Carbono y Saturación de Bases, mientras el componente 2 se correlaciona positivamente con el pH. Estos dos componentes del plano principal contienen el 70 % de la variación de los datos.

El segundo componente, al que podríamos denominar Eje de pH, estaría indicando la estacionalidad, variando el pH desde los valores más altos para la época de sequía hasta los menos para la época lluviosa. Esta variación del pH de los suelos de las parcelas desde un mínimo de 5,96 a un máximo de 6,56 en la época de sequía y de 5,20 a 5,88 en la época lluviosa no indica mucha variación entre las parcelas, sin embargo las diferencias que existen entre los valores de sequía y de lluvia son marcadas como para agrupar los datos de las parcelas de acuerdo a la estacionalidad, indicando la variación en la distribución de las lluvias y con ello en los valores del pH.

El primer componente expresa de alguna manera la relación con los nutrientes del suelo y lo podríamos denominar Eje de Nutrientes del Suelo. Según este Eje, podríamos agrupar las parcelas en tres grupos: el CNA (Contenido de Nutrientes Alto), el CNM (Contenido de Nutrientes Medio) y el CNB (Contenido de Nutrientes Bajo).

Los grupos CNB y CNM son diferentes según se trate de la época seca o lluviosa, así en la época seca el CNB está constituido por el bosque (B), los pastos argentinos (PA y PAA) y el pasto estrella de 4 años (PE4), y en la lluviosa por el B, PA y PAA. El CNM en la época seca

está constituido por el PE3, RA y R, y en la época lluviosa por el R, PE3 y PE4. El CNA es el mismo tanto en ambas épocas.



Las parcelas de pasto estrella de 1 y 6 años (PE1 y PE6) son las de mayores contenidos de nutrientes en el suelo (sobre todo la primera) y según lo que habíamos dicho al considerar las propiedades físicas de los suelos, provienen de ecosistemas boscosos diferentes a la del bosque de banco. Con este análisis, siguiendo con esta misma línea de interpretación, podríamos afirmar que estos ecosistemas boscosos originales contribuyeron con mayores contenido de nutrientes en los suelos de estas parcelas.

Los pastos estrellas de diferentes edades al igual que los rastrojos poseen mayores contenido de nutrientes en el suelo en relación al bosque original. Y el bosque (B), el pasto argentino(PA) y el pasto argentino con agricultura(PAA) poseen los menores contenido de nutrientes del suelo, principalmente en cuanto a Nitrógeno, Carbono, Calcio, Magnesio y Potasio.

En la interpretación de las propiedades físicas no podíamos diferenciar los cambios debidos al uso y manejo diferentes de las parcelas, de los que tienen que ver con las condiciones originales de los distintos ecosistemas forestales. Para el caso de las propiedades químicas los resultados son más difíciles de interpretar.

Sin embargo, la separación o agrupación de las parcelas en dos grupos, como las variables de las propiedades físicas nos lo habían indicado, que como habíamos dicho sugerirían ecosistemas boscosos originales diferentes, aun se mantiene, si bien ya en el grupo del bosque hemos diferenciado las parcelas con contenido bajo y medio de nutrientes.

Las diferencias en las historias de uso de las parcelas y en los manejos pueden explicar las variaciones de las propiedades químicas de los suelos. Las parcelas de pasto estrella de 6 años (PE6), de rastrojo con agricultura (RA), de pasto argentino con agricultura (PAA) y de pasto estrella de 4 años (PE4) tienen en común que en algún momento de su historia fueron fertilizados y no sabemos en que grado esta práctica puede estar influyendo en las variaciones que se presentan. La cantidad, la intensidad, el momento, el tipo de fertilizante utilizado, el tiempo de permanencia del ganado en los potreros u otro factor relacionado más que nada con el manejo de cada parcela en particular, son los elementos determinantes que podrían explicar las agrupaciones que se presentan para el caso de las propiedades químicas de los suelos.

Los diferentes manejos y usos a que fueron sometidas las parcelas, los ecosistemas originales diferentes y la estacionalidad estarían influyendo en el agrupamiento que originan las propiedades químicas, las que separan dos grupos dentro del grupo único inicial. Habría nuevamente que preguntarse si esto no implica que se trate de dos ecosistemas boscosos originales en vez de uno solo, si bien no muy diferentes.

Otra explicación estaría dada por la influencia que ejerce el manejo diferente de las distintas parcelas que hace que las variaciones en las propiedades químicas determinen la separación del grupo TSB de las propiedades físicas en dos grupos CNB y CNM. También podría ser que existan variaciones en las propiedades químicas debidas tanto al manejo como a

la existencia de ecosistemas boscosos originales distintos, si bien no se puede precisar el grado de afectación de cada uno de ellos.

A modo de obtener más información de las parcelas en cuanto a las propiedades químicas hemos analizado la época de sequía y de lluvia por separado.

	Carbono	Calcio	Magnesio	NitroTotal	Potasio	pH	CapInterCat
Carbono	1						
Calcio	0,87	1					
Magnesio	0,76	0,76	1				
NitroTotal	0,89	0,93	0,80	1			
Potasio	0,60	0,85	0,75	0,81	1		
pH	-0,26	-0,37	0,03	-0,44	-0,28	1	
CapInterCat	0,85	0,97	0,85	0,96	0,85	-0,38	1
SatBases	0,37	0,38	0,58	0,29	0,54	0,49	0,32

Tabla 11: Correlación entre Variables de las Propiedades Químicas. Época seca. Las variables altamente correlacionadas son el Calcio, el Nitrógeno Total y la Capacidad de Intercambio Catiónico.

En época seca (Tablas 11 y 12 y Fig 12) el Componente 1 sigue dado por los nutrientes del suelo, con las variables Calcio, Capacidad de Intercambio Catiónico, Potasio, Carbono y Nitrógeno más fuertemente correlacionados entre sí que en el análisis anterior. El segundo componente está dado por el pH y la saturación de bases, correlacionándose ambas variables positivamente con este componente.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,89	-0,04	Carbono	0,79	0,00	0,79
0,96	-0,10	Calcio	0,93	0,01	0,94
0,88	0,30	Magnesio	0,77	0,09	0,86
0,96	-0,18	NitroTotal	0,93	0,03	0,96
0,89	0,07	Potasio	0,78	0,01	0,79
-0,31	0,90	pH	0,09	0,81	0,91
0,98	-0,13	CapInterCat	0,96	0,02	0,98
0,47	0,81	SaturBases	0,22	0,66	0,88

Tabla 12: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Época seca. El plano principal explica el 89% de la variación de los datos (69%+20%). El Componente 1 está conformado principalmente por las variables Capacidad de Intercambio C., Calcio, Nitrógeno Total, Magnesio, Potasio y Carbono mientras el Componente 2 por el pH y la Saturación de Bases.

Las parcelas bosque (B), pasto argentino (PA), pasto argentino con agricultura(PAA), rastrojo(R), rastrojo con agricultura(RA) y pasto estrella de 4 años(PE4) hemos intentado

agruparlas nuevamente según el componente 1, sin embargo la parcela de pasto estrella de 3 años (PE3) se separa muy claramente. Al PE1 y al PE6 años podemos considerarlos fuera del conjunto anterior, si bien no se encuentran muy próximos entre sí.

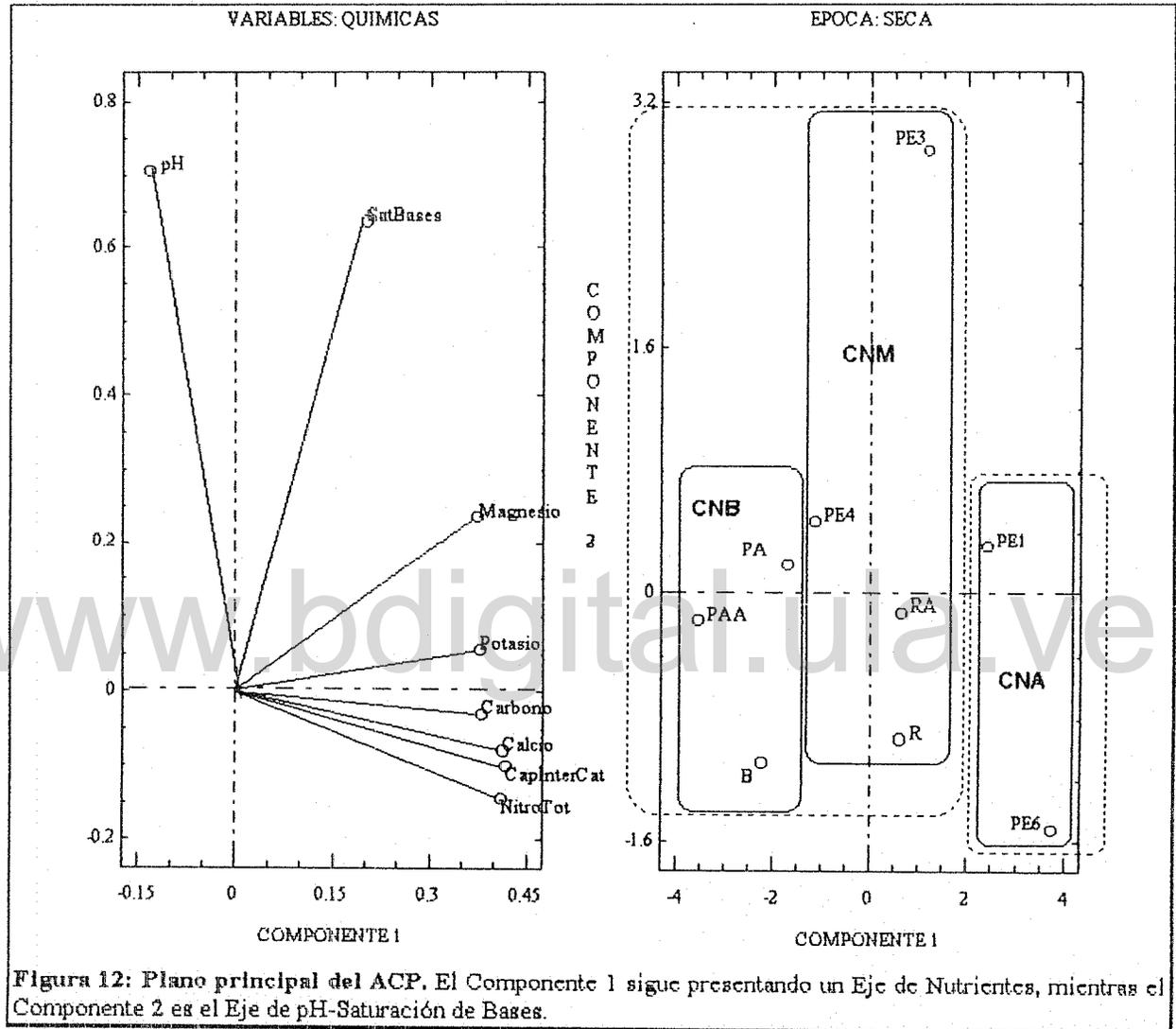


Figura 12: Plano principal del ACP. El Componente 1 sigue presentando un Eje de Nutrientes, mientras el Componente 2 es el Eje de pH-Saturación de Bases.

Según el componente 1, podríamos considerar al B, R, PE6 por un extremo y al PE3 por el otro, fuera del conjunto central dado por el PE4, PA, PAA, RA y PE1. Evidentemente la agrupación de las parcelas se hace más difícil y más difícil aun es la interpretación.

En la época lluviosa por el contrario (Fig.13 y Tablas 13 y 14), el componente 2 está determinado por el Carbono y el pH que se correlacionan positivamente con este componente, y el componente 1 por el Ca, Mg, Capacidad de Intercambio Catiónico y el N, correlacionados positivamente con el componente y al que relacionamos con los nutrientes del suelo

nuevamente. Según el componente 1 podemos agrupar al B, PA, PAA, PE3, PE4 y R dentro de un mismo grupo, y al PE1 y PE6 en otro. Al RA no lo hemos incluido en ninguno de los grupos anteriores.

	Carbono	Calcio	Magnesio	NitroTotal	Potasio	pH	CapInterCat
Carbono	1						
Calcio	0,38	1					
Magnesio	-0,02	0,77	1				
NitroTotal	0,29	0,84	0,94	1			
Potasio	0,62	0,38	0,5	0,64	1		
pH	0,59	0,51	0,12	0,3	0,3	1	
CapInterCat	0,26	0,79	0,91	0,96	0,6	0,34	1
SaturBases	0,41	0,9	0,53	0,61	0,25	0,43	0,47

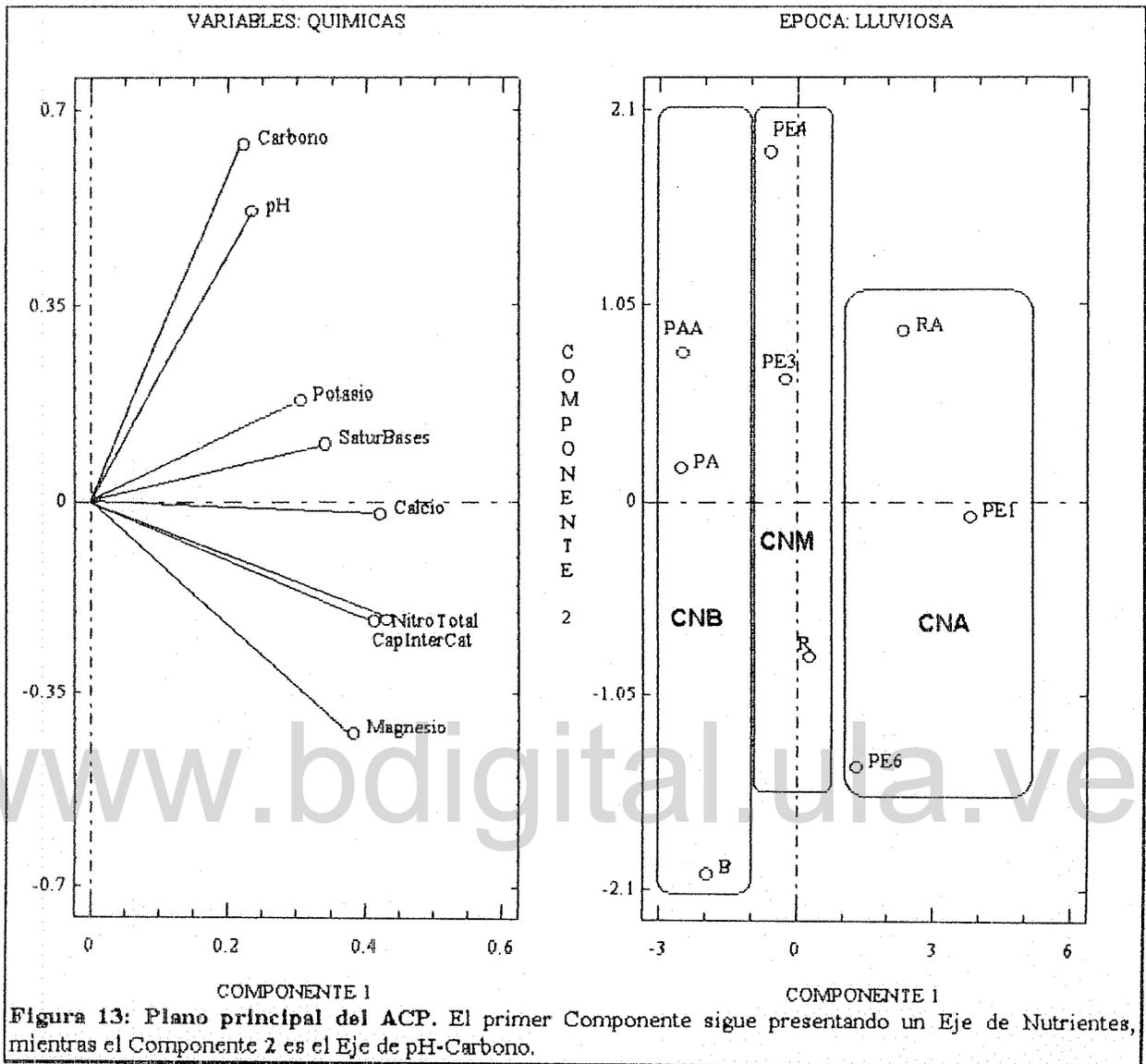
Tabla 13: Correlación entre Variables. Época lluviosa. Las variables altamente correlacionadas son Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y el Nitrógeno Total.

Según el componente 2, el B, R y PE6 por un extremo y el PE4 por el otro se separan del grupo central P, PAA, PE3, PE1 y RA.

En la época lluviosa el bosque posee el menor contenido de carbono en el suelo entre todas las parcelas, seguido luego por el PE6. Entre las parcelas que supusimos eran de ecosistemas boscosos similares de acuerdo a las propiedades químicas (B, PA, PAA, PE3 y PE4), las parcelas de pasto argentino poseen menor contenido de Mg, Ca, Capacidad de Intercambio Catiónico y N que el bosque.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,49	0,79	Carbono	0,24	0,63	0,87
0,93	-0,03	Calcio	0,86	0,00	0,86
0,84	-0,53	Magnesio	0,71	0,28	0,99
0,95	-0,27	NitroTotal	0,90	0,07	0,97
0,67	0,22	Potasio	0,45	0,05	0,50
0,52	0,65	pH	0,27	0,42	0,69
0,91	-0,27	CapInterCat	0,83	0,07	0,90
0,75	0,13	SaturBases	0,57	0,02	0,59

Tabla 14: Correlación y Coeficiente de Determinación. Época lluviosa. El plano principal explica el 79,46% de la variación de los datos (60,29%+19.16%). El primer Componente está conformado principalmente por las variables Capacidad de Intercambio C., Calcio, Nitrógeno Total, Magnesio, Potasio y Saturación de Bases mientras el segundo Componente por el Carbono, teniendo el pH igual contribución para la formación de ambos Ejes.



En una comparación entre las parcelas de pastos más antiguos (PA y PAA) con las más recientes (PE3 y PE4), las parcelas de pasto argentino poseen menor Capacidad de Intercambio Catiónico y menor C, Ca, Mg, K y N que los pastos estrellas de 3 y 4 años en la época lluviosa, mientras que en la época seca sucede igual, salvo ligeras diferencias en el carbono.

Las parcelas de pasto argentino llegan a poseer menores contenidos de algunos nutrientes que el bosque, principalmente de N, Mg así como menor Capacidad de Intercambio Catiónico.

Esas diferencias podríamos explicarlas por los manejos diferentes, que determinaron una disminución en los nutrientes del suelo en las parcelas de pasto argentino y que se están

produciendo en las parcelas de pasto estrella, ya que los contenidos de nutrientes del suelo son menores en PE4 que en PE3 (salvo el sodio y el carbono en la época lluviosa).

Como conclusión de los análisis de las propiedades químicas podemos decir:

- 1) La estacionalidad muy marcada se refleja en las propiedades químicas de los suelos de las parcelas permitiendo una agrupación de las mismas según la variable pH fundamentalmente.
- 2) La agrupación de las parcelas se dificulta más que con las propiedades físicas, presentándose incluso variaciones entre la época lluviosa y seca que no permiten una interpretación clara.
- 3) La influencia de las historias diferentes de uso y manejo de cada parcela considerada podría ser determinante en la agrupación de las mismas según las propiedades químicas de los suelos.
- 4) Podríamos suponer que el reemplazo del ecosistema boscoso original con los pastos implementados significó un incremento de los nutrientes del suelo. Sin embargo a medida que transcurre el tiempo parecería verificarse una aproximación a los valores del bosque original, pudiendo incluso llegar a ser menores, debido quizá a las prácticas de manejo asociadas a cada caso.

No podemos determinar en que medida la agrupación según los nutrientes del suelo de las parcelas se debe a las diferencias en los nutrientes en el suelo debido a ecosistemas boscosos originales distintos o se debe a los usos y manejos distintos, o a ambos.

4.3. Propiedades microbiológicas de los suelos

Las variables que creemos podrían relacionarse mejor con la Biomasa Microbiana de las parcelas las hemos agrupado en este análisis, y son:

- Rango de Temperatura (*RgoTemp*)
- Humedad
- Nitrógeno total (*NitroTotal*)
- Carbono
- Nitrógeno mineral: - Nitrato (*NO3*)
 - Amonio (*NH4*)
- Textura: - Arena, Arcilla, Limo

Los resultados del ACP nos sugieren analizar 3 componentes que explican casi el 77% de la variación de los datos. (Tablas 15 y 16).

	RgoTmp	BioMicro	Humedad	NitroTotal	Carbono	NH4	NO3	Arena	Limo	Arcilla
RgoTmp	1,00									
BioMicro	-0,18	1,00								
Humedad	-0,65	-0,23	1,00							
NitroTotal	0,26	0,51	-0,22	1,00						
Carbono	-0,13	0,29	0,29	0,51	1,00					
NH4	-0,09	0,63	0,14	0,40	0,35	1,00				
NO3	0,17	0,16	-0,39	0,09	-0,44	-0,03	1,00			
Arena	-0,05	-0,38	-0,02	-0,89	-0,40	-0,26	0,00	1,00		
Limo	-0,02	0,35	0,10	0,82	0,41	0,23	-0,13	-0,97	1,00	
Arcilla	0,24	0,36	-0,23	0,76	0,21	0,27	0,41	-0,71	0,53	1,00
TmpMáx	0,97	-0,12	-0,66	0,38	-0,02	0,02	0,13	-0,16	0,08	0,35

Tabla 15: Correlación entre Variables. Época seca y lluviosa. No existe alta correlación entre la Biomasa Microbiana y las otras variables. Sin embargo podemos ver cierta correlación con el Amonio y el Nitrógeno total.

Analizando el plano principal (Fig. 14) vemos que el primer Componente está correlacionado en forma negativa con la Arena y positiva con el Nitrógeno Total, Limo, Arcilla y Biomasa Microbiana. El segundo Componente está correlacionado positivamente con el Rango de Temperatura y el Nitrato y negativamente con la Humedad. Por esta conformación llamaremos Eje de Textura-N-Biomasa al primero y Eje de Humedad-Temperatura-NO3 al segundo Componente.

Correlación Variable-Componente				Coeficiente de Determinación			
COMP.1	COMP.2	COMP.3		COMP.1	COMP.2	COMP.3	Acumulado
0,10	0,71	0,36	RgoTmp	0,01	0,50	0,13	0,64
0,62	0,00	-0,67	BioMicro	0,39	0,00	0,44	0,83
-0,09	-0,85	0,05	Humedad	0,01	0,72	0,00	0,73
0,96	0,13	0,13	NitroTotal	0,93	0,02	0,02	0,97
0,54	-0,54	0,11	Carbono	0,29	0,29	0,01	0,59
0,52	-0,24	-0,62	NH4	0,27	0,06	0,39	0,72
0,07	0,71	-0,36	NO3	0,00	0,50	0,13	0,63
-0,92	0,04	-0,28	Arena	0,85	0,00	0,08	0,93
0,78	0,36	0,02	Limo	0,61	0,13	0,00	0,74
0,86	-0,17	0,33	Arcilla	0,73	0,03	0,11	0,87

Tabla 16: Correlación y Coeficiente de Determinación. Épocas Seca y Lluviosa. Los tres primeros componentes explican el 76,5% de la variación de los datos. Por la correlación de las variables y componentes, llamaremos Eje de Nitrógeno-Textura-Biomasa al primero y Eje de Humedad-Temperatura-NO3 al segundo y Eje de Biomasa-Amonio al tercer Componente

Según el Componente 2 podemos agrupar las parcelas en dos grupos notorios que coincide con la estacionalidad, correspondiendo mayores valores de Nitrato y Rango de Temperatura y menores contenido de Humedad para la época seca.

