

S592.8
D53

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
CENTRO DE ESTUDIOS FORESTALES DE POSTGRADO

DINAMICA DE LA MATERIA ORGANICA, NUTRIENTES Y REGIMEN DEL AGUA EN EL SUELO EN TRES ECOSISTEMAS FORESTALES (Bosque Natural Intervenido), Plantación de Teca y de Pinos) EN LA RESERVA FORESTAL DE TICOPORO EDO. BARINAS, VENEZUELA.

DIGITALIZADA

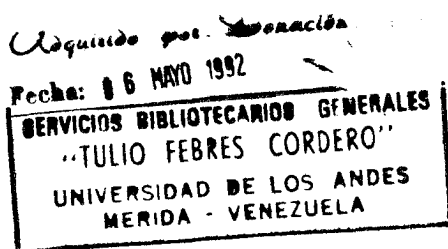
<http://tesis.ula.ve>

www.bdigital.ula.ve

Ing. Agr. CARLOS ENRIQUE DIAZ ROSALES

Asesor: Dr. WILFREDO FRANCO

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Magister Scientiae en la opción Manejo de Cuencas.



SERBIULA - TULIO FEBRES CORDERO



S592.8 D53

MERIDA, VENEZUELA

1991

A mi esposa Cecile y mis hijos Carlos, Christina,
y Cesar.

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTO

A la Comisión de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de los Andes y a la empresa CONTACA por el financiamiento de este proyecto de investigación.

Al profesor Wilfredo Franco por su valiosa ayuda en la preparación y ejecución del trabajo, su paciencia y constante estímulo en mi formación como investigador y por su gran calidad humana.

Al Ing. For. Domingo Rodríguez de la Empresa CONTACA por su empeño y diligencia en la consecución del proyecto, así mismo a los Ings. Giovanni Perez y Alcira Ramirez, jefes de campo en su oportunidad, por la valiosa colaboración en la logística del trabajo.

Al Dr. Ernesto Medina (IVIC) por su valiosa colaboración en la realización del análisis químico de las muestras hojarasca y mantillo, así como al personal del laboratorio de suelos de esa institución.

A la Dr. Elvira Cuevas (IVIC) por sus aportes en la discusión del trabajo.

Al prof. Mariano Duran por su valiosa colaboración en el manejo estadístico de la información.

Al Sr. Hector Uzcategui, técnico del laboratorio de Física de Suelos del Instituto de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales. ULA., por su ayuda en la preparación y recolección del material de campo y de laboratorio. A las Sras. Esther de Ojeda y Sonia Ojeda y a la Srta. Sara Ojeda por su valiosa colaboración en la preparación de las muestras de hojarasca y mantillo.

Al Sr. German Díaz por la realización del trabajo de dibujo; al Sr. Hector Flores quien proporcionó la información climática.

Al personal Técnico y obrero de campamento Miri de la empresa CONTACA por su inestimable colaboración en la obtención de las muestras de hojarasca, mantillo y suelo, actividad principal para el logro de las metas del trabajo presentado.

A todas aquellas personas que en diversas circunstancias prestaron su ayuda desinteresada en la realización de este trabajo.

LISTA DE CUADROS

Nº	DESCRIPCION	PAG.
1	Parámetros de la vegetación en tres sitios diferentes. Unidad II. Reserva Forestal de Ticoporo. (promedios de tres parcelas de 25 x 25 m, DAP > 10 cm).	19
2a	Biomasa de Raíces Finas (ton/ha), en dos fechas de colección (02.04.87 y 11.08.87), en los tres sitios de estudio.....	26
2b	Inventario de raíces finas, de 0-20 cm de profundidad, del 19.12.86 al 20.03.87.....	26
3	Caída Total Anual de Hojas (gr/m ² /año).....	31
4	Caída Total Anual de Ramas Finas $\varnothing < 2.0$ cm (gr/m ² /año).....	31
5	Caída Total Anual de Flores, Frutos y Semillas (gr/m ² /año).....	32
6a	Caída Total Anual de Hojarasca (gr/m ² /año).....	32
6b	Análisis de varianza. Caída total anual de hojarasca (gr/m ² /año).....	35
7	Caída Total Anual de Hojarasca (promedio) en los tres sitios de estudio (24 colectores por sitio).....	35
8a	Cantidades totales de N, K, Ca, Mg y P Incorporadas al suelo con la hojarasca durante un año. (Kg/ha/año).....	61
8b	Proporciones relativas de los elementos en los tres sitios de estudio.....	61
9	Porcentajes del peso total del Mantillo Orgánico, por Horizontes y en 3 fechas diferentes (%).....	67
10	Variación del Mantillo Orgánico en tres ecosistemas forestales. Periodo del 8.4.87 al 1.9.87 y 1.9.87 al 8.4.88.....	67
11	Mantillo Orgánico. Epoca de Sequia(8.4.88) Concentración de Elementos.(mg/g).....	73

12	Mantillo Orgánico. Epoca de Lluvias (1.09.87) Concentración de Elementos(mg/g).....	75
13	Mantillo Orgánico.Epoca de Sequía(8.04.87) Cantidades de Elementos (kg/ha).....	78
14	Mantillo Orgánico. Epoca de Lluvias (1.09.87) Cantidades de Elementos (kg/ha).....	80
15	Peso Remanente (% del peso original) en Bolsas de Descomposición en los tres Sitios de Estudio.....	84
16	Reservas Totales de Bioelementos en el Suelo Mineral de Ticoporo y otras Localidades (prof. 0-30 cm).....	104
17	Concentración de Nutrientes en la Biomasa de Hojas Verdes y Acículas en algunos Bosques Tropicales y Templados. (mg/g).....	134
18	Incorporación de Bioelementos a través de la Hojarasca en algunos Bosques Tropicales (kg/ha/año).....	146

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE FIGURAS

Nº	DESCRIPCION	PAG.
1	Localización del Área de Estudio (Unidad II de la Reserva Forestal de Ticoporo).....	6
2	Climadiagrama Estación EMLLCA.....	7
3	Follaje Presente en las Copas de las Especies Forestales (%), en los Tres Sitios de Estudio en Función de la Precipitación.....	23
4	Distribución Vertical de la Biomasa de Raíces Finas ($\phi < 2.0$ mm) en dos Fechas de Colección y tres Sitios (ton/ha).....	29
5	Caída de Hojas (kg/ha/ 2 semanas).....	37
6	Caída de Ramas Finas (kg/ha/ 2 semanas)....	41
7	Caída de Flores, Frutos y Semillas.... (kg/ha/ 2 semanas).	43
8	Caída de Hojarasca, Valores Promedios (tres parcelas, 24 colectores por sitio) (kg/ha/ 2 semanas).....	44
9	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Hojas) Bosque Natural Intervenido (mg/g).....	46
10	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Hojas) de Pino (mg/g).....	48
11	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Hojas) de Teca (mg/g).....	49
12	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Ramas Finas) del Bosque Natural Intervenido (mg/g).....	51
13	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Ramas Finas) de Pino (mg/g)...	53
14	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Ramas Finas) de Teca (mg/g)...	54
15	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Flores + Frutos + Semillas) del Bosque Natural Intervenido (mg/g).....	56

16	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Flores + Frutos + Semillas) de Pino (mg/g).....	58
17	Variación de la Concentración de Bioelementos en la Hojarasca (Flores + Frutos + Semillas) de Teca (mg/g).....	59
18	Variación Anual del Mantillo Orgánico en tres Ecosistemas Forestales (ton/ha).....	68
19	Variación del Mantillo Orgánico en los tres Ecosistemas, en cada Levantamiento (ton/ha)....	69
20	Peso Remanente (%) en Bolsas de Descomposición en Función del Tiempo (Serie iniciada en sequía).....	85
21	Peso Remanente (%) en Bolsas de Descomposición en Función del Tiempo (Serie iniciada en lluvias).....	87
22	Variación de la Concentración de Bioelementos en Bolsas de Descomposición, Serie Iniciada en Lluvias, Bosque Natural Intervenido (mg/g).....	91
23	Variación de la Concentración de Bioelementos en Bolsas de Descomposición, Serie Iniciada en Lluvias, Plantación de Pino (mg/g).....	93
24	Variación de la Concentración de Bioelementos en Bolsas de Descomposición, Serie Iniciada en Lluvias, Plantación de Teca (mg/g).....	95
25	Variación de la Concentración de Bioelementos en Bolsas de Descomposición, Serie Iniciada en Sequía, Bosque Natural Intervenido (mg/g).....	97
26	Variación de la Concentración de Bioelementos en Bolsas de Descomposición, Serie Iniciada en Sequía, Plantación de Pino (mg/g).....	98
27	Variación de la Concentración de Bioelementos en Bolsas de Descomposición, Serie Iniciada en Sequía, Plantación de Teca (mg/g).....	99
28	Variación de la Humedad del Suelo (%) a Diferentes Profundidades. Bosque Natural Intervenido.....	109
29	Variación de la Humedad del Suelo (%) a Diferentes Profundidades. Plantación de Pino..	111
30	Variación de la Humedad del Suelo (%) a Diferentes Profundidades. Plantación de Teca..	113

LISTA DE ANEXOS

Nº	DESCRIPCION	PAG.
1	Unidad II. Reserva Forestal de Ticoporo. Ubicación del Sitio Experimental.....	166
2	Esquema de la Parcela de Estudio.....	167
3	Incrementos de Raíces Finas en tres meses durante la Época de Sequía (ton/ha).....	168
4.1	Caída de Hojarasca (kg/ha/2 semanas) Bosque Natural Intervenido.....	169
4.2	Caída de Hojarasca (kg/ha/2 semanas) Plantación de Pino.....	170
4.3	Caída de Hojarasca (kg/ha/2 semanas) Plantación de Teca.....	171
5.1	Concentración de Bioelementos en la Hojarasca. (Hojas) (mg/g).....	172
5.2	Concentración de Bioelementos en la Hojarasca. Ramas Finas (mg/g).....	173
5.3	Concentración de Bioelementos en la Hojarasca. Flores, Frutos y semillas (mg/g).....	174
6	Características Químicas de los Suelos en los Tres Ecosistemas de Estudio. (Díaz, 1988).....	175
7	Granulometría y Clases Texturales en los Suelos. (Díaz, 1988).....	176
8	Densidad Aparente y Conductividad Hidráulica (saturado). (Díaz, 1988).....	177
9.1	Porcentajes de Humedad a Diferentes Profundidades de Suelo. Bosque Natural Intervenido.....	178
9.2	Porcentajes de Humedad a Diferentes Profundidades de Suelo. Plantación de Pino.....	179
9.3	Porcentajes de Humedad a Diferentes Profundidades de Suelo. Plantación de Teca.....	180

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ANEXOS	iii
RESUMEN	iv
 I. INTRODUCCION.	 1
1.1. Justificación y objetivos.	3
 II. DESCRIPCION GENERAL DE LA UNIDAD II DE LA RESERVA FORESTAL DE TICOPORO.	 5
 III. MATERIALES Y METODOS.	 10
3.1. Ubicación y selección de parcelas	10
3.2. Estudio de la vegetación	11
3.3. Estudio de la materia orgánica	12
3.4. Estudio del mantillo orgánico	13
3.5. Velocidad de descomposición de la materia orgánica en el suelo	14
3.6. Estudio de los suelos	15
3.7. Seguimiento del régimen hídrico de los suelos	17
3.8. Procesamiento estadístico de los datos.	17
 IV. RESULTADOS.	 18
4.1. Estudio de la vegetación.	18
4.1.1. Características de la vegetación en las parcelas experimentales	18
4.1.1.1. Bosque natural intervenido	18
4.1.1.2. Plantación de pino	20
4.1.1.3. Plantación de teca	21
4.1.2. Fenología de algunas especies en los sitios de estudio	22

4.1.3. Inventario de raíces finas en época de lluvia y sequía y estimación de su producción en la época de lluvias.	25
4.2. Hojarasca en Teca, Pino y Bosque Natural Intervenido	30
4.2.1. Producción total anual de hojarasca.	30
4.2.1.1. Producción total anual de hojas	30
4.2.1.2. Producción total anual de ramas finas	33
4.2.1.3. Producción total anual de flores + frutos + semillas	34
4.2.2. Ritmicidad de la caída de hojarasca.	36
4.2.2.1. Ritmicidad de la caída de hojas	36
4.2.2.2. Ritmicidad de la caída de ramas	40
4.2.2.3. Ritmicidad de la caída de flores + frutos + semillas	42
4.2.3. Bioelementos en la hojarasca.	45
4.2.3.1. Variación de la concentración anual en hojas	48
4.2.3.2. Variación de la concentración anual en ramas	50
4.2.3.3. Variación de la concentración anual de flores, frutos y semillas	57
4.2.4. Incorporación anual de bioelementos al suelo a través de la hojarasca	60
4.3. El mantillo orgánico.	63
4.3.1. Cantidad y estado de descomposición.	63
4.3.1.1. Variación de los horizontes orgánicos	63
4.3.1.2. Variación de la cantidad anual.	66
4.3.2. Composición química del mantillo orgánico.	72
4.3.2.1. Concentración de bioelementos en el mantillo	72
4.3.2.2. Reservas de bioelementos en el mantillo	77
4.4. Producción de la materia orgánica en las bolsas de descomposición	83
4.4.1. En la serie iniciada en el período de sequía.	83
4.4.2. En la serie iniciada en el período de lluvias.	86
4.4.3. Tendencias en la concentración de bioelementos en el material orgánico en las bolsas de descomposición.	90

4.5. Los suelos	100
4.5.1. Descripción y clasificación	100
4.5.1.1. Taxonomía (Soil Survey Staff, 1975)	100
4.5.1.2. Tipo ecopedológico (Franco, 1982)	100
4.5.1.3. Interpretación de sus limitaciones y capacidad productiva para la producción forestal	101
4.5.2. Propiedades químicas en relación al ciclaje de bioelementos	102
4.5.3. Propiedades físicas de los suelos	105
4.5.4. Régimen hídrico	108
V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS.	114
5.1. Discusión comparativa sobre la vegetación de los tres ecosistemas.	114
5.2. Análisis comparativo de la caída de hojarasca en los tres ecosistemas y en otros bosques tropicales	122
5.3. Relaciones clima-suelo-caída de hojarasca.	128
5.4. Diferencias químicas entre el follaje, la hojarasca y el mantillo orgánico	132
5.5. Ciclaje de bioelementos a través de la hojarasca y su influencia en la nutrición vegetal.	141
5.6. El mantillo orgánico como reserva de bioelementos.	147
5.7. El régimen hídrico de los suelos y su significado para la productividad y clasificación del sitio forestal.	150
5.8. Síntesis de los resultados más importantes	154
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	158
VII. BIBLIOGRAFIA.	162
VIII. ANEXOS.	169

RESUMEN

Este trabajo fué realizado con el propósito de ofrecer información ecológica al silvicultor que oriente las prácticas de manejo y producción forestal en la Unidad II de la Reserva Forestal de Ticoporo Edo. Barinas. El área se caracteriza por una precipitación anual de 1523 mm con una acentuada estación seca de diciembre a marzo y una temperatura media anual de 27.5 °C. El estudio tuvo como objetivos: a) analizar la vegetación en tres sitios, un rodal de bosque natural explotado y enriquecido con pardillo (Cordia alliodora) establecida en 1976, una plantación de pinos (Pinus sp) establecida en 1971 y otra de teca (Tectona grandis) establecida en 1973; b) estimar la producción total anual, ritmo de caída de la hojarasca y los contenidos de bioelementos en la hojarasca; c) Estimar la velocidad de descomposición y liberación de nutrientes con la descomposición de la materia orgánica; d) describir el régimen hídrico y estimar la cantidad de raíces finas en los suelos.

En cada sitio se ubicaron tres parcelas de 25 x 25 m donde se inventarió la vegetación arbórea (DAF > 10 cm) y se observó durante un año la fenología de los árboles. Se colectó la hojarasca quincenalmente en cada parcela en ocho colectores de un m², se midió la pérdida de peso en bolsas de descomposición (velocidad de descomposición) y variación química durante sequía y lluvias, se determinó através de barrenamientos quincenales la variación de la humedad del suelo hasta 100 cm de profundidad. Se tomaron muestras de raíces finas cada diez cm de profundidad

hasta 50 cm, en rectángulos de 25 x 25 cm en cada parcela.

La mayor cantidad de árboles/ ha y área basal se presenta en las parcelas de teca y pino con 725 y 693 árboles, y 17.2 y 27.6 m²/ha respectivamente. Los valores promedio de DAP, altura, volumen de fuste y de sus incrementos anuales son similares en los tres sitios y coinciden con los valores reportados en la literatura consultada. Las parcelas en la plantación de pino presentan el mayor volumen de madera con corteza. La mayoría de las especies en las parcelas del bosque natural intervenido mantienen una condición siempreverde al igual que el pino, mientras que la teca es decídua. El ritmo de caída de la hojarasca en los tres sitios es netamente estacional.

La producción total anual de hojarasca fue de 7.41 ± 1.2 , 7.37 ± 0.76 y 7.2 ± 0.36 ton/ha/año en bosque natural intervenido, plantación de teca y plantación de pino, respectivamente. No se encontró diferencia estadísticamente significativas al 5 % entre la producción total anual de hojarasca en los tres sitios estudiados. El ritmo de caída de hojarasca define tres periodos: máxima caída de noviembre a marzo-abril, mínima caída de marzo-abril a agosto-octubre y un tercer periodo de caída variable según el sitio de agosto a octubre.

En las parcelas de bosque natural intervenido y enriquecido con pardillo en fajas la concentración de N Y P en la hojarasca es baja comparada con el bosque natural de Caparo. El K, Ca Y Mg disminuyen fuertemente durante la estación lluviosa. La

transferencia de nutrientes de la vegetación al suelo a través de la hojarasca presenta valores que están dentro de los reportados en la literatura consultada. El bosque natural intervenido transfiere la mayor cantidad de N, P, K, Ca y Mg al suelo. Comparado con Caparo (Franco, 1979) la transferencia total anual es mayor en Ticoporo en los elementos P y Mg (9.1 y 37.5 kg/ha/año respectivamente). Franco, 1979.

La transferencia de nutrientes en Ticoporo presenta valores por encima de la media de los reportados en la literatura consultada sobre bosques tropicales. El nitrógeno se transfiere en mayor cantidad en la hojarasca (hojas) de la plantación de pino; y el K, Ca y Mg por ramas finas y flores, frutos y semillas del bosque natural intervenido. El fósforo presenta la menor transferencia de todos los elementos, se transfiere en mayor cantidad en las hojas del bosque natural intervenido.

La pérdida de peso en las bolsas de descomposición en los tres sitios sugiere que el material orgánico tiene tasas de desaparición variables de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes durante las primeras semanas después de la deposición. El material caído durante la sequía tardará más tiempo en desaparecer que el caído en plena época de lluvias. Este último presenta un tiempo de desaparición de 34, 108 y 98 semanas en bosque natural intervenido, plantación de pino y plantación de teca. El potasio y magnesio en las bolsas de descomposición sufren una marcada reducción respecto al valor en la hojarasca. Ello indica una relativamente rápida liberación de nutrientes en el mantillo.

El suelo en las parcelas del bosque natural intervenido presenta la mayor reserva de agua asequible. Durante la época de sequía la humedad del perfil en el bosque natural intervenido esta por encima del punto de marchitamiento permanente, en la plantación de teca la humedad es ligeramente mayor que el punto de marchitamiento permanente y en la plantación de pino está por debajo del mismo. Durante el período de lluvias en el bosque natural intervenido el suelo se satura y hasta puede anegarse por cortos períodos, en cambio en la plantación de pino y teca el suelo se mantiene en promedio a capacidad de campo a través de todo el período de lluvias.

www.bdigital.ula.ve

SUMMARY

Three sites (enriched natural forest, teack and Pine Plantation) were studied litter fall, litter production, litter disappearance, nutrients concentration and losses, and soil-water regime in seasonal Forest of Ticoporo Reserve, Western Llanos Venezuela, on similar soils and climate (1523 mm rainfall, 27 °C temperature mean anual).

Anual litterfall was (tn/ha/year, $\pm$ std dev) : for enriched natural forest 7.41 ± 1.2 ; teack 7.37 ± 0.76 and pine 7.2 ± 0.36 . A peak of leaf litter occurred at driest time of the year on all sites.

The concentration of elements N and P in enriched natural forest were below within ranges reported for Caparo Forest Reserve. The low K, Ca and Mg concentration in all sites were notable during period of high rainfall.

Annual tranfer from biota to soil via litterfall shows that P, K, Ca and Mg are tranfered at high proportion in enriched natural forest. Nitrogen in leaves was tranfered in most proportion in pine plantation; and K, Ca and Mg at branches and flowers, fruit and seeds in enriched natural forest.

Rates of weight loss in litter bags were related to organic material and climate regime during first week after deposition.

The time for decomposition and mineralization of two periods in litter bags was estimated at 34, 108 and 98 week for enriched natural forest, pine and teak plantations respectively. Amounts remainings after decomposition of potasium and magnesium in all sites were related to loss nutrient in litter.

Enriched natural forest shows most value of soil moisture during driesgt time. Teak and pine plantations soils moisture were low wilting point moisture in same period.

www.bdigital.ula.ve

I. INTRODUCCION.

La Reserva Forestal de Ticoporo representa una de las más importantes áreas de producción forestal en el Occidente del país. En el año 1970 se firmó un contrato de concesión entre la empresa CONTACA y el Estado Venezolano para el manejo de la Unidad II de la Reserva Forestal, siendo este el primero en su tipo en el país.

La difícil situación social del medio rural venezolano y la creciente necesidad de productos que satisfagan la demanda de bienes por parte de la población requiere el uso racional, integral e integrado de las tierras, bajo un esquema de prioridades en función de las necesidades de la población y del país. No puede someterse a explotación forestal todos los bosques, tampoco pueden talarse para dar paso al uso agropecuario de las tierras.

En la Reserva Forestal de Ticoporo existe fuerte presión sobre las tierras forestales por la actividad ganadera extensiva y la explotación agrícola (Conucos), lo que plantea la necesidad de un plan de desarrollo rural integral, sobre la base del conocimiento profundo de la realidad social y el manejo de los ecosistemas de la región (Franco, 1991).

El manejo forestal en Ticoporo requiere de mecanismos que aseguren la efectiva renovación e incrementos de los volúmenes comerciales de madera en el bosque explotado; esto plantea la necesidad de invertir recursos económicos importantes en técnicas silviculturales para aumentar los rendimientos a largo plazo. El

estudio de la estructura y funcionamiento del ecosistema es de suma importancia para el diseño y la adopción de alternativas válidas de manejo silvicultural.

Según Grimm y Fassbender (1981a) en las formaciones ecológicas primarias de áreas tropicales la producción de nueva fitomasa es equiparable a la deposición y descomposición de restos vegetales. Bajo estas condiciones se tiene en esos ecosistemas un ciclo cerrado interno de bioelementos nutritivos en el cuál la biomasa las velocidades de transformación y transferencia de elementos dependen en gran parte de las condiciones edáficas y climáticas.

Díaz (1990) en una revisión sobre seis bosques tropicales de América Latina establece la comparación entre la distribución de la biomasa, caída de hojarasca, descomposición de residuos y almacenamiento y transferencia de algunos nutrientes (N, P, K, Ca y Mg). A pesar de las diferencias en tiempo de observación, número de muestras tomadas y métodos de análisis químico se pudo observar que la caída de hojarasca es mayor en el bosque húmedo estacional, el ritmo de caída y la tasa de descomposición es netamente estacional, las cantidades de P y K acumuladas en la vegetación (a veces también el Ca) son mayores que las acumuladas en el suelo y en el mantillo orgánico.

La significativa acumulación de nutrientes en la vegetación permite concluir que esta debe tomarse en consideración en proyectos sobre el uso de la tierra donde necesariamente se

elimina la vegetación y aún de aquellos que solo la afectan parcialmente, como los proyectos de manejo forestal productivo.

En las áreas tropicales de alta presión por el uso agropecuario de las tierras boscosas deben desarrollarse sistemas de uso múltiple (agroforestales) que permitan aprovechar el ciclaje de nutrientes del ecosistema forestal y evitar la total desaparición del renglón forestal.

La rentabilidad del manejo forestal, y con ello la supervivencia de las áreas boscosas bajo manejo en los Llanos Occidentales, dependerá a mediano y largo plazo del éxito que se obtenga (ecológico y económico) en los programas de plantaciones forestales a campo abierto y de enriquecimiento del bosque explotado, pues la productividad del bosque natural requiere de turnos muy largos (Franco,1989).

Este trabajo tiene como finalidad caracterizar y determinar las posibles diferencias cualitativas y cuantitativas en la dinámica de la materia orgánica y nutrientes en parcelas ubicadas en el bosque natural explotado y enriquecido, en plantación de tectona grandis (teca) y plantación de Pinus sp (Pino, en ensayo de especies y procedencias), en la Unidad II de la Reserva forestal de Ticoporo.

Los objetivos propuestos fueron:

- 1) Hacer una estimación cuantitativa sobre el ciclaje de la materia orgánica y nutrientes en parcelas situadas en tres ecosistemas forestales (bosque natural intervenido, plantación de coníferas y plantación latifoliadas), bajo similares condiciones

climáticas y edáficas. Ello incluye la producción total anual, el ritmo de caída y la variación de los bioelementos en la hojarasca bajo los tres sitios propuestos.

2) Caracterizar la vegetación en los tres sitios de estudio propuestos.

3) Estimar en el mantillo orgánico:

- variación anual, velocidad de descomposición y composición química.
- reducción de la materia orgánica y liberación de nutrientes en bolsas de descomposición.

4) Determinar en los suelos:

- tipos ecopedológicos y clasificación taxonómica
- Régimen hídrico

5) Estimar la cantidad de raíces finas ($\varnothing < 2 \text{ mm}$) y su crecimiento.