El Componente 1 nos permite agrupar las parcelas de Bosque (B), Rastrojo con Agricultura (RA), Pasto Argentino (PA), Pasto Argentino con Agricultura (PAA), Pasto Estrella de 3 años (PE3) y Pasto Estrella de 4 años (PE4) formando el grupo NTSB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana semejante al Bosque), mientras las de Pasto Estrella de 6 años (PE6) y Pasto Estrella de 1 año (PE1) formando el grupo NTDB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana diferente al Bosque). El Rastrojo (R) no ha sido incluido en ninguno de los grupos. Esto de alguna manera guarda relación con lo que ya venimos discutiendo, referente a la existencia de por lo menos dos ecosistemas boscosos originales distintos.

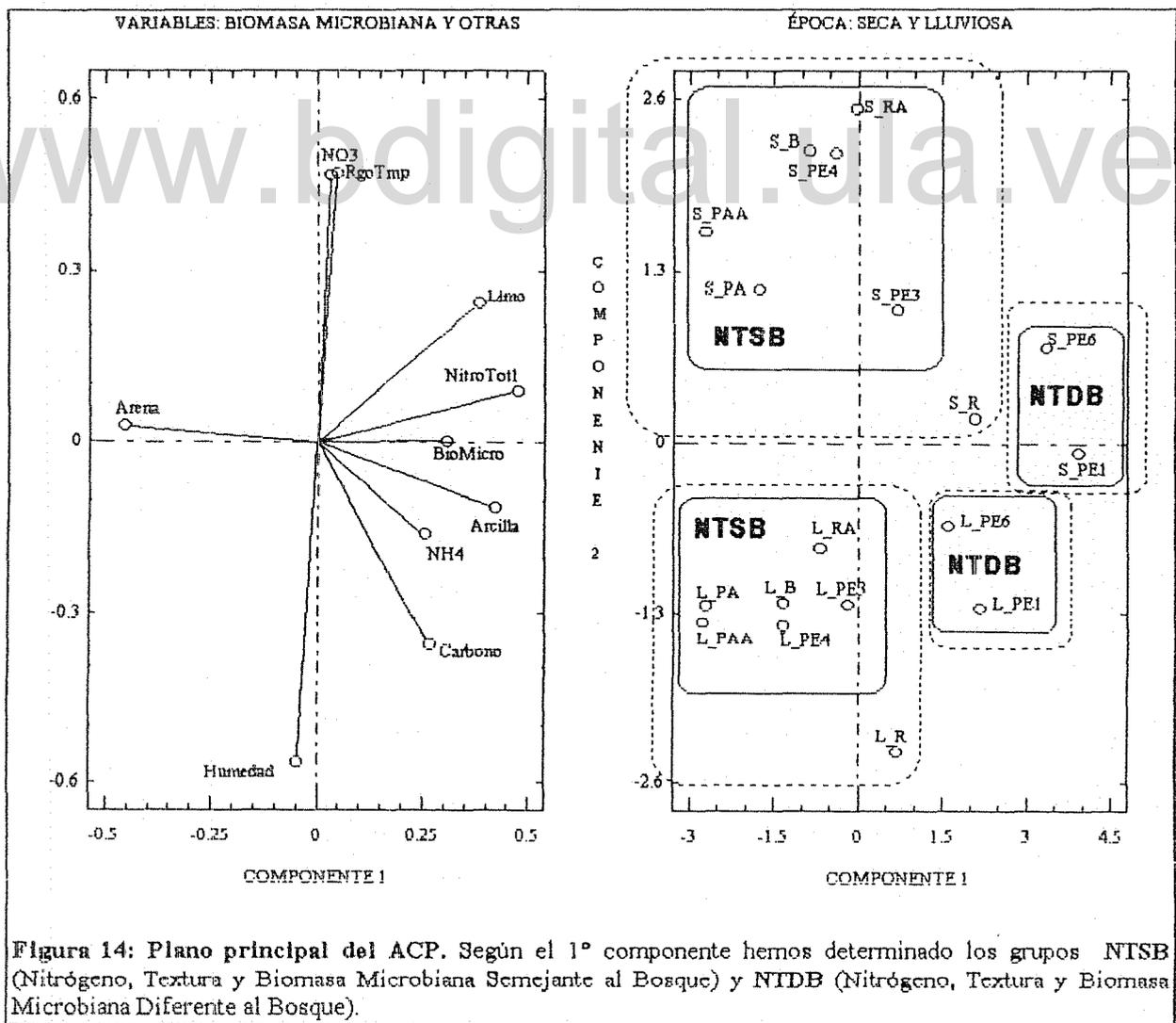


Figura 14: Plano principal del ACP. Según el 1° componente hemos determinado los grupos NTSB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana Semejante al Bosque) y NTDB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana Diferente al Bosque).

Notamos además, que la Biomasa Microbiana del suelo aumenta en sitios con menores contenido de Arena, dentro de la variabilidad textural de los suelos de las parcelas analizadas, que comprende el franco(F), el franco arenoso(Fa) y el franco Limoso(FL).

Considerando los Componentes 1 y 3 (Fig.15) vemos que la Biomasa Microbiana tiene peso en la conformación de ambos componentes y es en este plano, donde se ve más claramente la influencia de esta variable en el comportamiento de las parcelas. En este sentido, el componente 3 opone las parcelas PE1 y PE6 en la época seca, siendo los mayores valores de Biomasa Microbiana y Amonio para el PE1. Sin embargo, las demás parcelas en ambas épocas

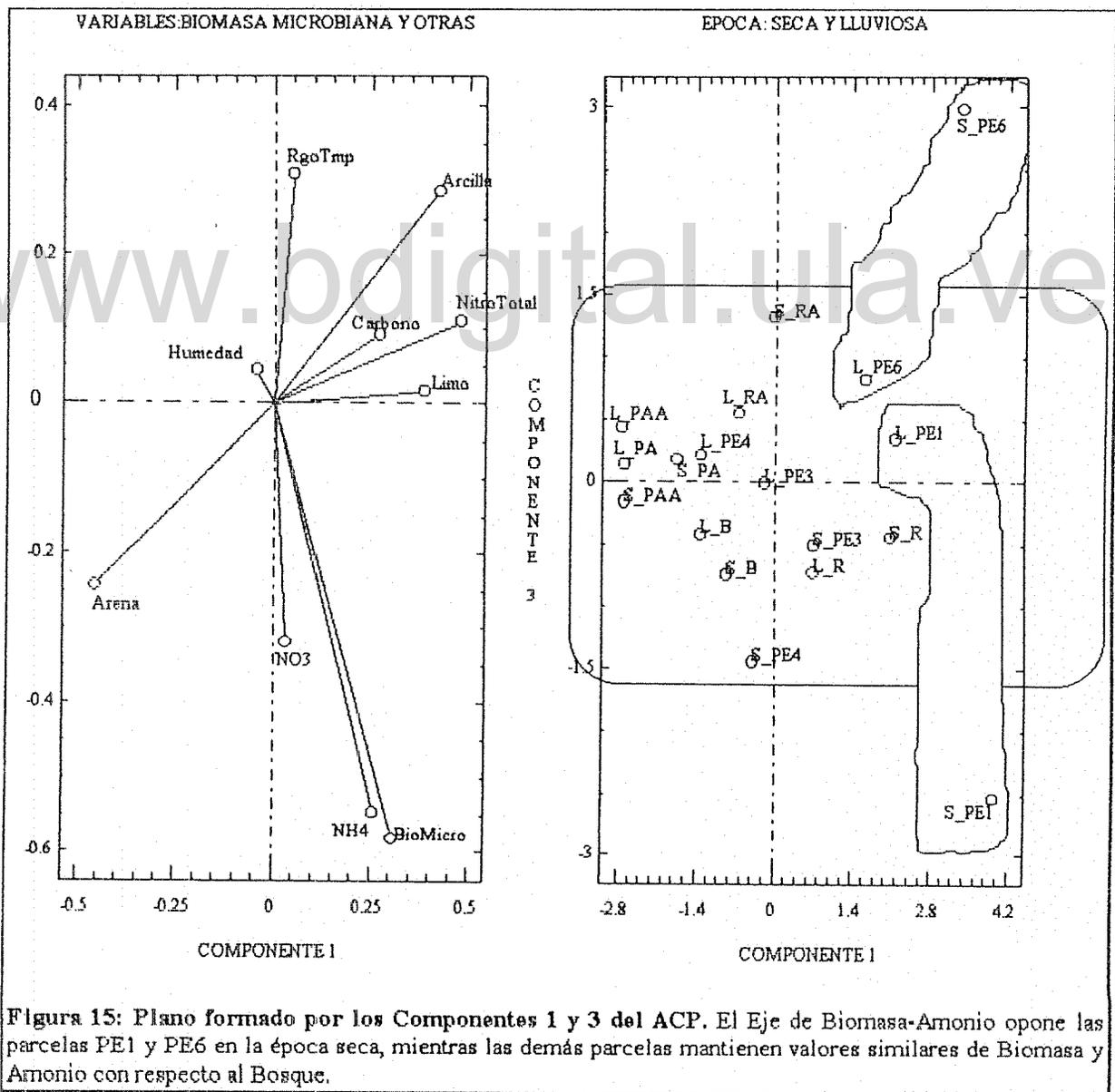


Figura 15: Plano formado por los Componentes 1 y 3 del ACP. El Eje de Biomasa-Amonio opone las parcelas PE1 y PE6 en la época seca, mientras las demás parcelas mantienen valores similares de Biomasa y Amonio con respecto al Bosque.

poseen un comportamiento semejante al Bosque.

	RgoTmp	BioMicro	Humedad	NitroTotal	Carbono	NH4	NO3	Arena	Limo	Arcilla
RgoTmp	1									
BioMicro	-0,48	1								
Humedad	-0,64	0,09	1							
NitroTotal	0,02	0,51	-0,19	1						
Carbono	-0,05	0,69	-0,16	0,89	1					
NH4	-0,17	0,77	-0,13	0,33	0,38	1				
NO3	-0,36	-0,05	0,69	-0,43	-0,48	-0,12	1			
Arena	0,10	-0,35	0,03	-0,94	-0,81	-0,07	0,41	1		
Limo	-0,07	0,30	-0,07	0,91	0,79	0,02	-0,47	-0,99	1	
Arcilla	-0,19	0,43	0,17	0,72	0,56	0,26	0,01	-0,69	0,57	1
TmpMáx	0,96	-0,39	-0,79	0,17	0,05	-0,05	-0,54	-0,03	0,06	-0,08

Tabla 17 Correlación entre Variables tomando datos de la época seca. La Biomasa Microbiana se correlaciona positivamente con el Amonio, el Carbono y el Nitrógeno Total.

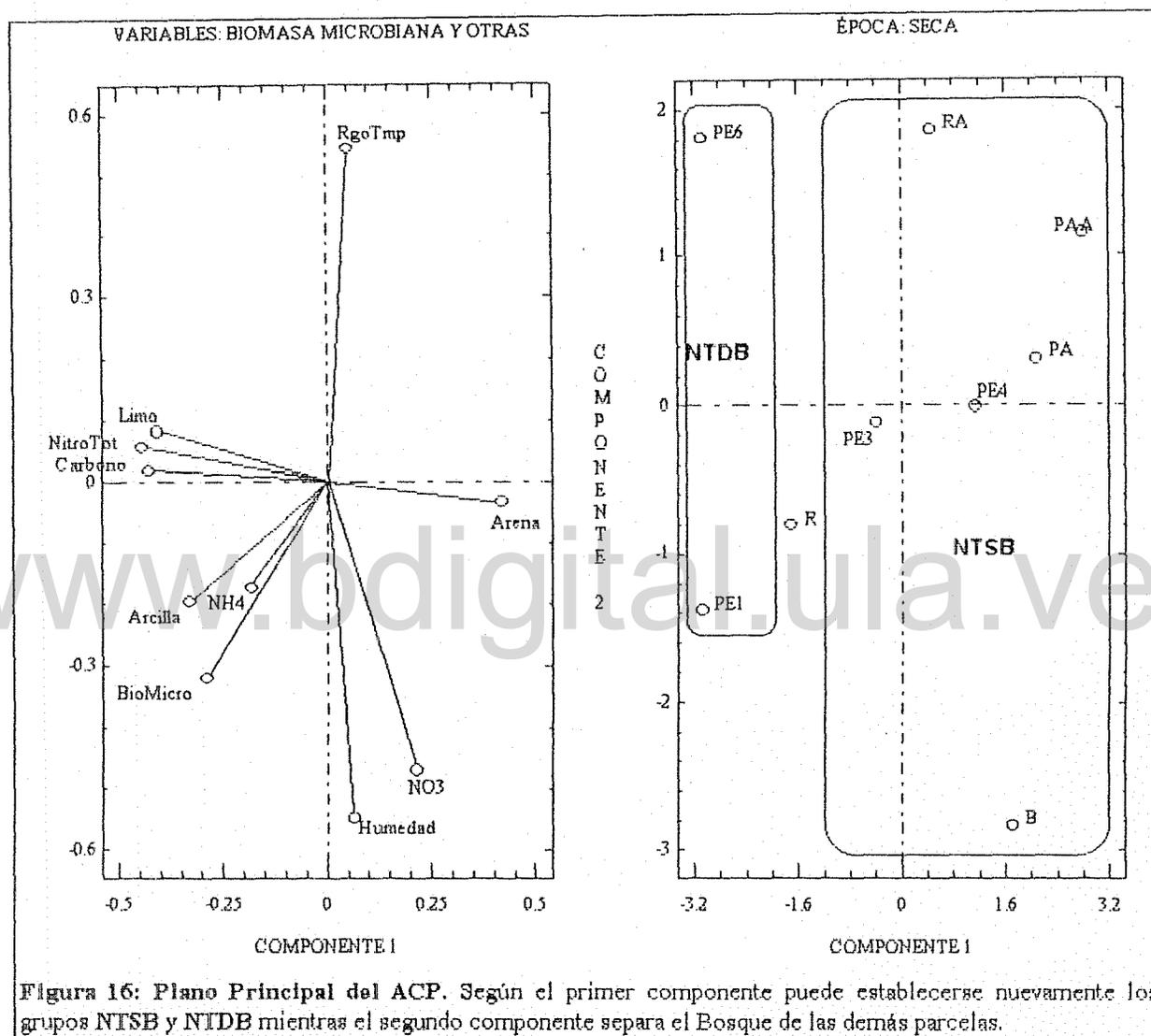
La diferencia existente entre PE1 y PE6 en la época seca podría deberse a la diferencia de manejo y/o antigüedad.

En el análisis realizado considerando los datos de la época seca (Tablas 17 y 18 y Fig. 16), vemos que el componente 1 agrupa las parcelas en forma similar al análisis anterior, mientras que el componente 2 se correlaciona positivamente con el Rango de Temperatura y negativamente con la Humedad y el Nitrato (con esta última, en sentido contrario al análisis anterior).

Correlación Variable-Componente				Coeficiente de Determinación			
COMP.1	COMP.2	COMP.3		COMP.1	COMP.2	COMP.3	Acumulado
0,12	0,83	0,04	RgoTmp	0,01	0,69	0,00	0,70
-0,64	-0,49	0,55	BioMicro	0,40	0,24	0,30	0,94
0,14	-0,84	-0,40	Humedad	0,02	0,70	0,16	0,88
-0,98	0,09	-0,09	NitroTotal	0,95	0,01	0,01	0,97
-0,94	0,03	0,10	Carbono	0,87	0,00	0,01	0,88
-0,40	-0,27	0,82	NH4	0,16	0,07	0,67	0,90
0,47	-0,72	-0,18	NO3	0,22	0,52	0,03	0,77
0,92	-0,05	0,37	Arena	0,85	0,00	0,14	0,99
-0,89	0,13	-0,37	Limo	0,79	0,02	0,14	0,95
0,00	-0,30	-0,21	Arcilla	0,00	0,09	0,04	0,13

Tabla 18: Correlación y Coeficiente de Determinación. Época seca. Los tres primeros componentes explican el 86,5% de la variación de los datos. El componente 1 opone la Arena con el Nitrógeno Total, Carbono y Limo; el segundo componente opone el Rango de Temperatura a la Humedad y el Nitrato y tercer componente asocia el Amonio y la Biomasa Microbiana.

La agrupación de las parcelas según el componente 2 coloca al Bosque en un extremo, debido más que nada a los mayores contenido de Humedad y Nitrato. De hecho, el Bosque posee mayor contenido de Nitrato y menor de Amonio que todas las demás parcelas. Esto también se verifica analizando el componente 3.



Si analizamos los datos de la época lluviosa (Tablas 19,20 y Fig 17) el componente 1 opone la Arena a las variables Nitrógeno Total, Humedad, Limo, Nitrato y Amonio, mientras que el segundo componente está correlacionado positivamente con el Rango de Temperatura y el Carbono y negativamente con la Biomasa Microbiana.

La agrupación según el componente 1 es la misma que en los casos anteriores, sin embargo el componente 2 separa el Bosque y el Rastrojo de las demás parcelas, debido a que poseen menor Rango de Temperatura y mayor Biomasa Microbiana.

	RgoTmp	BioMicro	Humedad	NitroTotal	Carbono	NH4	NO3	Arena	Limo	Arcilla
RgoTmp	1									
BioMicro	-0,69	1								
Humedad	0,00	0,64	1							
NitroTotal	0,26	0,31	0,83	1						
Carbono	0,61	-0,33	0,15	0,29	1					
NH4	0,23	0,41	0,90	0,70	0,32	1				
NO3	0,43	-0,02	0,56	0,89	0,21	0,40	1			
Arena	-0,09	-0,43	-0,85	-0,86	0,09	-0,66	-0,79	1		
Limo	-0,03	0,50	0,84	0,78	-0,20	0,67	0,68	-0,97	1	
Arcilla	0,38	0,10	0,60	0,80	0,23	0,43	0,84	-0,77	0,59	1
TmpMáx	0,97	-0,63	0,13	0,37	0,69	0,31	0,53	-0,2	0,08	0,45

Tabla 19: Correlación entre Variables. Época lluviosa. La Biomasa Microbiana se correlaciona positivamente con la Humedad y en forma negativa con el Rango de T. y la Temperatura Máx.

Es notorio que en la época seca la Biomasa Microbiana se correlaciona levemente con el Rango de Temperatura (-0,48) aumentando la correlación en la época lluviosa (-0,69), si bien el valor del Rango es menor en la época lluviosa que en la seca.

La Biomasa Microbiana en la época de sequía dentro del grupo NTSB es mayor en el Pasto Estrella de 4 años (PE4), seguido por el Pasto Estrella de 3 años (PE3), el Bosque (B), el Pasto Argentino (PA), el Rastrojo con Agricultura (RA) y el Pasto Argentino con Agricultura (PAA). En la época lluviosa sin embargo la Biomasa Microbiana es mayor en el Bosque (B), seguido luego por el PE3, el RA, PE4, PA y PAA (Fig. 18).

Correlación Variable-Componente			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulado
-0,21	0,92	RgoTmp	0,04	0,84	0,88
-0,41	-0,82	BioMicro	0,17	0,68	0,85
-0,92	-0,22	Humedad	0,85	0,05	0,90
-0,95	0,13	NitroTotal	0,91	0,02	0,93
-0,16	0,73	Carbono	0,03	0,53	0,56
-0,79	-0,01	NH4	0,62	0,00	0,62
-0,82	0,34	NO3	0,68	0,12	0,80
0,95	0,14	Arena	0,91	0,02	0,93
-0,90	-0,29	Limo	0,80	0,08	0,88
0,00	0,29	Arcilla	0,00	0,08	0,08

Tabla 20: Correlación y Coeficiente de Determinación. Época lluviosa. Los dos primeros componentes explican el 81% de la variación de los datos (57%+24%). El primer componente opone la Arena al Nitrógeno, la Humedad, el Limo, Nitrato y Amonio; mientras el segundo opone el Rango de T. y el Carbono a la Biomasa Microbiana.

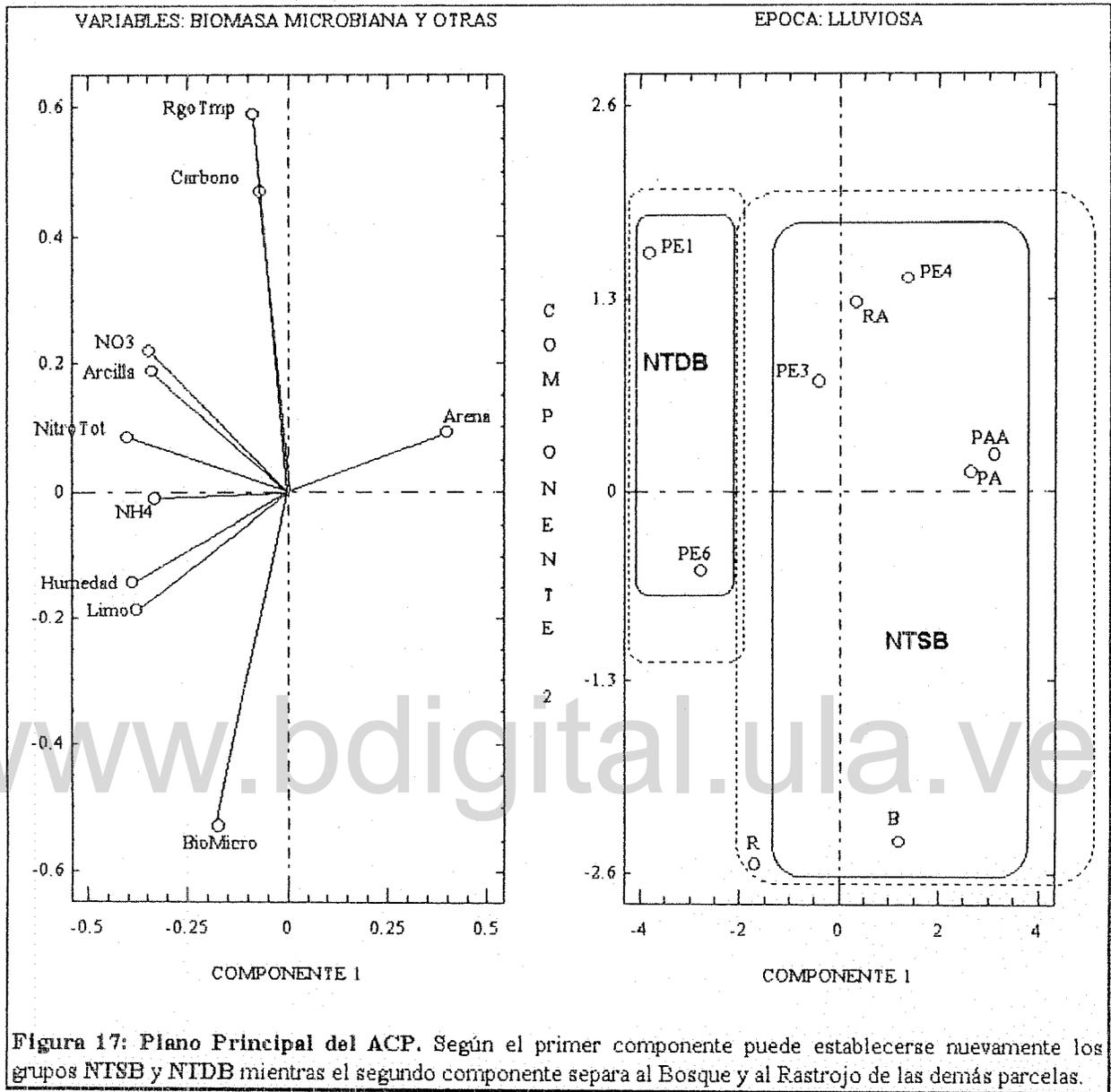


Figura 17: Plano Principal del ACP. Según el primer componente puede establecerse nuevamente los grupos NTDB y NTSB mientras el segundo componente separa al Bosque y al Rastrojo de las demás parcelas.

En una comparación entre parcelas de Pasto Estrella y Pasto Argentino vemos que son éstas últimas las de menor Biomasa Microbiana tanto en la época seca como en la época lluviosa.

En el grupo NTDB, la Biomasa Microbiana es mayor en el PE1 que en el PE6 en la época seca, mientras que en la época lluviosa ocurre lo contrario.

Como conclusión de los análisis de las variables relacionadas con las propiedades microbiológicas podemos decir:

Parcelas		Época Lluviosa	Época Seca
		mg / Kg suelo	
B	Bosque	96,77	54,18
R	Rastrojo	140,21	201,40
RA	R. c/Agric.	34,21	39,27
PA	P.Argentino	20,35	40,52
PAA	P.A. c/Agric.	7,26	27,01
PE1	P.E. 1 año	36,85	266,62
PE3	P.E. 3 años	60,62	107,42
PE4	P.E. 4 años	23,55	109,65
PE6	P.E. 6 años	60,23	42,35

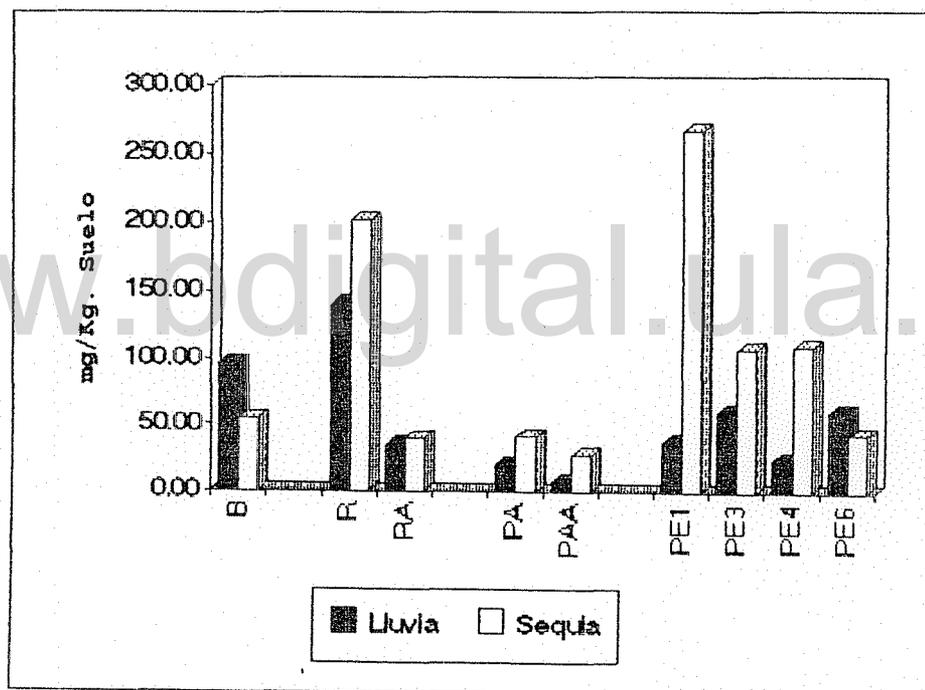


Figura 18: Nitrógeno en la Biomasa Microbiana.

- 1) La agrupación de las parcelas resulta similar a la obtenida según las variables físicas y químicas, con la diferencia que el rastrojo queda excluido del grupo del bosque.
- 2) Las parcelas de pasto argentino son las de menor Biomasa Microbiana dentro del grupo del bosque.
- 3) La Biomasa Microbiana se correlaciona de forma diferente con las variables según se trate de datos recogidos en la época seca o lluviosa. En la época seca, se correlaciona en forma

positiva con el Amonio, mientras que en la época lluviosa se correlaciona negativamente con el Rango de Temperatura y positiva con la Humedad.

- 4) En la época seca, el Bosque posee menor contenido de Amonio y mayor de Nitrato en relación a todas las demás parcelas.
- 5) El Bosque y el Rastrojo poseen la mayor Biomasa Microbiana en la época lluviosa entre todas las parcelas.

4.4. Propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos

Si consideramos las variables físicas, químicas y microbiológicas con los datos de la época seca y lluviosa, en forma conjunta para todas las parcelas, vemos que los resultados pueden ser interpretados de la misma manera en que lo veníamos haciendo hasta ahora (Fig. 19 y 20 y Tabla 21).

El componente 1 está determinado principalmente por la Arena y la Densidad Aparente que se correlaciona en forma positiva con este componente y por el Punto de Marchitez Permanente, la Capacidad de Intercambio Catiónico, el Nitrógeno, el Magnesio, el Limo, la Capacidad de Campo, la Microporosidad, el Calcio, la Arcilla, el Potasio y la Velocidad de Infiltración con los que se correlaciona en forma negativa. A este componente podemos denominarle Eje Textura-Nutrientes del Suelo.

El componente 2 está determinado principalmente por la Humedad con correlación positiva y el pH, Rango de Temperatura y el Nitrato en correlación negativa. A este componente denominaremos Eje Humedad-Temperatura-pH del Suelo.

El componente 3 está determinado principalmente por la Saturación de Bases y el Ca con correlación positiva y la Biomasa Microbiana con correlación negativa. A este componente denominaremos Eje Bases-Biomasa Microbiana.

El componente 4 está determinado principalmente por el Amonio y la Biomasa Microbiana con correlación negativa. A este componente denominaremos Eje Amonio-Biomasa Microbiana.

Los 4 primeros componentes explican el 81,5 % de la variación de los datos. El Nitrato y el Carbono son las dos variables que menos inciden en la conformación de los cuatro componentes anteriores, donde para el caso del Nitrato solo un 39 % de la variación de los

datos está explicado solamente por el Eje Humedad-Temperatura-pH. Evidentemente el Nitrato se comporta de manera diferente al conjunto de las demás variables.

Correlación Variable Componentes					Coeficientes de Determinación				
COMP. 1	COMP. 2	COMP. 3	COMP. 4		COMP. 1	COMP. 2	COMP. 3	COMP. 4	Acumulado
-0,15	0,91	0,05	-0,07	Humedad	0,02	0,83	0,00	0,01	0,86
-0,40	-0,25	-0,59	-0,56	BioMicro	0,16	0,06	0,35	0,31	0,88
-0,43	-0,02	-0,33	-0,66	Amonio	0,18	0,00	0,11	0,44	0,73
0,06	-0,62	-0,04	-0,06	Nitrato	0,00	0,39	0,00	0,00	0,39
-0,59	0,43	0,43	0,04	TiempInf	0,35	0,19	0,19	0,00	0,73
-0,01	-0,72	0,37	0,22	RgoTmp	0,00	0,52	0,13	0,05	0,70
-0,97	-0,02	-0,12	-0,08	PtoMarchi	0,94	0,00	0,01	0,01	0,96
-0,86	0,10	-0,19	0,39	CapCampo	0,73	0,01	0,04	0,15	0,93
0,86	-0,06	0,28	-0,05	DensiApa	0,74	0,00	0,08	0,00	0,82
-0,86	0,01	-0,09	0,36	Micropor	0,74	0,00	0,01	0,13	0,88
0,94	0,08	0,15	-0,24	Arena	0,89	0,01	0,02	0,06	0,98
-0,75	-0,47	-0,03	0,03	Arcilla	0,56	0,22	0,00	0,00	0,78
-0,89	0,06	-0,17	0,27	Limo	0,80	0,00	0,03	0,08	0,91
0,00	-0,92	0,12	-0,12	pH	0,00	0,85	0,01	0,02	0,88
-0,55	0,28	0,12	-0,39	Carbono	0,30	0,08	0,01	0,15	0,54
-0,91	-0,34	-0,02	-0,06	NitroTotal	0,82	0,11	0,00	0,00	0,93
-0,95	0,15	0,11	0,02	CapInterCat	0,90	0,02	0,01	0,00	0,93
-0,77	0,01	0,54	-0,17	Calcio	0,59	0,00	0,30	0,03	0,92
-0,89	0,24	0,05	-0,12	Magnesio	0,79	0,06	0,00	0,01	0,86
-0,68	-0,36	0,17	0,07	Potasio	0,46	0,13	0,03	0,00	0,62
-0,40	-0,04	0,73	-0,42	SaturBases	0,16	0,00	0,53	0,18	0,87

Tabla 21: Los 4 primeros componentes explican el 81,5% de la varianza de los datos (48,3%+16,6%+8,9%+ 7,8%). El primer componente opone la Arena y Densidad Aparente al Pto. de Marchitez, CIC, Nitrógeno, Magnesio, Limo, Micropor., Capacidad de Campo, Calcio, Arcilla, Potasio, Velocidad de Infiltración y Carbono. El segundo componente opone la Humedad al pH, Rango de Temp, NO3. El tercer y cuarto componente explican el comportamiento de la Biomasa Microbiana con relación al Amonio, Saturación de Bases y Calcio.

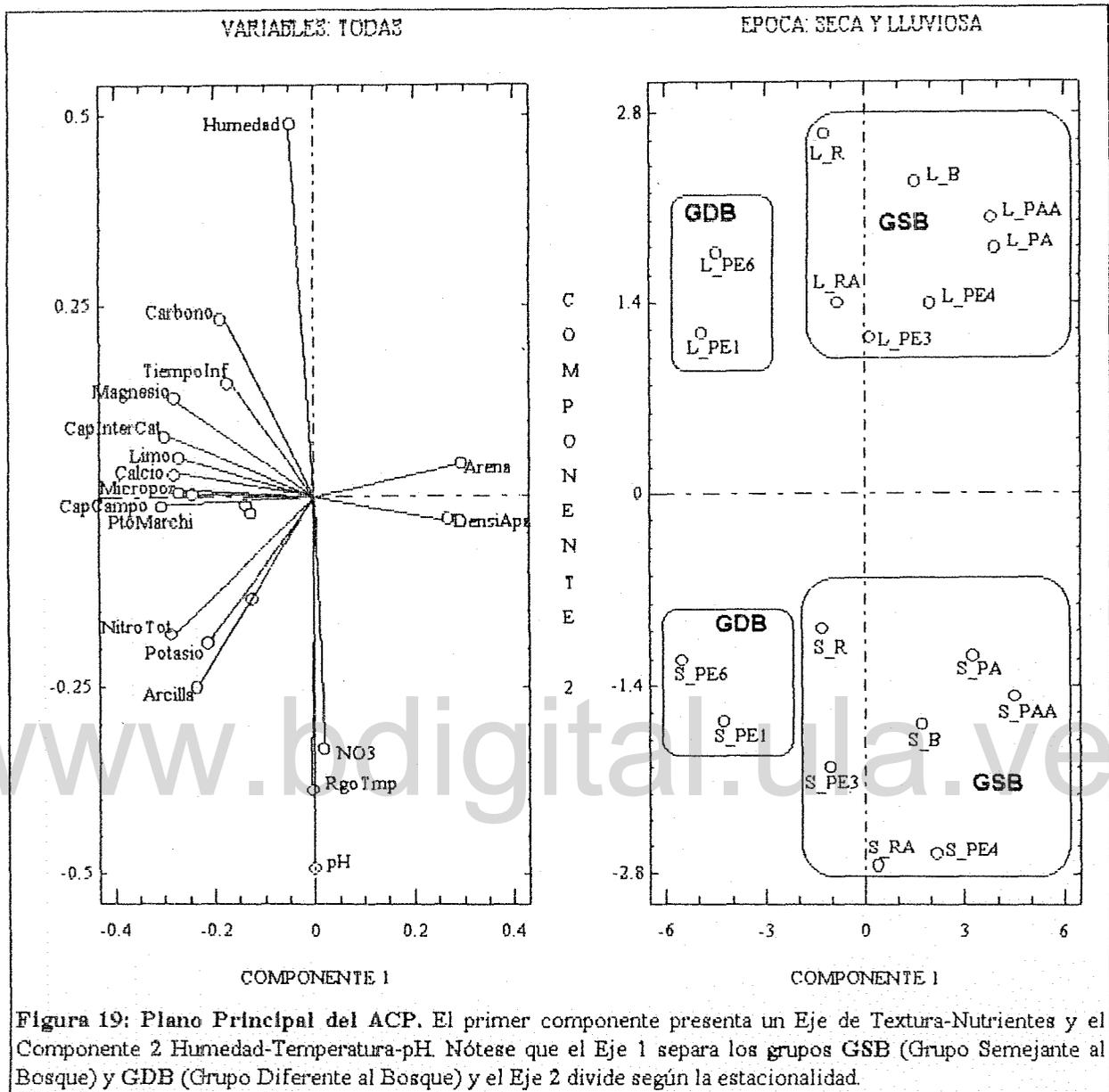
El Eje Humedad-Temperatura-pH agrupa las parcelas según la época seca y la época lluviosa, expresando la estacionalidad muy marcada de Caparo. Esto nos lleva a afirmar que la humedad, la temperatura y el pH del suelo son las variables que mejor reflejan con sus variaciones la estacionalidad para todas las parcelas. El Nitrato conjuntamente con las otras variables determina el componente 2, fuertemente ligado a la estacionalidad, con valores más elevados en la época seca, pareciendo no depender casi nada del Eje Textura-Nutrientes del Suelo.

Según el Eje Textura-Nutrientes podemos agrupar las parcelas en dos grupos: el GSB (Grupo Similar al Bosque) conformado por el B, PAA, PA, R, RA, PE3 y PE4, y el GDB (Grupo Diferente al Bosque) integrado por el PE6 y el PE1.

Dentro del grupo GSB se puede apreciar sin embargo que el B y PE4 se encuentran en una posición casi central, con las parcelas de Pasto Argentino hacia un lado del Eje indicando menores contenido de nutrientes y mayor contenido de arena, en tanto que R, PE3 y RA se encuentran hacia el otro con menor arena y mayor contenidos en nutrientes. No podemos saber en que medida los sistemas de reemplazo del Bosque original determinan esta situación de degradación leve del suelo para el período de 23 años posterior a la deforestación; sobre todo para las parcelas de Pasto Argentino, o si son solo producto de pequeñas variaciones texturales, que inciden en los resultados. Lo mismo podemos decir de la ubicación de PE3 y PE4 en el Eje Textura-Nutrientes.

Hase y Folster (1983) en un estudio en plantaciones de teca en suelos de banco de Caparo, establecen que la textura del suelo es el factor predominante que influencia los contenidos de nutrientes del suelo. Esto guarda mucha relación con nuestros resultados, que también nos dicen que el Eje Textura-Nutrientes del Suelo es el componente principal que aparece en la agrupación de las parcelas.

El Eje 1 está indicando una variación en la textura superficial. En un extremo se encuentra la Arena con la Densidad Aparente, indicando que a mayor porcentaje en Arena corresponde mayor Densidad Aparente, lo cual es perfectamente razonable, y en el otro se encuentran el Limo y otras variables relacionadas con una textura más fina, como la Capacidad de Intercambio Catiónico, el Punto de Marchitez Permanente, la Capacidad de Campo, la Microporosidad y otros nutrientes como el caso del Nitrógeno Total y el Magnesio. De hecho esto último también es de esperarse, ya que por lo general los suelos a medida que aumentan su porcentaje de granos más finos, poseen mayores contenido de nutrientes y se hallan relacionados de manera estrecha con propiedades como Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y Microporosidad. Hase y Folster (1983) también señalaron que los depósitos de C, N, K, Ca y Mg de los suelos de banco de Caparo están positivamente correlacionados con el contenido de arcilla.



Podemos hablar así de dos grupos según el Eje 1 (Textura-Nutrientes), que expresa más que nada las variaciones en la textura asociadas a los nutrientes del suelo. Ya veníamos sugiriendo esta agrupación de las parcelas al analizar las propiedades químicas, físicas y microbiológicas de los suelos en forma separada, si bien con ciertas diferencias. Si aceptamos que estos dos grupos provienen de ecosistemas boscosos originales distintos, el grupo GSB correspondería a uno que posee menor contenido de Arena y mayor Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y Nitrógeno Total del suelo. El otro grupo correspondería a un ecosistema boscoso con mayor contenido de Arena y menor Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y Nitrógeno Total del suelo.

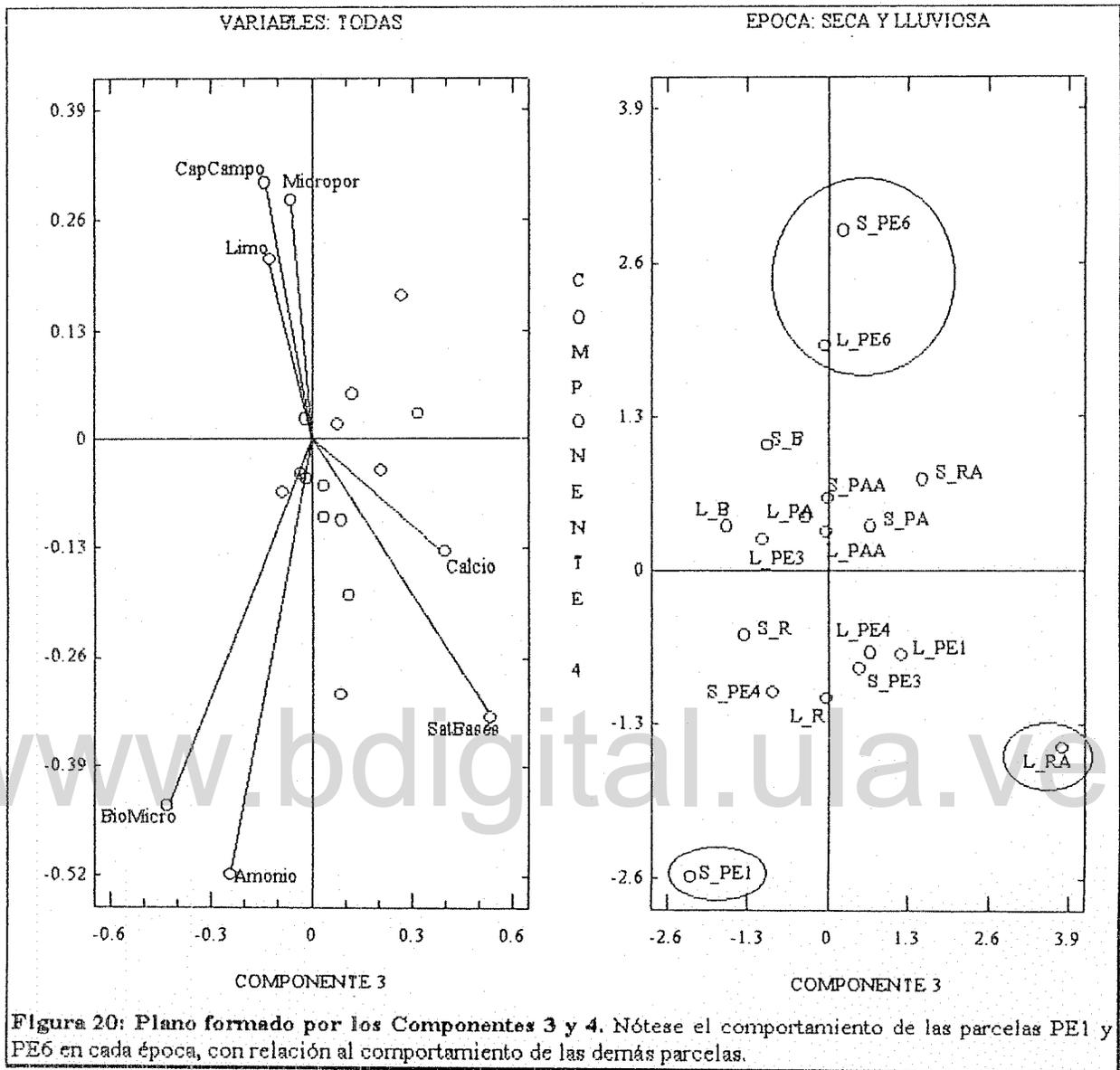


Figura 20: Plano formado por los Componentes 3 y 4. Nótese el comportamiento de las parcelas PE1 y PE6 en cada época, con relación al comportamiento de las demás parcelas.

El Eje 3 Saturación de Bases-Biomasa M. y el Eje 4 Amonio-Biomasa M. (Fig.20) determinan un plano que podemos llamarlo Plano de Biomasa Microbiana, en donde las parcelas ya no se agrupan según la estacionalidad. Se evidencia de todos modos la separación del pasto estrella de 6 años (PE6) del resto, con el pasto estrella de 1 año (PE1) y el rastrojo con agricultura (RA) comportándose de manera muy diferente en la época seca y en la época lluviosa.

En base a todo lo anteriormente discutido suponemos que el PE6 efectivamente proviene de un ecosistema boscoso original diferente al menos del Bosque analizado, que bien podría ser la selva subsiempreverde de banco/subbanco, lo que concuerda con las informaciones

suministradas por los técnicos y trabajadores del campamento ULA-MARNR establecido en Cachicamo, con las características de esta selva obtenidas de otros trabajos realizados en la zona y con la historia de uso a que fue sometida esta parcela, particularmente al cultivo de plátano que se desarrolló durante casi 10 años en esta parcela en un momento de su historia.

La parcela de selva natural original analizada fue referida como una selva subdecidua de banco por Don Medardo Jaimes, lo que concuerda con las características de esta selva suministradas por la literatura. Si aceptamos que B, R, RA, PA, PAA, PE3 y PE4 provienen de un mismo ecosistema original, éste sería la selva subdecidua de banco.

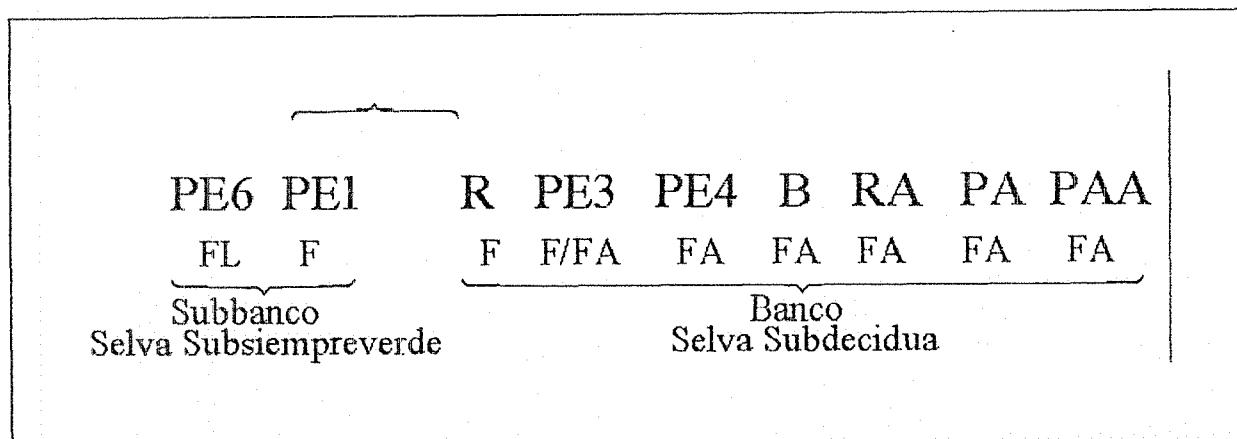
Como en todos los análisis que hemos realizado según las propiedades físicas, químicas y microbiológicas, hemos agrupado al pasto estrella de 1 año (PE1) con el pasto estrella de 6 años (PE6) y en este último también, la selva subsiempreverde de banco/subbanco sería el ecosistema boscoso original. De ser cierta esta suposición, las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo nos relaciona ambas parcelas, separándonos de las demás, sin que se puedan percibir las diferencias que se presentan entre PE6 y PE1 debido a los usos y manejos distintos. No obstante en cada análisis según las propiedades físicas, químicas y microbiológicas se pudo percibir que si bien estas parcelas se separan de las demás, también entre ellas se presentan ciertas diferencias que podemos asociar a la historia diferente de cada una de ellas. Casi todos los resultados indican que PE6 se encuentra bajo condiciones de mayor deterioro de las propiedades del suelo que PE1. No nos olvidemos que PE1 actualmente es un potrero muy enrastrado en que el Pasto Estrella ha desaparecido prácticamente, siendo los últimos 8 años de rastrojo. Indirectamente estamos notando la importancia del rastrojo en el mejoramiento de las propiedades del suelo.