II. DESCRIPCION GENERAL DE LA UNIDAD II DE LA RESERVA FORESTAL DE TICOPORO.

La Reserva Forestal de Ticoporo se encuentra en los Llanos Occidentales de Venezuela, en el Distrito Pedraza. Municipio Autónomo Antonio José de Sucre. La localización astronómica es aproximadamente entre $70^{\circ} 36' 35''$ y $70^{\circ} 53' 00''$ de longitud oeste y entre $7^{\circ} 43' 00''$ y $8^{\circ} 12' 00''$ de latitud norte. La superficie total de la unidad II es de 40775 ha, divididas en 30 compartimientos. (Fig. 1)

No se dispone de estación climática en la unidad II, pero existen en la zona varias estaciones climatológicas donde se dispone de información principalmente de precipitación. Existe una estación operada por el instituto de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales (ULA) en la unidad III, ubicada en la empresa Emallca, con un corto período de registros y cercana al sitio de estudio. (1985-1989).

La precipitación promedio anual en la estación BUM-BUM (piedemonte andino) es de 2565 mm. El máximo principal ocurre en junio y el máximo secundario en septiembre, el mes más seco enero. La época más lluviosa se extiende de abril a noviembre (ocho meses) y el período de sequía abarca de diciembre a marzo (Ochoa et al, 1989). En la estación EMALLCA (a 30 kilómetros del piedemonte) en cinco años de observaciones la precipitación total anuales de 1532 mm. (fig. 2)

La clasificación bioclimática (Koeppen) corresponde a

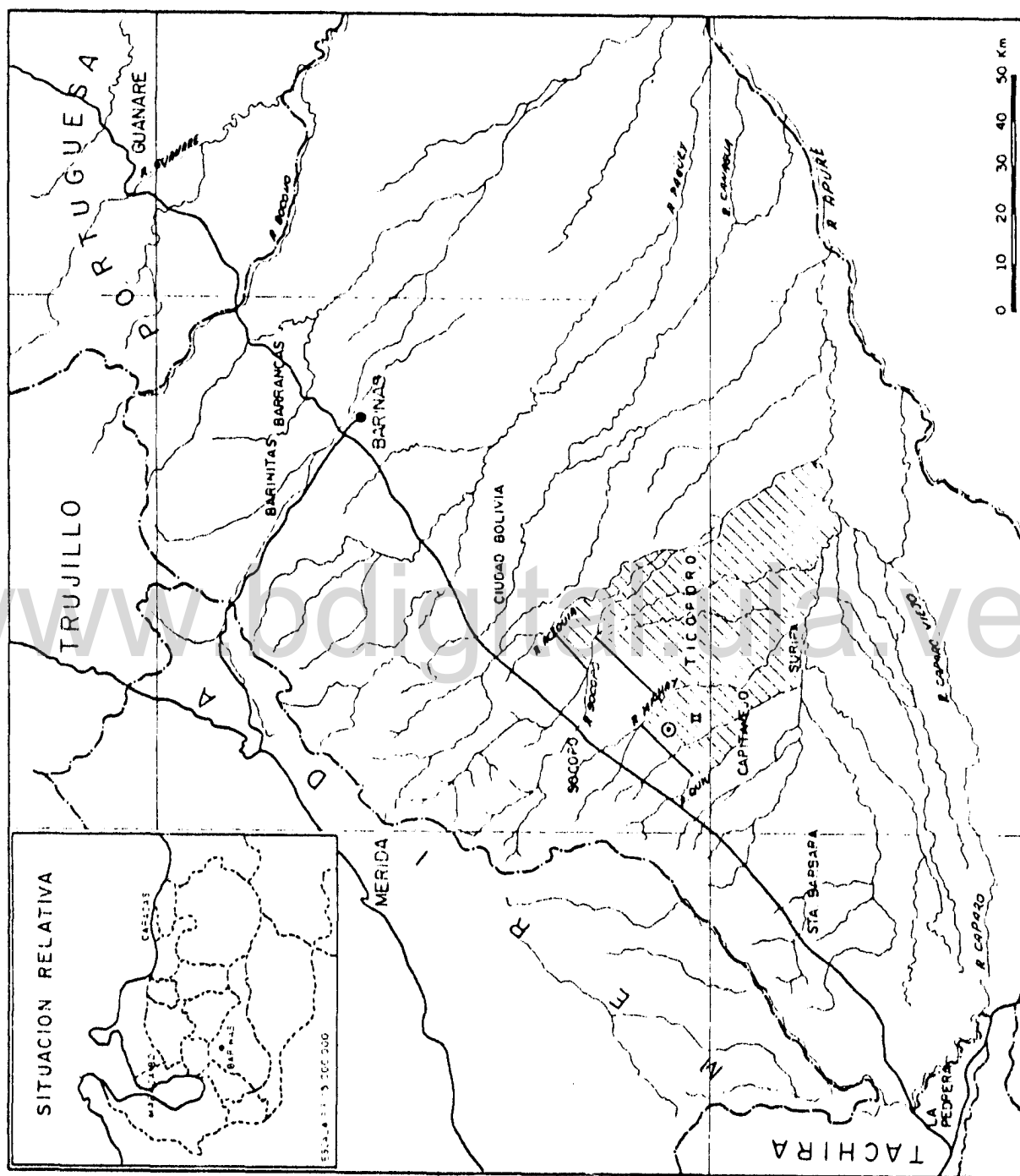


Figura 1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO (Unidad II Ticoporo)

PRECIPITACION PROMEDIO : 1523.2 mm
 HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE : 68 (%)
 TEMPERATURA MEDIA : 27.2 °C

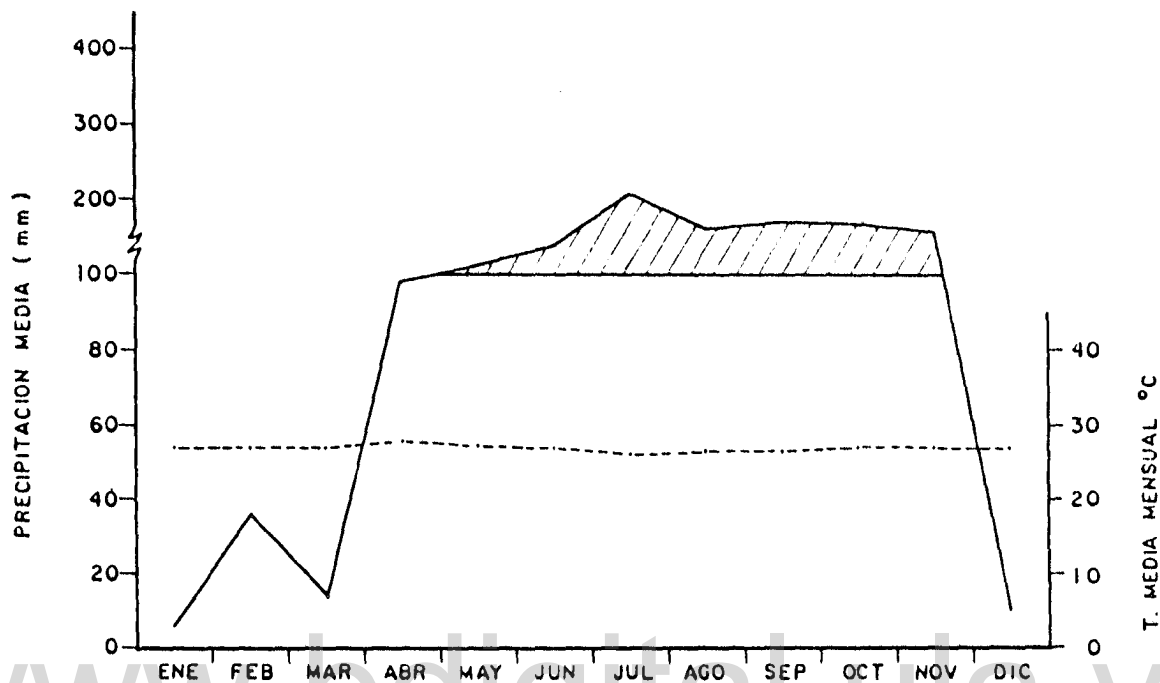


Figura 2. CLIMADIAGRAMA

ESTACION : EMALLCA
 INSTITUTO DE SILVICULTURA (ULA)
 TICOPORO EDO. BARINAS
 PERIODO 1986 - 90

lluvioso megatérmico e isotérmico (Afwgi) y según Holdrige pertenece a la zona de vida bosque seco tropical en transición a bosque húmedo tropical.

La vegetación predominante en la Unidad II es un bosque alto mixto, heterogeneo, con predominancia de palmas, Saqui-Saqui, Chupón y Charo, con gran cantidad de otras especies. Existe gran cantidad de lianas y el estrato arbustivo es rico en especies, (Díaz, 1988).

La Reserva Forestal de Ticoporo se encuentra en una llanura aluvial, atravesada por numerosos ríos (Canagua, Acéquias, Sorcopó, Bum Bum, Michay, etc.) que tienen su origen en los Andes Venezolanos. La sucesión deposicional está formada por materiales pertenecientes al cuaternario; el material aluvial fué sorteado y sedimentado con variaciones horizontales (superficial) y verticales (en el perfil). La variabilidad va desde sitios altos y texturas gruesas (banco) en los diques de los ríos, pasando por napas de texturas medias hasta cubetas de texturas muy finas (bajío). Díaz (1988), Ochoa et al (1989).

Los suelos de la Unidad II tienen variable grado de desarrollo, que va desde los muy evolucionados (Ultisoles), evolucionados (Alfisoles), poco evolucionados (Inceptisoles) hasta los que se encuentran en fase de inicio (Entisoles). El 70 % de los suelos de la Unidad están ocupados por Alfisoles. La mayor extensión dentro de la Unidad la ocupan suelos de bajío con uno por ciento de pendiente, textura franco a franco-arcillosa, pH entre 5.8 y 6.5, niveles medios de carbono orgánico

y fósforo; valores medios de capacidad de intercambio⁹
cationes y de medios a moderadamente altos en el porcentaje de
saturación en bases.

www.bdigital.ula.ve

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Ubicación y selección de parcelas.

Las parcelas experimentales se localizaron en el área bajo concesión de la empresa CONTRAENCHAPADOS TACHIRA C.A. (CONTACA), en la Unidad II de la Reserva Forestal de Ticoporo Edo. Barinas. Las parcelas de estudio se colocaron en los compartimientos C1 y C2 de la misma reserva (anexo 1). Estas parcelas se ubicaron en un bosque natural explotado y enriquecido en fajas con pardillo (Cordia apurensis), una plantación de teca (Tectona grandis) y una plantación de pinos (Pinus spp).

El bosque natural después de ser explotado fué enriquecido con pardillo negro; la plantación se estableció en el año 1976, con espaciamento de 10 x 2.5 m, en una superficie de 19 ha. Los suelos del sitio son de sub-banco y permiten el adnegamiento por cortos períodos durante la época de lluvias, aunque en poca profundidad. Las especies vegetales que predominan son: palma de agua, perhuetamo, charo, y otras.

La plantación de teca se estableció en el año 1973, a campo abierto, con un espaciamento de 3.5 x 3.5 m, en una superficie de 142 ha. Los suelos fueron utilizados anteriormente en labores agrícolas y pecuarias (información verbal en el lugar), lo que se evidencia por la presencia del pasto argentino (Hyparhenia rufa) y por el nivel de compactación observado en los suelos (Balbuena, 1980).

La plantación de pinos es un ensayo de introducción de especies del genero Pinus, con diferentes orígenes y procedencias,

llevado a cabo por la sección de genética del Instituto de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales (ULA). La superficie plantada fué de 2.76 ha, el año de plantación 1971, con un espaciamiento de 3 x 3 m. Las especies plantadas fueron: Pinus caribaea var. hondurensis, Pinus caribaea var. bahamensis, Pinus caribaea var. caribaea, Pinus occarpa, Pinus merkusii, Pinus occidentalis, Pinus cubensis y Pinus kesiya (Gimenez, 1975).

En la plantación de teca se seleccionó un lote de dos ha justo frente a la plantación de pino. En ambas áreas se aseguró mediante barrenamientos una adecuada uniformidad edáfica y luego se seleccionó al azar la ubicación de tres parcelas en cada lote de plantación. De igual manera se procedió en el bosque natural intervenido donde se seleccionó un área de dos ha con el suelo lo más parecido posible al suelo observado en los rodales de teca y pino. Estas parcelas quedaron aproximadamente a un kilómetro de las parcelas de de teca y pino. Los tres sitios garantizaban un fácil acceso durante todo el año.

3.2. Estudio de la vegetación.

Una vez ubicados las tres parcelas en cada sitio, se hizo un inventario de los árboles con DAP (diámetro a la altura de pecho) mayor de 10 cm.; además se midió la altura total y de fuste, la posición sociológica y la identificación botánica de la especie, diámetro a DAP y se estimó el área basal, volumen en de fustes con corteza e incrementos en altura, diámetros y volúmenes.

En cada parcela se seleccionaron al azar y marcaron 10 árboles para observación fenológica, de aquellos que presentaron las

12
mejores condiciones fitosanitarias y comerciales con el objeto de realizar las observaciones fenológicas, durante intervalos de dos semanas en período de un año (enero-diciembre). Se tomó información sobre el estado de desarrollo de las hojas, flores frutos y semillas. (Fournier, 1974)

Se tomaron muestras de raíces finas en el suelo durante la época de lluvias (11.08.87) y de sequía (02.04.87) en la parcela central de cada sitio. Las muestras se obtuvieron en monolitos de suelos de 25 x 25 cm de sección. A cada volumen de 25x25x10 cm se le extrajeron las raíces con diámetro menor de 2.0 mm, tomándose cinco muestras por cada sitio a una profundidad de 50 cm. (Franco, 1979)

Las muestras de raíces finas se colocaron en bolsas de papel en estufa a temperatura de 60 °C durante 72 horas, luego se pesaron.

3.3. Estudio de la materia orgánica.

En las tres parcelas de cada ecosistema se colocaron ocho colectores de residuos vegetales de un m² de superficie, distribuidos a ambos lados de la pica central de cada parcela, cada ocho pasos a partir del extremo de la línea se lanza con el mismo impulso un aro metálico y en el lugar donde cae se coloca el colector (anexo 2). Los colectores se construyeron de madera no tratada para evitar la contaminación de la hojarasca. La superficie colectora a 30 cm del suelo la constituyó una malla plástica muy fina de 1 x 1 mm de hueco. (Edwards, 1977; Fassbender y Grimm, 1981; Kumar Das, 1985)

La recolección del material se efectuó en bolsas de papel con un intervalo de dos semanas, el material se separó en tres fracciones: hojas, ramas, y flores más frutos más semillas. A cada muestra se le colocó en estufa a 60 ° C durante unas 72 horas y se pesó al llegar a peso constante.

Con el fin de realizar los análisis químicos las muestras después de secadas se molieron finamente y se mezcló el material de los colectores 1-4 y 5-8 en cada parcela central de los tres sitios estudiados. Muestras compuestas de hojas se obtuvieron al mezclar 2 fechas de colección consecutivas y las de ramas y flores + frutos + semillas cada 3 fechas de colección.

El análisis químico de las muestras se hizo por duplicado, es decir el resultado es el promedio de 2 alícuotas. Los métodos utilizados son los siguientes: nitrógeno total por Kjeldahl, fósforo por determinación colorimétrica; potasio, calcio y magnesio por espectrofotometría de absorción atómica.

3.4. Estudio del mantillo orgánico.

El mantillo orgánico se entiende aquí como los desechos orgánicos provenientes de las partes aéreas de la vegetación, depositados sobre el suelo y en activo proceso de descomposición Franco (1979).

En cada parcela central de los tres ecosistemas estudiados se tomaron cinco muestras de mantillo orgánico, se tomó una muestra en el centro de la parcela y las otras cuatro en los extremos, en una superficie de 50 x 50 cm (anexo 2), en tres periodos

diferentes: final de sequía, pleno período de lluvias y final de sequía. El material sobre el suelo mineral se colectó cuidadosamente evitando tomar parte de las raíces y partículas de suelo mineral, el mismo se separó en capas OL y OF y fraccionó en tres partes: hojas, ramas finas y flores + frutos + semillas. Se secó en estufa y pesó como la hojarasca.

Después de molido finamente el material, se mezclaron las muestras 1 y 5 y las 2 y 4 formándose dos sub-muestras/parcela, una muestra compuesta que corresponde al lado derecho de la línea central de la parcela y otra del lado izquierdo. Se tomó una muestra para OL y otra para OF en los tres sitios para cada colección. Los métodos de análisis químicos son los mismos de la hojarasca.

3.5. Velocidad de descomposición de la materia orgánica en el suelo.

Para la determinación de la velocidad de descomposición de los residuos vegetales se colocaron muestras de hojas recién caídas, secas y pesadas, en bolsas de malla plástica de dimensiones 25 x 25 x 2 cm, con hoyos de 4 x 4 mm (Weider y Lang, 1982). En cada bolsa se colocó una etiqueta de aluminio con el peso del material orgánico y la fecha de iniciación del ensayo. La cantidad de material colocado dentro de las bolsas fue de 35 gramos en promedio.

Se colocaron 70 bolsas en el suelo de cada ecosistema, al comienzo del período de lluvias y al comienzo de la sequía. Estas se colectaron en número de 10 en la primera, segunda, cuarta,

octava, dieciseisava, treintaidosava y sesentaicuatroava semanas. El material recogido en cada bolsa se colocó en estufa a 60 °C durante cuatro días y se pesó.

Para el análisis químico se molieron finamente las diez muestras de cada colección y se mezclaron en una muestra compuesta de la cual se tomaron dos muestras por sitio y colección. Los métodos para el análisis químico son los ya descritos para la hojarasca.

3.6. Estudio de suelos.

3.6.1. Métodos de estudio de los suelos en el campo.

Se hicieron calicatas una en cada parcela central hasta dos metros de profundidad. Se hizo la descripción del perfil y se tomaron muestras inalteradas de suelo con cilindros metálicos de 100 cm³ de volumen para las determinaciones físicas en el laboratorio (densidad aparente, conductividad hidráulica en condición saturada, curva pF). En el mismo sitio se obtuvieron muestras para la determinación de textura y los análisis químicos.

La clasificación taxonómica de los suelos así como la denominación de los horizontes siguió a Soil Survey Staff (1975)

3.6.2. Análisis de laboratorio.

3.6.2.1. Determinaciones físicas.

La textura se determinó por el método de Bouyoucos. La conductividad hidráulica (saturada) se obtuvo por el método de flujo a carga constante. Para determinar la curva de retención de humedad del suelo (curva pF) se sometieron muestras en cilindros

sin disturbar, una vez saturadas, a las siguientes presiones: 50, 100, 330, 1000 y 15.000 mb. Las presiones menores de 1000 mb se aplicaron en una batería de minicamaras de presión. Se obtuvo la cantidad de agua perdida (en volumen), mediante sucesivas pesadas entre cada una de las presiones a que fueron sometidas las muestras. Para presiones superiores a 1000 mb se emplearon ollas de presión, tomándose 2 sub-muestras de suelo de cada muestra y sometiendo a la presión requerida determinándose posteriormente el porcentaje de humedad gravimétrico y promediándose los dos valores para cada presión.

la densidad aparente se determinó en cilindros de acero de 100 cm³ de volumen, la capacidad de reserva asequible (agua útil) del suelo se considero entre pf 4.2 y 2.5 . En el calculo del volumen poroso total se utilizó la densidad aparente obtenida através de los cilindros de acero y se asumió un peso específico de 2.65 gr/cm³. Las determinaciones físicas se realizaron en el laboratorio de física de suelo del instituto de Silvicultura, siguiendo las metodologías descritas por Michelena (1984).

3.6.2.2. Determinaciones químicas.

El pH, en suspensión suelo-agua 1:2.5 se obtuvo por lectura en el potenciómetro. Nitrógeno total obtenido por Kjeldhal y titulación con borato de amonio. Fósforo y potasio extraído con NaHCO₃ (0.5 M) a Ph 8.5, relación suelo-solución extractora 1:2. Magnesio extraído con acetato de amonio normal, por fotometría de llama. CIC por saturación con acetato de amonio, desplazamiento

de amonio con cloruro de sodio y valoración del amonio desplazado.

Los métodos planteados se describen ampliamente en Chirinos et al (1975) y PALMAVEN S.A. (1985). Los análisis de laboratorio se realizaron en FONAIAP, estación Bramón Edo. Táchira.

3.7. Seguimiento del régimen hídrico de los suelos.

En la parcela central de cada sitio de estudio se hicieron tres barrenamientos y toma de muestras cada diez cm hasta un m de profundidad, en intervalos de dos semanas y durante un año. Las muestras se extrajeron con barrenado de percusión y se colocaron en bolsas plásticas herméticas, las cuales previamente pesadas se llevaron a la estufa a 110 °C durante 24 horas, luego se pesaron y se determinó el porcentaje de humedad.

3.8. Procesamiento estadístico de los datos

La información obtenida sobre la hojarasca en cada parcela se tabuló por fecha de colección, sitio y compartimiento, calculándose la estadística descriptiva, (media, desviación estandar y coeficiente de variación). De igual forma se procedió para las muestras tomadas en producción de raíces finas en época de sequía. Se realizó un análisis de varianza de una vía para la producción de hojarasca total anual. Se hicieron análisis de regresión y correlación para estimar a través de modelos matemáticos, lineal y exponencial la velocidad de descomposición de la materia orgánica sobre el suelo. El analisis estadístico se realizó en microcomputador utilizando el paquete Statpak y SPSS.

IV. RESULTADOS.

4.1. Estudio de la vegetación.

4.1.1. Características de la vegetación en las parcelas de estudio.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del inventario forestal para árboles mayores de 10 cm D.A.P., levantados y medidos en cada una de las parcelas de 25 x 25 m de tamaño. La vegetación inventariada fué separada en tres estratos: superior (más de 25 m de altura), medio (15 a 25 m) e inferior (menor de 15 m). El análisis y presentación de los resultados sigue el procedimiento presentado por Franco en Caparo (1979).

4.1.1.1. El bosque natural explotado y enriquecido en fajas con pardillo (Cordia apurensis).

En las parcelas del bosque natural explotado se presentan 21 especies, pertenecientes a 15 familias; ubicadas por estratos, se distribuyen de la siguiente manera: en el estrato superior (73 arb/ha) domina la especie Pouteria amibaefolia (chupón) con 70% de individuos y ademas se destacan las especies Attalea maracai- bensis, Mouriri sp y Triplaris caracasana.

En el estrato medio (76 arb/ha) un 35% de los individuos pertenece a la especie Cordia apurensis (plantados) y el resto se reparte entre 6 especies a saber: Inga sp, Anacardium excelsum , Nectandra sp, Spondias mombin , Ficus sp y Pouteria amibaefolia.

El estrato inferior registra 144 arb/ha correspondientes a diez especies diferentes, de las cuales 63% pertenecen a la

CUADRO 1. Parametros de la vegetación en tres sitios diferentes de la Unidad II. Reserva Forestal de Ticoporo. Edo. Barinas. (promedios de tres parcelas de 25 x 25 m).DAP>10 cm. (Díaz,1988)

SITIO	TIPO DE VEGETACION	ESTRATO SUPERIOR			ESTRATO MEDIO			ESTRATO INFERIOR			TOTAL		
		No. ARB. (ha)	AREA BASAL (m2/ha)	VOLUMEN DEL FUSTE (m3/ha)	No. ARB. (ha)	AREA BASAL (m2/ha)	VOLUMEN DEL FUSTE (m3/ha)	No. ARB. (ha)	AREA BASAL (m2/ha)	VOLUMEN DEL FUSTE (m3/ha)	No. ARB. (ha)	AREA BASAL (m2/ha)	VOLUMEN DEL FUSTE (m3/ha)
I	BOSQUE NATURAL INTERVENIDO	73 (4)*	10.3	185	76 (7)*	2.5	25.9	144 (10)*	1.9	14.6	293 (21)*	14.7	225.5
II	PLANTACION DE PINO (Varias especies)	213 (**)	12.5	184	315 (***)	12.3	127.0	165 (****)	2.8	17.9	693 (Pinus sp. +2)	27.6	328.9
III	PLANTACION DE TECA	725 (1)*	17.2	167.0	--	--	--	--	--	--	725 (1)*	17.2	167.0

* Numero de Especies en el Estrato

** Solo Especies de Pino Plantadas

*** Ademas de las Especies de Pino aparece Yagrumo

**** Ademas de las Especies de Pino aparece Yagrumo y Lechero

+ valores solo del pardillo

(1) un solo estrato

especie Cordia apurensis y el resto a las especies: Nectandra sp, Terminalia guianensis, Chrysopilum caimito, Bombacopsis quinata, Anacardium excelsum, Spondias mombin, Attalea sp e Inga sp.

El estrato superior, con menos individuos, domina en área basal y volumen de fuste. El total indica (Cuadro 1) 293 arb/ha, con un área basal de 14.7 m² /ha y 225.5 m³ /ha de volumen de fuste. El pardillo en 11 años de desarrollo pertenece ya al estrato medio del bosque. A pesar de haber sido explotado e intervenido con la plantación en fajas el bosque regenerado muestra características de bosque mixto, heterogéneo, además de un buen potencial productivo a mediano plazo.

Balbuena (1980) en una evaluación hecha en el área de estudio encontró para el pardillo plantado en 1976 (tres años de edad), una densidad de 140 arb/ha, con un D.A.P. promedio de 2.93 cm, un incremento anual del D.A.P. de 0.98 cm, una altura total promedio de 2.22 m y un incremento anual de 0.74 m. En este trabajo la densidad resultó de 118 arb/Ha, con un D.A.P. promedio de 11.1 cm, un incremento anual del D.A.P. de 1.1 cm, altura total promedio de 15.3 m y un incremento anual de 1.53 m. Es decir, el crecimiento anual de 3 a 11 años de edad ha sido superior al observado de 0 a 3 años en el pardillo, acotando lo reducido del área evaluada en este estudio (1875 m²).

4.1.1.2. Plantación de pino.

En el estrato superior aparecen 213 arb/ha de pino, con un área basal de 12.3 m² /Ha y volumen de fuste de 184 m³ /Ha; en

el estrato medio hay 315 arb/ha, con 12.3 m² /Ha de área basal y 17.9 m³ /Ha de volumen de fuste. En este estrato aparece Cecropia peltata con menos del 1% de abundancia. En el estrato inferior se observan 165 arb/ha, con un área basal de 2.8 m² /Ha y un volumen de fuste de 1.79 m³ /Ha, aquí aparecen dos especies de latifoliadas Cecropia peltata y Sapium aubletianum con un 70% de abundancia entre ambas especies.

En este ecosistema se observa la mayor cantidad de árboles por hectárea (693), con un área basal de 27.6 m² /ha y 328.9 m³ /Ha de volumen de fuste. El D.A.P. promedio es de 21.8 cm, con un incremento anual de 1.45 cm, una altura promedio de 21.3 m y un incremento de altura anual de 1.42 m. El incremento anual de volumen de fuste es de 21.93 m³ /ha (volumen con corteza)

En 15 años el pino ha alcanzado un extraordinario desarrollo, superando los 320 m³ /ha, es decir, un incremento anual de casi 22.0 m³ /Ha. Este valor supera ampliamente los valores reportados para las plantaciones de pino de Uverito (Rodríguez, 1986, CVG-PROFORCA; comunicación personal).

4.1.1.3. Plantación de teca.

En la plantación de teca permanecen 725 arb/ha de 800 plantados inicialmente en un solo estrato homogéneo, con área basal de 17.2 m² /ha, una altura de 16 m y un volumen de fuste de 167 m³/ha (13 años de edad). En la plantación no se observa sotobosque, sólo algunas gramíneas coexisten, además de algunos arbustos en pequeños claros. Esto se debe a la alta densidad de

población y al dosel que no permite entrada de luz hacia el suelo. En los sitios raleados el sotobosque es abundante.

4.1.2. Fenología de algunas especies en los sitios de estudio.

Si bien todas las especies forestales cambian sus hojas periódicamente, la caída y rebrote de las mismas en función del tiempo es diferente para cada especie e incluso a un nivel más detallado de observación puede ser diferente para individuos de la misma especie. Especies diferentes pueden presentar patrones semejantes en el cambio de follaje (Franco, 1978).

En la Figura 3 se observa la presencia de follaje en las especies características de cada sitio de estudio como son: pardillo, pino, teca, chupón, etc., en función de la precipitación.

En el bosque explotado e intervenido con pardillo en fajas, se observaron varias especies, entre ellas pardillo (plantado), chupón, jobo, laurel y palo de maría.

El pardillo plantado se comporta como especie siempreverde; se observa leve pérdida del follaje durante la segunda quincena de marzo (máxima sequía). A medida que avanza el período de lluvias el refole es mayor y alcanza su máximo valor en la segunda quincena de agosto. No se pudo observar floración y/o fructificación en el pardillo. Según Franco (1979) la especie es decidua facultativa; en los sitios con suficiente humedad en Caparo ningún árbol se observó sin follaje y el máximo valor de caducifolia fué del 50%. Su ubicación en el estrato medio (arbo

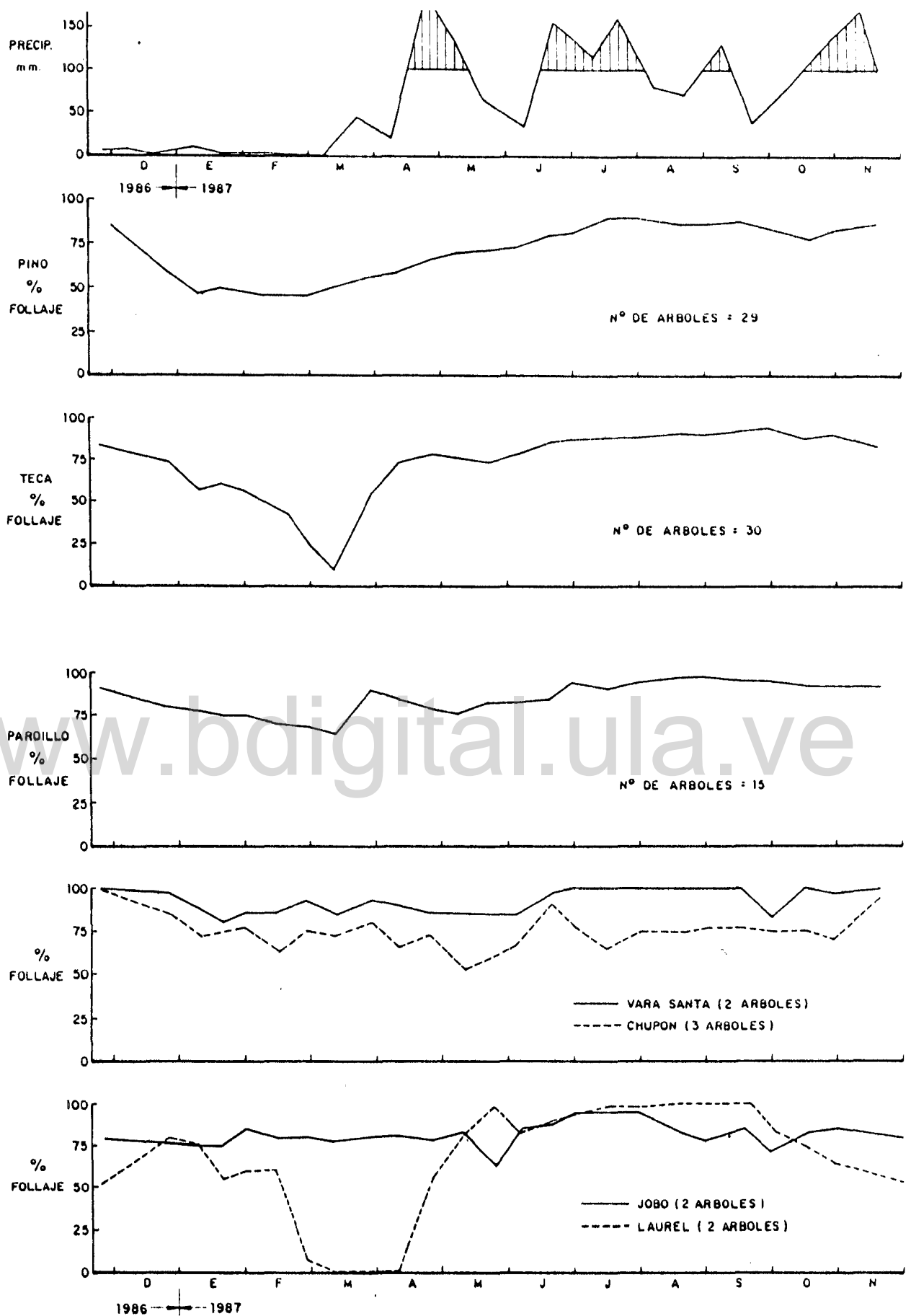


FIGURA 3. Follaje presente en las copas de especies forestales (%), en los tres sitios de estudio, en función de la precipitación.

les jóvenes) y la menor extensión de la estación seca en Ticoporo en relación a Caparo parecieron favorecer la tendencia al comportamiento siempreverde del pardillo en las parcelas estudiadas.

El chupón permanece todo el año con su follaje completo (siempreverde); presenta durante cortos periodos de tiempo pequeñas pérdidas de hojas, el defolie en este caso no es mayor de un 25%. La floración aparece durante el mes de abril y en junio la fructificación. Se produce un segundo período de floración en la segunda quincena de octubre, no observandose fructificación.

El jobo se presenta con un fuerte defolie durante el período de sequía (decidua obligatoria) y un rápido repunte al comienzo de las lluvias. A partir de la segunda quincena de septiembre el jobo sufre de nuevo pérdida del follaje hasta llegar a un 40% en la primera quincena de noviembre. No se observó floración ni fructificación en el año de estudio.

El palo de maría o vara santa y el laurel se comportan como especies siempreverdes, con variable pérdida de hojas, y valores no mayores del 40%. Se presentó floración de vara santa desde la primera quincena de marzo hasta la primera de mayo, no se observó fructificación.

El pino, si bien mantiene una alta proporción de su follaje presente en las copas, lo reduce a cerca de la mitad durante la parte final de la sequía, alcanzando el máximo en julio. No se observó en general floración, sólo en la parcela 1 (dos árboles) durante el mes de diciembre de 1986 presentaron escasas inflo-

rescencias. La presencia de frutos (conos) en los árboles ocurre en un primer período a finales del mes de diciembre de 1986 y disminuye claramente al comienzo del mes de abril (fig.3). Al final del mismo mes (comienzo de la época de lluvias) se observa la mayor cantidad de frutos en los árboles, la cual desciende gradualmente hasta hacerse mínima al final del período de estudio (noviembre). La caída de frutos ocurre pues en dos períodos: durante la época de sequía (menor cantidad) y durante la época de lluvias (mayor cantidad).

La teca sigue muy de cerca el ritmo de las lluvias con su caducifolia. A partir de noviembre inicia la pérdida del follaje hasta quedar en marzo prácticamente sin follaje y se recupera rápidamente con las primeras lluvias y alcanza su máximo a partir de junio. La floración alcanza su máximo en junio-julio y la fructificación en el mes de julio, ocurriendo la mayor caída de frutos y semillas al inicio del período de sequía.

4.1.3. Inventario de raíces finas en época de lluvias y sequía y estimación de su producción en la época de lluvias.

En el Cuadro 2a se presentan los valores promedios de 5 muestras de biomasa de raíces obtenidas en la parcela central de cada ecosistema. (raíces finas: $\varnothing < 2 \text{ mm}$)

El primer muestreo se realizó al inicio del período de lluvias (2.4.87). El bosque natural intervenido presenta el mayor valor en biomasa de raíces, particularmente en el horizonte superficial de muestreo (0-10 cm).

CUADRO 2a. Biomasa de raíces finas (ton/Ha), en dos fechas de colección (02-04-87 y 11-08-87), en los tres sitios de estudio.

SITIO	PROFUNDIDAD (cm)	FECHA	BIOMASA PROM. (ton/Ha)	S	CV (%)	FECHA	BIOMASA PROM. (ton/Ha)	S	CV (%)
BF	0 - 10	02-04-87	1,34	0,06	5	11-08-87	1,09	0,10	9
	10 - 20		0,35	0,12	33		0,32	0,09	27
	20 - 30		0,21	0,09	42		0,21	0,05	25
	30 - 40		0,12	0,01	11		0,10	0,02	20
	40 - 50		0,11	0,06	50		0,14	0,10	73
PINO	0 - 10	02-04-87	0,61	0,17	28	11-08-87	0,45	0,31	60
	10 - 20		0,19	0,10	53		0,17	0,09	55
	20 - 30		0,19	0,15	77		0,15	0,06	41
	30 - 40		0,08	0,05	63		0,05	0,02	45
	40 - 50		0,03	0,02	65		0,04	0,02	48
TECA	0 - 10	02-04-87	0,45	0,18	40	11-08-87	0,35	0,06	17
	10 - 20		0,29	0,05	17		0,29	0,07	23
	20 - 30		0,31	0,05	17		0,15	0,07	45
	30 - 40		0,11	0,04	37		0,06	0,02	34
	40 - 50		0,09	0,04	41		0,03	0,01	35

S: desviación estandar

CV: coeficiente de variación.

Raíces finas $0 < 2.0 \text{ mm}$

CUADRO 2b. Incremento de Raíces Finas, de 0-20 cm de Profundidad del 19.12.86 al 20-03-87.

SITIO	TOTAL (kg/ha)	DIARIA (kg/ha)
PINO	60.1	0.76
TECA	166.3	1.85
BF	695.3	7.73

En la plantación de pino y de teca, se observa la misma tendencia que en el bosque intervenido, aunque los valores de la biomasa, sobre todo en la muestra de 0 - 10 cm, disminuyen al menos en 50% respecto al bosque natural. En ambos sitios más del 80% de las raíces se ubican en los primeros 30 cm de profundidad.

El segundo muestreo se realizó en pleno período de lluvias (11.08.87) y se observan las mismas tendencias del primer muestreo; la biomasa de raíces disminuye respecto al período de sequía, principalmente en la profundidad de 0 - 10 cm. Casi el 90% de la biomasa de raíces se distribuye en los primeros 30 cm de profundidad. Todas estas características se presentan en los tres sitios de estudio.

En la figura 4 se observa la distribución vertical de la biomasa de raíces en los tres sitios de estudio (ton/ha), la cual disminuye a medida que se profundiza en el perfil, manteniéndose esta condición en todos los sitios. El mayor valor de la biomasa ocurre en los primeros 10 cm de profundidad en todos los sitios y en ambos períodos de muestreo.

En el anexo 1 se presentan los resultados del incremento de raíces finas ($\phi < 2$ mm), durante el período de observación del 19.12.86 hasta 20.03.87, que corresponde a la época de sequía, hasta 20 cm de profundidad en los tres sitios de estudio. El mayor valor obtenido en los cilindros corresponde al bosque natural intervenido (promedio 12 cilindros = 0.696 ton/ha) 1.82 ton/ha. El promedio en la plantación de pino es 0.068 ton/ha y el máximo

0.12 ton/ha. La plantación de teca presenta un promedio de 0.167 ton/ha y un máximo de 0.62 ton/h.

El menor incremento de raíces en el suelo de las plantaciones (pino y teca) respecto al bosque natural intervenido cuadro 2b puede estar relacionado con la humedad disponible en el suelo por las plantas. El bosque natural intervenido presenta la mayor reserva de agua asequible durante la sequía. Alrededor del chupón hay un mayor crecimiento de raíces en los puntos más bajos de la microtopografía del sitio.

www.bdigital.ula.ve



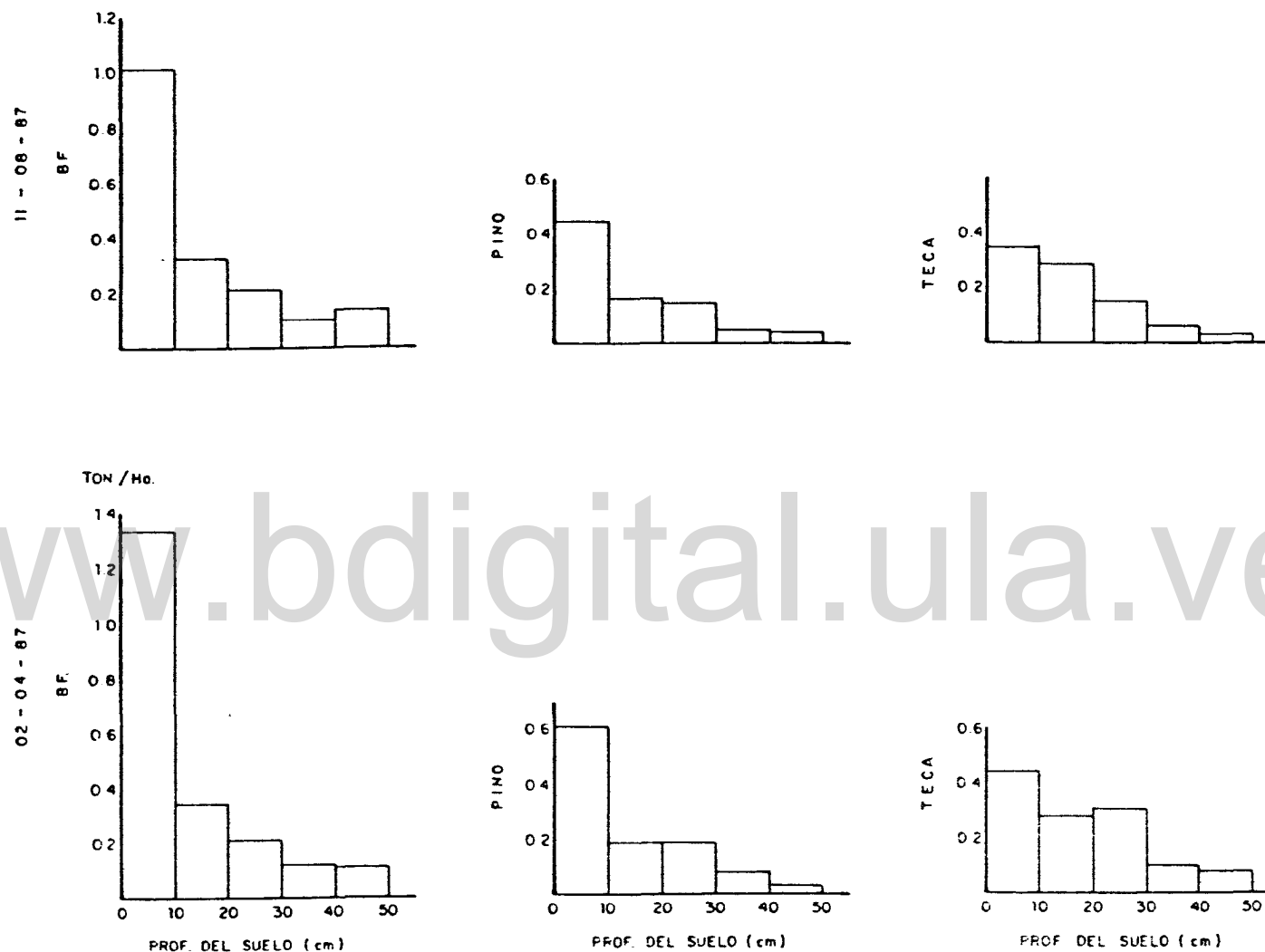


FIGURA 4. Distribución vertical de la Biomasa de raíces finas (ϕ 2.0 mm), en dos fechas de colección y tres sitios de estudio (ton./ha).

4.2. HOJARASCA.

4.2.1. Producción total anual de hojarasca.

En los cuadros 3,4,5 y 6 se presenta la caída total anual de hojas, ramas finas y flores + frutos + semillas y en el cuadro 7 la producción de hojarasca en su totalidad (Ton/ha/año).

4.2.1.1. Producción total anual de hojas.

De los 3 ecosistemas estudiados en el bosque intervenido en fajas la caída anual de hojas (cuadro 3) tiene su máximo valor en la parcela 1 con 6.7 ton/ha y el mínimo en la parcela 3 con 5.2. ton/ha, siendo el promedio de las tres parcelas de 5.79 ± 0.79 ton/ha.

En la plantación de pino, la máxima caída de hojas se produce en la parcela 1 con 7.37 ton/ha y la mínima en la parcela 2 con 5.81 ton/ha, el promedio de las tres parcelas es 6.63 ± 0.78 ton/ha.

En la plantación de teca la máxima caída se produce en la parcela 3 con 6.88 ton/ha y la mínima en la parcela 1 con 6.5 ton/ha, siendo el promedio de las tres parcelas 6.54 ± 0.31 ton/ha.

Al comparar la caída total de hojas para los 3 ecosistemas, (cuadro 7) el bosque natural intervenido presenta el menor valor (5.79 ton/ha) y la plantación de pino el mayor valor (6.63 ton/ha). Se observa que el carácter fenológico de la vegetación no influye en la cantidad de hojas caídas durante el año. El coeficiente de variación en cada sitio varía entre 5 y 14 %

CUADRO 3. Caída Total Anual de Hojas (gr/m2/año)

Parcelas	C o l e c t o r e s								$\bar{X}$	S	CV(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8			
BF1	531,2	538,44	709,56	625,87	626,32	659,13	990,5	680,78	670,23	134,61	20,08
BF2	594,03	482,62	660,6	573,92	419,07	537,19	414,61	690,75	546,60	96,59	17,67
BF3	621,19	574,43	490,19	612,9	483,23	387,02	557,24	450,83	522,13	77,37	14,82
P1	424,97	712,13	887,01	978,78	637,3	780,1	827,36	648,83	737,06	160,73	21,81
P2	282,76	479,04	502,47	616,01	839,39	771,31	513,55	646,92	581,43	165,31	28,43
P3	726,27	600,49	897,33	555,76	987,05	547,36	426,32	631,37	671,49	176,47	26,28
T1	562,48	576,85	499,4	729,63	636,19	685,69	670,64	644,4	625,66	70,01	11,19
T2	565,41	494,21	628,47	616,68	744,8	718,86	795,37	632,22	649,50	92,31	14,21
T3	527,4	689,07	632,42	824,13	731,9	655,85	753,55	690,31	688,08	82,67	12,01

CUADRO 4. Caída Total Anual de Ramas Finas, ≤ 2 cm (gr/m2/año)

Parcelas	C o l e c t o r e s								$\bar{X}$	S	CV(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8			
BF1	44,56	70,12	71,65	73,2	60,78	82,65	277,21	96,03	97,03	69,53	71,66
BF2	55,04	74,01	89,9	66,71	39,43	78,7	31,73	71,43	63,37	18,61	29,37
BF3	131,8	83,54	59,79	224,83	51,07	56,35	42,15	67,27	89,60	57,37	64,03
P1	45,45	28,07	108,84	36,84	35,14	59,83	41,63	36,71	49,06	24,22	49,37
P2	74,2	28,64	22,53	85,45	84,81	73,06	86,87	138,95	74,31	34,17	45,98
P3	16,63	23,47	28,38	15,02	79,17	59,68	93,1	66,91	47,80	28,63	59,90
T1	22,9	23,7	7,39	2,88	29,65	6,8	5,07	16,33	14,34	9,50	66,23
T2	44,11	12,8	26,43	6,13	17,26	11,18	56,96	7,34	22,78	17,38	76,31
T3	13,3	25,9	18,45	17,11	22,26	5,04	22,02	19,35	17,93	6,02	33,56

BF : parcelas del bosque en fajas.

P : parcelas de la plantación de pino.

T : parcelas de la plantación de teca.

$\bar{X}$: media.

S : varianza.

CV : coeficiente de variación.

CUADRO 5. Caída Total Anual de Flores + Frutos + Semillas (gr/m2/año)

parcelas	C o l e c t o r e s								$\bar{X}$	S	CV(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8			
BF1	15,58	101,74	117,94	46,87	143,34	102,91	51,34	90,22	83,74	39,54	47,22
BF2	54,14	142,08	149,2	109,62	71,88	85,96	210,81	166,38	123,76	49,43	39,94
BF3	14,08	11,94	39,23	46,01	10,21	6,57	9,01	4,68	17,72	14,73	83,16
P1	17,76	21,28	35,77	29,18	29,58	42,07	36,48	20,19	29,04	8,19	28,20
P2	1,75	22,38	10,58	15,36	34,59	32,5	25,78	8,12	18,88	11,08	58,69
P3	15,47	10,25	28,77	6,22	19,5	9,55	11,94	26,89	16,07	7,75	48,24
T1	37,59	96,17	43,39	35,57	44,51	36,84	33,36	40,2	45,95	19,31	42,02
T2	50,63	61,93	45,38	59,84	58,01	52,28	38,77	42,57	51,18	7,91	15,46
T3	48,85	38,06	55,42	47,48	53,84	58,01	42,09	67,86	51,45	8,83	17,15

CUADRO 6a. Caída Total Anual de Hojarasca (gr/m2/año)

parcelas	C o l e c t o r e s								$\bar{X}$	S	CV(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8			
BF1	590,12	755,28	899,51	745,56	830,43	844,68	1325,37	869,04	857,50	198,80	23,18
BF2	703,13	705,09	907,51	720,26	533,81	701,82	659,43	928,47	732,44	120,70	16,48
BF3	766,33	693,65	589,3	902,25	545,14	449,99	608,83	522,79	634,79	136,83	21,56
P1	482,18	761,48	1031,47	1044,8	702,55	881,3	905,47	705,7	814,37	176,94	21,73
P2	358,7	519,17	467,33	716,03	958,31	876,87	612,7	783,99	661,64	195,09	29,49
P3	758,37	631,21	954,21	577,43	1086,27	616,52	531,95	725,08	735,13	181,30	24,66
T1	622,92	696,81	550,12	767,63	705,85	729,29	709,07	700,93	685,33	63,48	9,26
T2	665,09	568,68	641,46	681,59	820,05	781,96	911,1	682,13	719,01	103,29	14,37
T3	589,82	753,04	706,61	890,29	808,4	718,84	818,07	777,51	757,82	84,05	11,09

BF: parcelas del bosque en fajas.
P: parcelas de la plantación de pino.
T: parcelas de la plantación de teca.

$\bar{X}$: media.
S: desviación estandar
CV: coeficiente de variación.

lo que indica cierta uniformidad en el comportamiento de la vegetación. No existe diferencia significativa estadísticamente al nivel del 5 % entre la producción de hojas en los tres sitios de estudio.

El promedio de hojas caídas en Ticoporo durante el año en los tres sitios de 6.32 ± 0.46 ton/ha es ligeramente mayor que el encontrado en Caparo (Franco, 1979) de 6.13 ton /ha(8 parcelas), siendo a su vez menor que el obtenido en Darién (Panama) de 10.5 ton/ha en bosque natural, con similar precipitación anual (Golley, 1975). El valor de 5.82 ton/Ha observado en el bosque natural explotado y enriquecido con pardillo en fajas es menor que en el bosque natural de Caparo.

4.1.1.2. Producción total anual de ramas finas.

En el bosque natural intervenido (BF) la caída anual de ramas finas varía entre 0.97 ton/ha en la parcela 1 y 0.63 ton/ha en la parcela 2, el promedio del sitio es de 0.83 ± 0.18 ton/ha. (cuadro 4)

En la plantación de pino, el máximo valor en la caída de ramas ocurre en la parcela 2 con 0.74 ton/ha y el menor valor en la parcela 3 con 0.48 ton/ha, el promedio del sitio es de 0.57 ± 0.15 ton/ha.

En la plantación de teca la variación ocurre entre 0.23 ton/ha en la parcela 2 (máximo valor) y 0.14 ton/ha en la parcela 1 (mínimo valor), siendo el promedio 0.18 ± 0.04 ton/ha.

Los valores promedios para los 3 sitios nos indican diferencias estadísticas significativas al nivel del 5 % entre la caída de ramas finas; en el bosque natural intervenido ocurre la mayor producción, en la plantación de pino se presenta un valor cercano al promedio y en la plantación de teca se produce el menor valor. Franco (1979) plantea que la caída de ramas finas, debido a su propio peso ocurre verticalmente, acumulándose en sitios con alta cobertura de copas y faltando en sitios descubiertos, lo que da irregularidad al parámetro.

El valor promedio para los 3 sitios es 0.53 ton/ha, con un coeficiente de variación de 61.6 %, valor inferior al obtenido por Franco (1979) en Caparo (1.30 ton/ha) y muy inferior al obtenido en otros bosques tropicales (Spain, 1984).

4.2.1.3. Producción total anual de flores + frutos + semillas.

La caída anual de F + F + S presenta valores en el bosque natural intervenido entre 1.23 ton/Ha (máximo) en la parcela 2 y 0.18 ton/ha en la parcela 3 (mínimo), siendo el promedio de 0.75 $\pm$ 0.53 ton/ha, con un coeficiente de variación del 56.7 %. (cuadro 5)

En la plantación de pino la caída varía entre 0.29 ton/ha (máximo) en la parcela 1 y 0.16 ton/ha (mínimo) en la parcela 3, con un promedio de 0.21 $\pm$ 0.07 ton/ha.