Para el caso del rastrojo (R), en los análisis según las propiedades físicas y químicas lo hemos incluido en el grupo GSB del bosque (B), según las propiedades microbiológicas no lo hemos incluido en ningún grupo y en este último análisis lo hemos incluido nuevamente en el grupo del bosque. Sin embargo casi siempre el rastrojo se encontraba en una posición límite en grupo del bosque (B) y sólo en las propiedades microbiológicas lo hemos apartado. Por todo ello creemos que el rastrojo se encontraría más bien en el nexo entre la selva subdecidua y la subsiempreverde de banco/subbanco.

El análisis de textura evidencia también la diferencia existente entre el grupo GSB, con todas las parcelas pertenecientes a la clase de textura franco-arenoso (salvo el PE3 que se

encuentra en un límite entre franco y franco-arenoso y R que es franco), y el grupo GDB en que la parcela PE1 posee clase de textura franco y la PE6 franco limoso.

A modo de resumen presentamos el siguiente esquema que explicaría la relación existente entre las parcelas analizadas y los ecosistemas boscosos originales.



La interpretación realizada nos sugiere la existencia de dos extremos en los ecosistemas boscosos originales, la selva subsietpreverde de banco/subbanco y la selva subdecidua de banco, agrupándose las parcelas según el esquema anterior.

Vincent(1970) establece que en cuanto al relieve y suelo se refiere, la selva subdecidua es muy semejante a la selva subsietpreverde banco en Caparo.

Inicialmente el tipo de vegetación original no pudo precisarse con certeza pero con la información suministrada por los pobladores (en especial por Medardo Jaimes), junto con la obtenida en este trabajo con los diferentes análisis y la revisión de estudios previos, nos pudimos aproximar hasta la interpretación expuesta.

Toda la interpretación realizada hasta ahora se basa en la hipótesis de que nos encontramos ante ecosistemas boscosos diferentes, que en cierta manera explicaría la formación de los dos grupos que propusimos, con características diferentes en las propiedades de los suelos. Sin embargo para el grupo GSB deberíamos profundizar un poco más el análisis.

Si observamos el grupo GSB vemos que podemos agrupar las parcelas en tres conjuntos, con los Pastos Argentinos en un conjunto, el Bosque sólo, y los pastos estrellas y el rastrojo agrícola en otro. No hemos incluido al Rastrojo dentro de ningún conjunto, aunque podría ser con el Bosque.

Este agrupamiento lo podemos interpretar relacionándolo con los tiempos de uso de las parcelas y con la historia del manejo de las mismas. Principalmente según el Eje de Textura-Nutrientes, las parcelas de Pasto Argentino que son las más antiguas en cuanto al tiempo transcurrido desde la deforestación, son las que se han conservado como potreros desde la implantación del pasto argentino y son las que presentan la mayor Densidad Aparente, con mayores contenidos de Arena y menor Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y Nitrógeno Total. Los pastos estrella, que son los más recientemente implantados, presentan menor Densidad Aparente y menor cantidad de Arena, con mayor contenido de Magnesio y Nitrógeno Total en relación con las parcelas de pasto argentino. El bosque se encuentra en una posición intermedia entre ambos estados anteriores.

Lo anteriormente discutido nos lleva a suponer que el tipo de pasto implementado, el tiempo de duración de la pastura y sobre todo el manejo a que fueron sometidas las parcelas podrían estar influyendo en la conformación de las agrupaciones. Si lo generalizamos de modo a abarcar al rastrojo y al rastrojo con agricultura, diremos que la historia del uso y manejo de las distintas parcelas está influyendo también en los resultados obtenidos y podrían ser determinantes en la conformación de las agrupaciones.

Los diferentes usos y manejos que se realizaron posteriormente a la deforestación dificultan la obtención de conclusiones más claras respecto a las consecuencias que se producen en el suelo luego de la deforestación e implantación de pasturas. No es posible diferenciar los cambios que se producen en el suelo como producto de la implementación de pasturas, de los debidos a las variaciones en las propiedades iniciales de los suelos producto de variaciones en la textura superficial principalmente.

El cambio en el uso del suelo es un elemento resaltante. La extracción selectiva de madera es una constante inicial para todas las parcelas analizadas (salvo el bosque natural y el PE6 en que no se dispone de datos), la actividad agrícola posterior a la deforestación también lo es, si bien los productos cultivados ya indican cierta variación (caso del plátano que solamente se desarrolló en PE6).

El paso al uso ganadero con la implantación del Pasto Argentino se dio en algunas parcelas (PA, PAA, PE3, PE4, PE1), de éstas algunas se dejaron enrastrojar hasta implementarse otro tipo de pastura (PE3, PE4 y PE1), otras se vuelven a reutilizar para agricultura (PAA, RA), unas se dejan con Pasto Argentino con rastrojos (PA) y otras se dejan simplemente como rastrojos (R).

Toda esta variación implica cambios de uso que deben influir en los resultados obtenidos y si a estos cambios de uso los relacionamos con las labores culturales del suelo (mecanización, desmalezamiento, limpieza de los rastrojos, fertilización, etc.) así como con el manejo del ganado (carga animal, tiempo de pastoreo y de descanso, rotación de potreros, etc.) de hecho significan importantes diferencias entre las parcelas que contribuyen a obscurecer las consecuencias producidas por la deforestación y la implementación de pasturas. La heterogeneidad en los ecosistemas boscosos originales y en los usos y manejos posteriores a la deforestación son sin embargo características que deben ser tenidas en consideración.

Entre las conclusiones del análisis considerando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo conjuntamente, podemos decir a modo de resumen:

- 1) La estacionalidad de la zona de trabajo, manifiestada claramente en todas las parcelas, principalmente a través de la Humedad, Rango de Temperatura, pH y Nitrato del suelo.
- 2) La presencia de dos ecosistemas boscosos originales distintos se evidencia también, siendo uno la selva subsiempreverde de banco/subbanco y el otro la selva subdecidua de banco. Para algunas parcelas agrupadas en torno a la selva subdecidua de banco pueden presentarse ciertas variaciones que las relacionen también con la selva subsiempreverde de banco/subbanco, a modo de transición entre los dos ecosistemas boscosos citados.
- 3) No podemos interpretar claramente los cambios en las propiedades de los suelos de las parcelas, ya sea porque las parcelas provienen de ecosistemas boscosos originales distintos o porque poseen historias de uso y manejo diferentes, o por ambos motivos.
- 4) El bosque natural se encuentra en una posición intermedia entre los pastos argentinos y los pastos estrellas en cuanto a las condiciones de las propiedades del suelo analizadas, asumiendo que la selva decidua de banco es el ecosistema común que los nuclea. Este hecho nos podría indicar una leve degradación de las propiedades del suelo, influenciada por el tiempo y la historia de uso y manejo de las parcelas.

4.5. Comparación de los resultados con otros trabajos de investigación

En la Tabla 22 aparecen algunos resultados de trabajos de investigación desarrollados en India (Sing y Srivastava 1991), Brasil (Bonde, Luizao y Rosswall 1992) y Nueva Zelanda (Sparling *et al.* 1994) con respecto al nitrógeno microbiano y al nitrógeno mineral.

	INDIA	BRASIL	NUEVA ZELANDIA
Localidad:	Colinas de Vindhyvan	Amazonas Central	Estación Experimental de Taia
Precip. (mm):	1035	2100	
Clas. Suelo:	Ultisol	Typic Acrisol	Typic Dystrudrupts
Profun. Suelo (cm):	10	5	5
	Bosque	Bosque	Bosque
	Sabana derivada	Pastura	Pastura fertilizada
Tipo	Tropic Seco	Trop. Lluvios.	Nothofagus truncata
Textura		Arcilloso	Arcilloso
Arena (%)	71	65	26
Limo (%)	16	15	34
Arcilla (%)	13	20	39
N Total (%)	0.23	0.11	0.11
N Mineral (µg/g s.)	14.2	máx. 183 mín. 29	máx. 80 mín. 13
N Microb. (µg/g s.)	65	38	62.8
Edad (años)			> 100

	VENEZUELA	
Localidad:	Reserva Forestal de Caparo	
Precip. (mm):	1750	
Clas. Suelo:	Albic Dystrupepts	
Profun. Suelo (cm):	10	
	Bosque	Pasturas
Tipo	Subdeciduo	Rastrojo-Potrero
		H. rufa
		Cynodon plectostachyum
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso
Arena (%)	55.5	64.7
Limo (%)	29.6	27.4
Arcilla (%)	14.9	7.9
N Total (%)	0.15	0.13
N Mineral (µg/g s.)		0.17
N Microb. (µg/g s.)		0.16
	Seguía 10.42	Seguía 12.02
	Lluvia 8.3	Lluvia 10.4
	Seguía 54.18	Lluvia 18.84
	Lluvia 96.77	Seguía 40.52
		Seguía 107.42
		Lluvia 20.35
		Lluvia 60.62
		Lluvia 23.55
Edad (años)	15	3

Tabla 22: Comparación de los resultados obtenidos en diferentes regiones

La comparación con estos valores se dificulta, porque provienen de métodos y tiempos diferentes de muestreo. Para el caso de la India los datos son las medias de tres mediciones realizadas en las estaciones verano(calor), invierno (frío) y lluviosa; en el caso de Brasil son los máximos y mínimos valores obtenidos en un ciclo anual de medición; en el caso de Nueva Zelandia no se especifica cuando se recogieron los datos; en nuestro estudio en Caparo se trata de valores obtenidos en la estación seca y en la lluviosa en un clima tropical de baja altitud.

Lo que sí podemos observar es que los valores del nitrógeno mineral y del nitrógeno microbiano son mayores en el bosque original que en las pasturas para los casos de India y Brasil, mientras que en Venezuela y Nueva Zelandia sucede lo contrario. Obviamente hay una gran variedad entre las zonas de estudio y los tipos y edades de las pasturas, así como también diferentes historias de uso y manejo. No olvidemos que en Caparo, cuando consideramos los actuales pastos estrella de 3 y 4 años existe una historia de aproximadamente 25 años posterior a la deforestación y para el caso del rastrojo-potrero de *H. rufa* son aproximadamente 15 años de edad de los casi 30 años desde que se deforestó. En Nueva Zelandia se trata de pasturas fertilizadas con más de 100 años de uso, en Brasil de una pastura de un año sembrada inmediatamente después de la deforestación y en el caso de la India no se especifica la fecha del comienzo de la sabana derivada del bosque.

Trabajos de investigación llevados a cabo en Brasil (Bonde, Luizao y Rosswall 1992) y Costa Rica (Daubenmire 1972; Bouman *et al.* 1994) que pueden ayudarnos a una mejor apreciación de los efectos de la conversión de bosques a pasturas se muestran en la Tabla 23. Aclaremos que solo se recogieron algunos resultados comunes a estos trabajos que pueden contribuir a una comparación. Para el caso de Caparo se tomaron en cuenta aquellos potreros que creemos provienen del mismo bosque subdeciduo de banco.

El pH se incrementó con las pasturas en Caparo, al igual que en todos los otros trabajos, en tanto el carbono orgánico también aumentó mientras en las pasturas de los otros trabajos disminuyó. Sin embargo debemos considerar que las pasturas de *H. rufa* son más viejas para el caso de Costa Rica y las de *Brachiaria humidicola* en Brasil son muy recientes, y fueron establecidas inmediatamente después de la deforestación sin ningún otro uso que no fuera ése. En Caparo las parcelas presentaron otros usos anteriores al establecimiento de las pasturas, para el caso de los pastos estrella incluso varios años de rastrojos y para el caso del rastrojo-potrero de *H. rufa* no olvidemos que es un rastrojal en que ha desaparecido prácticamente *H. rufa* y al que se le sigue introduciendo el ganado.

BRASIL		COSTA RICA		COSTA RICA	
Localidad:	Arrozons Central	Provincia de Guanacaste	Provincia de Heredia		
Precip. (mm)	2100	1539	3962		
Clas Suelo	Typic Acrtohex		Oxis Humitropepis		
Profundidad (cm)	5	10	0-10/15	0-8/10/15	
	Bosque	Bosque	Bosque	Pastura	
	Trop.Lluvioso	Semidecidual	H. rufa	Trop. Húmed	Eschaeum indicaum
pH	3.3	6.6	6.45	3.5	4.6
C org (%)	5.2	3.5	2.79	3	2
N total (%)		0.17	0.14	0.62	0.59
CIC (meq/100g)		24.9	25.15	26.37	22.67
Ca (meq/100g)		14.75	11.95	0.53	0.87
Mg (meq/100g)		3.54	2.98	0.57	0.4
K (meq/100g)		0.57	0.59	0.2	0.5
N-NH4 (µg/g s.)				2.09	3.64
N-NO3 (µg/g s.)				4.3	1.76
DenApa (g/cm3)				0.655	0.785
Edad (años)		22.5			10 - 36
VENEZUELA: Reserva Forestal de Caparo					
Alfio Dystropepis					
Clas Suelo	Bosque		Pasturas		
Profundidad (cm)	10		10		
	Semidecidual	Rastrojo-Potrero H.rufa	Cynodon Plectostachyum		
pH	5.72	5.91	6.13		6.07
C org (%)	1.66	1.97	2.39		2.27
N total (%)	0.15	0.13	0.17		0.16
CIC (meq/100g)	7.1	6.15	8.98		6.88
Ca (meq/100g)	1.57	1.57	2.23		1.9
Mg (meq/100g)	1.35	1.04	1.68		1.03
K (meq/100g)	0.28	0.29	0.47		0.43
N-NH4 (µg/g s.)	Seguía 10.28	Lluvia 4.92	Seguía 11.93	Lluvia 9.09	Seguía 16.67
N-NO3 (µg/g s.)	Seguía 0.14	Lluvia 3.38	Seguía 0.09	Lluvia 1.31	Seguía 0.39
DenApa (g/cm3)	1.47		1.67		1.54
Edad (años)			15		3
					4

Tabla 23: Comparación de los resultados de Caparo con otros trabajos

Otro elemento importante a considerar es que el bosque subdeciduo original de Caparo posee el menor contenido de carbono en el suelo en relación a los otros bosques, incluso del bosque semideciduo de Costa Rica.

El Nitrógeno Total disminuyó en las pasturas *H. rufa* y de *Ischaemum indicum* en Costa Rica al igual que en el rastrojo-potrero de *H. rufa* de Caparo, no así en los pastos estrella.

La capacidad de intercambio catiónico disminuyó en las pasturas de Caparo, salvo en el pasto estrella de 3 años, al igual que en las pasturas de *Ischaemum indicum* de Costa Rica, mientras que en la pastura de *H. rufa* de Costa Rica no se presentan cambios mayores. El calcio se mantiene aproximadamente igual tanto en el rastrojo-potrero de *H. rufa* de Caparo y de Costa Rica, y aumentó en los pastos estrella de Caparo y de *Ischaemum indicum* en Costa Rica. El magnesio disminuyó también en las pasturas de Caparo (salvo el pasto estrella de 3 años) al igual que en los otros casos, en tanto el potasio aumentó en las pasturas para todos los casos.

Para el caso de las pasturas de Caparo, con el transcurso del tiempo se presenta cierta tendencia a la igualación en los contenidos de carbono, nitrógeno total, capacidad de intercambio catiónico, magnesio, calcio y potasio con los del bosque original, mientras en las pasturas de Costa Rica estos valores en general son menores que el bosque original. Habría que ver si con mejores sistemas de manejo de pasturas se presenta esta tendencia, quizá en un período de tiempo mucho mayor, o si por el contrario estos nutrientes del suelo superan a los del bosque o permanecen aproximadamente igual, estabilizándose de alguna manera.

El amonio aumentó en las pasturas en Caparo, al igual que en el caso de *Ischaemum indicum* de Costa Rica, en tanto el nitrato disminuyó para ambos casos. Queda por confirmar si la implementación de pasturas implica un aumento en el amonio y una disminución en el contenido de nitrato del suelo en relación al bosque original.

La densidad aparente tuvo un incremento con las pasturas en Caparo al igual que en la pastura de *Ischaemum indicum* en Costa Rica.

La conversión a pastura de *H. rufa* del bosque semideciduo en Costa Rica significó grandes cambios en la capacidad de infiltración, en una relación de 47:1 entre los tiempos de infiltración de la pastura y el bosque, lo que contribuye fuertemente a la crecida rápida de los arroyos durante las tormentas. Para el caso de Caparo no se presentaron mayores cambios en la capacidad de infiltración entre el bosque subdeciduo y el rastrojo-potrero de *H. rufa*, disminuyendo incluso para el último en la época seca. Para el caso de los pastos estrella la

variabilidad de los datos registrados fue muy notoria en la época seca, con elevadas desviaciones estandard.

La temperatura máxima del suelo en las pasturas de *Ischaemum indicum* de Costa Rica fue de 87°C en comparación a la del bosque semideciduo que fue de 59°C, en mediciones de un año. En Caparo, si bien se midieron las temperaturas en la época seca y lluviosa en ciclos diarios, la temperatura máxima del bosque subdeciduo fue de 32,9°C en la época seca en comparación a 41,36°C para el caso del rastrojo-potrero de *H. rufa* y de 42,77 y 44,93°C para los pastos estrellas de 3 y 4 años respectivamente. En la época lluviosa los valores máximos fueron 26,36°C para el bosque y 35,62, 37,63 y 37,30°C para el rastrojo-potrero de *H. rufa*, para el pasto estrella de 3 años y para el pasto estrella de 4 años respectivamente.

Como habíamos dicho anteriormente la variación en la temperatura del suelo es el efecto físico más notable en el cambio de bosque a pastura en Caparo, que coincide con los resultados del trabajo de R. Daubenmire (1972) en Costa Rica.

Buschbacher R.J. *et al.* (1984) en un estudio en Paragominas, Brasil sobre el manejo de pastura y sus efectos ambientales, establecieron que las reservas de nutrientes en el suelo son mayores en las pasturas que en el bosque primario, aunque en todos los casos (excepto calcio) la diferencia es mínima; sin embargo, la conversión de bosque a pastura drásticamente disminuye los depósitos totales del ecosistema para la mayoría de los nutrientes.

Jordan (1987) en un estudio sobre la agricultura migratoria o itinerante en el Amazonas concluye que: " porque los reservorios del suelo quedan relativamente altos, es improbable que sean los responsables de la pronunciada disminución en la productividad de los cultivos. Más bien parece ser la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, especialmente el fósforo, lo que limita la productividad".

Esta última referencia se relaciona con nuestros resultados, ya que los nutrientes del suelo de las parcelas analizadas en comparación al bosque tampoco han disminuido, sino sucede más bien lo contrario, por lo que habría que analizar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Ohta (1990) en una comparación en Filipinas entre el bosque natural con las pasturas de *Imperata cylindrica*, *Themeda trianda* y *Saccharum spontaneum* establecidas después de varias décadas de deforestación, encuentra que la densidad aparente de los horizontes superiores del suelo fueron menores en el bosque, el porcentaje de poros finos fue mayor en el bosque, en tanto el contenido de humedad fue extremadamente bajo en los suelos de pastura. Las

pasturas de Caparo presentaron también mayor densidad aparente que el bosque y menor contenido de humedad en el suelo, sin embargo la microporosidad varió muy poco.

Ohta también concluye que los suelos de pastura mostraron reducciones marcadas en comparación al bosque en propiedades químicas como pH, Ca, C y N. En Caparo en general sucede lo contrario.

Hase y Folster(1982) establecen que la biomasa aérea total de los bosques deciduos de banco de Caparo resulta comparativamente alta para un bosque tropical.

En la Tabla 24 se presenta una comparación entre las propiedades químicas de estudios realizados en bosques de banco en Caparo. Como vemos se presentan diferencias sobre todo en el C, C.I.C., Ca y N. Por todo esto las variaciones en contenido de nutrientes del suelo son importantes dentro de las zonas de banco, incluso para los mismos bosques. Esto nos lleva a reafirmar nuevamente la heterogeneidad existente en los bosques de banco, que se manifiesta en las propiedades químicas del suelo.

	Parcela PE6 (De esta tesis)	Selva Decidua (Hase y Folster)	Selva Subdecidua (De esta tesis)	Selva Subsiempreverde y Subdecidua (Vincent 1970)
pH	(CaCl2) 5,86	(CaCl2) 4,55	(Agua) 5,72	5,64
C	2,24	1,18	1,66	3,04
N	0,22	0,10	0,15	0,17
P	13,65	39,3	17,33	4,32
C.I.C.	10,85	4,81	7,10	13,8
K	0,59	0,22	0,28	0,15
Ca	3,30	2,96	1,57	5,95
Mg	1,94	0,78	1,35	1,31
SaturBases	55,09	82,3	46,49	-
DensiApar.	1,36	1,35	1,47	-

Tabla 24: Propiedades químicas de los suelos de banco de Caparo. Profundidad 0-10 cm

4.6. Breves apreciaciones sobre los usos y manejos de los suelos

Un primer interrogante que teníamos al empezar el trabajo se refería a si podríamos afirmar que el uso ganadero era el que se imponía con el correr del tiempo y cuáles serían las razones que podrían sugerirnos tal hecho.

De las conversaciones mantenidas con los pobladores obtuvimos que la explotación forestal prácticamente no fue dada como alternativa de uso, ya que respondían "si que era lo que se iba a aprovechar si los mejores árboles ya se los han llevado de la zona". De alguna

manera esto guarda relación con la extracción de caoba, cedro, pardillo y saqui-saqui realizada por el MARNR en los inicios de la década del 70 y de comentarios que se referían a que actualmente están extrayendo de zonas más lejanas, más allá del Caño Anarú.

La agricultura surge también como una actividad posible en la región. Pequeños conucos fueron realizados inicialmente, con cultivos de subsistencia como el maíz y la yuca. Sin embargo posteriormente se fueron dando otros cultivos y actualmente entre los más importantes lechosa, yuca, parchita, arroz, sorgo y plátano principalmente.

El desarrollo de determinado cultivo responde más bien a la posibilidad de venta y las facilidades asociadas al mismo. Caso notorio lo constituye la siembra de lechosa desde hace unos dos años aproximadamente, debido entre otras razones al buen precio que se paga por ella, a que vienen a buscar el producto hasta la finca misma y a que existe la posibilidad de obtener créditos para la siembra. La agricultura sigue siendo una actividad importante en la zona, y el impulso de nuevos rubros (caso de la lechosa y parchita), contribuye a que determinadas parcelas vuelvan a ser de uso agrícola.