En la plantación de teca la producción fluctúa entre 0.51 ton/ha (máximo) en la parcela 3 y 0.46 ton/ha (mínimo) en la parcela 1, siendo el promedio en la plantación de 0.49 $\pm$ 0.03

CUADRO 6b. Análisis de Varianza. Caída Total Anual de Hojarasca.
(gr/m2/año)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F obs.	F tab. 5 %	F tab. 1 %
TOTAL	23	190805.7				
COLECTORES	7	74705.8	37352.7	4.58	2.77	4.28
SITIO	2	1915.1	273.6	0.03	3.74	6.51
ERROR	14	114184.8	8156.1			

CUADRO 7. Caída Total Anual de Hojarasca (promedio)
en los Tres Sitios estudiados (24 colectores por sitio)

SITIO	COMPARTIMIENTO	$\bar{X}$		S		CV %
		gr/m2	ton/Ha	gr/m2	ton/Ha	
BF	Hojas	582,65	5,82	79,39	0,79	13,62
	Ramas	83,35	0,83	17,68	0,17	21,22
	F+F+S	75,67	0,75	53,54	0,53	71,32
	Total	741,57	7,41	111,63	1,12	15,05
PINO	Hojas	661	6,61	78,13	0,78	11,78
	Ramas	55,01	0,55	14,95	0,14	27,17
	F+F+S	21,03	0,21	6,82	0,07	32,42
	Total	737,04	7,37	76,38	0,76	10,36
TECA	Hojas	653,41	6,54	31,44	0,31	4,81
	Ramas	19,07	0,19	4,23	0,04	23,08
	F+F+S	49,24	0,49	3,1	0,03	6,26
	Total	720,72	7,2	36,27	0,36	5,03

ton/ha, con un coeficiente de variación del 7 %, lo que indica alta uniformidad en la producción de F+F+S.

La tendencia dentro de los 3 sitios indica que existe diferencia estadísticamente significativas a un nivel del 5 % en la caída de flores, frutos y semillas. En el bosque natural intervenido existe mayor producción de F+F+S debido a que las especies predominantes arrojan mayor cantidad de frutos que la Teca y el Pino, además de que los frutos son de mayor peso (Chupón, palma Sarare, etc). Franco (1979) encontró en Caparo que las especies siempreverdes arrojan mayor peso en flores, frutos y semillas que las decíduas. Ello se corrobora con lo observado aquí.

En la plantación de pino los conos por su peso caen verticalmente y se concentran donde hay mayor cobertura, lo que implica una distribución irregular. (Millar, 1974).

En la plantación de teca se observa mayor uniformidad en la producción. La condición de presentar mayor cobertura sobre el suelo y amplia floración determina la uniformidad. Su producción es mayor que la plantación de pino.

4.2.2. Ritmicidad en la caída de hojarasca.

4.2.2.1. Ritmicidad de caída de hojas.

En el bosque natural intervenido (BF1, BF2 y BF3) el ritmo de caída de hojas presenta dos máximos. Ello se observa tanto en las parcelas (Fig.5) como en la curva promedio (Fig.8).

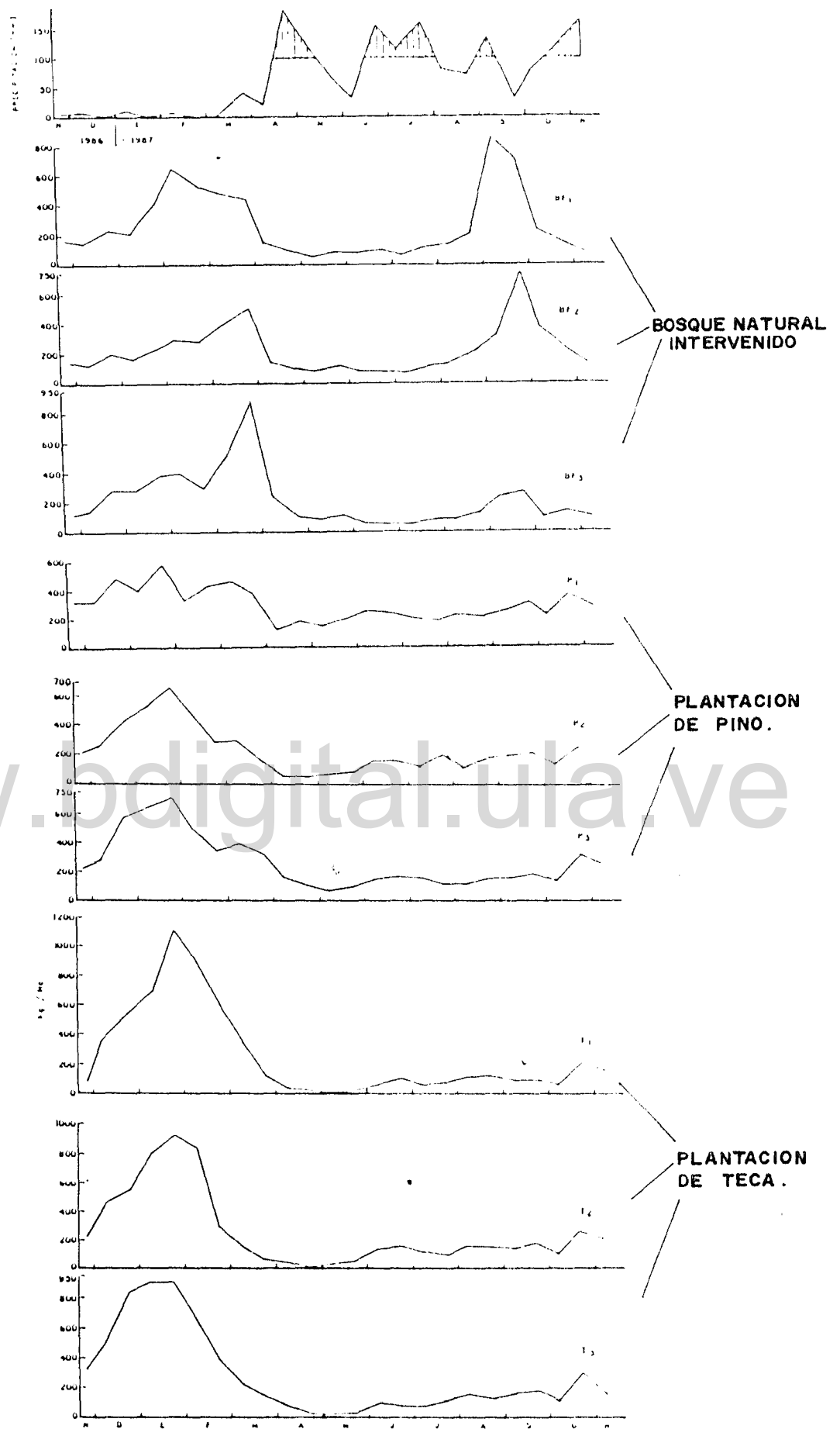


FIGURA 5. Caída de Hojas (kg/ha/2 semanas)

En las curvas y especialmente en la curva promedio se reconocen 3 períodos de caída: el primero de alta caída desde la segunda quincena de noviembre hasta la primera quincena de abril que coincide con la época de sequía; el segundo de baja caída desde la segunda quincena de abril hasta la primera quincena de agosto (máxima lluvia) y el tercero de alta caída desde la segunda quincena de agosto hasta la primera quincena de octubre de 1987, coincidiendo con una reducción de las lluvias. Este patrón se observa en las 3 parcelas aunque menos acentuado en la parcela BF3.

La similitud en la tendencia, sobre todo en los picos (máximos) de las curvas, sugiere que el proceso de caída de hojas está relacionado con los cambios climáticos. Durante el período de máximas lluvias, cuando la reserva de agua en los suelos es abundante, la caída de hojas es reducida y durante la sequía, cuando se presentan máximos valores de insolación y radiación y menores de humedad del aire, es decir máxima evapotranspiración, se producen los máximos valores de caída. Esto coincide con las observaciones de Franco(1979) en Caparo.

El bosque natural enriquecido en fajas hasta la primera quincena de abril (sequía) alcanza cerca de un 50 % de la caída con respecto al total anual. Entre la segunda quincena de abril y la primera de agosto (período de lluvias), la caída representa el 20 % del total anual. De la segunda quincena de agosto hasta la primera de noviembre se presenta un segundo máximo que representa el 30 % del total anual. Es decir, cae 50 %

de las hojas en sequía y 50 % el resto del año. El comportamiento de este bosque es similar al reportado por Franco (1979) para el tipo subsiempreverde (de sub-banco) en Caparo.

En la plantación de pino se observa que el ritmo de caída de acículas en las 3 parcelas son bastante similares, (Fig. 4). En la misma se reconocen 3 períodos: el primero desde la primera quincena de noviembre hasta la segunda quincena de marzo, cuando se produce la mayor caída de hojas (58.43 %). El segundo período ocurre entre la primera quincena de abril y la primera quincena de septiembre, con valores muy uniformes y bajos, se corresponde con la más alta precipitación anual. El tercer período entre la segunda quincena de septiembre y la primera de noviembre con un leve incremento en la caída que denota la tendencia hacia un segundo pico de caída. Este pico no es tan acentuado como en el bosque natural, es decir, casi 60 % cae en la época de sequía y 40 % en la de lluvias.

En la plantación de teca se acentúa la caída de hojas en la época de sequía. Desde la primera quincena de noviembre hasta la segunda quincena de marzo, la caída representa más del 70 % de la caída total anual. Un segundo período ocurre entre la segunda quincena de abril y la primera de octubre, período de máximas precipitaciones y menores cantidades caídas de hojas, con un mínimo en abril y mayo, tiempo de rebrote del nuevo follaje. El tercer período se presenta a partir de la segunda quincena de octubre con moderado incremento en la caída. Este comportamiento

es similar al reportado por Franco (1979) para el tipo deciduo (tanto de banco como de bajío) en Caparo.

4.2.2.2. Ritmicidad de la caída de ramas finas.(Fig.6)

- Bosque intervenido en fajas.

La curva de caída presenta considerable variación entre parcelas, no evidenciándose fluctuaciones importantes relacionadas con la precipitación. No existe diferencia significativa entre par de valores consecutivos. El ritmo de caída no presenta tendencias claras y es más bien errático.

- Plantación de pino.

La curva de caída se presenta irregular con una leve tendencia al incremento de caída en el mes de octubre. No existe diferencia significativa entre pares de valores consecutivos. Los valores son sensiblemente inferiores a los observados en el bosque natural, lo que puede indicar menor tendencia del pino a la renovación de las ramas finas terminales.

- Plantación de teca.

La curva promedio indica pocas variaciones en la caída, con leve tendencia al aumento en el mes de junio, relacionado con caída de las ramitas que soportaban los frutos ya caídos en la época de sequía. Existe diferencia significativa entre los valores consecutivos de la primera quincena de junio y primera quincena de julio. Los valores son inferiores a los del pino, indicando el crecimiento sostenido de la Teca y la baja tasa de recambio de ramas terminales.

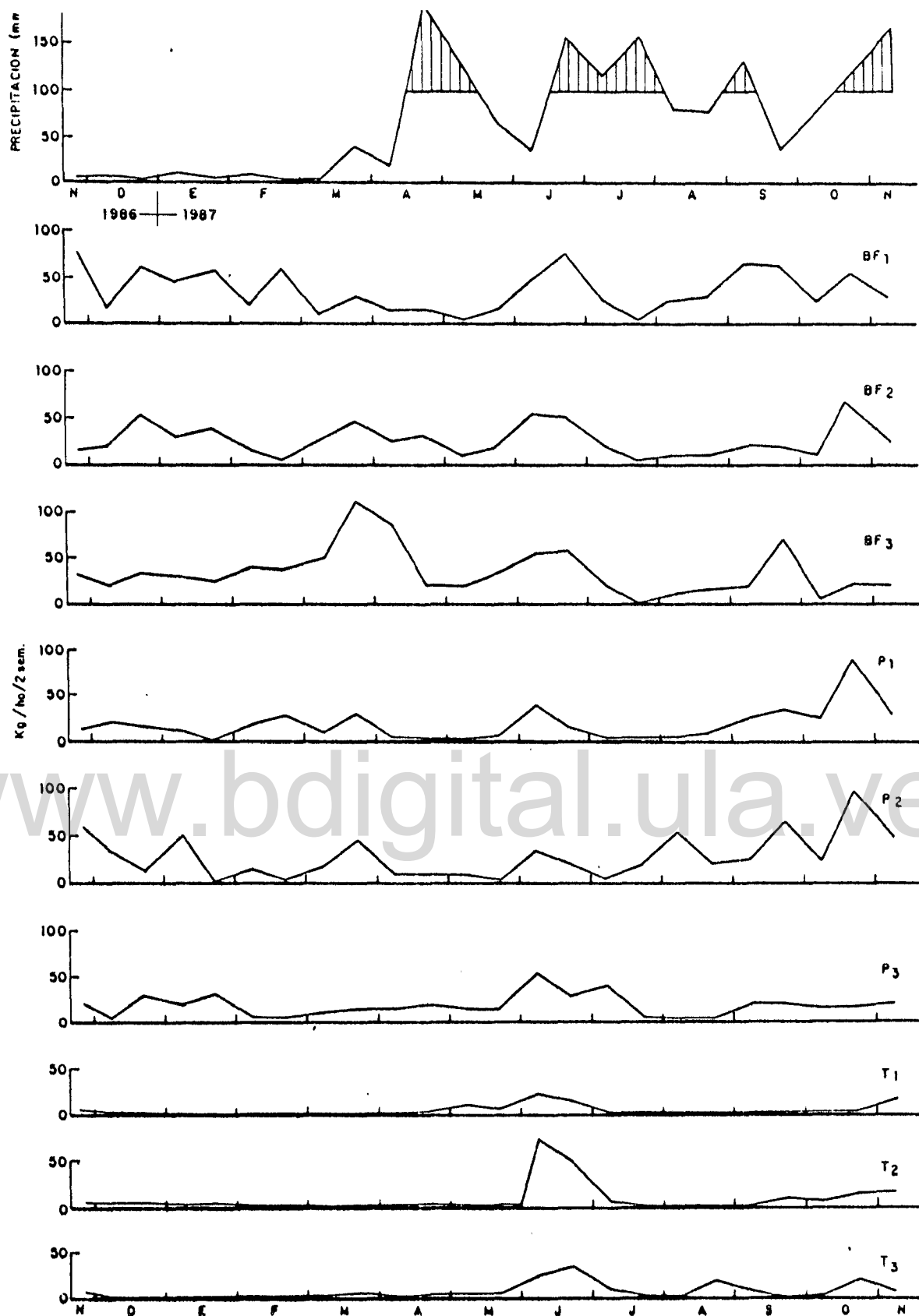


FIGURA 6 CAIDA DE RAMAS FINAS (kg / ha / 2 semanas).

4.2.2.3. Ritmicidad de caída de Flores, frutos y semillas. (Fig.7)

- Bosque intervenido en fajas.

La curva presenta mayor caída de entre valores de F+F+S desde mediados de octubre y a fines de junio (período de actividad reproductiva) lo que incluye el final de las lluvias, toda la sequía y la fase inicial de las lluvias. La mayor parte de las especies con estacionalidad en la reproducción florecen, fructifican y arrojan sus semillas en este período.

- Plantación de pino.

En la plantación de pino los valores de caída son inferiores y tienen pocas fluctuaciones lo que indica uniformidad y poca influencia del fenómeno estacional.

- Plantación de teca.

presenta una clara diferenciación en el ritmo de caída de F+F+S durante el año, con una fase mayor de caída desde la segunda quincena de marzo a la primera de noviembre con reducción en septiembre y octubre y una fase de mínima caída desde la segunda quincena de noviembre a la primera quincena de marzo. Esto se sincroniza inversamente con la caída de las hojas, es decir, cuando caen las hojas no caen órganos reproductivos y viceversa.

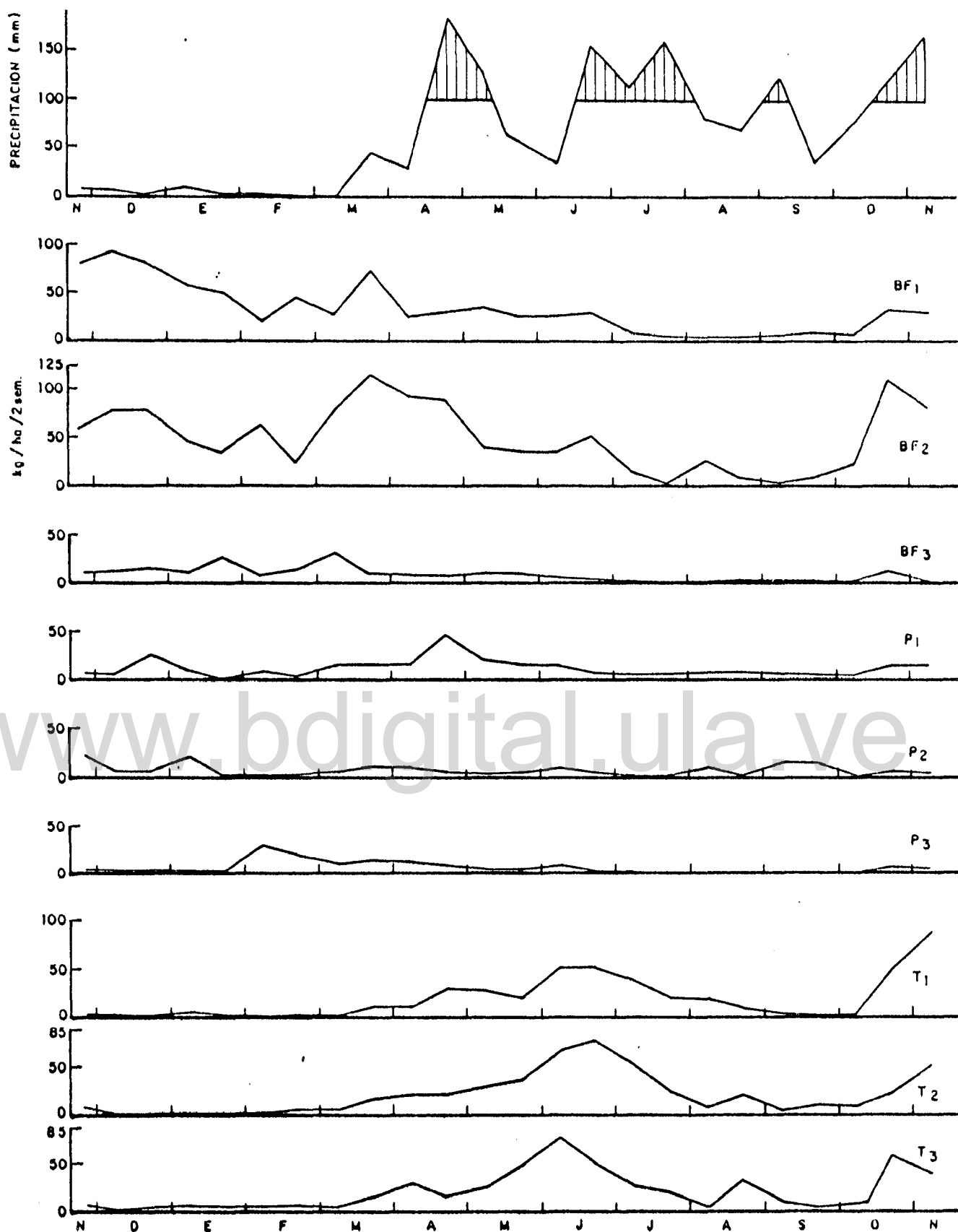


FIGURA 7. CAIDA DE FLORES + FRUTOS + SEMILLAS (kg / ha / 2 semanas)

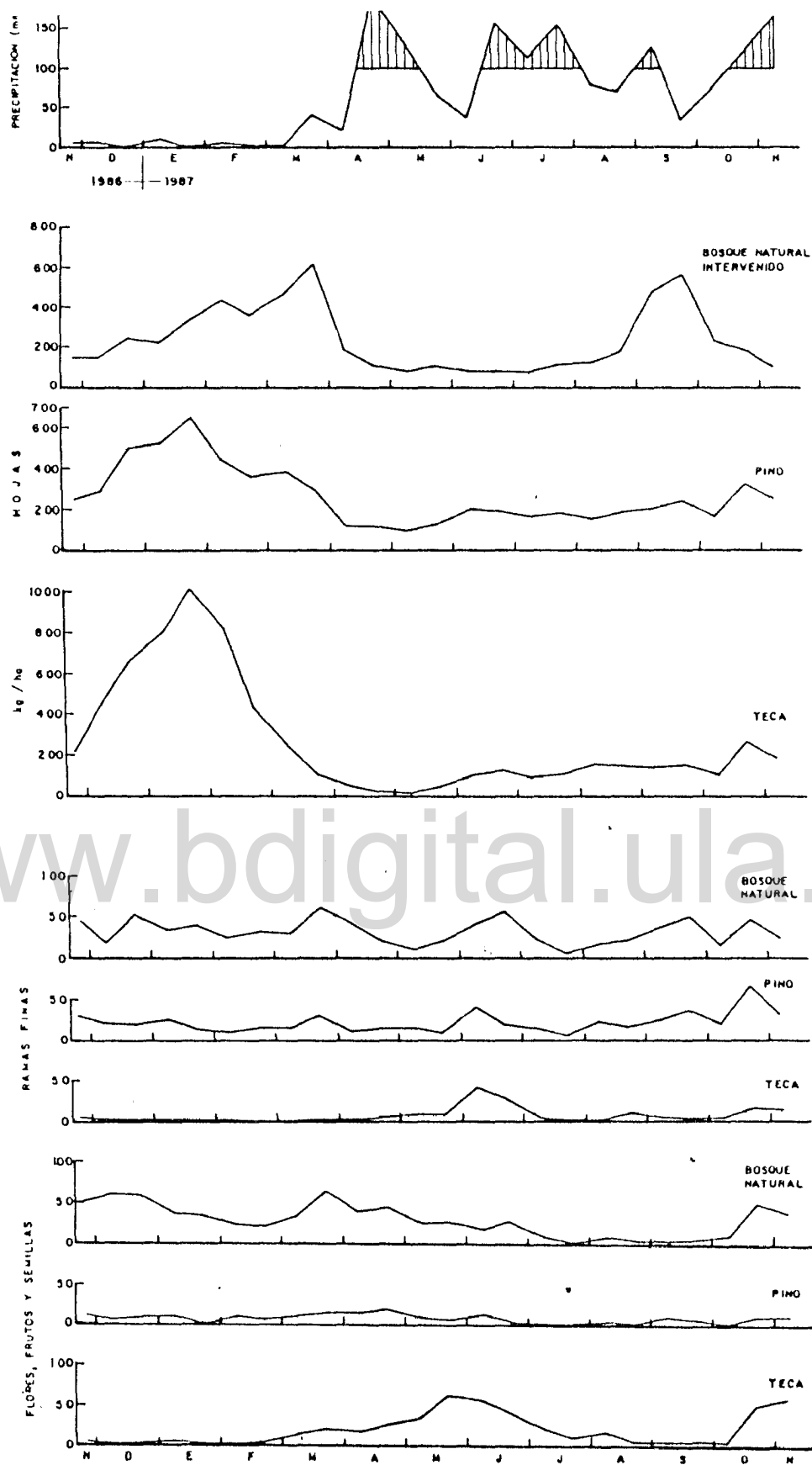


FIGURA 8. CAIDA DE HOJARASCA
Valores promedios (3 parcelas, 24 colectores por ecosistema) kg/ha/2 semanas

4.2.3. Bioelementos en la hojarasca.

4.2.3.1. Variación de la concentración anual en las hojas.

En las figuras 9,10 y 11 se observan las variaciones en las concentraciones de los bioelementos en las hojas respecto al tiempo y a la distribución de las lluvias.

- Bosque en fajas. (Fig. 9)

Nitrógeno: presenta un comportamiento muy uniforme durante todo el periodo de observación, con las mayores concentraciones respecto al resto de los elementos estudiados.

Potasio: disminuye durante el periodo de lluvias, alcanzando los mayores valores durante el periodo de sequía. Ello es indicativo de su alta solubilidad.

Magnesio: a pesar de las diferencias entre las muestras de los colectores 21-24 y 25-28, se muestra con pocas variaciones durante el periodo de lluvias con un valor mayor durante la sequía.

Calcio: presenta un comportamiento irregular con los mayores valores presentes durante el periodo de lluvias.

Fósforo: presenta valores relativamente constantes durante todo el periodo de observación. Es el elemento con las menores concentraciones, especialmente al inicio de la sequía.

- Plantación de pino. (Fig. 10)

Nitrógeno: los mayores valores se presentan durante la sequía ,

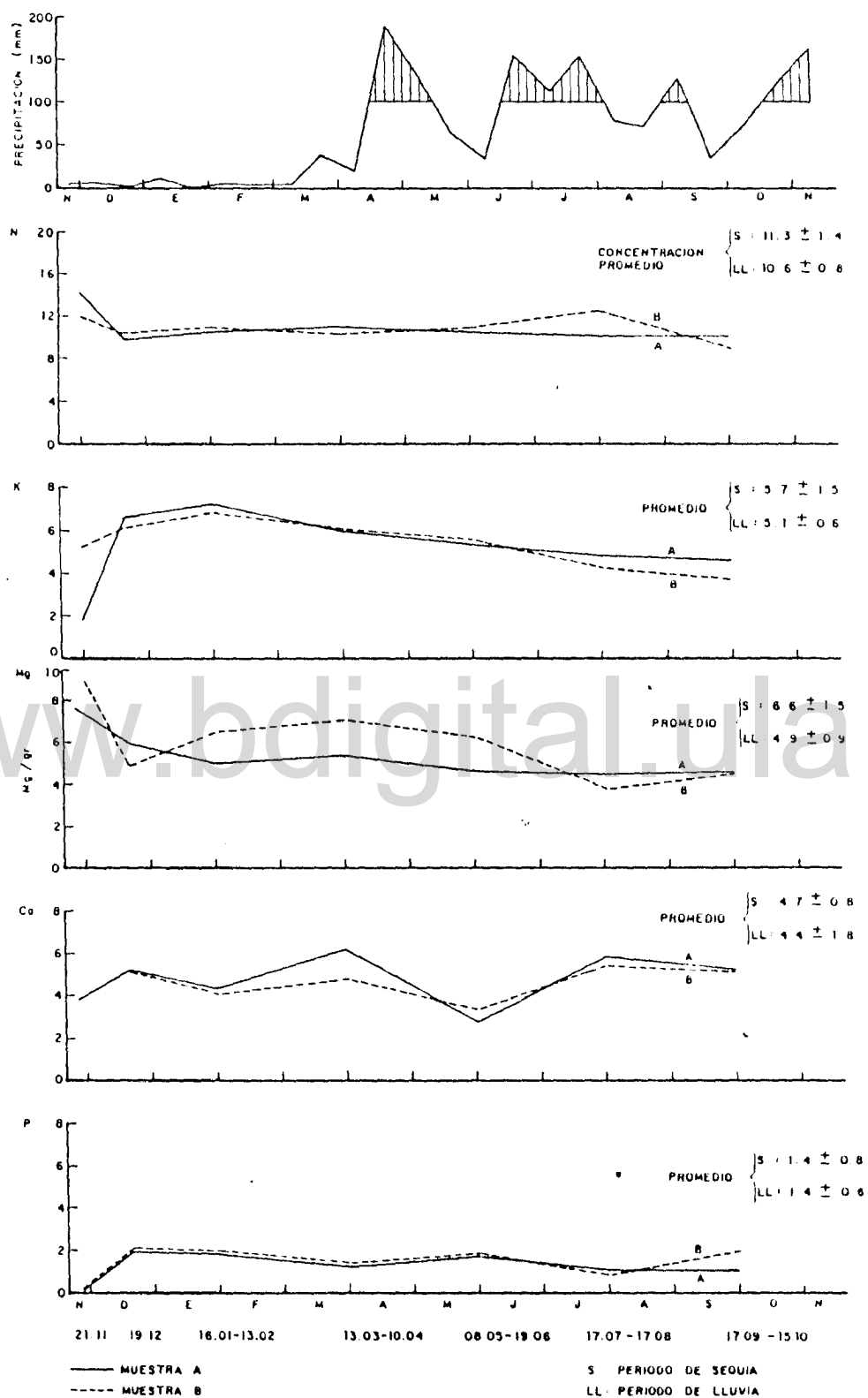


FIGURA 9. Variación en la concentración de bioelementos en la hojarasca (hojas) de Bosque natural intervenido.

disminuyendo en el período de lluvias.

Potasio: al igual que en BF los mayores valores ocurren durante el período de sequía, disminuyendo en el período de lluvias.

Magnesio: mantiene valores relativamente diferentes en las muestras durante la sequía, pero sus valores son bastantes similares todo el año.

Calcio: aunque tiene los valores más bajos durante la sequía, se mantiene a niveles muy similares todo el año.

Fosforo: mantiene en general bajos valores durante el año, con los valores mínimos en la parte final de las lluvias y comienzo de sequía.

- Plantación de teca. (Fig. 11)

Nitrógeno: a diferencia de la plantación de pino las menores concentraciones en las hojas de teca se presentan durante la sequía, alcanzandose el máximo valor en el período de lluvias.

Potasio: el elemento presenta su más alto valor en las hojas de teca al comienzo de la sequía con un descenso al final de esta, luego se mantiene a niveles poco variables durante el resto del año.

Magnesio: en la hojas de teca los mayores valores ocurren durante el inicio de la sequía. Mantiene un nivel más bajo y casi constante durante la época de lluvias.

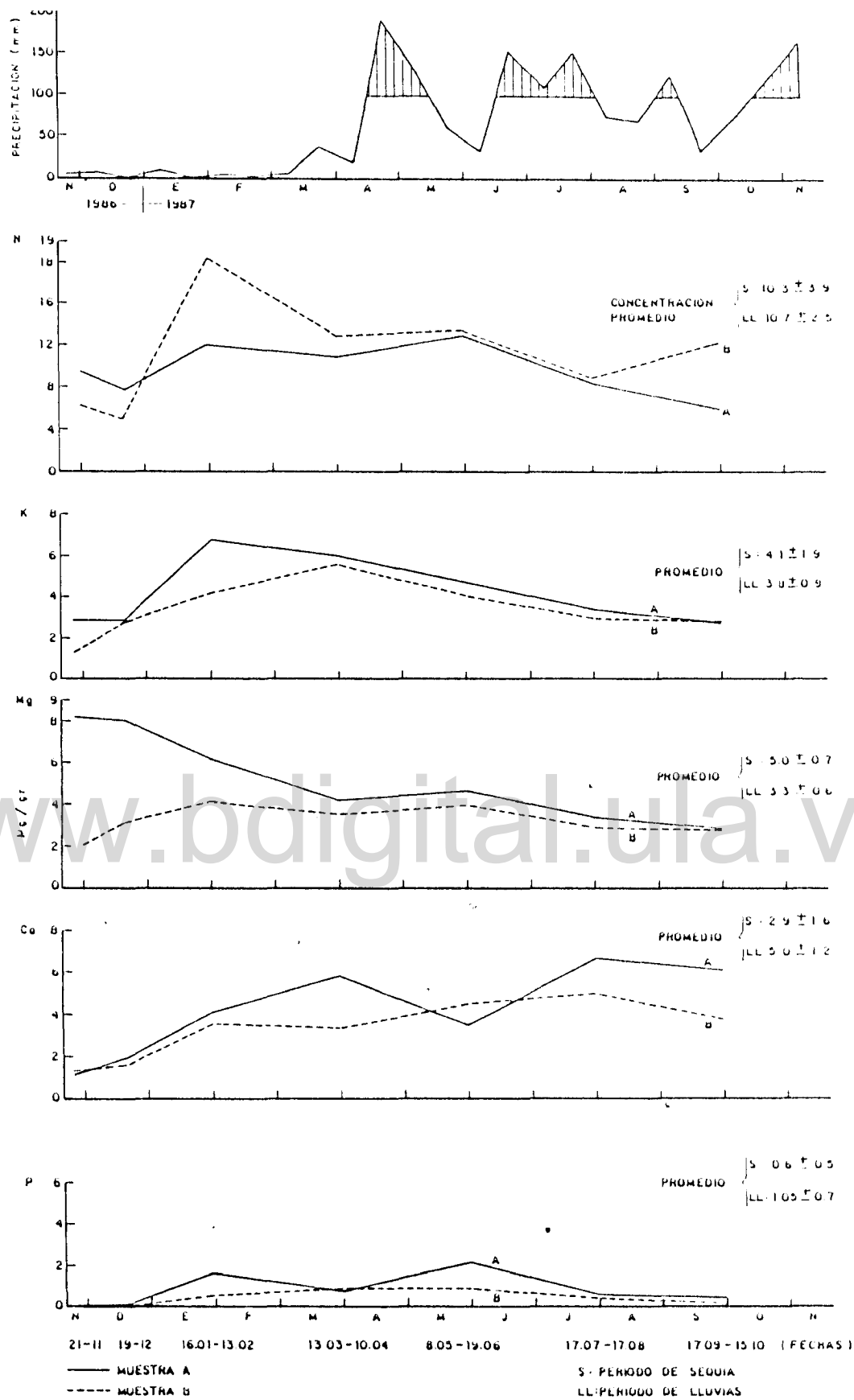


FIGURA 10. Variación en la concentración de bioelementos en la hojarasca (hojas) del Pino

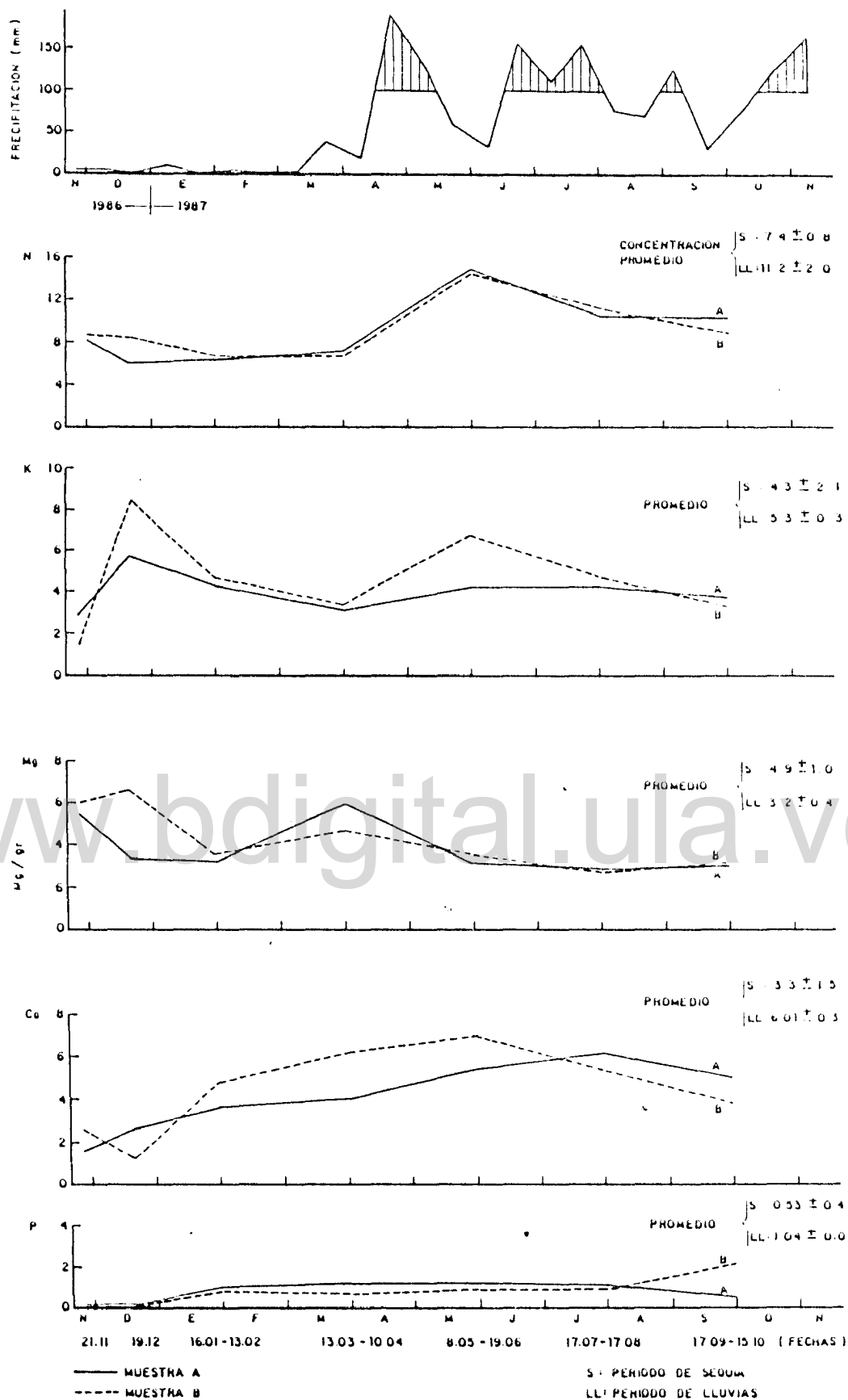


FIGURA II Variación en la concentración de bioelementos en la hojarasca (hojas) de Teca

Calcio: en el período de sequía en las hojas de teca se observa el menor valor en la concentración, ésta aumenta hacia el comienzo del período de lluvias y se mantiene casi igual hasta el final de las observaciones.

Fósforo: los valores son muy bajos al inicio de la sequía para las hojas de teca y se mantienen reducidos y casi constantes durante todo el período de observación, la tendencia en los mismos es casi uniforme y de bajo valor.

4.2.3.2. Variación de la concentración anual en ramas finas.

En las figuras 12,13 y 14 se observan las variaciones en la concentración de los elementos en ramas finas, en los tres ecosistemas.

- Bosque en fajas. (Fig. 12)

Nitrógeno: las concentraciones son sumamente variables durante todo el período de observación, aunque en promedio se mantiene igual la concentración en ambas épocas (sequía y lluvias).

Potasio: presenta su más alto valor durante la sequía (segunda quincena de diciembre), mateniendose casi sin variación durante el resto del período de observación.

Magnesio: bastante uniforme con valores ligeramente más bajos durante la sequía.

Calcio: valores extraordinariamente altos al comienzo de sequía, a partir de la segunda quincena de diciembre ocurre un fuerte descenso, manteniedose bajo y uniforme durante el resto

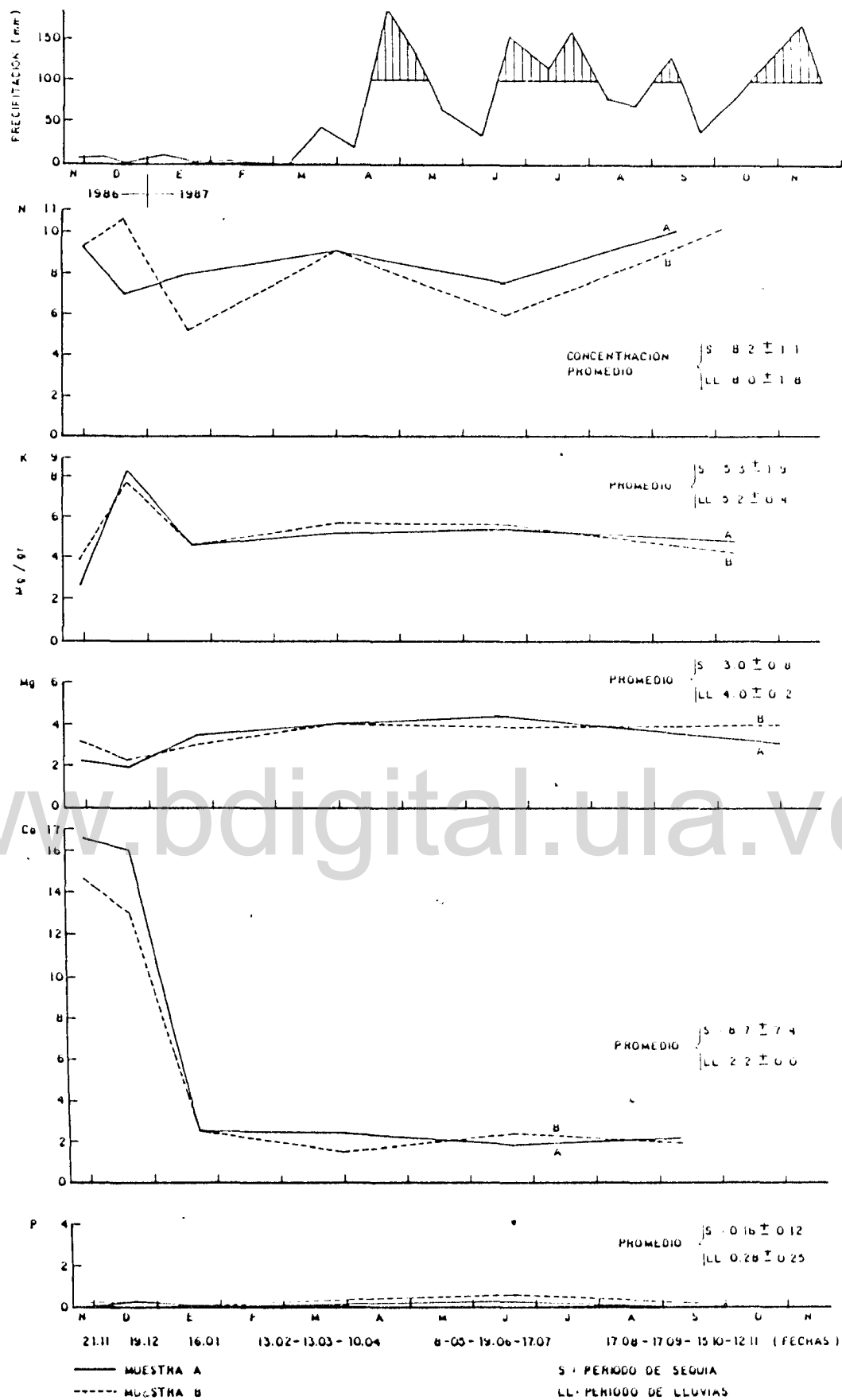


FIGURA 12. Variación en la concentración de bioelementos en hojarasca (ramas finas) del bosque natural intervenido.

del año.

Fósforo: las concentraciones son sumamente bajas durante todo el año.

- Plantación de pino. (Fig. 13)

Nitrógeno: los mayores valores se presentan en la época de sequía, con tendencia a disminuir gradualmente durante el período de lluvias.

Potasio: se observan bajos valores al inicio del período de sequía, los que aumentan ligeramente y se mantienen casi constantes todo el año.

Magnesio: presenta los valores más bajos durante el comienzo de la sequía, luego aumenta ligeramente y se mantiene el resto del año casi constante.

Calcio: valores muy altos se presentan al comienzo del período de sequía, sobre todo en la muestra de los colectores 21-24, luego le sigue un brusco descenso en la concentración, manteniéndose constante por el resto del año.

Fósforo: los valores son muy bajos durante todo el tiempo.

- Plantación de teca. (Fig. 14)

Nitrógeno: los valores son muy diferentes en ambas muestras, la tendencia se desplaza hacia mayor concentración durante la época de lluvias.

Potasio: se produce una gran diferencia entre las dos muestras analizadas, la 21-24 presenta su valor más alto en las dos

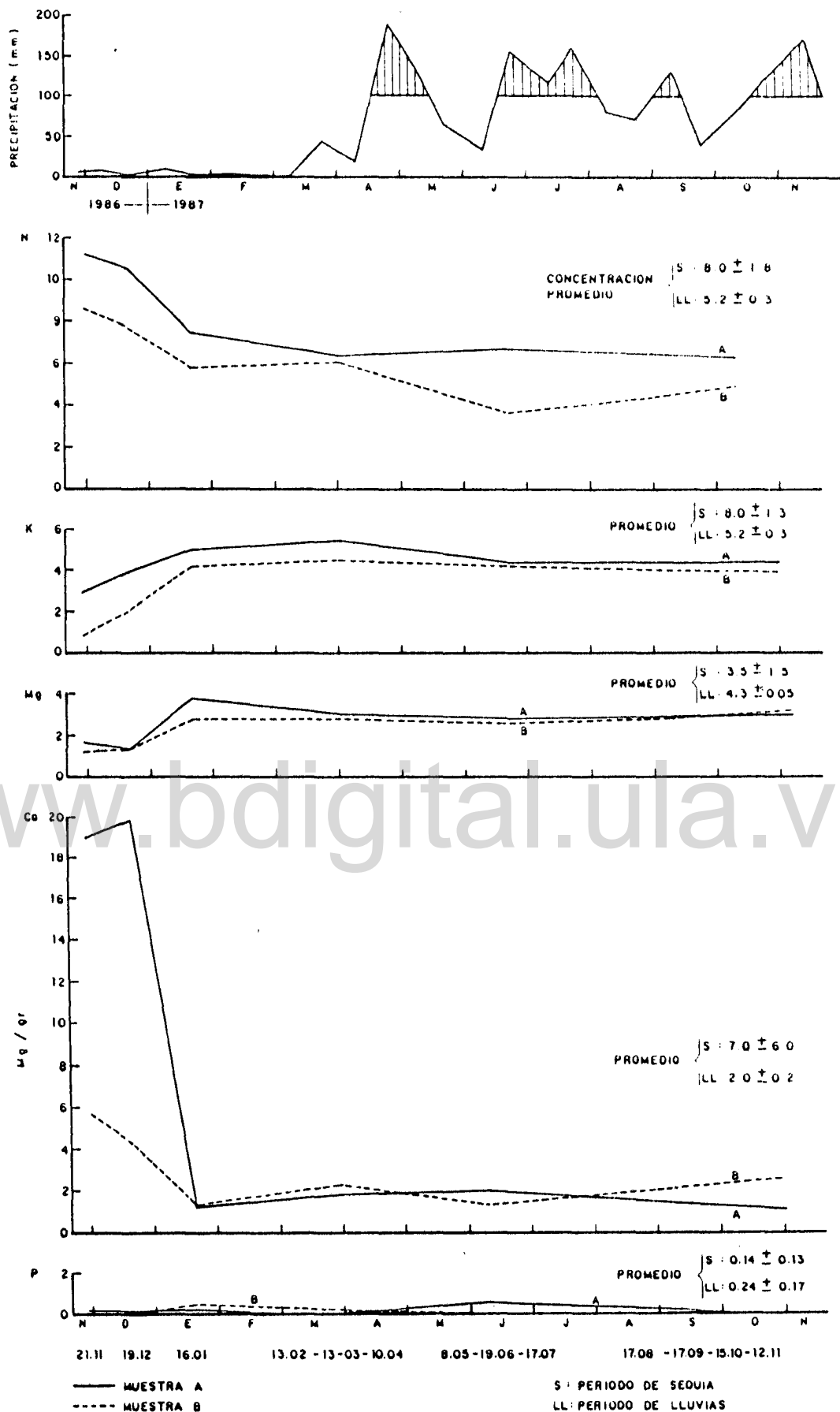


FIGURA 13. Variación en la concentración de bioelementos en hojarasca (ramas finas) de Pino

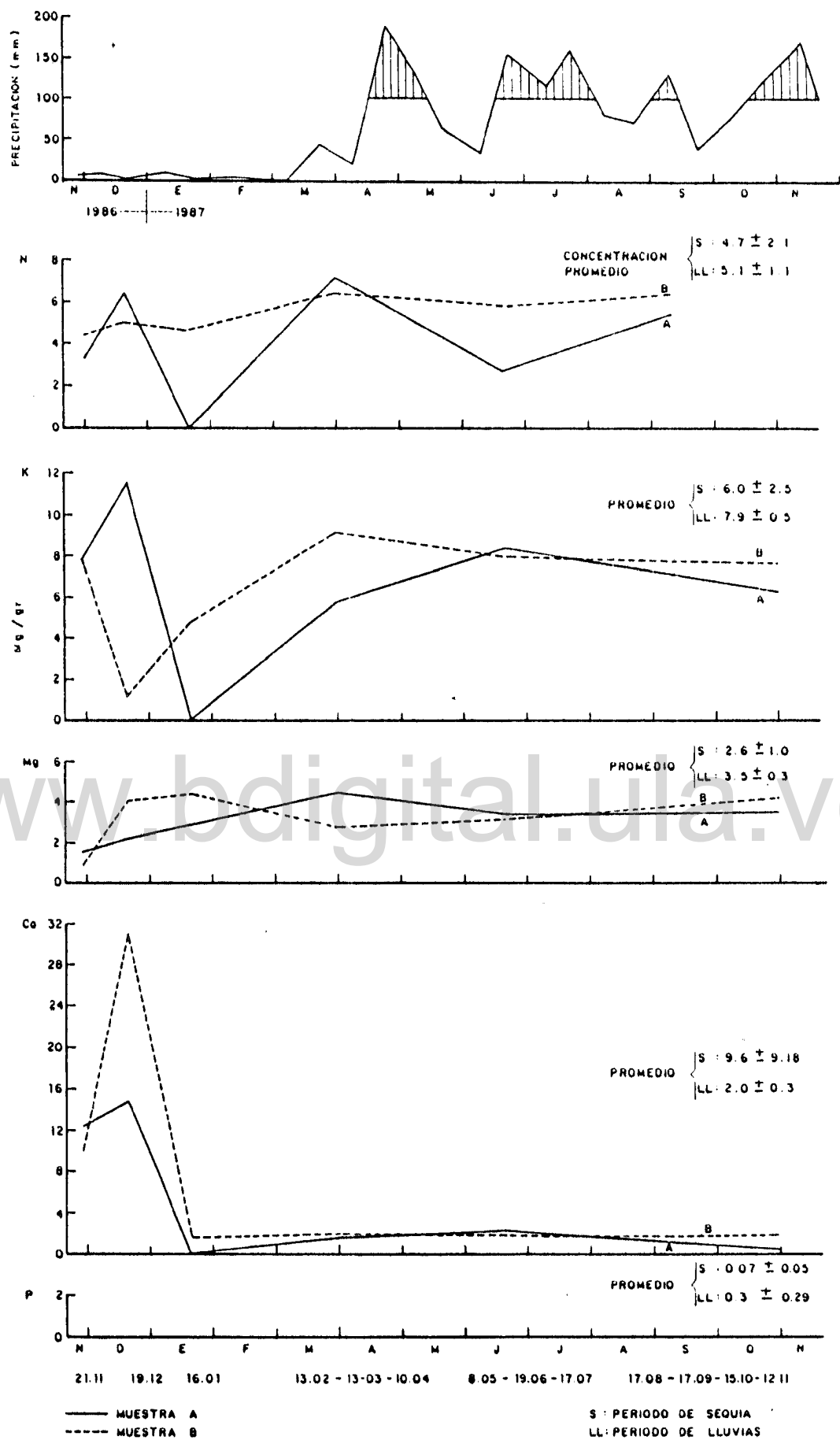


FIGURA 14. Variación en la concentración de bioelementos en hojarasca (ramas finas) de Teca

primeras fechas de muestreo y la 25-28 las dos más bajas. En el período de lluvias la tendencia más o menos se uniformiza.

Magnesio: presenta valores bastante uniformes durante todo el año.

Calcio: en ramas de teca alcanza al inicio de la sequía valores muy altos, descendiendo bruscamente a partir de la fecha 16.01, manteniéndose en bajas concentraciones por el resto del año.

Fósforo: se mantiene en cantidades sumamente pequeñas.

4.2.3.3. Variaciones de la concentración anual en flores, frutos y semillas.

En las figuras 15,16 y 17 se observan las variaciones que presentan los elementos K, Mg, Ca y P, en el compartimiento de flores, frutos y semillas en los tres ecosistemas estudiados.

- Bosque en fajas. (Fig.15)

Nitrógeno: la tendencia es hacia un aumento gradual de las concentraciones, con los menores valores en el período de sequía.

Potasio: en el período de sequía se observan los valores con mayores fluctuaciones. Durante el período de lluvias los valores se mantienen casi constantes.

Magnesio: los valores presenta algunas fluctuaciones durante todo el período de observación, pero a niveles similares todo el año.