Sin embargo los pobladores se refieren a la actividad agrícola como más difícil y con mayores problemas que la ganadera. Las parcelas agrícolas poseen muchas exigencias en cuanto al manejo. Entre las características que presenta la actividad agrícola de la zona tenemos la intensidad de los trabajos que se expresa en la preparación del terreno y el cuidado de los cultivos, así como la necesidad de usar muchos productos químicos, principalmente herbicidas, fungicidas y fertilizantes. No creen que pueda desarrollarse la agricultura sin fertilizantes, la producción no puede sostenerse en el tiempo, los rendimientos bajan y se multiplican los problemas en cuanto al ataque de plagas. Para el caso de la lechosa por ejemplo, afirman que la producción se puede sostener como máximo dos años.

Si a todas estas dificultades agregamos las económicas, que son las más difíciles según dijeron, la agricultura se justifica cuando existe la certeza de una ganancia segura. En los casos de cultivos de arroz por ejemplo, expresaron que no pudieron continuar debido a problemas con la falta de máquinas cosechadoras en el momento preciso de la cosecha.

Un propietario de una finca se lamentaba que con la agricultura actualmente no se gana, más bien se pierde. Con las tres comidas que se da al obrero, más los jornales y los fletes, finalmente se termina perdiendo.

En comparación con la agricultura, la actividad ganadera no presenta tantos problemas. El ganado que se utiliza en la zona es más bien de ceba, unos dos años aproximadamente, ya que el de cría destruye mucho los pastos según dijeron.

Las prácticas de manejo ganadero presentan diferencias entre los pobladores, ya que parten de sus propias experiencias y posibilidades. Parece ser que cuando llega una nueva modalidad, podría ser un nuevo pasto, cultivo o producto químico, no tarda mucho tiempo en ser experimentada por los demás. La apertura hacia "lo nuevo" en cierta manera es una característica de esta zona, todo necesita ser experimentado y probado para ver los resultados. Así una nueva modalidad reemplaza a la otra y ésta a otra.

Sin embargo existen ciertas prácticas de manejo, ya recogidas por la experiencia, que son expresadas de manera similar por los pobladores, aunque otras siguen en controversias.

Entre los pastos que se desarrollan en los bancos de la zona tenemos el argentino, estrella, guineón, brachiaria de banco (*Brachiaria decumbens*) y la "dominicola" (*Brachiaria humidicola*).

El pasto argentino prácticamente se ha terminado en la zona, son muy pocas las parcelas que se observan de este pasto, la mayoría de las veces muy enrastrados. Entre las razones por las cuales el pasto argentino se dejó de utilizar, comentan que es debido a que le afectó mucho las lluvias, no lo resiste y se pudre. Se caen fácilmente y el ganado lo pisa y se pudre. Es un pasto que exige mayor cuidado que el pasto estrella y hay que quemarlo para que rebrote.

Otros dicen que el pasto argentino se perdió más bien porque fue atacado por una peste.

El pasto argentino es una gramínea rústica, perenne. Cuando su crecimiento es libre hasta la floración, en esa etapa el ganado no lo puede utilizar por áspero, de ahí que para aprovecharlo eficientemente debe mantenerse bajo (60-70 cm), pues a partir de allí su elevada lignificación reduce su calidad. El contenido proteico puede variar entre 1,3 y 14 % (es un pasto de bajo contenido proteico), de acuerdo al estado vegetativo, siendo el más bajo en su etapa de producción de semillas. Resiste bien la sequía, las elevadas temperaturas y tiene una alta tolerancia al fuego, aun cuando esté cultivado en suelos arenosos.

Se adapta a una gran diversidad de suelos: lateríticos, arcillosos y franco arenosos, prefiriendo los de baja fertilidad, de topografía irregular y accidentada, aunque se desarrolla bien en tierras planas de buen drenaje. Entre las limitaciones para este pasto se menciona que

es insuficientemente agresivo, susceptible a pérdidas de apetecibilidad y altamente exigente en relación a las condiciones del suelo.

El guineón tampoco resiste el agua, se pudre, creen que es un pasto para zonas más secas. Otro problema relacionado con el pasto guineón es que se endurece mucho, una vez que el ganado lo come, lo que sale después es pura caña, por lo que dicen que es un pasto que no sirve.

El guineo es una especie perenne, de gran rusticidad, lo que le permite resistir fuertes períodos de sequía, así como tiene una rápida respuesta a la humedad y a los fertilizantes nitrogenados. Es una planta de raíces densas, profundas y fuertes, lo que le permite extraer humedad a mayor profundidad que otras especies.

Se adapta bien a diferentes tipos de suelos, desde los pesados donde soporta mejor las quemadas y los períodos secos, hasta los franco arenosos. Se desarrolla bien en suelos bien drenados. Las limitaciones se refieren a que es altamente exigente en relación a condiciones físicas y químicas del suelo, sus semillas son susceptibles al ataque de hongos, agresividad insuficiente y dificultad de manejo.

A medida que aumenta la maduración del pasto guinea, aumentan los hidratos de carbono y la fibra cruda, así como baja marcadamente el porcentaje de proteína cruda, convirtiéndolo en un pasto de bajo valor forrajero. De hecho sólo posee un 3 a 4 % de proteína, aunque al fertilizar adecuadamente aumenta a 8 o 9 %.

Por lo que podemos ver, tanto el guineo como el argentino son pastos que necesitan suelos de buen drenaje, condiciones que no se presentan adecuadamente en Caparo. La disminución del valor nutritivo a medida que se desarrollan, así como la necesidad de una práctica racional de la quema para mejorar su calidad nutritiva y dotarlos de mayor palatabilidad, ha hecho que otros pastos con menos exigencias en cuanto a estas peculiaridades para la región de Caparo, pasen a constituirse en mejores alternativas, pero de todas formas se siguen buscando otros.

Comentan también que la brachiaria de banco se desarrolla muy bien en los bancos de la zona, sin embargo no se la prefiere porque es muy susceptible al ataque de la "candelilla". La candelilla es una plaga endémica del género *Aeneolamia*, familia *Cercopidae*, que ataca fundamentalmente a la *Brachiaria decumbens*, pangola (*Digitaria decumbens*), elefante (*Pennisetum purpureum*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), guineo (*Panicum maximum*) entre otros pastos.

Brachiaria decumbens es un pasto de extraordinaria resistencia a la sequía. El sistema de raíces es fuerte y abundante lo que le hace una planta resistente a la sequía y al pisoteo. Por su carácter invasor, aún en suelos de baja fertilidad, compite con las malezas dificultándose su invasión. Soporta tanto las intensas sequías como períodos de inundación cortos. La temperatura media ideal de adaptación son los 28°C, permaneciendo verde aun en veranos muy prolongados, cuando los suelos son fértiles o se les ha aplicado fertilizante.

El contenido de proteína oscila entre el 6,1 y 12 % de acuerdo a la fertilidad del suelo o empleo de fertilizantes. Responde bien a los fertilizantes fosforados y de nitrógeno. Domina agresivamente la maleza, sirve para controlar la erosión, es palatable y de mucha degustación por el ganado. Se adapta a suelos de baja fertilidad y de distintos tipos, con rango acidófilo.

De no ser por la candelilla, este pasto como lo habían expresado los pobladores, se comporta excelentemente. La candelilla, sin embargo, se relaciona con un manejo inadecuado de la pastura según Guzmán (1988).

En vista a los comentarios expresados más arriba, el pasto estrella y la *Brachiaria humidicola* son los pastos considerados ahora como los mejores para las zonas de banco.

El pasto estrella es más rústico, se propaga fácilmente y resiste bien la época seca. Prospera bien en suelos francos, arenosos y arcillosos. Tiene uno de los más elevados contenidos de proteína cuando se le cultiva en suelos fértiles y con buena humedad. Responde bien a los fertilizantes y tiene buena resistencia a la candelilla. Sin embargo, es de una palatabilidad más bien baja con relación a otro tipo de pastos.

Por el otro lado *Brachiaria humidicola* es un pasto perenne, se comporta bien en una variada tipología de suelos, desde los arenosos francos, hasta los pesados de mediana fertilidad, soportando con mucha resistencia largos períodos de sequía. Es un pasto preferentemente para ser pastoreado, utilizándolo antes de los 35 días de edad para aprovechar sus máximos contenidos de proteína (6 a 10%). Es una especie que no se consocia con leguminosas por su desarrollo agresivo, superando en crecimiento a *Brachiaria decumbens* y tiene mayor resistencia al ataque de la candelilla. Vegeta mejor en suelos húmedos pero de buen drenaje.

Parece ser que la aceptación del pasto estrella o de *Brachiaria humidicola* depende mucho del tipo de suelo, ya que algunos dicen que no tuvieron buenos resultados con el pasto estrella, en cambio sí con la dominicola. *Brachiaria humidicola* también se da en el bajo y

esto es una ventaja, ya que muy fácilmente los potreros comprenden tanto zonas de banco como de bajo.

Algunos pobladores quieren cambiar el pasto estrella por *brachiaria humidicola*, ya que en el área los resultados son buenos y quieren probarlo. De hecho algunos comentan que los potreros con pasto estrella se ven más destruidos (al inicio de la época de lluvias), como que no resisten tampoco, en comparación con la *brachiaria humidicola*.

Otros sin embargo dicen que los potreros con pastos estrellas son los mejores, hace unos 15 años aproximadamente que se introdujo el pasto estrella en la zona y un potrero con esa antigüedad sigue desarrollándose muy bien, no presentando mayores problemas.

Toledo y Serrao (1990) dicen sin embargo que pastos como *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola* están más adaptadas a suelos poco fértiles, pero pueden mostrar claros signos de deficiencia de nitrógeno apenas unos pocos meses después de sembrados y esta deficiencia puede subsecuentemente disminuir la competitividad con las malezas y así reducir la vida productiva de la pastura.

El manejo parece desempeñar un papel preponderante para el mantenimiento del pasto estrella. Sobre todo hay que tener mucho cuidado con el sobrepastoreo, que es lo que destruye finalmente el pasto. De ahí que hay que saber cuando introducir el ganado, en qué cantidad y durante cuánto tiempo, variando el manejo según se trate de la época seca o la lluviosa. Aquellos que poseen suficientes tierras para uso ganadero, de modo de poder establecer ciertas pautas de manejo, parecen ser los que no tienen mayores problemas con el pasto estrella, en cambio los que poseen limitaciones en este sentido presentan problemas con estos potreros, debido sobre todo al sobrepastoreo y a la invasión de especies indeseables. El tiempo de descanso del potrero es un aspecto fundamental a tener en cuenta en el manejo.

Otro aspecto relacionado con el manejo se refiere al control de las especies indeseables. Prácticamente todos los pobladores hacen uso de herbicidas para este fin, utilizándose productos altamente peligrosos para el ser humano como el caso del gramoxone (ya prohibido en varios países del mundo), sin mínimas medidas de protección. El hijo de Don Medardo se intoxicó con este producto en este año, durante una pulverización que estaba realizando. Usan además el Tordon (2,4-D ?) y el Tornado 40 (Picloram + 2,4-D). Un buen manejo de los potreros implica por lo general saberlo hacer descansar, uso de rotativas y herbicidas según la experiencia de uno de los pobladores.

Entre las especies de gramíneas que se presentaron también en los potreros, tenemos:

- *Eleusina indica*: buena forrajera. No es considerada como forraje en el país. Se presentó en el PA.
- *Paspalum conjugatum* Bergius: buen pasto de engorde. No tiene valor forrajero en el país. Se presentó en PA y en PE4.
- *Paspalum virgatum* L.: no tiene gran importancia como planta forrajera. Se presentó en el PAA

No obtuvimos referencia de las otras gramíneas: *Axonopus purpusii* (Mez) Chase, *Panicum pilosum* var. *lanceifolium* (Griseb ex. Hitch). Pohl, *Panicum aff. trichoides*, *Panicum millegrana* Poir. in Lam, *Leptochloa virgata* (L). Beauv, *Panicum pilosum* Swartz.

En cuanto a la fertilización de los potreros, el abono más utilizado es la urea. Sin embargo un poblador mencionó que no quiere usar los fertilizantes químicos, ya que una vez que uno comienza a utilizarlos debe seguir siempre con esta práctica, de ahí que prefiere los abonos orgánicos, de estiércol de animales.

Otro punto mencionado por algunos pobladores se refiere al hecho que no poseen suficiente pastos para el ganado, refiriéndose esta afirmación a la época seca y primeros meses de la época lluviosa. El alquiler de potreros para ganado es una práctica observada en la zona.

Respecto al abandono de los potreros, no creen que hasta el momento se pueda decir que un potrero haya sido abandonado porque no produce más. Conocen de varios potreros que siguen produciendo hace años, sin embargo estiman que esto ya es con la ayuda de fertilizantes. Entre las especies indeseables que se presentan en los potreros de banco mencionaron al mucuteno (*Cassia alata*), al coralito (*Hamelia patens*) y la escoba (*Sida* sp.) y entre las que gustan al ganado tenemos al lavaplatos (?), el pega-pega (*Desmodium*), el coralito, el palito negro (*Acalypha diversifolia*) y el guácimo (*Guazuma ulmifolia*) principalmente. El cojón de puerco (*Tabernaemontana psychotriifolia*) fue mencionado como una de las especies que aparece en los potreros cansados.

Antes que de abandono, en la zona de Caparo podemos hablar de una degradación de algunas pasturas, siendo las especies indeseables las que constituyen un obstáculo para la estabilidad de las mismas. Recordemos que dos parcelas analizadas de pasto estrella se encuentran prácticamente acabadas, con una gran invasión de especies indeseables.

Serrao y Toledo (1990) afirman que la falta de pasturas adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas y bióticas de la región amazónica es la causa principal de la degradación de las pasturas en la Amazonia. Las malezas antes que una causa por sí misma de la

degradación, debieran verse como una consecuencia de la falta de adaptabilidad, vigor y competitividad de las especies de pasturas comúnmente usadas, así como de la falta en general de prácticas apropiadas de manejo (tales como el pastoreo controlado y la aplicación de fertilizantes).

En cierta manera, esta misma constatación es válida para las pasturas de Caparo. Buschbacher (1984) afirma de una manera clara y contundente que no importa cómo las pasturas se manejen en el futuro, las malezas continuarán siendo un componente persistente de los ecosistemas por su adaptabilidad a las condiciones ecológicas locales.

Dias Filho *et al.* (1982) establecieron la importancia de determinar si la disminución de la productividad de la pastura se debe a prácticas de manejo inadecuadas (altas cargas animales por ejemplo), esto es, no directamente relacionado con la fertilidad del suelo. Por lo que podemos observar con nuestros resultados, si bien no poseemos datos de la productividad de las pasturas, no se evidencia una notoria pérdida de fertilidad del suelo, por lo que la degradación que las mismas experimentan pueden deberse a limitaciones en la disponibilidad de nutrientes o a los manejos implementados. Estudios posteriores deberían ayudar a aclarar estos interrogantes. Decimos que las pasturas estudiadas se encuentran en un estado de degradación sobre todo por la abundancia de malezas que han acabado prácticamente con el pasto estrella (salvo el PE6) y por el estado de rastrojo-potrero de los antiguos pastos argentinos, si bien en este último caso la inadaptabilidad del pasto parece ser el factor influyente en su degradación.

Como habíamos dicho el ganado de ceba es el principal, por lo general compran mautes de Apure, lo engordan aproximadamente unos dos años y lo venden a un comprador que lo lleva a Caracas.

Sin embargo, si bien el uso ganadero presenta menos problemas e implica un manejo menos intensivo que la agricultura, los resultados obtenidos parecen que no son del todo satisfactorios, aunque se debería profundizar el estudio para sacar conclusiones más sólidas. Esta última suposición se basa en una comparación que estableció un poblador entre el ganado de Caparo y el de Santa Bárbara de Barinas, donde afirma que éstos tienen mayor peso, quizá debido a que se alimentan de mejores pastos y a que se encuentran en lugares más altos.

A modo de conclusión de las informaciones obtenidas respecto al uso y manejo de suelos podemos decir:

- 1) No se puede esperar que estas informaciones expresen de manera precisa y valedera los aspectos asociados al uso y manejo de los suelos de la zona del presente trabajo, sino más bien se busca presentar la importancia que significan estos aspectos para un mejor entendimiento de la degradación de las pasturas y de las consecuencias ecológicas que esto implica.
- 2) La interacción con los pobladores, aunque fraccionaria, permitió la obtención de valiosas informaciones que contribuyeron grandemente a las discusiones e interpretaciones posteriores.
- 3) Las prácticas de manejo de las pasturas podríamos decir que se desarrollan dependiendo de los aciertos y errores, en sucesivas pruebas a lo largo del tiempo.
- 4) La agricultura sigue siendo una actividad importante en el área, reimpulsada a través de determinados rubros en ciertas ocasiones, como ocurre con la lechosa en la actualidad.
- 5) Habría que profundizar los sistemas de manejo de las pasturas con el fin de obtener mayores informaciones que puedan contribuir a la mayor discusión sobre la sustentabilidad de las pasturas en las condiciones del trópico latinoamericano.
- 6) Aspectos relacionados con la no quema, la tolerancia a la humedad de los suelos y la resistencia al ataque de la candelilla parecen ser los factores que más influyeron para la selección de los pastos estrellas y dominicola como los más aceptados para las áreas de banco de Caparo.

5. CONCLUSIONES FINALES

Una conclusión importante del presente estudio se refiere a la gran heterogeneidad espacial y temporal del área de trabajo, que se manifiesta principalmente en los suelos y en sus variaciones incluso a cortas distancias, así como en los constantes cambios que se produjeron y se siguen produciendo en el uso y manejo del suelo con el correr del tiempo. La historia de los usos y manejos de las parcelas analizadas nos presenta también una idea de cuán dinámico y continuo es este proceso de cambio.

La agricultura se sigue desarrollando, en ocasiones sobre antiguos rastrojos, en antiguas áreas ganaderas, o en nuevas áreas boscosas. Sin embargo el uso predominante es el ganadero, teniendo como característica los cambios de pasturas y de sus prácticas de manejo. Estos cambios son conducidos mediante continuas pruebas de acierto y error, por resultados recogidos por la propia experiencia del productor o de otros de la zona. El uso ganadero se está imponiendo en el proceso, si bien las modificaciones constantes que se presentan, nos hablan de que el proceso no se encuentra estabilizado. No nos encontramos ante un proceso en el que después de la deforestación se han implantado seguidamente pasturas, así como tampoco nos encontramos ante un único tipo de pastura en diferentes estados y edades. Se dificulta también separar adecuadamente un uso agrícola de un uso ganadero.

El cambio o fracaso en las pasturas se debe a que no han logrado adaptarse satisfactoriamente a las condiciones ecológicas de la región, como en el caso del pasto argentino, y no ha sido por una degradación pronunciada de las propiedades del suelo que haya imposibilitado su desarrollo. Ciertos efectos degradativos del suelo parecen presentarse al continuar un sistema de manejo inadecuado de los casi inexistentes pastos argentinos, ya rastrojos aunque manejados todavía como potreros. De hecho estos rastrojos son los más antiguos, los que presentan una densidad aparente elevada del suelo, posibles cambio texturales debido a la erosión, y una disminución de algunos nutrientes del suelo y de la biomasa microbiana en relación al bosque original.

Aquellas pasturas que siguen utilizándose, como el pasto estrella, han logrado persistir debido a que han conseguido cierta adaptación a las condiciones ecológicas de Caparo y han sido sometidas a un manejo que implica una mayor disponibilidad de recursos, tanto de capital como de tierra. El manejo conlleva sistemas adecuados de carga animal, en consideración al

estado de la pastura, de modo de evitar que la misma entre en una fase de degradación. Esto implica disponibilidad de suficientes potreros(y por ende tierra y capital) así como aportes de insumos externos, como ser utilización de herbicidas, fertilizantes y mecanización. Hemos denominado a este caso pastura no degradada, más que nada por la ausencia de especies indeseables en cantidades tales que pongan en peligro la continuidad de la pastura. En otros casos y ante una menor disponibilidad de recursos y manejo inadecuado, el pasto estrella se encuentra mayormente invadido por especies indeseables (prácticamente no persiste) y la denominamos pastura degradada, aunque no existe una relación directa entre la degradación de la pastura y la degradación de las propiedades del suelo. La pastura se encuentra en un estado tal que para su recuperación necesitaría medidas correctivas en el manejo. El manejo se convierte en una causa de la degradación, asociado más que nada al sobrepastoreo, consecuencia a su vez de la falta de tierra suficiente para tener más potreros. Aún así, no podemos determinar con exactitud en que medida las variaciones en los suelos, la historia de uso de la parcela y los manejos de las pasturas han condicionado su permanencia, al menos para el caso del pasto estrella.

Otras pasturas se están utilizando pero siguen en una etapa de prueba, sus ventajas y desventajas siguen en controversia y no existe consenso en cuanto a los resultados. Es el caso de las pasturas de *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria decumbens* principalmente.

Se debería realizar un seguimiento a los sistemas de pasturas de Caparo, de modo de profundizar la relación entre la degradación de la pastura y la degradación de los suelos con el correr del tiempo, considerando detenidamente los sistemas de manejo y tratando en lo posible, de partir de suelos más homogéneos y con similares historia de uso. Parece que la degradación de la pastura se inicia sin que se manifieste una degradación considerable de las propiedades del suelo, asociada más bien al manejo a que es sometida, si bien habría que tener en cuenta que con el correr del tiempo (pasturas de más edad) podrían aparecer indicios de un empeoramiento de las condiciones del suelo. Nos estamos refiriendo a la disponibilidad de nutrientes, cual es el caso del fósforo y nitrógeno, que en otros estudios han desempeñado una limitación importante y se mencionan como limitaciones a tener en consideración. El fósforo no fue incluido en este estudio debido a la gran variabilidad encontrada en los resultados de los análisis.

Entre los efectos más notorios que producen las pasturas tenemos la mayor temperatura y el menor contenido de humedad del suelo, principalmente en la época seca, en comparación

con el bosque original . El aumento en la densidad aparente del suelo no pudo explicarse con precisión en relación al uso ganadero, así como tampoco las variaciones de las otras variables físicas. Considerando las propiedades químicas, los resultados indican que las pasturas poseen mayor pH así como mayor contenido de nutrientes en el suelo que el bosque original, sin embargo con el correr del tiempo y ante las influencias del manejo pueden presentarse variaciones en los nutrientes del suelo. En las pasturas disminuye el contenido de nitrato y aumenta el amonio en la época seca, en tanto la biomasa microbiana disminuye en la época lluviosa en relación al bosque original.

Las variaciones que se presentan en el nitrógeno mineral, así como en la biomasa microbiana, tanto entre las pasturas como en comparación al bosque, ya sea se trate de la época de sequía o la época lluviosa, sugieren profundizar los estudios del comportamiento de la biomasa microbiana y del ciclo del nitrógeno para una mejor interpretación de estos cambios.

La relación posible evidenciada entre la erosión superficial y los sistemas de pasturas, y las variaciones en la humedad de los suelos en la época lluviosa especialmente, sugiere la pertinencia de realizar estudios que relacionen erosión y balance hídrico, con cambios en la cobertura vegetal.