Calcio: las mayores concentraciones ocurren durante las dos

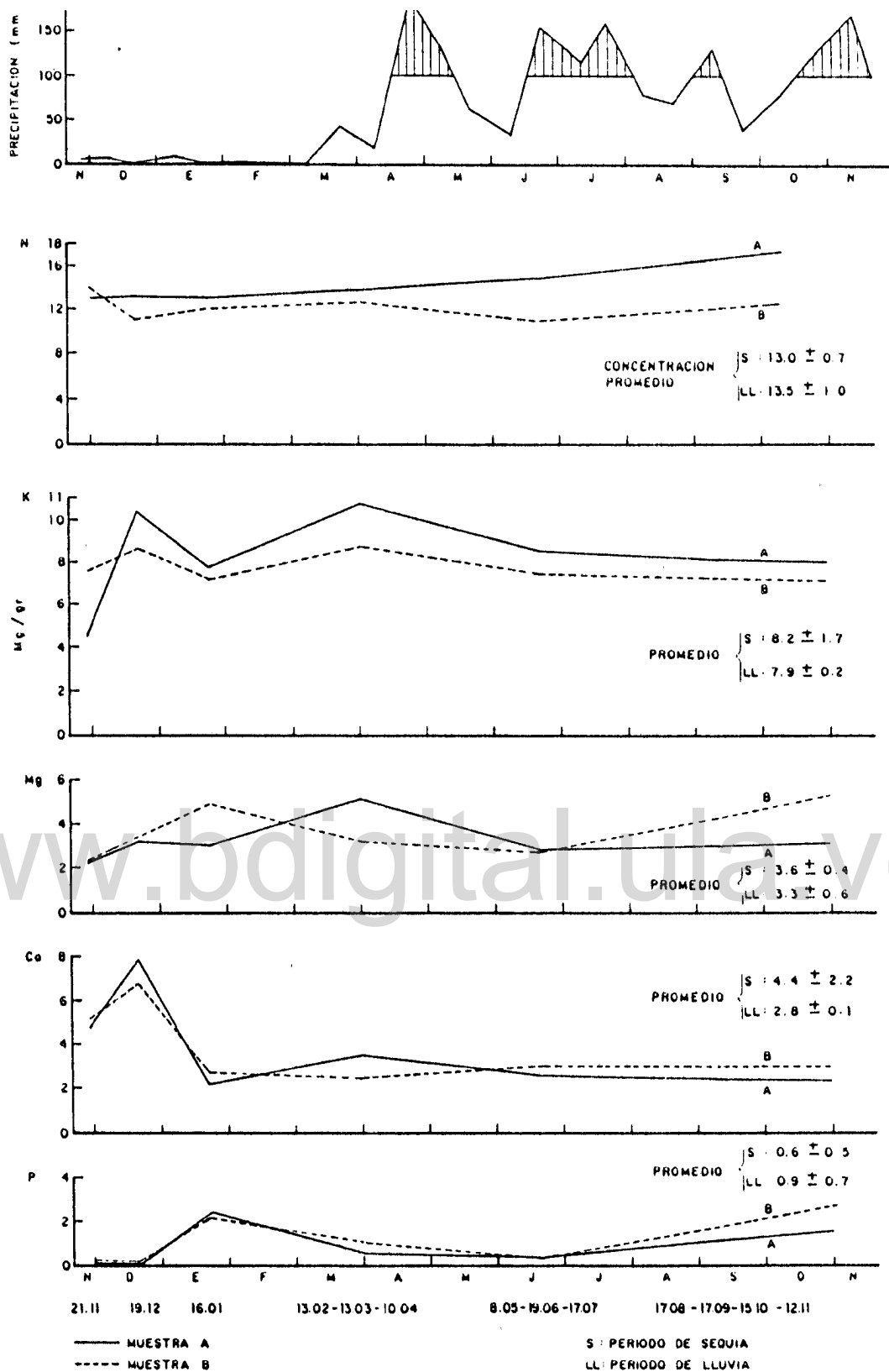


FIGURA 15. Variación en la concentración de bioelementos en hojarasca (flores + frutos + semillas) en bosque natural intervenido.

primeras fechas de coleccion (inicio de sequía), a partir de la tercera fecha (mediados de sequía) se observa un descenso que se estabiliza y mantiene durante el resto del año.

Fósforo: en las dos primeras colecciones tiene un valor muy bajo, al final de la sequía alcanza su mayor valor, observandose luego un descenso al principio de las lluvias, para al final de las mismas presentar un leve ascenso en la concentración.

- Plantación de pino. (Fig. 16)

Nitrógeno: los mayores valores se presentan al final del período de de sequía descendiendo fuertemente en la época de lluvias.

Potasio: en general mayores valores durante la sequía, pero con fuertes fluctuaciones durante todo el período de observación.

Magnesio: se presenta con los valores más bajos durante el inicio de la sequía y asciende hacia el final de la misma, luego se observa un leve descenso hacia el final del período de lluvias valores bastantes similares.

Calcio: al inicio de sequía se producen las mayores fluctuaciones con los valores máximo y mínimo presentes. En el resto del año se mantiene casi constante con leve descenso al final del período.

Fósforo: valores bajos, con ligero ascenso en época de lluvias.

- Plantación de teca. (Fig. 17)

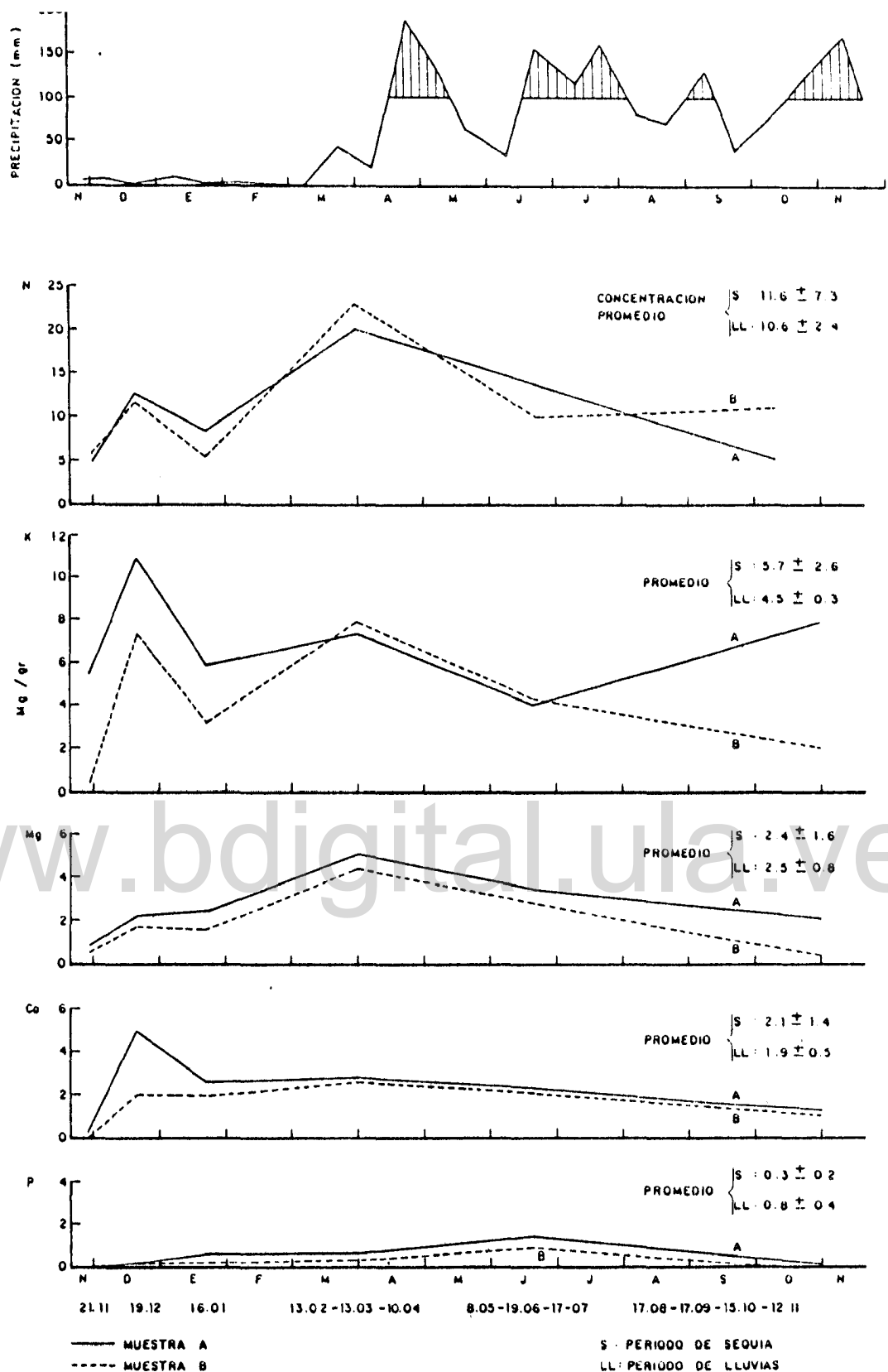


FIGURA 16. Variación en la concentración de bioelementos en hojarasca (f + f + s) de Pino

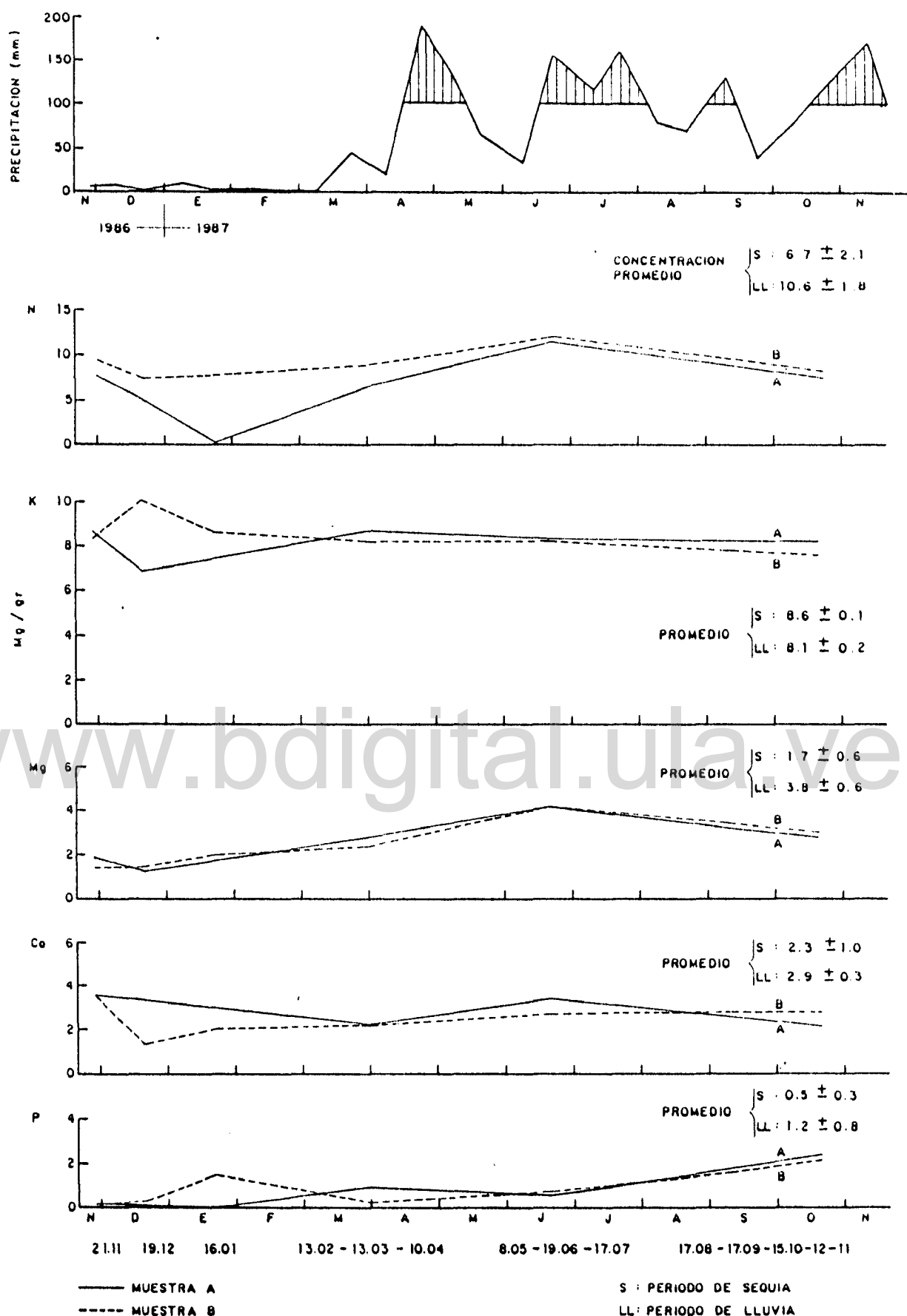


FIGURA 17. Variación en la concentración de bioelementos en hojarasca (f + f + s) de Teca.

Nitrógeno: los menores valores de concentración se presentan al igual que en hojas y ramas finas durante el período de sequía, las mayores concentraciones se alcanzan en la época de lluvias.

Potasio: salvo algunas fluctuaciones durante la sequía los valores se mantienen casi constante todo el año.

Magnesio: los valores de concentración aumentan gradualmente desde el inicio de la sequía hasta mediados del período de lluvias, manteniendo valores bastante uniformes.

Calcio: presenta fluctuaciones al inicio de la sequía y luego los valores se mantienen poco variables el resto del año.

Fósforo: se mantiene en irregular durante casi todo el período de sequía con un incremento claro en la fase final del período de lluvias.

4.2.4. Incorporación anual de bioelementos al suelo a través de la hojarasca.

En el Cuadro 8a se presenta la incorporación al suelo de bioelementos (kg/ha) a través de hojas, ramas finas y flores, frutos y semillas en los tres ecosistemas, además de la incorporación total anual.

Las diferencias entre los ecosistemas estudiados obedece a las diferencias en producción total anual de hojarasca en cada sitio y en las diferencias en concentración de los elementos.

CUADRO 8a. CANTIDADES TOTALES DE N, K, Mg, Ca y P INCORPORADOS AL SUELO
CON LA HOJARASCA DURANTE UN AÑO (Kg/ha/año)

ELEMENTO	SITIO	HOJAS	RAMAS	F+F+S	TOTAL	ELEMENTO	SITIO	HOJAS	RAMAS	F+F+S	TOTAL
	B F	29.19	5.63	8.81	43.63		B F	29.78	3.97	3.71	37.46
K	PINO	26.28	2.34	1.18	29.80	Mg	PINO	27.09	1.53	0.63	29.25
	TECA	30.60	1.39	3.95	35.94		TECA	26.76	0.60	1.84	29.20
			promedio		36.45				promedio		31.97
ELEMENTO	SITIO	HOJAS	RAMAS	F+F+S	TOTAL	ELEMENTO	SITIO	HOJAS	RAMAS	F+F+S	TOTAL
	B F	26.24	3.75	3.55	33.55		B F	8.06	0.24	0.78	9.08
Ca	PINO	24.84	1.81	0.45	27.10	P	PINO	4.75	0.09	0.13	4.97
	TECA	24.63	0.50	1.46	26.59		TECA	4.80	0.06	0.55	5.41
			promedio		29.08				promedio		6.48
ELEMENTO SITIO		HOJAS	RAMAS	F+F+S	TOTAL						
	B F	56.51	9.11	13.18	78.80						
	N PINO	71.66	3.46	2.80	77.92						
	TECA	52.23	0.89	5.24	58.36						
	PROMEDIO				71.69						

CUADRO 8b. PROPORCIONES RELATIVAS DE LOS ELEMENTOS EN LOS TRES SITOS
DE ESTUDIO.

	N	K	Mg	Ca	P
PROPORCIONES	100	51	45	40	9

Nitrógeno:

Las cantidades que se presentan en el bosque natural intervenido y la plantación de pino son muy parecidas. En la plantación de teca el valor promedio corresponde a las 3/4 partes del aporte en los otros dos sitios. El elemento al compararse con los demás representa el 100 %. (cuadro 8b)

Potasio:

El pino incorpora al suelo solo 3/4 de la cantidad que incorpora el bosque natural y 83 % de la que incorpora la teca, bajo las mismas condiciones climáticas y el mismo suelo. Es el elemento después del nitrógeno con los mayores valores en relación al Mg, Ca, y P en los tres ecosistemas y en todos los renglones. Representa el 51 % en proporción media respecto al nitrógeno.

Magnesio:

El Pino y la Teca incorporan al suelo la misma cantidad anual, que representa el 87 % de lo que incorpora el bosque natural. Después del nitrógeno y potasio es el elemento con los más altos valores, con un valor proporcional (promedio de los tres sitios) del 45 % de la cantidad incorporada de nitrógeno.

Calcio:

El Pino y la Teca tienen valores similares, que al igual que en el Magnesio corresponden aproximadamente al 80 % del valor del bosque natural. Su proporción media es del 40 % en relación al Nitrógeno.

Fósforo:

Presenta la mayor diferencia entre sitios. En el bosque en fajas se presentan las mayores cantidades en los tres renglones. En Teca y Pino los valores son parecidos y representa solo 2/3 de lo que incorpora al suelo la hojarasca del bosque natural. El Fósforo es el elemento reciclado en menor cantidad a través de la hojarasca, correspondiendo su valor a solo el 9 % de la cantidad de Nitrógeno incorporada al suelo con la hojarasca.

www.bdigital.ula.ve

4.3. El mantillo orgánico.

4.3.1. Cantidad y estado de descomposición del mantillo orgánico.

Franco (1979) denomina mantillo orgánico a los desechos vegetales presentes sobre el suelo mineral; así la hojarasca se convierte en mantillo al depositarse sobre el suelo.

El mantillo orgánico es un componente esencial de los ecosistemas forestales, porque constituye fuente importante de nutrientes para el sostenimiento del bosque, influye sobre la temperatura del suelo y la humedad del mismo y, además, es la fuente de energía que los organismos del suelo (Edaphon) utilizan para los procesos de descomposición. (Van Lear y Gloebel, 1976)

La acumulación de mantillo (entrada) esta relacionada con la caída de desechos (aporte) y la descomposición (salida). El nivel y la velocidad de descomposición se reflejan en la morfología del mantillo; cuando la relación se desplaza hacia la acumulación se forma un mantillo de espesor variable, el cual puede llegar a separarse en capas OL, OF y OH según el grado de descomposición. Ello puede utilizarse como una propiedad para el diagnóstico de la "eficiencia ecológica" del sistema, a menor mantillo orgánico mayor rapidez del reciclaje y, por ende, mayor eficiencia y viceversa (Franco, 1979).

4.3.1.1. Variación de los horizontes orgánicos.

La morfología y el tipo de mantillo orgánico (Mull, Moder, Mor-humus) son variables dependientes del estatus biológico del

suelo, gracias a esta dependencia podemos hacer inferencias sobre tal estatus, estudiando la morfología del mantillo (Franco, 1979).

En bosques tropicales los procesos de descomposición y mineralización pueden ser retardados por condiciones permanentes y semipermanentes de mal drenaje, igualmente, menores temperaturas, mayor relación C/N, excesiva acidez o alcalinidad del suelo y pobreza química pueden contribuir a la formación del mantillo, al retardar la descomposición de la materia orgánica.

Muller (1978), citado por Leaf, Davey Y Voight (1983), clasifica el mantillo orgánico en 3 clases amplias, con numerosas sub-divisiones: Mull que contiene los horizontes orgánicos OL y OF sobre el horizonte mineral Ah, Moor que contiene OL, OF y OH y Moder que es transición entre Mull y Moor y contiene OL, OF y un reducido OH.

En los 3 ecosistemas estudiados el tipo de mantillo orgánico puede catalogarse como Mull, presentando en todos los casos un horizonte OL y un OF.

En el Cuadro 9 se presentan los porcentajes respecto al peso total del mantillo, de los horizontes OL y OF en las tres fechas de colección. Se observa la variabilidad en las proporciones de ambos de acuerdo con la época.

En los levantamientos a fines de sequía (Lev. I y III), especialmente el Lev. III cuando la sequía fue más clara e intensa, aumenta la proporción de OL (material recién caído).

Ello es especialmente significativo en teca, cuyo follaje cae concentrado durante la sequía, mientras que en el pardillo y pino, si bien se repite el fenómeno, este no es tan acentuado. En el Lev.II (lluvias) se observa la rápida conversión del OL en OF por la acción fermentativa de los hongos y la disminución de la caída de material nuevo.

4.3.1.2. Variación de la cantidad anual del mantillo orgánico.

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de las mediciones de caída de hojarasca y de los levantamientos de mantillo orgánico realizados durante el año. Con estos datos, considerando a la hojarasca como "entrada" y a la diferencia entre un levantamiento de mantillo y el levantamiento anterior más la hojarasca caída en el período entre los dos levantamientos, como "salida", se ha establecido un balance de la materia orgánica existente sobre el suelo. Ello se representa esquemáticamente en la figura 18.

Caída de Hojarasca
en un período: ENTRADA

$$\begin{array}{rclcl} \text{Levantamiento} & & \text{Hojarasca caída} & & \text{Levantamiento} \\ \text{de mantillo I} & + & \text{entre los dos} & - & \text{de mantillo II} \\ & & \text{Levantamientos} & & \\ & & \text{(entrada)} & & \\ & & & & = \text{Salida} \end{array}$$

En la parcela del bosque natural intervenido, la entrada en el año de estudio supera a la salida por lo que se produjo una acumulación de mantillo de 0.65 ton/Ha, valor que es inferior al reportado para algunos bosques tropicales (Franco, 1979). En el período entre el LEV.I y el LEV.II (parte de la época de lluvias)

CUADRO 9. Porcentajes del Peso Total del Mantillo Orgánico, por Horizontes y en Tres Fechas Diferentes (%)

FECHA LEV.	HORIZON TES	LEV. I 08.04.87		LEV. II 01.09.87		LEV. III 08.04.88	
		OL	OF	OL	OF	OL	OF
B F		29	71	18	82	46	54
PINO		27	73	18	82	57	43
TECA		55	45	11	89	40	60

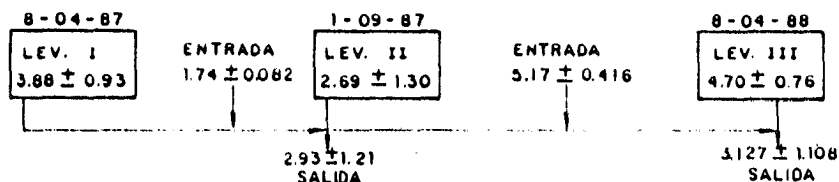
CUADRO 10. Variación del Mantillo Orgánico en Tres Ecosistemas Forestales. Período del 08.04.87 al 01.09.87 y 01.09.87 al 08.04.88.