Un estudio sobre los efectos del uso de herbicidas y de fertilizantes químicos en los sistemas de pasturas de Caparo, debería ser considerado, de modo de obtener mayores elementos en la discusión sobre sustentabilidad ecológica en el mediano y largo plazo.

La figura 21 presenta una conclusión de los aspectos más resaltantes de la Tesis.

Habíamos establecido que eran dos los ecosistemas boscosos originales de las parcelas analizadas, si bien las variaciones que se presentan entre ellos así como dentro de cada uno de ellos, hacen que las características iniciales del suelo especialmente, no puedan ser interpretadas con precisión. Persiste por lo tanto un grado de incertidumbre sobre cuáles fueron las características iniciales de los ecosistemas boscosos originales de las parcelas analizadas, más aun cuando el estudio se basa en comparaciones. La estacionalidad hídrica influye a ambos ecosistemas originales así como a los posteriores sistemas de reemplazo.

Se presentan también las variaciones que fueron experimentando las parcelas a lo largo del tiempo, que no son sino las historias de las mismas, determinadas por los usos y manejos distintos que se fueron dando. Los detalles son más precisos e importantes a medida que nos acercamos a 1994, momento del estudio.

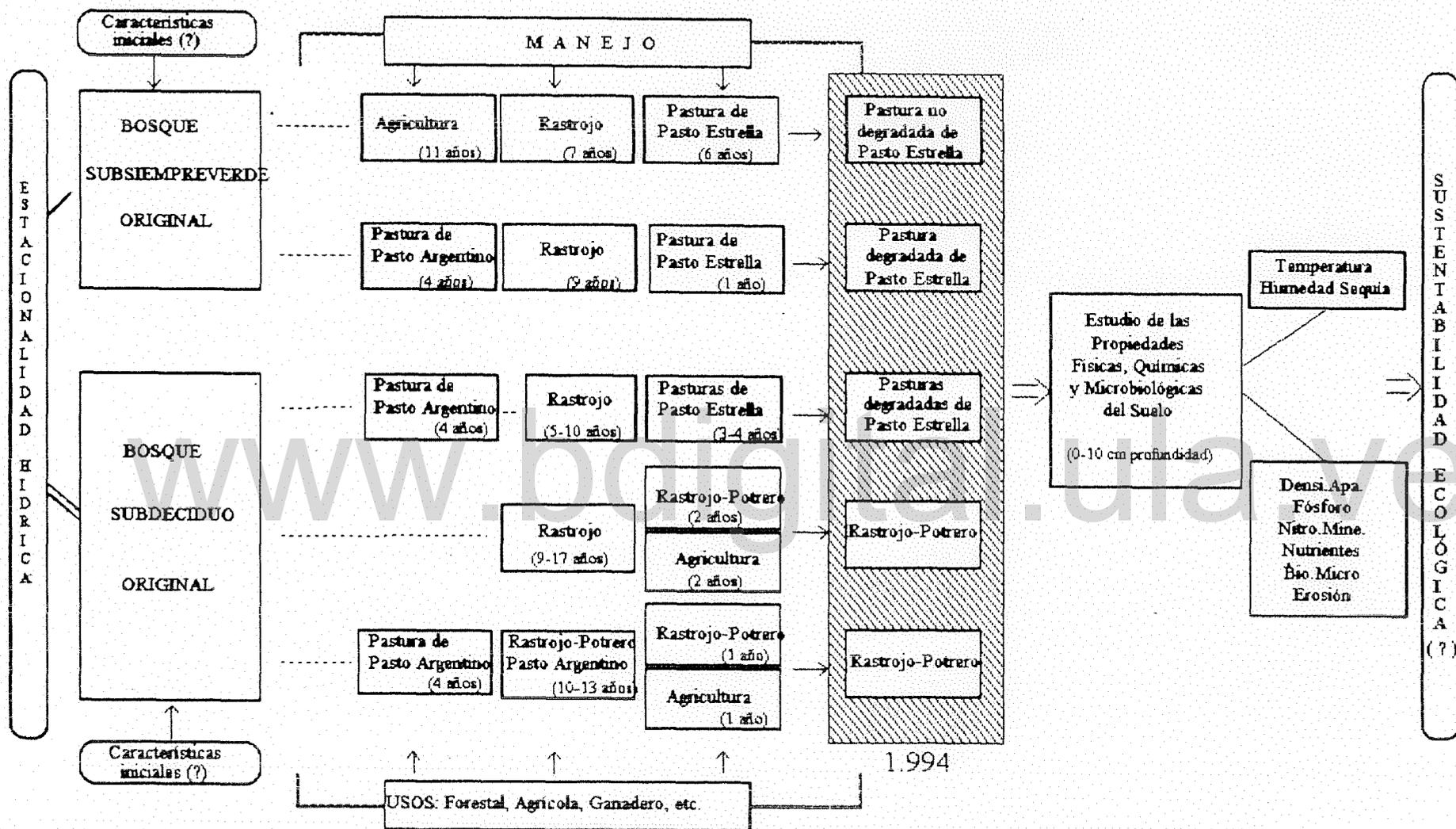


Figura 21: Esquema de Conclusión Final. La discusión sobre Sustentabilidad Ecológica presenta interrogantes en relación a los ecosistemas originales de las parcelas analizadas, la historia referentes a los usos y manejos de las mismas y la situación actual.

Consideramos 5 situaciones diferentes en los sistemas de reemplazo en el momento del estudio: la pastura no degradada de pasto estrella (PE6) y la pastura degradada de pasto estrella (PE1), si bien en este caso se trata más bien de un fracaso en la siembra pero lo incluimos como degradación de la pastura para simplificación del análisis, provenientes de la selva subsiempreverde; y las pasturas degradadas de pasto estrella (PE3 y PE4), los rastrojos-potreros de antiguos pastos argentinos (PA y PAA) y los rastrojos-potreros sin pastos argentinos (R y RA) provenientes de la selva subdecidua.

Los estudios de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo fueron realizados a una profundidad de 10 cm y entre los resultados más importantes tenemos:

- el incremento de las temperaturas y de la humedad del suelo en los sistemas de reemplazo en relación al bosque constituye el efecto más destacable.
- las variaciones en la densidad aparente, la biomasa microbiana y el nitrógeno mineral en las diferentes parcelas en comparación al bosque.
- la disminución de nutrientes del suelo en las parcelas más antiguas.
- la posibilidad de erosión laminar en los suelos después de la deforestación.
- la necesidad de seguir profundizando los estudios de modo a precisar las dudas y nuevos interrogantes que se presentan.

Estos resultados mantienen ciertas dudas sobre la sustentabilidad ecológica de los sistemas de pasturas, pero sugieren la importancia crucial del manejo a que son sometidas. La discusión sobre la sustentabilidad ecológica de los sistemas de pasturas quisimos plantearla a partir de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, y la contribución mayor que se encuentra es que la degradación de las pasturas no se relaciona de manera directa y clara con la degradación de las propiedades del suelo, al menos considerando las variables escogidas para el análisis.

La degradación de las pasturas se relaciona más que nada con el manejo a que fueron sometidas, por lo que podríamos esperar que con un manejo correcto la degradación de las pasturas no se presentaría, al menos en el corto y mediano plazo. Lo importante es determinar cuáles son las prácticas de manejo convenientes que posibilitando la sustentabilidad de las pasturas, produzcan el menor impacto ecológico.

La búsqueda y ejecución de prácticas de manejo sustentables se vuelven necesarias, ya que existe el riesgo de que continuando con manejos inadecuados se afecten las propiedades

físicas, químicas y microbiológicas del suelo de modo tal que la sustentabilidad no solo de la pastura sino del sistema productivo esté en peligro, por la degradación quizá irreversible del suelo. Las medidas correctivas para este caso se tornarían mucho más caras y llevarían más tiempo con resultados inciertos. La degradación de las propiedades del suelo, a diferencia de la degradación de las pasturas implica la imposibilidad de usos sustentables.

Los interrogantes iniciales planteados al comenzar el trabajo fueron respondidos, así como los objetivos han sido alcanzados de buena manera, si bien han surgido otros interrogantes.

Una reflexión final plantea este trabajo. La designación de Reserva Forestal de Caparo como tal en 1961 significó destinar un área del territorio cubierto por bosques naturales para un uso exclusivamente forestal, permanente a través del tiempo, por lo cual cobra gran importancia el manejo del área asignada, de modo a asegurar la permanencia de una cobertura boscosa. Caso contrario la existencia de la Reserva tendría duración limitada.

A 34 años del decreto, otros usos de suelo se presentan actualmente en la Reserva Forestal de Caparo a través de un complicado y dinámico proceso. En la Unidad I y en sus límites ya fuera de la Reserva, el uso ganadero se extiende y abarca extensas áreas. De continuar este proceso, debe impulsarse un plan de ordenamiento territorial, donde se asegure la permanencia de áreas boscosas, si bien ya integradas a sistemas de pasturas sustentables y otros usos. Con esto se sobreentiende, la actual Reserva Forestal de Caparo tendría una duración limitada.

ANEXOS

www.bdigital.ula.ve

Temperatura del Suelo en Época Seca

		HORARIOS DE MEDICIONES						
Parcelas		7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	18:30
PE1	P.E. 1 año	30.58	31.49	35.47	40.45	38.63	37.98	35.06
PE3	P.E. 3 años	30.75	33.07	38.63	42.77	42.19	40.20	38.29
PE4	P.E. 4 años	29.58	32.90	38.54	44.93	44.35	42.61	39.95
PE6	P.E. 6 años	31.74	34.15	37.71	43.85	48.16	42.61	40.04

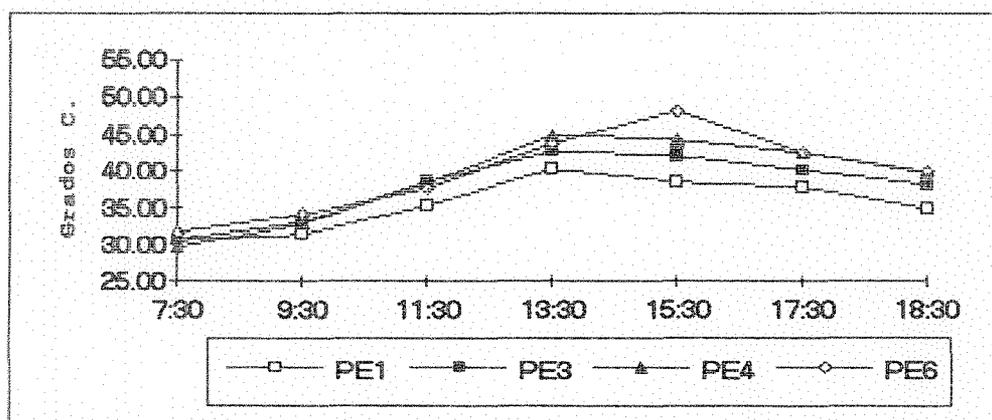
PA	P Argentino	27.10	32.16	39.45	41.36	39.62	36.39	34.48
PAA	P.A. c/Agric.	30.33	33.48	41.28	43.85	44.51	41.45	39.54

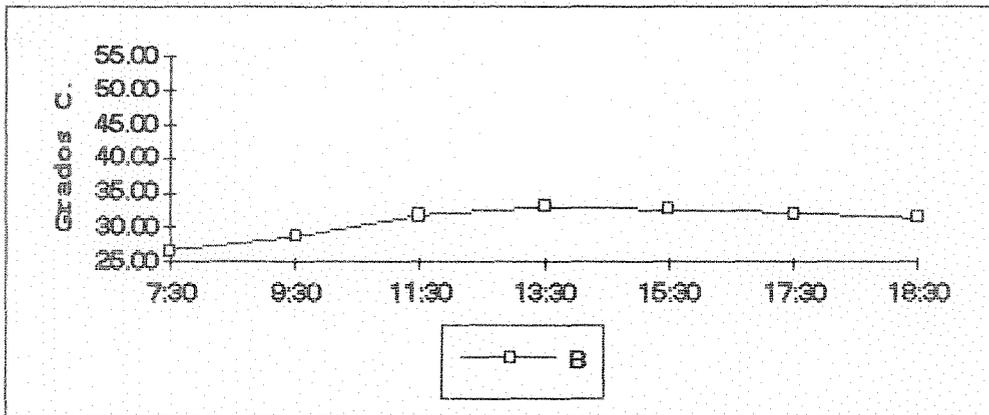
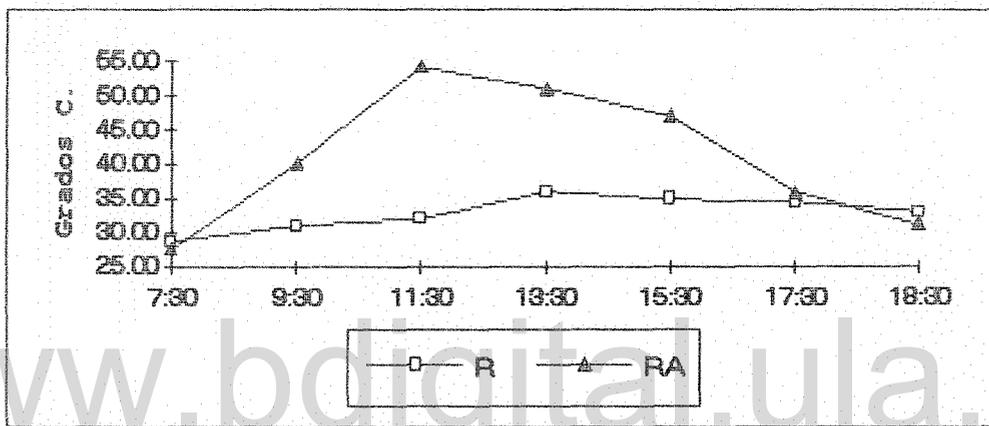
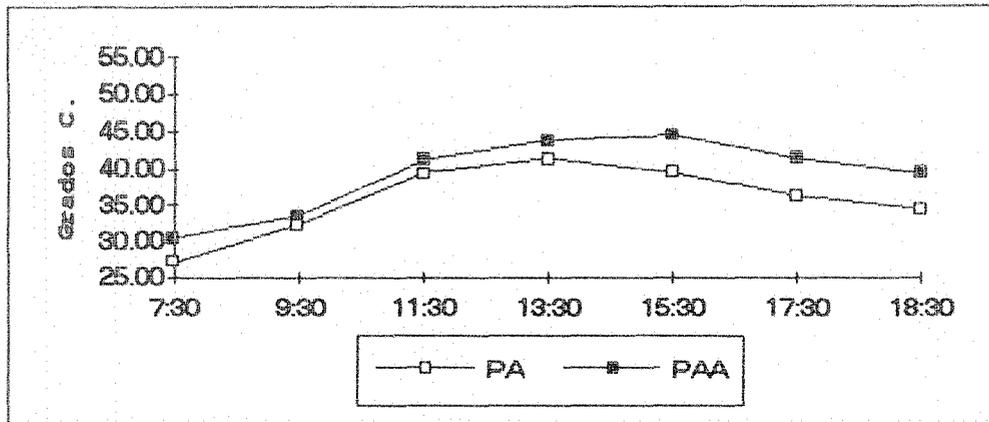
R	Rastrojo	28.76	31.08	31.99	36.05	34.98	34.48	33.15
RA	R. c/Agric	27.51	40.12	54.30	51.07	47.00	36.14	31.16
B	Bosque	26.85	28.76	31.74	32.90	32.65	32.24	31.41

Parcelas	Rango	Tmp. Máx	Tmp.Mín	
PE1	P.E. 1 año	9.87	40.45	30.58
PE3	P.E. 3 años	12.02	42.77	30.75
PE4	P.E. 4 años	15.35	44.93	29.58
PE6	P.E. 6 años	16.42	48.16	31.74

PA	P Argentino	14.26	41.36	27.21
PAA	P.A. c/Agric.	14.18	44.51	30.33

R	Rastrojo	7.29	36.05	28.76
RA	R. c/Agric	26.49	54.30	27.51
B	Bosque	6.05	32.9	26.85

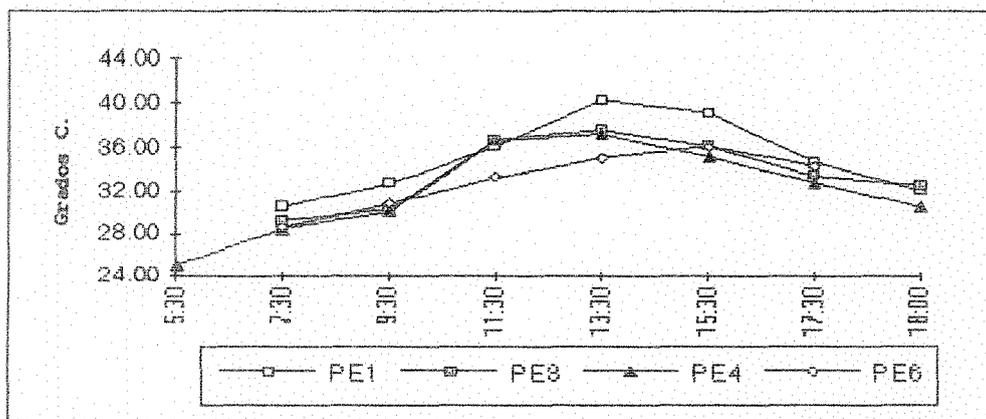




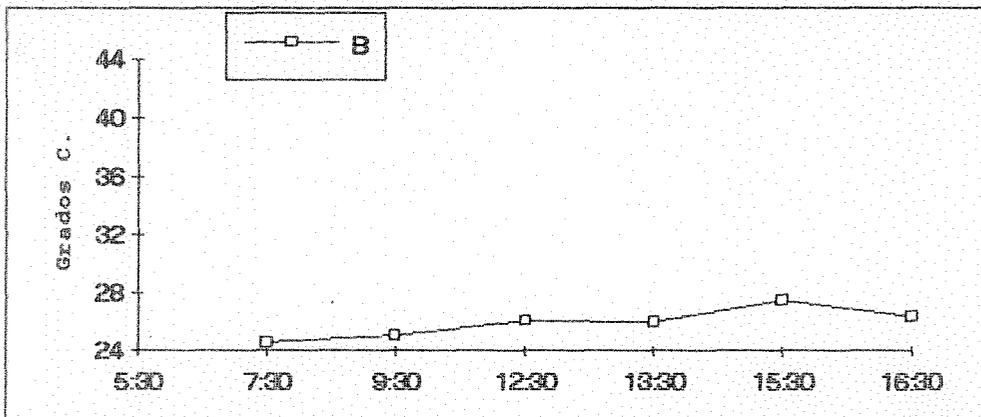
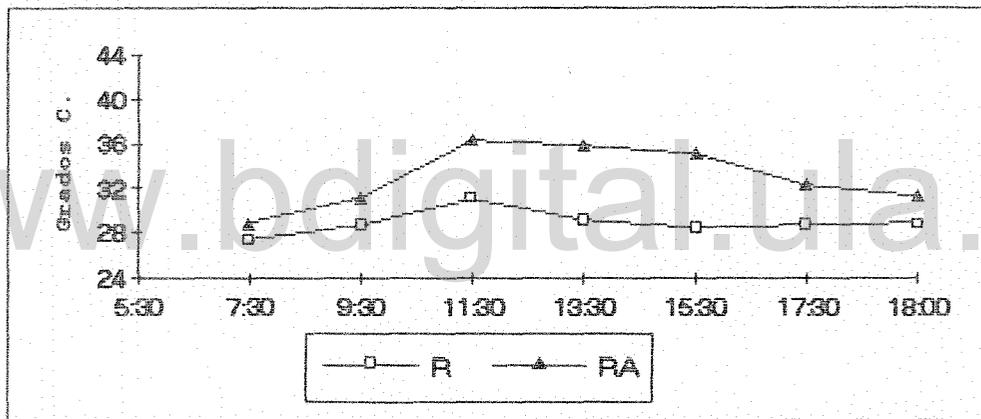
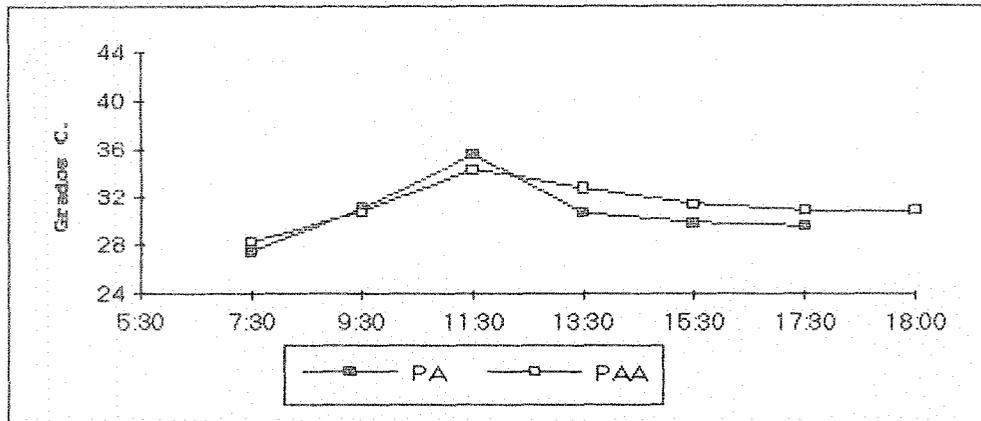
Temperatura del Suelo en Época Lluviosa

Parcelas		HORARIOS DE MEDICIONES							
		5:30	7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:00
PE1	P.E. 1 año		30.46	32.70	36.12	40.22	39.23	34.69	32.07
PE3	P.E. 3 años		29.21	30.21	36.74	37.67	36.18	33.44	32.57
PE4	P.E. 4 años	24.98	28.40	30.02	36.61	37.30	35.18	32.76	30.46
PE6	P.E. 6 años		28.59	30.77	33.25	35.12	36.12	34.31	
PA	P.Argentino		27.47	31.08	35.62	30.64	29.90	29.58	
PAA	P.A. c/Agric.		28.28	30.77	34.31	32.76	31.51	30.95	30.89
R	Rastrojo		27.35	28.65	31.14	29.15	28.53	28.65	28.90
RA	R.c/ Agric.		28.90	31.20	36.37	35.87	35.18	32.32	31.33
		5:30	7:30	9:30	12:30	13:30	15:30	16:30	
B	Bosque		24.61	25.04	26.04	25.98	27.47	26.35	

Parcelas		Rango	Tmp. Máx	Tmp. Mín
PE1	P.E. 1 año	9.76	40.20	30.50
PE3	P.E. 3 años	8.46	37.7	29.2
PE4	P.E. 4 años	8.90	37.3	28.4
PE6	P.E. 6 años	7.53	36.1	28.6
PA	P.Argentino	8.15	35.6	27.5
PAA	P.A. c/Agric.	6.03	34.3	28.3
R	Rastrojo	3.79	31.1	27.3
RA	R. c/Agric	7.47	36.4	28.9
B	Bosque	2.86	27.5	24.6



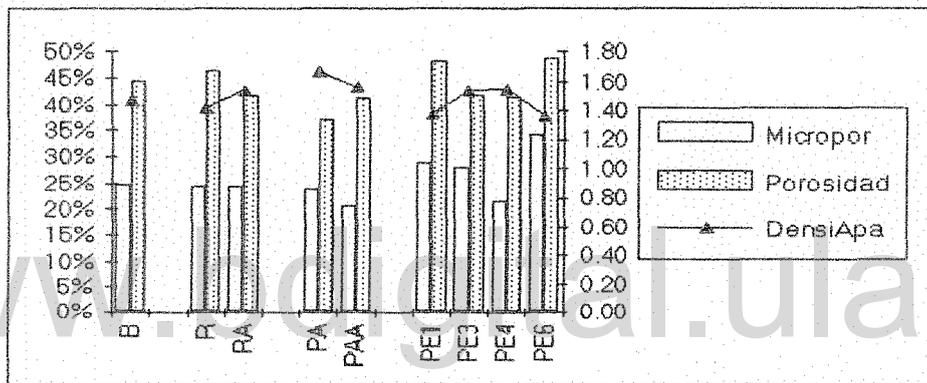
TEMPERATURA DE LAS PARCELAS
ÉPOCA LLUVIOSA



Microporosidad, Porosidad y Densidad Aparente

En la siguiente tabla se presenta la media calculada \pm una desviación estándar.

Parcelas		Microporosidad %	Porosidad %	Densidad Apar. g/cm ³
B	Bosque	25 \pm 0.6	45	1.47 \pm 0.10
R	Rastrojo	24 \pm 0.1	46	1.42 \pm 0.15
RA	R. c/Agric.	24 \pm 0.2	42	1.54 \pm 0.13
PA	P.Argentino	24 \pm 0.3	37	1.67 \pm 0.26
PAA	P.A. c/Agric.	21 \pm 0.2	41	1.56 \pm 0.10
PE1	P.E. 1 año	29 \pm 1.5	48	1.37 \pm 0.07
PE3	P.E. 3 años	28 \pm 0.2	42	1.54 \pm 0.07
PE4	P.E. 4 años	22 \pm 0.3	42	1.55 \pm 0.13
PE6	P.E. 6 años	34 \pm 0.1	49	1.36 \pm 0.19



Tiempo De Infiltración (en horas)

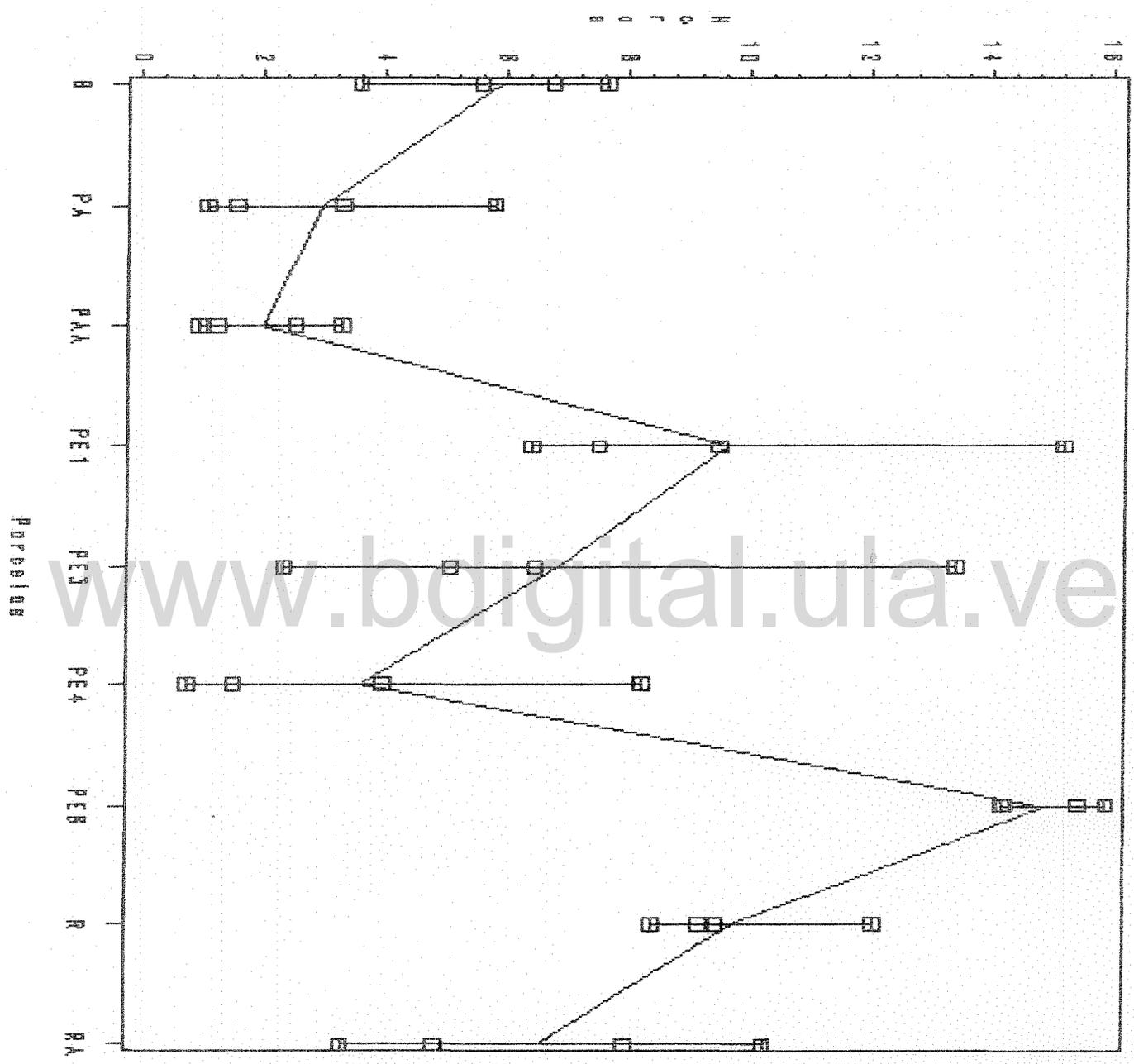
ÉPOCA SECA

	B	PA	PAA	PE1	PE3	PE4	PE6	R	RA
Tamaño de muestra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Media	5.89	2.94	2.01	6.13	6.85	3.64	14.98	9.80	6.62
Desviación Estándar	1.76	2.14	1.11	3.65	4.72	3.38	0.86	1.58	3.13
Mínimo	3.58	1.08	0.94	1.00	2.36	0.78	14.22	8.43	3.33
Máximo	7.65	5.80	3.31	9.52	13.45	8.26	15.93	12.08	10.29
Rango	4.07	4.72	2.37	8.52	11.09	7.49	1.71	3.65	6.96

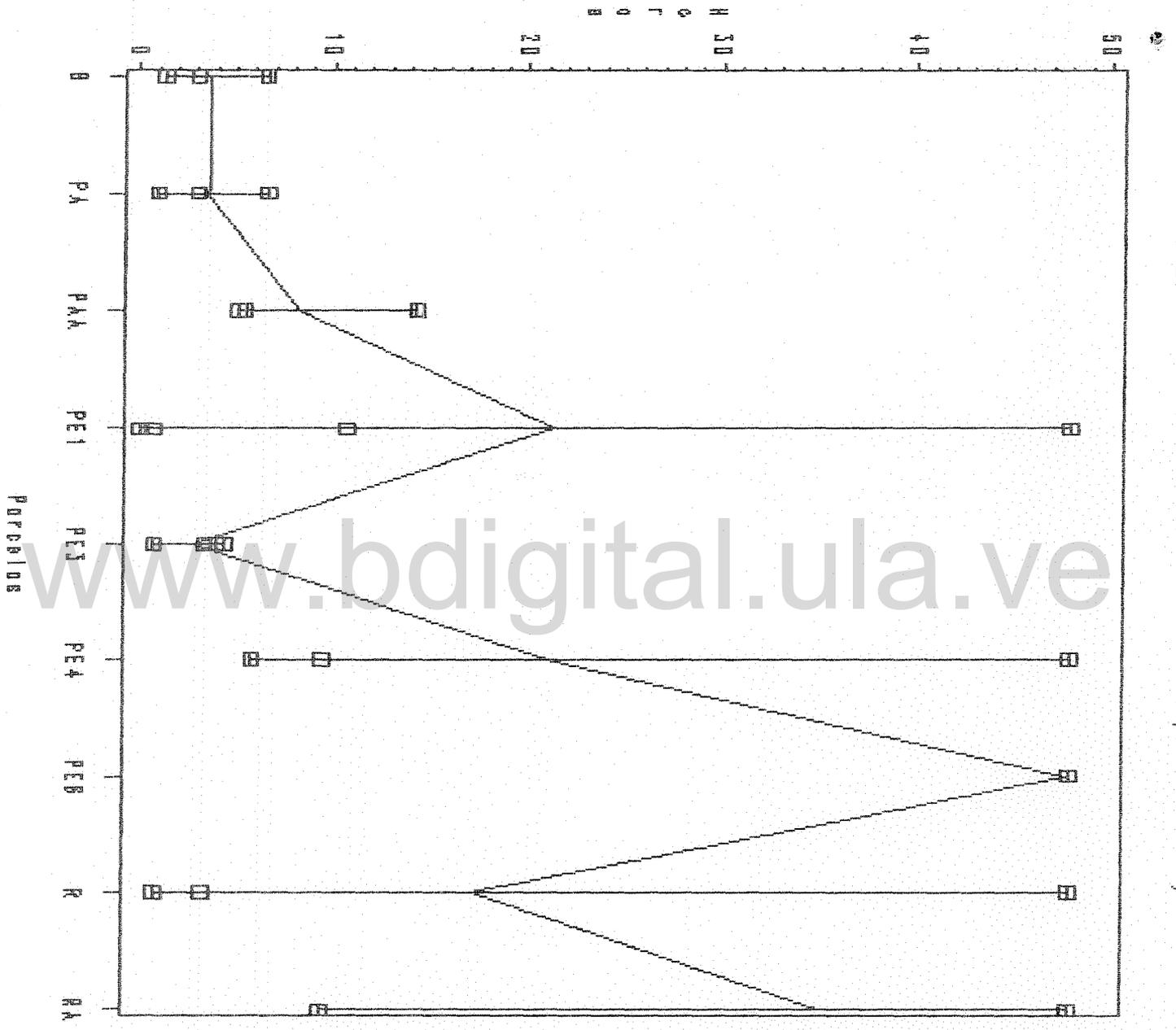
ÉPOCA LLUVIOSA

	B	PA	PAA	PE1	PE3	PE4	PE6	R	RA
Tamaño de muestra	3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Media	3.64	3.55	8.29	21.52	2.91	21.11	48.00	17.43	35.17
Desviación Estándar	2.68	2.88	5.20	24.53	1.87	23.35	0.00	26.50	22.22
Mínimo	1.32	0.97	5.11	0.11	0.82	5.88	48.00	0.91	9.52
Máximo	6.58	6.65	14.29	48.00	4.44	48.00	48.00	48.00	48.00
Rango	5.26	5.68	9.18	47.89	3.61	42.12	0.00	47.09	38.48

Tiempo de Infiltración (Sequia)



Tiempo de Infiltración (Lluvia)



Biomasa Aérea

Parcelas	Biomasa Aérea g/m ²
PE3	178,63
PE4	595,93
PE6	439,33

Nitrógeno Mineral

ÉPOCA SECA		N-NH ₄	N-NO ₃
Parcelas		mg/Kg.Suelo	
B	Bosque	4.92	3.38
R	Rastrojo	9.56	1.21
RA	R. c/Agric.	8.88	1.18
PA	P.Argentino	9.09	1.31
PAA	P.A. c/Agric.	11.24	0.71
PE1	P.E. 1 año	39.47	0.99
PE3	P.E. 3 años	17.91	0.93
PE4	P.E. 4 años	20.49	2.29
PE6	P.E. 6 años	5.89	0.11

ÉPOCA LLUVIOSA		N-NH ₄	N-NO ₃
Parcelas		mg/kg Suelo	
B	Bosque	10.28	0.14
R	Rastrojo	22.68	0.25
RA	R. c/Agric.	7.35	0.75
PA	P.Argentino	11.93	0.09
PAA	P.A. c/Agric.	7.13	0.06
PE1	P.E. 1 año	26.20	0.99
PE3	P.E. 3 años	16.67	0.39
PE4	P.E. 4 años	14.88	0.09
PE6	P.E. 6 años	15.09	0.88

Nitrógeno Mineral
Época: Lluviosa

Parcela	Réplica	mg./Kg. suelo		NH4		NO3		N-NH4	N-NO3
		NH4	NO3	̄	σ	̄	σ		
B	1	12.79	0.58						
	2	12.47	0.48						
	3	13.86	0.88						
RA	4	13.76	0.51	13.22	0.70	0.61	0.18	10.28	0.14
	1	10.95	4.18						
	2	8.28	3.88						
	3	8.57	2.74						
R	4	10.02	2.44	9.45	1.25	3.31	0.85	7.35	0.75
	1	23.20	1.41						
	2	32.32	1.05						
	3	30.95	0.94						
PAA	4	30.17	1.07	29.16	4.07	1.12	0.20	22.68	0.25
	1	8.93	0.27						
	2	9.81	0.27						
	3	7.91	0.31						
PA	4	10.03	0.24	9.17	0.96	0.27	0.03	7.13	0.06
	1	13.61	0.53						
	2	13.63	0.31						
	3	19.67	0.27						
PE1	4	14.43	0.49	15.33	2.91	0.40	0.13	11.93	0.09
	1	33.05	4.30						
	2	32.98	4.07						
	3	36.56	5.08						
	4	32.17	4.11	33.69	1.96	4.39	0.47	26.20	0.99

Nitrógeno Mineral
Época: Lluviosa

Parcela	Replica	mg./Kg. suelo		NH4		NO3		N-NH4	N-NO3
		NH4	NO3	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ		
PE3	1	23.87	2.38						
	2	21.74	1.67						
	3	20.91	1.55						
	4	19.22	1.27	21.44	1.93	1.72	0.47	16.67	0.39
PE4	1	17.08	0.41						
	2	17.54	0.43						
	3	19.47	0.58						
PE6	4	22.45	0.24	19.13	2.44	0.42	0.14	14.38	0.09
	1	16.74	3.91						
	2	16.55	4.04						
	3	17.73	3.45						
	4	26.58	4.13	19.40	4.81	3.88	0.30	15.09	0.88

www.bdigital.ula.edu.ve

Nitrógeno Mineral
Época: Seca

Parcela	Replica	mg/kg. suelo		NH4		NO3		N-NH4	N-NO3
		NH4	NO3	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ		
B	1	5.80	13.93						
	2	6.46	17.32						
	3	5.73	13.51						
	4	7.30	15.17	6.32	0.73	14.98	1.71	4.92	3.38
RA	1	12.75	6.25						
	2	10.98	4.75						
	3	11.56	4.94						
	4	10.28	4.95	11.39	1.04	5.22	0.69	8.86	1.18
R	1	10.16	4.90						
	2	12.24	5.47						
	3	14.40	6.97						
	4	12.37	4.09	12.29	1.73	5.36	1.21	9.56	1.21
PAA	1	14.01	3.35						
	2	14.86	2.91						
	3	14.54	3.37						
	4	14.38	2.88	14.45	0.35	3.13	0.27	11.24	0.71
PA	1	10.99	5.59						
	2	13.18	6.39						
	3	11.29	5.44						
	4	11.31	5.77	11.69	1.00	5.80	0.42	9.09	1.31
PEI	1	47.28	3.97						
	2	49.80	4.60						
	3	52.67	4.62						
	4	53.26	4.40	50.75	2.77	4.40	0.30	39.47	0.99

Nitrógeno Mineral
Época: Seca

Parcela	Replica	mg./Kg. suelo		NH4		NO3		N-NH4	N-NO3
		NH4	NO3	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ		
PE3	1	22.35	4.46						
	2	22.58	3.78						
	3	23.08	3.63						
	4	24.09	4.57	23.02	0.77	4.11	0.47	17.91	0.93
PE4	1	26.34	13.65						
	2	24.63	7.29						
	3	26.84	10.03						
	4	27.56	9.51	26.34	1.25	10.12	2.63	20.49	2.29
PE6	1	6.03	0.48						
	2	8.26	0.52						
	3	7.99	0.45						
	4	8.02	0.46	7.58	1.04	0.48	0.03	5.89	0.11

www.bdigital.ula.ve

Biomasa Microbiana
Época: Lluviosa

Parcela	Réplica	mg N/Kg. suelo (F)	mg N/Kg. suelo (C)	\bar{x} (F)	σ (F)	\bar{x} (C)	σ (C)	mg N/Kg. suelo $(\bar{x}_F - \bar{x}_C) / 0.4$
B	1	58.2015	12.9225	58.1453	5.69	19.4391	4.62	96.7657
	2	58.1487	21.4257					
	3	65.0808	21.0082					
	4	51.1503	22.1998					
RA	1	27.7525	14.5006	28.9272	1.23	15.2449	0.70	34.2057
	2	28.1895	15.0308					
	3	30.5228	16.1679					
	4	29.2438	15.2802					
R	1	76.3431	34.0709	89.4732	13.89	33.3892	0.80	140.2100
	2	85.5806	32.4294					
	3	109.0755	33.0394					
	4	86.8935	34.0181					
PA	1	18.9011	19.4553	20.6765	1.29	17.7721	1.14	7.2610
	2	21.8682	17.4887					
	3	21.2984	17.0347					
	4	20.6382	17.1096					
PAA	1	30.7419	20.8499	30.6714	1.65	22.5327	1.87	20.3467
	2	30.2413	22.1116					
	3	28.8568	25.2011					
	4	32.8457	21.9694					
PE1	1	93.1655	80.1861	94.8606	16.01	80.1189	1.29	36.8543
	2	72.8890	80.8792					
	3	107.9148	78.2732					
	4	105.4731	81.1370					

Biomasa Microbiana
Época: LLUVIOSA

Parcela	Réplica	mg N / Kg. suelo (F)	mg N / Kg. suelo (C)	\bar{x} (F)	σ (F)	\bar{x} (C)	σ (C)	mg N / Kg. suelo $(\bar{x}_F - \bar{x}_C) / 0.4$
PE3	1	79.6412	39.4458					
	2	61.5444	45.1234					
	3	58.1518	47.3101					
	4	56.6861	27.1464					
PE4	1	38.6090	35.2377					
	2	39.5703	30.2936					
	3	39.9151	26.1874					
	4	37.2526	25.9487					
PE6	1	40.2303	20.4560					
	2	46.3923	20.1008					
	3	46.4059	20.2414					
	4	46.3632	22.2225					
				44.8479	3.08	20.7551	0.99	60.2320

www.bogiatula.com

Biomasa Microbiana
Época: Seca

Parcela	Replica	mg N / Kg suelo (F)	(C)	\bar{X} (F)	σ (F)	\bar{X} (C)	σ (C)	mg N/Kg suelo ($\bar{X}_F - \bar{X}_C$) / 0.4
B	1	33.04	10.88	32.00	6.00	10.33	0.48	54.18
	2	27.67	10.02					
	3	40.08	10.58					
	4	27.21	9.84					
RA	1	33.14	17.90	20.61	17.49	15.61	4.23	2.05
	2	36.52	20.61					
	3	27.80	17.49					
	4	36.98	15.61					
R	1	80.25	34.54	110.66	21.95	116.37	25.50	135.30
	2	110.66	21.95					
	3	116.37	38.35					
	4	135.30	25.50					
PAA	1	39.14	18.52	26.92	20.61	21.57	16.13	39.14
	2	26.92	25.44					
	3	36.29	20.61					
	4	21.57	16.13					
PA	1	35.27	16.27	34.27	15.96	31.20	18.71	178.20
	2	34.27	17.37					
	3	32.40	15.96					
	4	31.20	18.71					
PE1	1	178.20	40.88	168.77	43.31	153.26	36.02	46.61
	2	166.30	55.19					
	3	168.77	43.31					
	4	99.79	47.08					

Biomasa Microbiana
Época: Seca

Parcela	Replica	mg N/Kg suelo (F)	(C)	\bar{x} (F)	σ (F)	\bar{x} (C)	σ (C)	mg N/Kg suelo $(\bar{x}_F - \bar{x}_C) / 0.4$
PE3	1	82.72	36.78	74.20	14.97	31.23	5.76	107.42
	2	86.43	23.29					
	3	74.67	31.24					
	4	52.90	33.63					
PE4	1	69.50	28.42	69.70	1.45	25.84	2.56	109.65
	2	68.35	22.59					
	3	71.74	25.13					
	4	69.20	27.22					
PE6	1	42.00	28.04	45.43	3.06	28.49	4.72	42.35
	2	45.43	31.21					
	3	43.80	32.67					
	4	50.49	22.03					

Análisis Químico de los Suelos

ÉPOCA SECA

PARCELA	GRANULOMETRÍA				CLASE TEX.	pH	C orgánico	Mater. Organ.	N total	CIN	P Ext (K ₂ O)
	Arena (a) %	Arilla (A) %	Limo (L) %	Agua 1:1							
B	53.00	17.80	29.2	F.a	6.24	1.48	2.55	0.15	13.07	22.75	
R	39.00	18.20	44.8	F	6.20	2.75	4.74	0.20	13.88	14	
RA	53.00	16.20	30.8	F.a	6.24	2.14	3.69	0.18	15.47	12.25	
PA	61.40	9.80	28.8	F.a	6.23	1.84	3.17	0.14	17.42	0	
PAA	69.00	11.80	19.2	F.a	6.27	1.28	2.21	0.12	21.45	1.75	
PE1	37.00	18.60	44.4	F	6.24	2.75	4.74	0.23	13.05	3.5	
PE3	51.00	18.20	30.8	F.	6.56	2.19	3.78	0.18	17.2	29.75	
PE4	61.00	14.20	24.8	F.a	6.33	1.79	3.09	0.17	19.57	10.5	
PE6	17.40	18.20	64.4	F.L	5.96	2.55	4.4	0.25	10.72	24.5	

PARCELA	Satur. Bases %	BASES CAMBIABLES					
		C.I.C meq/100mg	Ca meq/100mg	Mg meq/100mg	K meq/100mg	Na meq/100mg	
B	48.15%	6.75	1.78	1.09	0.27	0.11	
R	51.88%	8.5	2.67	1.29	0.33	0.12	
RA	54.71%	8.5	2.75	1.19	0.6	0.11	
PA	55.50%	6	1.88	1	0.32	0.13	
PAA	52.00%	4.5	1.26	0.67	0.3	0.11	
PE1	56.42%	9.5	2.68	1.94	0.6	0.14	
PE3	61.06%	8.5	2.53	1.97	0.58	0.11	
PE4	55.54%	6.5	2.14	0.9	0.42	0.15	
PE6	54.67%	11.25	3.37	1.81	0.82	0.15	

Análisis Químico de los Suelos

ÉPOCA LLUVIOSA

PARCELA	GRANULOMETRÍA			CLASE TEX.	pH Agua 1:1	C orgánico %	Mater. Organ. %	N total	CN	P Ext (KB) ppm
	Arena (a) %	Arcilla (A) %	Limo (L) %							
B	58	12	30	F.a	5.2	1.83	3.15	0.14	13.07	11.9
R	44	10	46	F	5.42	2.36	4.07	0.17	13.88	7.7
RA	58	14	28	F.a	5.88	2.63	4.54	0.17	15.47	16.1
PA	68	6	26	F.a	5.59	2.09	3.61	0.12	17.42	11.9
PAA	68	8	24	F.a	5.49	2.36	4.07	0.11	21.45	7.7
PE1	36	18	46	F	5.65	2.74	4.72	0.21	13.05	18.2
PE3	54	16	30	F.a	5.7	2.58	4.44	0.15	17.2	7.7
PE4	64	12	24	F.a	5.81	2.74	4.72	0.14	19.57	18.9
PE6	28	18	54	F.L	5.75	1.93	3.33	0.18	10.72	2.8

PARCELA	Satur. Bases %	Acidez	Al	H	C.I.C meq/100mg	BASES CAMBIABLES				
						Ca meq/100mg	Mg meq/100mg	K meq/100mg	Na meq/100mg	
B	44.83%	0.08	0.05	0.03	7.45	1.35	1.6	0.28		0.11
R	54.10%	0.00	0.00	0.00	9.15	2.89	1.64	0.3		0.12
RA	74.92%	0.05	0.03	0.02	9.25	4.8	1.7	0.32		0.11
PA	42.86%	0.00	0.00	0.00	6.3	1.25	1.07	0.25		0.13
PAA	45.09%	0.00	0.00	0.00	5.7	1.09	1.02	0.35		0.11
PE1	61.48%	0.05	0.03	0.02	11.45	3.99	2.19	0.72		0.14
PE3	40.63%	0.05	0.03	0.02	9.45	1.92	1.39	0.42		0.11
PE4	47.03%	0.05	0.03	0.02	7.25	1.66	1.16	0.44		0.15
PE6	55.50%	0.04	0.02	0.02	10.45	3.22	2.07	0.36		0.15

BIBLIOGRAFÍA

- Acea M. J. (et al.) 1992. Fumigation-extraction method to estimate microbial biomass in heated soils. *Soil Biol. Biochem.* 24 (3) : 259 - 264.
- Acevedo, Dimas. 1994. *Metodología para la determinación del nitrógeno en materiales ecológicos*. CIELAT. ULA. Mérida.
- Agen G.I. y E. Bosatta. 1994. Theoretical analysis of microbial biomass dynamics in soils. *Soil Biol. Biochem.* 26 (1) : 143 - 148.
- Alegre J.C., D.K. Cassel y D.E. Bandy. 1986. Effects of land clearing and subsequent management on soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal* 50: 1379-1384.
- Alvim, Paulo de T. 1978. Potencial de la producción agrícola en la región amazónica. En *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Editado por Luis E. Tergas y P. Sánchez. CIAT. Cali.
- Anderson, A.P. 1992. *Alternativas a la deforestación. Pasos hacia un uso sustentable de la selva amazónica*. Fundación Natura. Quito.
- Anderson T.H. y Domsch K.H. (1989). Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.* 21: 471-479.
- Andreux F. (et al.). 1994. Organic carbon and ¹³C contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. *Geoderma* 61: 103-118.
- Arends E., J. Guevara, O. Carrero. 1993. Características de la vegetación de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Caparo. En: *Informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR N° 21. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.