SITIO	LEV. I Ton/Ha	ENTRADA Ton/Ha	2 + 3	LEV. II Ton/Ha	SALIDA Ton/Ha	LEV. II Ton/Ha	ENTRADA Ton/Ha	7 + 8	LEV. III Ton/Ha	SALIDA Ton/Ha
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	10	(11)
BF	3.88	1.74	5.62	2.69	2.93	2.69	5.17	7.82	4.70	3.13
PINO	6.91	1.85	8.76	4.90	3.86	4.90	5.48	10.49	7.64	2.85
TECA	7.35	1.49	8.82	5.96	2.86	5.96	4.74	10.70	7.34	3.36

BOSQUE NATURAL CON PARDILLO EN FAJAS

ENTRADA ANUAL : 6.71
SALIDA ANUAL : 6.06
ACUMULACION : 0.65
AÑO : 1987 - 88

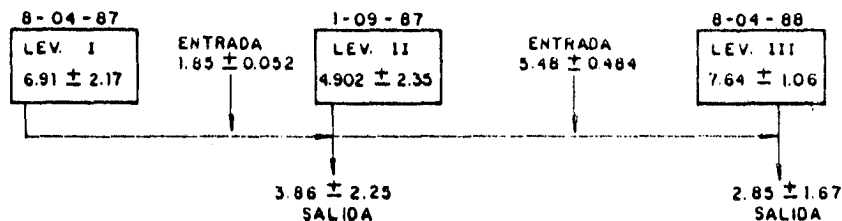
PROMEDIO MANTILLO EN EL SUELO : 3.74



PLANTACION DE PINO (1971)

ENTRADA ANUAL : 7.33
SALIDA ANUAL : 6.71
ACUMULACION : 0.62
AÑO : 1987 - 88

PROMEDIO MANTILLO EN EL SUELO : 6.52



PLANTACION DE TECA (1973)

ENTRADA ANUAL : 6.23
SALIDA ANUAL : 6.22
ACUMULACION : 0.01
AÑO : 1987 - 88

PROMEDIO MANTILLO EN EL SUELO : 6.87

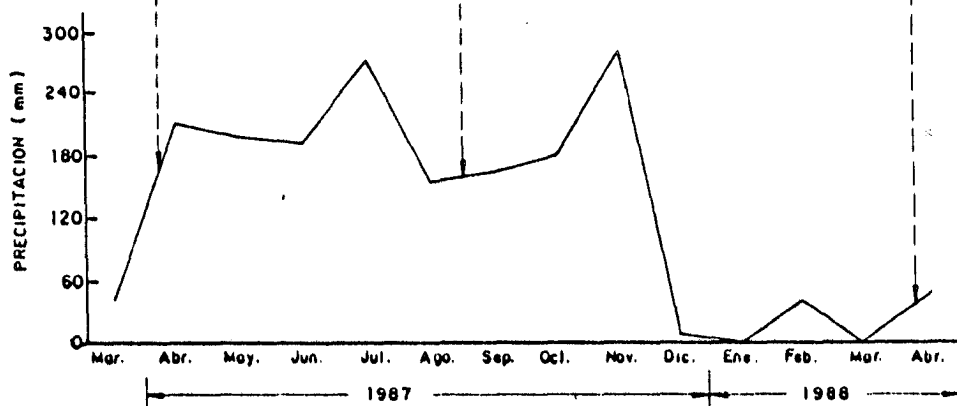
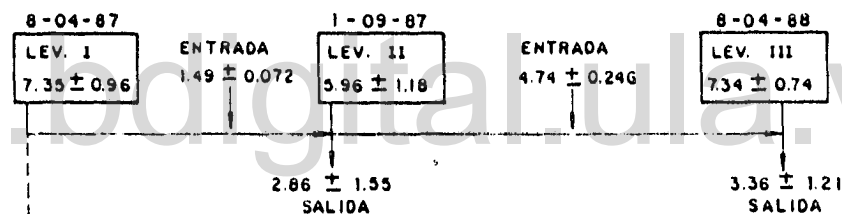


FIGURA 18. VARIACION ANUAL DEL MANTILLO ORGANICO EN TRES ECOSISTEMAS FORESTALES (TON / Ha)

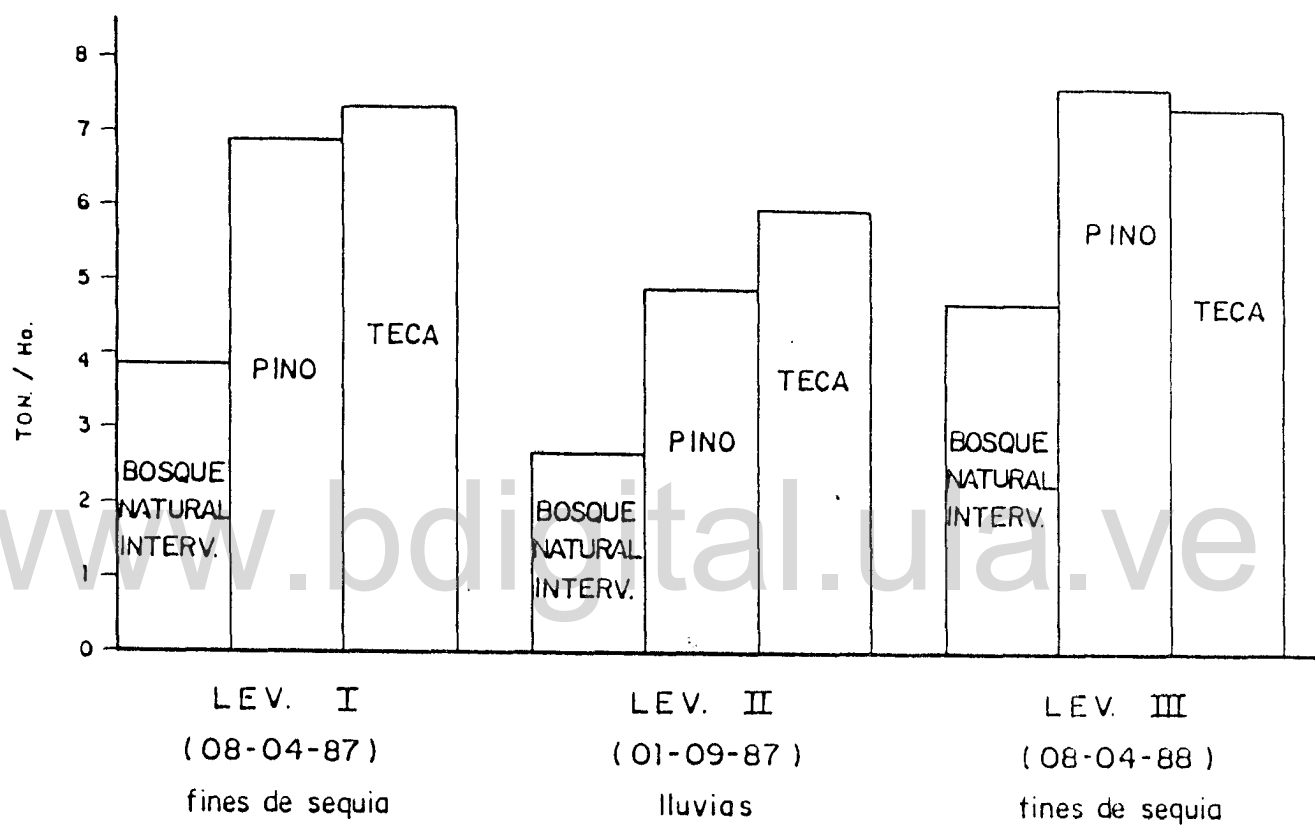


Figura 19 VARIACION DEL MANTILLO ORGANICO EN LOS TRES ECOSISTEMAS EN CADA LEVANTAMIENTO.

se observa que la salida es mayor que la entrada o caída de hojarasca y en el período entre LEV.II y LEV.III (incluye período de sequía) la cantidad entrada es superior a la que sale.

En la parcela de la plantación de pino, la entrada en el año de estudio supera a la salida, produciéndose entonces una acumulación de mantillo de 0.65 ton/Ha, valor comparable al del bosque en fajas. Entre los LEV.I Y II la cantidad de mantillo de salida es mayor que la entrada, y en el período entre LEV.II y III la salida es menor que la entrada, lo que mantiene el balance a favor de la acumulación. Aquí se puede afirmar, puesto que se trataba de potreros arados antes de la plantación, la plantación de pino ha sido determinante para la formación del mantillo orgánico actual. Entre 1971 y 1988 el mantillo promedio actual (6.52 ton/Ha) se ha formado a un ritmo medio de 0.38 ton/Ha.año y el mantillo base (valor mínimo) a 0.30 ton/Ha.año. Es obvio suponer que al inicio de la plantación el aporte era muy inferior y solo después de cerrarse el dosel se alcanzó el máximo aporte y el nivel de equilibrio en aporte-salida y valor básico del mantillo.

En la parcela de la plantación de teca, la entrada en el año de estudio es prácticamente igual a la salida, lo que pareciera indicar un estado de equilibrio en el estatus biológico del suelo. Entre el LEV.I y II la cantidad de mantillo de salida es mayor que la entrada, y en el período entre LEV.II y LEV.III la entrada es mayor que la salida. Aquí se puede afirmar igualmente

(o más aún, por la casi ausencia de otras especies) que la generación del mantillo orgánico obedece al estatus biológico de la teca. Desde 1973 el mantillo promedio actual (6.87 ton/Ha) se ha formado a un ritmo de 0.46 ton/Ha.año y el mantillo base a 0.40 ton/Ha.año.

Se evidencia un comportamiento similar en los tres sitios en el avance y retroceso del mantillo durante el año (sequía: acumulación, lluvias: pérdida).

Se observa en los tres levantamientos (Fig. 19) que el bosque natural intervenido mantiene los menores valores de mantillo durante el año, a pesar de que la "entrada" es comparable a la de los otros ecosistemas.

La entrada y salida puede variar cada año de acuerdo a las condiciones climáticas, estableciéndose un "equilibrio" a largo plazo, en el que años de mayor acumulación son compensados con años de mayor salida, de manera que cada ecosistema mantiene un nivel de mantillo variable en el año dentro de límites típicos propios, determinables con levantamientos mensuales o más frecuentes.

4.3.2. Composición química del mantillo orgánico.

4.3.2.1. Concentración de bioelementos en el mantillo

En los cuadros 11 y 12 se presentan las concentraciones de bioelementos en el mantillo orgánico para la fracción hojas, ramas, flores + frutos + semillas. El mantillo se separó en capas u horizontes "OL y OF", se tomaron dos muestras mixtas en cada ecosistema por dos fechas de colección (final del período de sequía y pleno período de lluvias) y procediéndose luego al análisis químico.

- Bosque natural intervenido.

En la época de sequía las mayores concentraciones ocurren en el nitrógeno, en todos los horizontes y compartimientos, respecto al resto de los elementos analizados. El mayor valor se presenta en el OF del compartimiento flores + frutos + semillas. Los elementos Ca, Mg y K presentan las mayores concentraciones en el horizonte OL del compartimiento hojas. El fósforo es el elemento de menor concentración en todos los horizontes y compartimientos.

Durante el período de lluvias el nitrógeno mantiene la mayor concentración en las hojas comparado con el resto de los compartimientos e inclusive con el período de sequía, sin embargo en ramas y flores + frutos + semillas es menor en la época de sequía. Los elementos Ca, Mg y K presentan valores inferiores a los encontrados en sequía, esto se debe posiblemente a los procesos de lavado. En el caso del P su concentración disminuye pero no de manera considerable tomando en cuenta su baja concentración en el mantillo orgánico. Las diferencias de

CUADRO 11. Mantillo Orgánico. Epoca de Sequía (8.04.88)

Concentración de Elementos (mg/g), Bosque Natural Intervenido						Concentración de Elementos (mg/g), Plantación de Pino					
H O J A S						H O J A S					
	N	P	Ca	Mg	K		N	P	Ca	Mg	K
OL	10,5	0,82	3,3	7,08	6,57	OL	8,91	0,33	3,37	3,51	3,21
OF	9,24	0,67	3,4	4,8	4,8	OF	8,68	0,59	3,15	3,18	2,81
PROMEDIO	9,87	0,75	3,37	5,9	5,7	PROMEDIO	8,79	0,46	3,26	3,34	3,01
R A M A S						R A M A S					
OL	7,56	0,78	2,61	2,18	1,43	OL	4,76	0,23	2,64	1,65	1,16
OF	9,38	0,67	3,34	2,74	3,71	OF	7,56	0,72	3,31	1,83	1,67
PROMEDIO	8,47	0,72	2,97	2,46	2,57	PROMEDIO	6,16	0,48	2,98	1,74	1,42
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS						FLORES + FRUTOS + SEMILLAS					
OL	8,68	0,43	2,29	1,17	4,49	OL	5,04	0,15	1,12	0,72	2,76
OF	12,3	0,37	2,47	1,35	7,41	OF	8,96	0,32	1,21	1,39	2,01
PROMEDIO	10,5	0,41	2,38	1,25	5,95	PROMEDIO	7,01	0,24	1,16	1,05	2,38
Concentración de Elementos (mg/g), Plantación de Teca											
H O J A S											
	N	P	Ca	Mg	K		N	P	Ca	Mg	K
OL	5,88	0,53	3,32	4,32	1,22						
OF	10,8	0,54	3,42	2,92	2,52						
PROMEDIO	8,33	0,53	3,37	3,62	1,87						
R A M A S											
OL	5,04	0,53	3,27	3,62	3,66						
OF	7,01	0,71	3,01	2,55	4,31						
PROMEDIO	6,02	0,62	3,14	3,08	3,98						
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS											
OL	8,68	1,07	2,68	2,22	7,01						
OF	7,14	0,93	2,28	2,01	3,56						
PROMEDIO	7,91	1,01	2,48	2,12	5,28						

concentración entre los horizontes orgánicos OL y OF son muy pequeñas.

- Plantación de pino.

Durante el período de sequía las mayores concentraciones pertenecen al nitrógeno, particularmente en las hojas y flores+ frutos+ semillas y en el horizonte OF, comparadas con el resto de los bioelementos analizados en el ecosistema. El Ca, Mg y K presentan concentraciones muy parecidas en los compartimientos hojas y ramas, y con mayores variaciones en flores + frutos + semillas. El fósforo permanece con las menores concentraciones y su mayor valor ocurre en el OF.

En el período de lluvias las concentraciones del nitrógeno en los horizontes OL y OF son muy parecidas en promedio a las del período de sequía a excepción del compartimiento flores + frutos+ semillas donde es mayor la concentración en ambos horizontes a favor del período de sequía. Los elementos Ca, Mg y K presentan mayor concentración en OL de los compartimientos hojas y ramas a excepción del Mg y ocurren en menor concentración comparados con el período de sequía. El fósforo de menor concentración mantiene el mismo comportamiento de los casos anteriores.

- Plantación de teca.

Durante la sequía la mayor concentración de nitrógeno se presenta en las hojas y en el horizonte OF que en los restantes compartimientos. En flores + frutos + semillas la mayor concentración se presenta en OL y la promedio es muy parecida a

CUADRO 12. Mantillo Orgánico. Epoca de lluvias (1.9.87)

Concentración de Elementos (mg/g), Bosque Natural Intervenido						Concentración de elementos (mg/g), plantación de Pino					
H O J A S						H O J A S					
	N	P	Ca	Mg	K		N	P	Ca	Mg	K
OL	10,8	0,53	1,92	1,69	1,14	OL	8,54	0,31	2,11	1,43	1,36
OF	12,5	0,47	1,97	2,17	1,32	OF	9,33	0,32	1,59	1,21	0,97
PROMEDIO	11,6	0,51	1,95	1,93	1,24	PROMEDIO	8,93	0,31	1,85	1,32	1,17
R A M A S						R A M A S					
OL	7,56	0,26	1,88	0,61	0,67	OL	7,56	0,13	2,49	0,82	0,94
OF	8,41	0,31	2,33	0,62	0,75	OF	5,46	0,14	2,24	1,11	0,94
PROMEDIO	7,98	0,29	2,11	0,62	0,71	PROMEDIO	6,51	0,13	2,37	0,96	0,94
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS						FLORES + FRUTOS + SEMILLAS					
OL	-	-	-	-	-	OL	7,01	0,13	1,49	1,18	0,59
OF	12,9	0,37	2,18	0,89	1,13	OF	9,24	0,25	1,86	0,67	1,17
PROMEDIO	-	-	-	-	-	PROMEDIO	8,12	0,19	1,68	0,93	0,88

Concentración de Elementos (mg/g), Plantación de Teca

H O J A S					
	N	P	Ca	Mg	K
OL	11,5	0,44	1,73	1,56	1,96
OF	10,2	0,46	2,52	1,14	1,23
PROMEDIO	10,8	0,45	2,12	1,35	1,61
R A M A S					
OL	7,01	0,47	1,73	0,72	1,09
OF	6,02	0,28	1,51	0,89	1,68
PROMEDIO	6,51	0,37	1,61	0,79	1,34
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS					
OL	11,6	1,67	2,67	1,41	4,61
OF	8,26	1,69	1,66	0,58	0,94
PROMEDIO	9,94	1,68	2,16	0,99	2,77

la del compartimiento hojas . El Ca, Mg y K presenta sus mayores valores en el horizonte OL y las mayores concentraciones de Ca y Mg ocurren en el compartimiento hojas y ramas, mientras que el K presenta la mayor concentración en el OL de flores + frutos+ semillas, el P de menor concentración tiene su valor promedio mayor en este compartimiento.

En época de lluvias la plantación de teca presenta las mayores concentraciones de nitrógeno de ambos periodos y con valores muy parecidos en los compartimientos hojas y flores+ frutos+ semillas, los mayores valores en este periodo estan en el horizonte OL. El Ca, Mg y K permanecen con valores de concentración muy parecidos en ambos horizontes y todos los compartimientos, a excepción del potasio en el OL del compartimiento flores + frutos + semillas que presenta la mayor concentración entre ellos; en este compartimiento el P tiene su mayor concentración.

Durante el periodo de lluvias se observa la mayor concentración del nitrógeno en los tres ecosistemas, con la salvedad de la plantación de pino donde las concentraciones son muy parecidas durante ambos periodos estacionales. El elemento aparece en mayor concentración en el compartimiento hojas, a excepción de la plantación de pino donde el compartimiento flores+ frutos+ semillas tiene la mayor concentracion de las aquí analizadas. En el horizonte OF se presenta la mayor concentración del elemento con la excepción de la plantación de teca donde se observan las mayores concentraciones en el OL.

En el período de sequía los elementos Ca, Mg y K presentan su mayor concentración en el horizonte OL y fundamentalmente en el compartimiento hojas del bosque natural intervenido, la excepción es el K en la plantación de teca que presenta su mayor concentración en el OL del compartimiento flores+ frutos+ semillas.

El fósforo es el elemento de menor concentración en los tres sitios de estudio presentando su mayor valor en el OL del compartimiento flores+ frutos+ semillas en la plantación de teca durante el período de sequía.

El ecosistema con menor concentración promedio de sus elementos durante el período de lluvias es la plantación de pino, de valores muy parecidos en OL y OF, comparados con el bosque natural intervenido y la plantación de teca. Durante el período de sequía la mayor concentración ocurre en el bosque natural intervenido, le siguen: plantación de teca y pino. El horizonte OF en el bosque natural intervenido tiene la mayor concentración de bioelementos.

4.3.2.2. Reservas de bioelementos en el mantillo.

4.3.2.2.1. Reservas de bioelementos en el mantillo (hojas).

En los cuadros 13 y 14 se presentan las reservas (kg/Ha) de elementos en el mantillo orgánico. Estos dependen de la concentración de cada bioelemento y de la cantidad de mantillo presente (ton/ha) en los diferentes horizontes orgánicos OL y OF.

- Bosque natural intervenido.

De los elementos estudiados durante la época de sequía el

CUADRO 13. Mantillo Orgánico. Epoca de Sequía (8.04.88)

Cantidades de Elementos (kg/ha), Bosque Natural intervenido							Cantidades de Elementos (kg/ha), Plantación de Pino						
H O J A S							H O J A S						
	(tn/ha)	N	P	Ca	Mg	K		(tn/ha)	N	P	Ca	Mg	K
OL	1,769	18,6	1,45	5,83	12,54	11,62	OL	3,982	35,46	1,31	13,41	13,96	12,76
OF	1,913	17,6	1,28	6,58	9,23	9,26	OF	2,749	23,85	1,63	8,67	8,75	7,69
TOTAL	3,682	16,2	2,73	12,41	21,77	20,88	TOTAL	6,731	59,31	2,94	22,08	22,71	20,45
R A M A S							R A M A S						
OL	0,358	2,71	0,28	0,93	0,78	0,51	OL	0,354	1,68	0,08	0,94	0,58	0,41
OF	0,364	3,41	0,24	1,22	0,99	1,35	OF	0,404	3,05	0,29	1,33	0,74	0,67
TOTAL	0,722	6,12	0,52	2,15	1,77	1,86	TOTAL	0,758	4,73	0,37	2,27	1,32	1,08
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS							FLORES + FRUTOS + SEMILLAS						
OL	0,008	0,07	0,003	0,02	0,01	0,04	OL	0,0422	0,21	0,01	0,05	0,03	0,12
OF	0,288	3,55	0,107	0,71	0,38	2,13	OF	0,1094	0,97	0,03	0,13	0,15	0,22
TOTAL	0,296	3,62	0,11	0,73	0,39	2,17	TOTAL	0,1516	1,18	0,04	0,18	0,18	0,34
SUMA	4,7	25,99	3,37	15,29	23,94	24,91	SUMA	7,6396	65,24	3,35	24,53	24,21	21,88

Cantidades de Elementos (kg/ha), Plantación de Teca

H O J A S						
	(tn/ha)	N	P	Ca	Mg	K
OL	2,851	16,75	1,51	9,47	12,32	3,49
OF	4,038	43,54	2,18	13,84	11,79	10,22
TOTAL	6,889	60,29	3,69	23,31	23,11	13,71
R A M A S						
OL	0,009	0,05	0,005	0,03	0,03	0,04
OF	0,205	1,43	0,144	0,61	0,52	0,88
TOTAL	0,214	1,48	0,149	0,64	0,55	0,92
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS						
OL	0,019	0,17	0,02	0,05	0,04	0,14
OF	0,217	1,54	0,21	0,49	0,43	0,77
TOTAL	0,236	1,61	0,23	0,54	0,47	0,91
SUMA	7,34	63,39	4,07	24,51	25,15	15,52

nitrógeno, potasio y magnesio son los elementos en mayor cantidad en el ecosistema. Un 80 % de las reservas corresponden a estos elementos. Las mayores reservas se encuentran en el horizonte OL del compartimiento hojas. El fósforo es el elemento en menor cantidad en el período y en todos los compartimientos.

Durante la época de lluvias el nitrógeno es el elemento en mayor cantidad en el ecosistema (68 % del total), presentándose el potasio, calcio y magnesio en cantidades muy inferiores a las del período de sequía. El mismo caso se presenta con el fósforo. El horizonte que posee la mayor cantidad de bioelementos es OF.

- Plantación de pino.

La mayor cantidad de elementos (sequía) se presenta en el compartimiento hojas, donde el más abundante es el nitrógeno (46.8 % del total). El calcio, magnesio y potasio mantiene cantidades similares en el mismo compartimiento. La mayor reserva se localiza en el horizonte OL. En el resto de los compartimientos (ramas y F+F+S) se mantienen cantidades inferiores de los elementos.

En lluvias la cantidad de los bioelementos disminuye sensiblemente, sobre todo en calcio, magnesio y potasio. El horizonte con mayor cantidad de elementos es OF, en todos los compartimientos. El fósforo disminuye en más de la mitad respecto al período de sequía.

- Plantación de teca.

Durante la época de sequía en la plantación de teca se

CUADRO 14. Mantillo Orgánico. Epoca de Lluvias (01.09.87)

Cantidades de Elementos (kg/ha), Bosque Natural Intervenido							Cantidades de Elementos (kg/ha) , Plantación de Pino						
H O J A S							H O J A S						
	(tn/ha	N	P	Ca	Mg	K		(tn/ha)	N	P	Ca	Mg	K
OL	0,321	3,46	0,17	0,62	0,54	0,37	OL	0,789	6,05	0,22	1,49	1,01	0,97
OF	1,441	14,95	0,68	2,84	3,12	1,91	OF	3,326	31,03	1,06	5,32	4,01	3,24
TOTAL	1,762	21,41	0,85	3,46	3,66	2,28	TOTAL	4,035	37,08	1,28	6,81	5,02	4,21
R A M A S							R A M A S						
OL	0,186	1,41	0,05	0,35	0,11	0,12	OL	0,089	0,67	0,01	0,22	0,07	0,08
OF	0,431	3,61	0,13	1,01	0,27	0,32	OF	0,765	4,18	0,11	1,71	0,84	0,73
TOTAL	0,617	5,02	0,18	1,36	0,38	0,45	TOTAL	0,854	4,85	0,12	1,93	0,91	0,81
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS							FLORES + FRUTOS + SEMILLAS						
OL	0	-	-	-	-	-	OL	0,0003	0,002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0002
OF	0,315	4,06	0,11	0,69	0,28	0,36	OF	0,0127	0,117	0,0032	0,0237	0,0086	0,0149
TOTAL	0,315	4,06	0,11	0,69	0,28	0,36	TOTAL	0,0133	0,119	0,0036	0,0241	0,0089	0,0151
SUMA	2,692	30,48	1,15	5,49	4,33	3,09	SUMA	4,902	42,055	1,399	8,774	5,957	4,032

Cantidades de Elementos (kg/ha), Plantación de Pino

H O J A S						
	(tn/ha	N	P	Ca	Mg	K
OL	0,552	6,337	0,24	0,95	0,86	1,08
OF	4,945	50,538	2,31	12,46	5,66	6,11
TOTAL	5,497	56,875	2,55	13,41	6,52	7,19
R A M A S						
OL	0,039	0,27	0,02	0,07	0,03	0,04
OF	0,152	0,91	0,04	0,22	0,13	0,25
TOTAL	0,191	1,18	0,06	0,29	0,16	0,29
FLORES + FRUTOS + SEMILLAS						
OL	0,088	1,02	0,15	0,23	0,12	0,41
OF	0,185	1,52	0,31	0,31	0,11	0,17
TOTAL	0,273	2,55	0,46	0,54	0,23	0,58
SUMA	5,961	60,61	3,06	14,25	6,92	8,07

observan las mayores cantidades de bioelementos en las hojas y en el horizonte OF. El nitrógeno mantiene la mayor cantidad respecto al resto de los elementos (47 % del total). El calcio y magnesio mantienen valores muy parecidos y el potasio un valor más bajo. El fósforo elemento en menor cantidad en este ecosistema presenta aquí su mayor valor, comparado con el bosque natural intervenido y la plantación de pino.

En el período de lluvias la mayor cantidad de bioelementos se presenta en las hojas y en el horizonte OL para todos los compartimientos. El nitrógeno representa el 65 % de la cantidad total de bioelementos presentes. Las diferencias entre los elementos calcio, magnesio y potasio son muy importantes sobre todo el magnesio que pierde 18 kg/ha respecto al período de sequía.

En el mantillo orgánico durante la época de sequía las mayores cantidades de bioelementos se presentan en la plantación de pino en el horizonte OL, le siguen en orden la plantación de teca y el bosque natural intervenido. Individualmente el magnesio y fósforo se presentan en cantidades ligeramente mayores en la plantación de teca comparada con el pino y el potasio es mayor en el bosque natural intervenido respecto a la plantación de pino.

Durante el período de lluvias se observa la gran movilidad de los elementos P, Ca, Mg y K, la pérdida de estos elementos del mantillo ocurre fundamentalmente por el lavado y remoción sobre todo en el proceso de descomposición. Las menores cantidades en

todos los elementos se presentan en el bosque natural intervenido, le siguen la plantación de teca y pino. El horizonte con menor concentración es el OL.

www.bdigital.ula.ve

4.4. Reducción de la Materia Orgánica en las bolsas de Descomposición.

4.4.1. En la serie iniciada en el período de sequía.

En el Cuadro 15 se presentan los pesos remanentes (en % del peso inicial) promedio de diez bolsas de descomposición colectadas a intervalos crecientes (semanas), colocadas la misma fecha en cada ecosistema. Las bolsas se colectaron en la 1a, 2a, 4a, 8a, 16a, 32a y 64a semana. En las figuras 20 y 21 se presentan las curvas correspondientes.

En la serie iniciada en la época de sequía (Fig. 20) se observa al comienzo un ligero descenso en la cantidad de materia orgánica, que es mínimo en pino y teca y más acentuado en el bosque natural intervenido.

Al llegar las lluvias (16ava. semana) se acelera la descomposición en todos los sitios, pero más acentuadamente en las parcelas de pino, que mantiene casi la misma pendiente hasta el final del período. En cambio, tanto el bosque natural intervenido como en la plantación de Teca se produce la descomposición a un ritmo más acelerado a partir de la 32ava. a la 64ava. semana, respecto al presentado en el bosque natural intervenido

El análisis de los datos (Cuadro 15) a través del procedimiento de regresión, nos permite al igual que en el período de lluvias obtener los modelos de mayor ajuste y calcular el tiempo en que la masa remanente es igual a cero o sea que desaparece todo el material contenido en las bolsas de descomposición.

CUADRO 15. PESO REMANENTE (% del peso inicial) EN BOLSAS DE DESCOMPOSICION
EN LOS TRES SITIOS DE ESTUDIO.