- Attiwill Peter M. 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* 63 : 247-300.
- Basu S. y N. Behera.1993. The effect of tropical forest conversion on soil microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils* 16 (4) : 302-304.
- Bonde T.A., Schnurer J., Rosswall T. (1988). Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. *Soil Biology & Biochemistry* 20 : 447-452.
- Bonde T.A., Regina C.C. Luizao y T. Rosswall. 1992. Seasonal variation of soil microbial biomass -the effects of clearfelling a tropical rainforest and establishment of pasture in the Central Amazon. *Soil Biology and Biochemistry*. 24 (8) : 805-813.
- Bricefio M, Octavio. 1993. Algunas ideas sobre el componente social, relacionadas con la propuesta de creación de la Reserva de Biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas. En: *Informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR N° 21. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Buschbacher R., C. Uhl y E.A.S. Serrao. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76 : 663-681.
- Buschbacher R., C. Uhl y E.A.S. Serrao. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology* 76 : 682-699.
- Buschbacher Robert J. 1984. Deforestation for sovereignty over remote frontiers. Government-sponsored pastures in Venezuela near the Brazilian border. En *Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities*. Springer-Verlag. New York.
- Buschbacher R.J., C. Uhl y E.A.S. Serrao. 1984. Large scale development in eastern Amazonia. Pasture management and environmental effects near Paragominas, Pará. En

Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities. Springer-Verlag, New York.

- Catalán, Américo. 1993. El proceso de deforestación en Venezuela entre 1975 - 1988. En *Ambiente* 49. FUNDAMBIENTE.

- Carter M.R. y MacLeod J.A. (1987). Biological properties of some Prince Edward Island soils: relationship between microbial biomass nitrogen and mineralizable nitrogen. *Can. J. Soil Sci.* 67 : 333-340.

- Cerri, Carlos C., Boris Volkoff y Francis Andreux. 1991. Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus. *Forest Ecology and Management* 38 : 247-257.

- CORPOANDES. 1968. *Proyecto Alto Llano Occidental*. v2. Mérida.

- Chartres C.J. y J. Williams. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics 1. Managing the soil resource. *Tropical Grasslands* 25 : 73-84.

- Daubemire, R. 1972. Some ecologic consequences of converting forest to savanna in northwestern Costa Rica. *Tropical Ecology* 13 : 31-51.

- Davies de Freitas, Maria de Lourdes. 1989. Desmatamento na Amazonia: causas, efeitos e solucoes. *Interclencia* 14 (6) : 298 - 303.

- De las Salas, Gonzalo. 1987. *Suelo y ecosistemas forestales : con énfasis en América Tropical*. IICA. San José.

- Detwiler, R.P. 1986. Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils. *Biogeochemistry* 2 : 67 - 93.

- Dias Filho, Moacyr Bernardino y E. A. Souza Serrao. 1982. *Recuperacao, melhoramento e manejo de pastagens na regio de Paragominas, Para: resultados de pesquisa e*

algumas informacoes práticas. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Umido. Belem, Para.

- Dewies, J. y F. Fretes. 1970. *Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas*. FAO. Roma.

- Domsch K.H.; H. Insam y D. Parkinson. 1989. Influence of macroclimate on soil microbial biomass. *Soil. Biol. Biochem.* 21 (2) : 211 - 221.

- Duchaufour P. 1961. *Manual de edafología*. Torray-Masson.

- Falesi, Italo Claudio. 1976. *Ecossistema de pastagem cultivada na Amazonia Brasileira*. CPATU. Boletín Técnico No. 1. Belem.

- FAO. 1953. *El pastoreo y los montes*. FAO. Roma.

- Farnworth, Edward G. 1977. *Ecossistemas frágiles : evaluación de la investigación y aplicaciones en los neotrópicos* / compilado por E.G. Farnworth y Frank Bau Golley. Fondo de Cultivo Económico. México.

-Fearnside P.M. 1993. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land tenure. *Ambio* 22 (8) : 537-545.

- Fearnside P.M. 1990. Usos predominantes de la tierra en la Amazonia Brasileira. En *Alternativas a la deforestación*. Coordinado por Anthony Anderson. Fundación Natura. Quito.

- Fearnside P.M. 1989. Deforestation and agricultural development in Brazilian Amazonia. *Interciencia* 14 (6) : 291-297.

- Fearnside, P.M. 1987. Causes of deforestation in the Brazilian Amazon. En *The geophysiología of Amazonia: vegetation and climate interactions*. Edited by Robert E. Dickinson. John Wiley & Sons. New York.

- Fearnside, P.M. 1985. Agriculture in Amazonia. En G.T. Prance and T.E. Lovejoy. (Eds.) *En Amazonia*. Pergamon. Oxford. England.
- Fearnside P.M. 1980. The effects of cattle pasture on soil fertility in the Brazilian Amazon: consequences for beef production sustainability. *Tropical Ecology* 21 (1) : 125-137.
- Finol Urdaneta, H. 1994. Comparación de tres formas de deforestación en relación con la conservación y manejo de suelos en bosques húmedos tropicales. *III Congreso Venezolano de las Ciencias del Suelo*. Mérida
- Firestone M.K.; L.E. Jackson y J.P. Schimel. 1989. Short-term partitioning of ammonium and nitrate between plants and microbes in an annual grassland. *Soil.Biol.Biochem.* 21 (3) : 409 -415.
- Folster, Horst. 1994. Stability of forest ecosystems in the humid tropics. *Interciencia* 19 (6) : 291 - 296.
- Forsythe, W. 1975. *Física de suelos. Manual de laboratorio* . IICA. San José.
- Franco, Wilfredo. 1978. *Fenología de especies forestales en Caparo. Su relación con el clima y el bosque: su importancia para el manejo de bosque* . ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Mérida
- Franco, Wilfredo. 1979. *Producción de hojarasca en varios tipos de bosques de Caparo: su ritmicidad durante el año; su composición química; su relación con el mantillo orgánico sobre el suelo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Mérida.
- Franco, Wilfredo. 1982. *Estudio y levantamiento de sitios con fines de manejo forestal en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Mérida.

- Franco W. y H Folster. 1982. Estudio de los suelos de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas, con énfasis en las propiedades físicas y el régimen hídrico de los mismos. *VII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. San Cristóbal. Táchira.
- Gerold, Gerhard. 1994. Pedo-ecological changes of tropical forest-soils by different land-use impacts. *Interciencia* 19 (6) : 297 - 301.
- Ghuman B.S., R. Lal y W. Shearer. 1991. Land clearing and use in the humid Nigerian tropics: I. Soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal* 55 : 178-183.
- Ghuman B.S. y R. Lal. 1991. Land clearing and use in the humid Nigerian tropics: II. Soil chemical properties. *Soil Science Society of America Journal* 55 : 184-188.
- Gimenez, F.S. 1971. *Sucesión vegetal en las márgenes del río Caparo*. ULA. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida.
- Golley, F.B. 1983. *Tropical rain forest ecosystems : structure and function*. Elsevier Scientific Pub. (Ecosystems of the World ; 14 A). Amsterdam.
- Graffe, Werner. 1977. *Estudio de la estructura y dinámica en bosques secundarios jóvenes de los Llanos Occidentales de Venezuela*. Resumen de Tesis Doctoral de la Universidad de Gottingen-Alemania. Traducción del alemán por Wilfredo Franco.
- Grove T.L. y D.J. Lathwell. 1986. Soil-plant relationships in the tropics. *Ann. Rev.Ecol. Syst.* 17 : 1 - 16.
- Gutiérrez, Nelly J, Jorge E. Sosa y Mirian Y. de Rosales. 1988. *Prediagnóstico del estado de intervención de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. CORPOANDES. Gerencia de Planificación y Coordinación. Mérida.
- Guzmán P., José E. 1988. *Pastos y forrajes de Venezuela*. Espasandi editores. Caracas.

- Hase, H. y H. Folster. 1982. Bioelement inventory of a tropical (semi) evergreen seasonal forest on eutrophic alluvial soils, Western Llanos, Venezuela. *Acta Ecologica, Oecologia Plantarum* 3(17) : 331-346.
- Hase, H. y H. Folster. 1983. Impact of plantation forestry with teak (*tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. *Forest Ecology and Management* 6 : 33 - 57.
- Hecht S. , R. Norgaard y G. Possio. 1988. The economics of cattle ranching in eastern Amazonia. *Interciencia* 13 (5) : 233-240.
- Hecht, Susanna B. 1993. The logic of livestock and deforestation in Amazonia. *Bioscience* 43 (10) : 687-695.
- Henrot J. y G.P. Robertson. 1994. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: effect on microbial biomass. *Soll Biology and Biogeochemistry* 26 (1) : 111-116.
- Hernández Peña, Clemente y José R. Guevara González. 1994. *Especies vegetales de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida .
- Herrera R. (et al.). 1978. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia* 3 (4) : 223-231.
- Hoyer S., Orlando (et al.). 1976. *Estudio de algunas fases de una sucesión primaria en las márgenes del río Caparo en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida.
- Houghton R.A., Leikowitz D.S., Skole D.C. (1991). Changes in the lanscape of Latin America between 1850 and 1985. Progressive loss of forests. *For. Ecol. Manage.* 38 : 143-172.

- Jordan, Carl F. 1982. Nutrien cycling index of an Amazonian rain forest. *Acta Oecologica* 3 (3) : 393 - 400.
- Jordan, Carl F. 1984. Shifting cultivation. Slash and burn agriculture near San Carlos de Rio Negro, Venezuela. En *Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities*. Springer-Verlag. New York.
- Jordan, Carl. 1987. *Amazonian rain forests : ecosystem disturbance and recovery : case studies od ecosystem dynamics under a spectrum of land use-intensities*. Springer-Verlag. New York.
- Juma N.G. y P.M. Rutherford. 1992. Influence of texture on habitable pore space and bacterial-protozoan populations in soil. *Biol. Fertl. Soils*. 12 : 221 - 227.
- Junk, Wolfgang J. 1988. The use of Amazonia floodplains under an ecological perspective. *Interciencia* 14 (6) : 317 - 322.
- Jurgenson T, Otto R. 1994. *Mapa de vegetación y uso actual del área experimental de la Reserva Forestal de Caparo. Estado Barinas*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR N° 22. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Keller M. (et al). 1993. Nitrate limitation of N₂O production and denitrification from tropical pasture and rain forest soils. *Biogeochemistry* 22 : 179-193.
- Krebs J.E. (1975). A comparison of soils under agriculture and forests in San Carlos, Costa Rica. pp.381-390. En: F.B.Golley and E.Medina (eds). *Tropical Ecological Systems - Trends in Terrestrial and Aquatic Research*. Springer-Verlag, New York. 398 p.
- Lal, R. 1987. *Tropical ecology and physical edaphology*. John Wiley&Sons. Chichister. Great Britain.

- Lavelle P. y B. Pashanasni. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* 33 : 283-291.
- Linares D., Julio C. 1992. *Evaluación de los cambios producidos en algunas propiedades del suelo por efectos del aprovechamiento forestal en cuatro rodales de la Unidad 1 de la Reserva Forestal de Caparo. Estado Barinas. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.*
- Lugo, Ariel E. 1988. Uso de las zonas boscosas de América Tropical. *Interciencia* 13 (6) : 288 - 295.
- Lugo et al. 1986. Land use and organic carbon content of some tropical land clearing. *Global Biogeochem. Cycles* 3 : 281 - 285.
- Luizao F., Matson P., Livingston G., Luizao R. & Vitousek P. (1989). Nitrous oxide flux following tropical land clearing. *Global Biogeochem. Cycles* 3 : 281-285.
- Malagón Castro, Dimas. 1976. *Propiedades físicas de los suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2da. ed. Bogotá.
- Marquez M., Víctor A. 1989. *Apuntes sobre análisis multivariante*. ULA. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Instituto de Estadística Aplicada y Computación. Mérida.
- Marques, José; L.C. B. Molion y Eneas Salati. 1978. Origem e distribucao das chuvas na Amazonia. *Interciencia* 3 (4) : 200 - 205.
- McNaughton S.J. 1993. Grasses and grazers, science and management. *Ecological Applications* 3 (1) : 17 - 20.
- Matteucci, Silvia y Aída Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. OEA. Washington.

- Molinillo, Marcelo Fernando. 1992. *Pastoreo en ecosistemas de páramo: estrategias culturales e impacto sobre la vegetación en la cordillera de Mérida*. ULA. Facultad de Ciencias. Postgrado en Ecología Tropical. Mérida.
- Monasterio M., G. Sarmiento y O.T. Solbrig. 198?. *Comparative studies on tropical mountain ecosystems*. Planning for research. Unesco MAB. Special issue-12.
- Monasterio M., G. Sarmiento y J. Silva. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. III El Sur del Estado Barinas. *Acta Científica Venezolana* 22 : 153 - 169.
- Moran, Emilio F. 1993. Deforestation and land use in the Brazilian Amazon. *Human Ecology* 21 (1) : 1-21.
- Moreno O., Camilo. 1992. *Fundamentos de geomorfología*. Trillas . UAAAN. México.
- Mosquera L., Libardo. 1985. *Examen y descripción de los suelos en el campo*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección agrológica Bogotá.
- Murgueitio, E. 1990. Intensive sustainable livestock production: alternative to tropical deforestation. *Ambio* 19 (8) : 397-399.
- Myers R.J. y G.B. Robbins. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics 5. Maintaining productive sown grass pastures. *Tropical Grasslands* 25 : 104-110.
- Myers N. (1991). Tropical forests: present status and future outlook. *Climatic Change* 19 : 3-32.
- Nepstad Daniel C., Christopher Uhl y Emanuel Serrao. 1991. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20 (6) : 248-255.
- Nobre C.; J. Shukla y P. Sellers. 1990. Amazon deforestation and climate change. *Science* 47 : 1322 - 1325.

- Norero, Aldo. 1975. *Lecciones de física de suelos*. CIDIAT. Mérida.
- Ohta, Seiichi 1990. Influence of deforestation on the soils of the Pantabangan Area, Central Luzon, the Philippines. *Soil Science and Plant Nutrition* 36 (4) : 561-573.
- Paul, E. A. 1984. Dynamics of matter in soils. *Plant and Soil* 76 : 275 - 285.
- Paul, Eldor Alvin y F.E. Clark. 1988. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press: San Diego. USA.
- Pernía E. 1993. *Caracterización de la vegetación de la Reserva Forestal de Caparo a través de imágenes TM de Landsat*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Pla Sentis, Ildelfonso. 1970. *Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales*. UCV. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay.
- *Plan de manejo para Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo: Contrato PROG. 74-007*. 1976. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado. Mérida.
- Pulido Pereira H. 1968. *Algunos tipos de vegetación en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Reiners, W.A. (et al.). 1994. Tropical rain forest conversion to pasture: changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications* 4 (2) : 363-377.
- Risse Paul G. 1993. Making ecological information practical for resource managers. *Ecological Applications* 3(1) : 37 - 38.
- Rittenhouse L.R. y M.J. Trlica. 1993. Grazing and plant performance. *Ecological Applications* 3 (1) : 21 - 23.

- Robertson G.P. 1984. Nitrification and nitrogen mineralization in a lowland rainforest succession in Costa Rica, Central America. *Oecologia* 61 : 99-104.
- Robertson G.P. y J.M. Tiedje. 1988. Deforestation alters denitrification in a lowland tropical rain forest. *Nature* 336 (22, 29) : 756 -759.
- Rodgers W.A. 1990. Livestock feeding ecology in forest lands: methodologies and initial results. *Tropical Ecology* 31 (2) : 50-58.
- Rojas López, José J. 1987. *La colonización agraria de las reservas forestales: los casos de Ticoporo y Caparo*. ULA. Departamento de Geografía Humana. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Rosales S., Víctor M. 1982. *Clasificación de sitios para teca en plantaciones de la Reserva Forestal de Caparo, en base a criterios edáficos*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Sánchez et al. 1982. Permanent plots for agriculture and forestry. Continuous cropping with fertilizers. En *Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities*. Springer-Verlag. New York.
- Sarmiento, G., M.Monasterio y J.Silva. 1971. Reconocimiento ecológico de los llanos occidentales. I Las unidades ecológicas regionales. *Acta Científica Venezolana* 22 : 52 -61.
- Serrao E.A.S. y J.M. Toledo. 1990. La búsqueda de la sustentabilidad en pasturas amazónicas. En *Alternativas a la deforestación*. Coordinado por Anthony Anderson. Fundación Natura. Quito.
- Serrao, E. A. S. y A. K. Oyama Homma. 1982. *Recuperacao e melhoramento de pastagens cultivadas em área de floresta amazônica*. EMBRAPA. CPATU. Belem, Para

- Singh J.S., Raghubanshi A.S., Singh R.S., Srivastava S.C. (1989). Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature* (London) 338 : 499-500.
- Silva J., M. Monasterio y G. Sarmiento. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. II El Norte del Estado Barinas. *Acta Científica Venezolana* 22 : 61 - 72.
- Sing J.S. y S.C. Srivastava .1991. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-uses and nutrien flux. *Soil Biology and Biochemistry* 23 (2) : 117-124.
- Sioli, Harald. 1988. Introducao ao Simposio "Amazonia: desflorestamento e possiveis efeitos. *Interclencia* 14 (6) : 286 - 290.
- Sioli, Harald. 1991. Introduction to the Symposium: Amazonia-deforestation and possible effects. *Forest Ecology and Management* 38 : 123-132.
- Snaydon, R. W. 1987. *Managed grasslands : analytical studies*. Amsterdam : Elsevier. (Ecosystems of the World ; 17 B)
- Sparling, G.P. (et al.). 1994. A comparison of soil and microbial carbon, nitrogen, and phosphorus contents, and macro-aggregate stability of a soil under native forest and after clearance for pastures and plantation forest. *Biology and Fertility of Soils* 17 (2) : 91-100.
- Sparling G.P., Shepherd T.G., Kettles H.A. 1992. Changes in soil organic C, microbial C and aggregate stability under continuous maize and cereal cropping, and after restoration to pasture in soil from the Manawatu region, New Zealand. *Soil Tillage Res.* 24 : 225 - 241.
- Suarez, Arlene. 1991. *Análisis de cinco tipos de comunidades presentes en la pica 8 auxiliar de la Reserva Forestal de Caparo mediante métodos multivariantes*. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado. ULA. Mérida
- Teitzel, J.K. 1992. Sustainable pasture systems in the humid tropics of Queensland. *Tropical Grasslands* 26 : 196-205.

- Toledo, Víctor M. 1990. Bio-economics costs. En *Development or destruction: the conversion of tropical forest to pasture in Latin America*. Edited by T. E. Downing et al. US Man and The Biosphere Program.
- Torres A. 1974. *Ensayo de especies en la Unidad I de Caparo*. Tesis Magister. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida.
- Torres L., Armando. 1993. *Informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR. No. 21. Mérida.
- Tudela, Fernando. 1990. *Desarrollo y medio ambiente en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
- ULA-CDCH. 1976. Folster Horst y Wilfredo Franco. *Variaciones en la dinámica del agua en el suelo y su influencia sobre la vegetación boscosa y su periodicidad*. Informe de avance. Proyecto FO-36-76. Mérida.
- ULA-CORPOANDES. 1973. *Programa de investigación forestal con fines de manejo en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. CORPOANDES. Mérida.
- Van Veen J.A. y Van Elsas J.D. 1986. Impact of soil structure on the activity and dynamics of the soil microbial population. En *Perspectives in microbial ecology. Proceeding of the fourth international Symposium on microbial ecology* (F. Megusar and M. Gantar, eds.), pp 481-488. Malinska knjiga. Ljbljana.
- Vega Pulido, G. 1967. *Análisis estructural y de regeneración de dos hectáreas de la formación banco en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. Tesis Ing. Forestal. ULA. Mérida.
- Veldkamp E. 1994 Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science Society of America Journal* 58 : 175-180.

- Vera M., Mauricio. 1990. *El cambio de uso de tierra y su efecto sobre las propiedades de los suelos en ambientes de selvas nubladas*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales. Mérida.

- Vila, M.A. 1963. *Aspectos geográficos del Estado Barinas*. Corporación Venezolana de Fomento. Caracas.

- Vincent, Larry. 1970. *Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado. ULA . Mérida.

- Vitousek Peter M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65 (1) : 285 - 298.

- Vitousek Peter M. y P. A. Matson. 1988. Nitrogen transformations in a range of tropical forest soils. *Soil Biology and Biogeochemistry* 20 (3) : 361 - 367.

- Vitousek P. y R.L. Sanford Jr. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17 : 137 - 167.

- Vitousek P.M. y Matson P.A. (1984). Mechanisms of nitrogen retention in forest ecosystems: a field experiment. *Science* 225: 51-52.

- Westin, F. 1987. *Los principales suelos de Venezuela*. FAO. Roma .

- White C.S. y Gosz J.R. (1987). Factors controlling nitrogen mineralization and nitrification in forest ecosystems in New Mexico. *Biology and Fertility of Soils* 5 : 195-202.

- Yépez de Rosales, Miriam. 1989. *Censo de ocupantes de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. CORPOANDES. Mérida.