SERIE INICIADA EN PERIODO DE SEQUIA							
S E M A N A S							
BIOTOPO	1 05-05-87	2 13-5-87	4 26-05-87	8 23-06-87	16 18-08-87	32 07-12-87	64 10-07-88
B F	99,98	99,29	99,23	96,77	91,61	83,24	40,77
PINO	99,99	99,99	99,55	98,57	97,96	82,5	55,36
TECA	99,99	99,46	99,65	98,19	96,11	87,68	61,67

SERIE INICIADA EN PERIODO DE LLUVIAS							
S E M A N A S							
BIOTOPO	1 26-12-86	2 02-01-87	4 16-01-87	8 13-02-87	16 10-04-87	32 31-07-87	64 12-03-88
B F	99,99	94,87	87,73	95,21	87,01	47,05	14,93
PINO	99,98	97,28	94,36	88,1	86,4	66,49	55,78
TECA	100.00	94,8	92,2	90,4	94,15	77,17	50,01

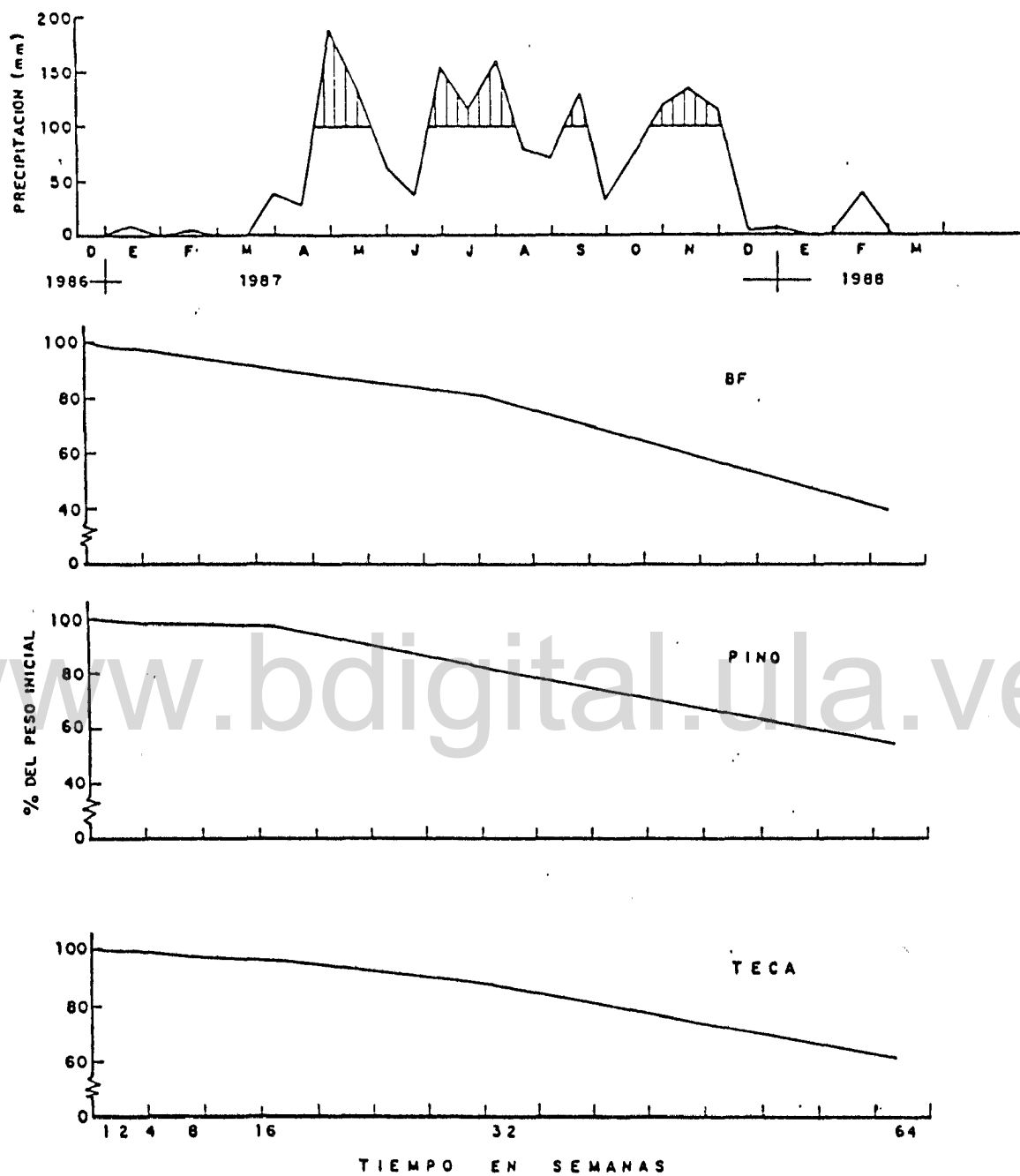


FIGURA 20. Peso remanente (%) en las bolsas de descomposición en función del tiempo (serie iniciada en sequia).

El modelo de mejor ajuste para el bosque natural intervenido es el lineal, con un coeficiente de determinación de 0.96.

$$X = 103.79 - 0.91 t$$

donde:

X = % remanente de la masa inicial.

t = tiempo transcurrido entre colectas
(semanas).

En la plantación de pino el mejor modelo es exponencial con un coeficiente de determinación de 0.96.

$$X = 90.36 e^{-0.0093 t}$$

En la plantación de teca el mejor modelo es el lineal, con un coeficiente de determinación de 0.96.

$$X = 102.67 - 0.598 t$$

4.4.2. En la serie iniciada en el período de lluvias

En esta serie la curva (Fig. 21) del bosque natural intervenido cambia significativamente en relación a la época de sequía del mismo bosque. En el primer período de lluvias la reducción es más acelerada y la curva tiene una pendiente mayor y luego desde el inicio de sequía (semana 32) hasta el final de las observaciones la pendiente es similar a la serie iniciada en sequía, pero con cantidades remanentes menores. El valor remanente final es de 38 % (a las 64 semanas). En el pino la reducción al comienzo es también más acelerada, pero la curva se hace similar a la de sequía más temprano (a partir de la Bava.

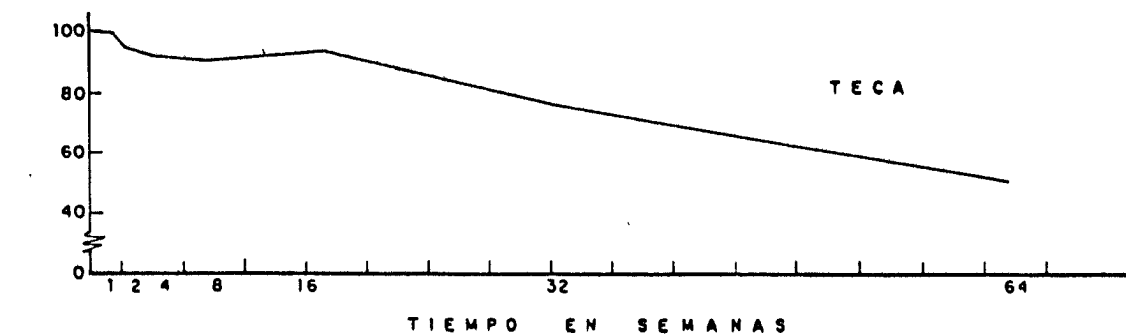
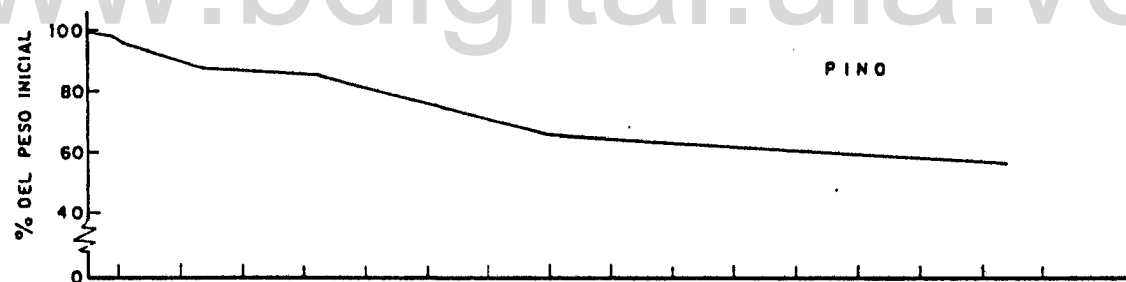
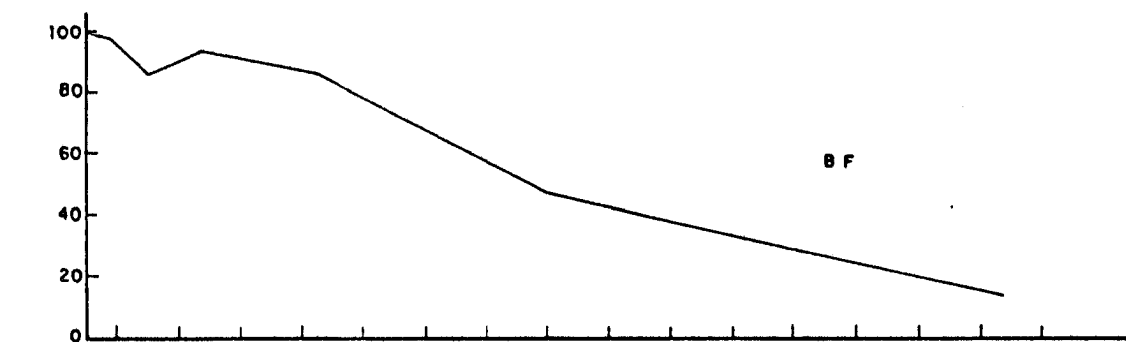
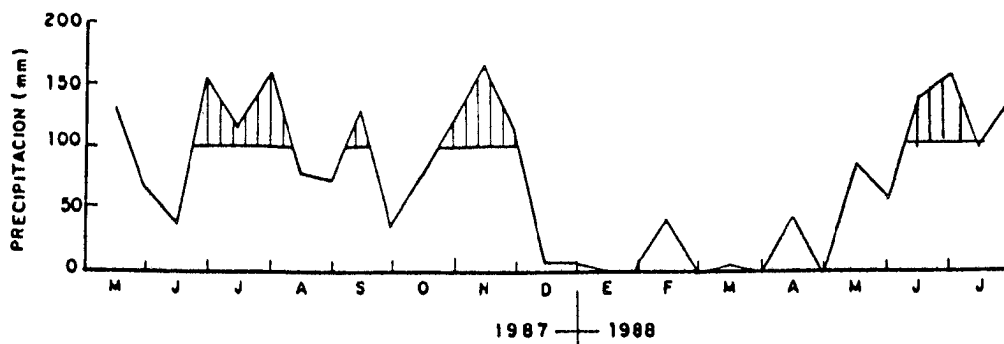


FIGURA 21. Peso remanente en las bolsas de descomposición en función del tiempo (serie iniciada en lluvias) (%).

semana), para mantenerse con pendiente similar, pero valores remanentes menores que con el avance del tiempo se van igualando a los correspondientes de la serie iniciada en sequía. El valor remanente final es 51.59 %. La teca presenta igualmente una marcada reducción en las primeras semanas que se estabiliza entre las semanas 3ava y 16ava para luego reducirse a una tasa ligeramente superior a la de la serie iniciada en sequía. El valor remanente final es como en el bosque natural intervenido sensiblemente inferior al de la serie de sequía.

El modelo de mejor ajuste para los datos del bosque natural intervenido es el modelo lineal, con un coeficiente de determinación de 0.96.

$$X = 99.97 - 1.36 t$$

donde:

X = % remanente de la masa inicial.

t = tiempo transcurrido entre colectas
(semanas).

En la plantación de pino el modelo de mejor ajuste es el exponencial, con un coeficiente de determinación de 0.96.

$$X = 97.72 e^{-0.0094 t}$$

En la plantación de teca el modelo de mejor ajuste es el lineal, con un coeficiente de determinación de 0.95.

$$X = 98.78 - 0.73 t$$

El modelo de mejor ajuste en el caso de la plantación de Pino es el exponencial simple, este modelo según Weider y Lang (1982) es el que más frecuentemente se adapta al proceso de descomposición.

Según los modelos matemáticos la desaparición total del material se alcanza en el periodo de tiempo indicado (semanas):

Serie iniciada en	Bosque natural	Pino	Teca
Serie A (sequía)	114	484	172
Serie B (lluvias)	74	490	135
promedio	94	487	153

Estos resultados sugieren que el material que cae al suelo va a tener tasas de desaparición variables de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes durante las primeras semanas después de la deposición en el suelo. El material caído a inicios de la época de sequía tardará más en desaparecer que el caído a inicios o en plena época de lluvias. Los menores tiempos de desaparición ocurren en el bosque natural intervenido.

En general la serie iniciada en época de sequía arroja tasas iniciales de desaparición de la materia orgánica mayores que la serie iniciada en lluvias. Pero a partir de la 16 ava. semana la actividad de la lluvia acelera el proceso de descomposición. Ello está relacionado con la actividad del edafón: mínima en sequía y máxima en época de lluvias. Sin embargo se observa que al

desaparecer cierta cantidad (el material de más fácil remoción) las curvas de desaparición en la serie iniciada en lluvias mantienen pendientes muy semejantes a las iniciadas en sequía el resto del tiempo.

4.4.3. Tendencias en la concentración de bioelementos en el material orgánico en las bolsas de descomposición.

- Bosque natural intervenido (Figs. 22 y 25)

Nitrógeno: la concentración del elemento en la hojarasca recién caída varían entre 10 y 13 mg/g (sequía) y de 9 a 11 mg/g (lluvias). En las bolsas de descomposición se presentan de 10 a 14 mg/g en la época de lluvias con pocas fluctuaciones durante todo el período de observación. No se disponen de datos para el período de sequía.

Potasio: los niveles de potasio encontrados en la hojarasca recién caída (fig. 7) alcanzan valores de 6 a 7 mg/g en sequía y de 4 a 6 mg/g en la época de lluvias. En las bolsas de descomposición los valores oscilan entre 3 y 5 mg/g en sequía y 1 a 2 mg/g en lluvias, finalizando con 2 a 3 mg/g después de 64 semanas. Ello muestra una tendencia a la reducción en concentración, indicativa de la relativa alta solubilidad de la mayor parte del K presente en los desechos orgánicos. La reducción ocurre rápidamente.

Magnesio: en la hojarasca recién caída la concentración varía entre 5 y 10 mg/g (sequía) y 4 a 6 mg/g (lluvias). En las

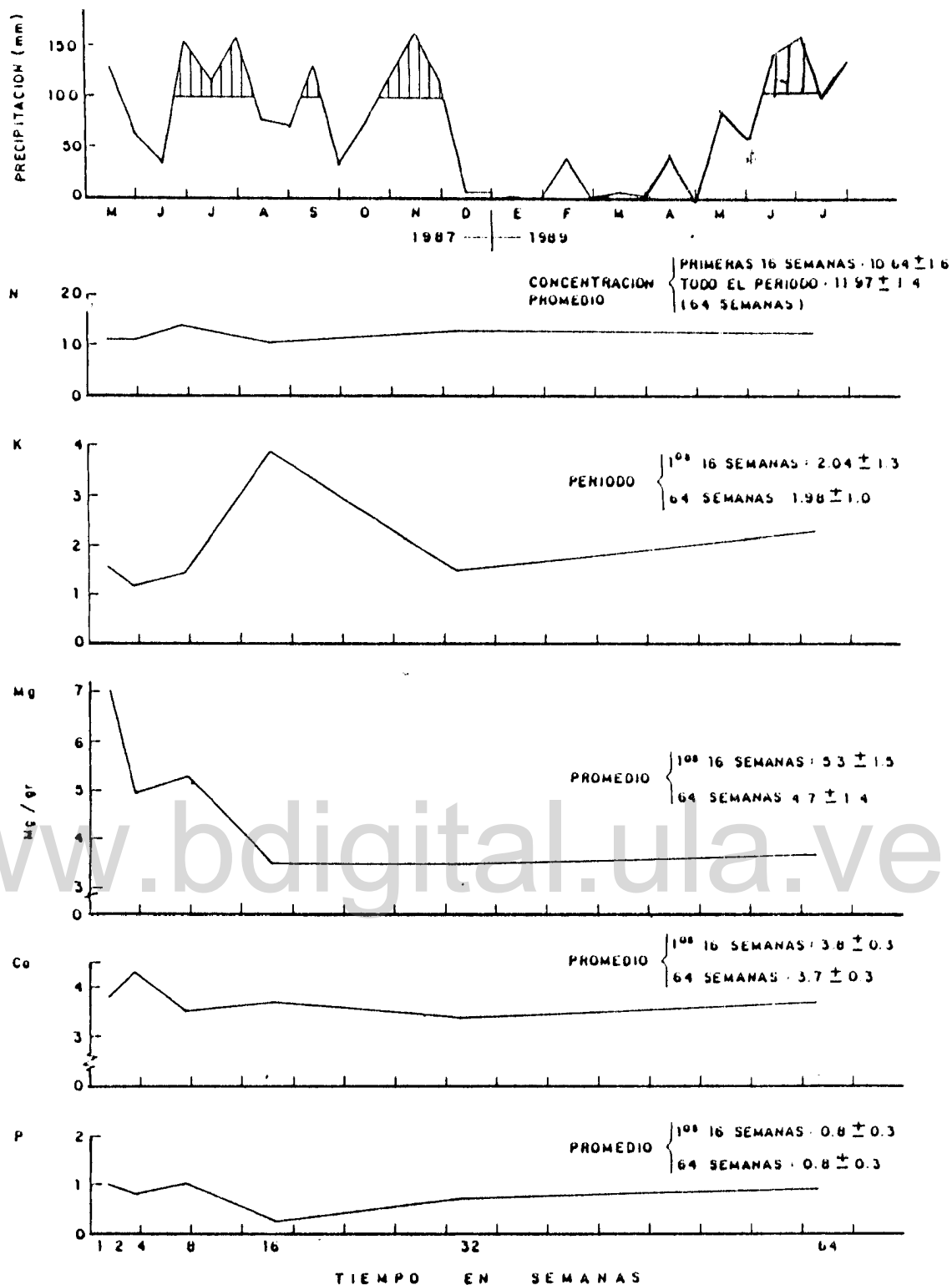


FIGURA 22 Variación de la concentración de bioelementos en bolsas de descomposición serie iniciada en lluvias, bosque natural intervenido.

bolsas de descomposición oscila entre 4 y 5 (sequía) y se reduce de 7 a 3.5 en lluvias, finalizando alrededor de este valor después de las 64 semanas. Este elemento muestra una clara tendencia a la movilización con las lluvias.

Calcio: en la hojarasca recién caída muestra concentraciones de 4 a 6 mg/g todo el año. En las bolsas de descomposición desciende de 4.5 a 3.35 mg/g para finalizar con valores cercanos a 4 en ambas series. Ello muestra una relativa baja solubilidad del calcio, que mantiene concentraciones prácticamente iguales todo el tiempo.

Fósforo: en la hojarasca recién caída se mantiene entre 1 y 2 mg/g casi todo el año. En las bolsas de descomposición son también bastante estables, tendiendo hacia una concentración cercana a 1 mg/g. Ello indica baja concentración, de valor casi constante en los desechos orgánicos, es decir, tasa de salida igual a la de la materia orgánica en su totalidad.

- Plantación de pino (Figs. 23 y 26).

Nitrógeno: en la hojarasca recién caída la concentración varía entre 6 y 15 mg/g durante la época de sequía y de 9 a 14 mg/g en la época de lluvias. En las bolsas de descomposición la concentración varía de 4 a 6 mg/g, con fuertes fluctuaciones al inicio de la serie de lluvia y durante las primeras 16 semanas. En la última semana se observa un leve incremento. No se dispone de datos para el período de sequía.

Potasio: en la hojarasca recién caída la concentración de

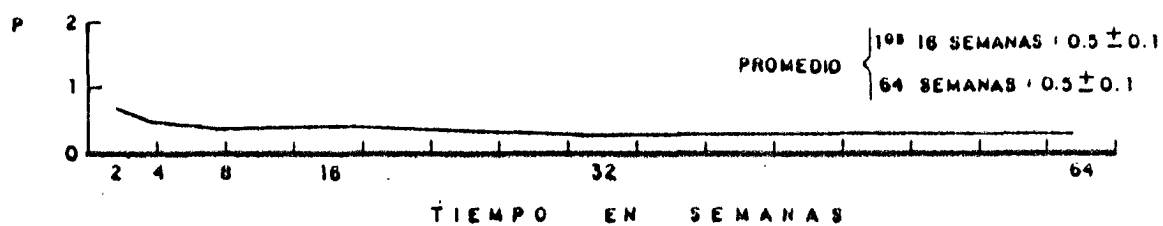
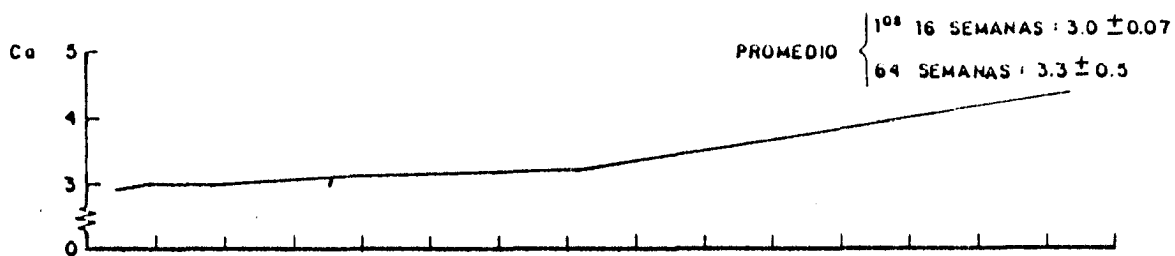
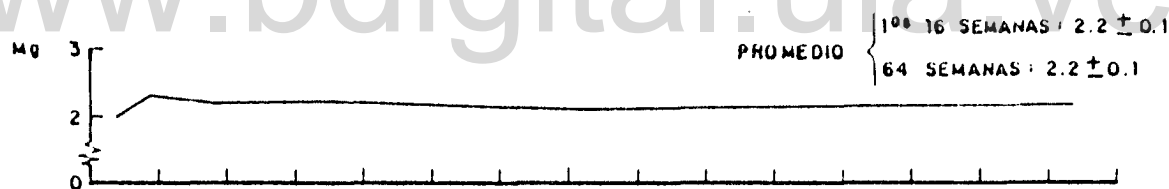
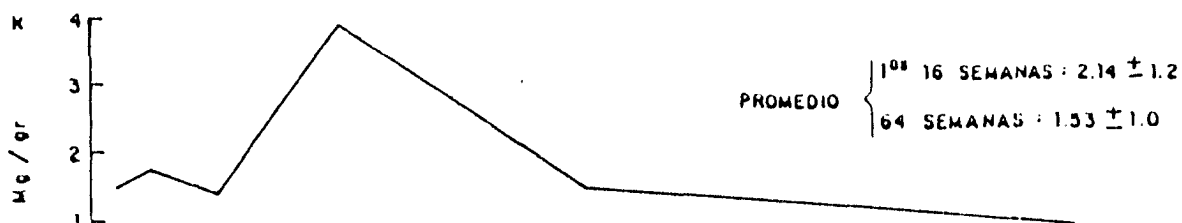
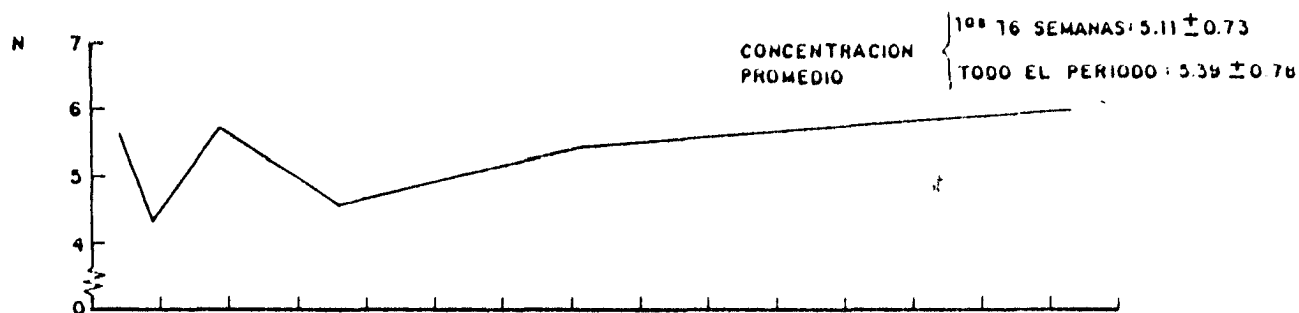
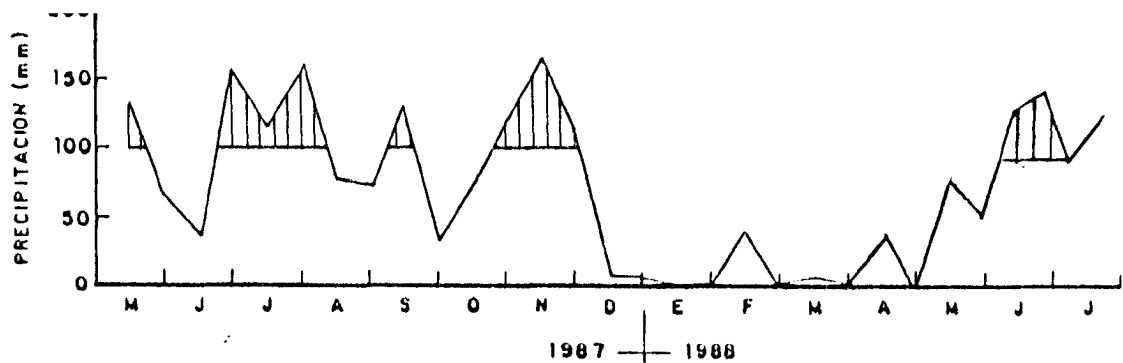


FIGURA 23. Variación de la concentración de bioelementos en bolsas de descomposición, serie iniciada en lluvias, plantación de Pino.

K oscila entre 2 y 7 mg/g en sequía y entre 2 y 5 en lluvias. En las bolsas de descomposición presenta valores entre 2 y 5 y 1.5 y 4 en las primeras semanas (sequía y lluvias respectivamente) para luego finalizar con valores por debajo de 2 mg/g. Muestra la misma tendencia que en el bosque natural intervenido pero con valores ligeramente más bajos.

Magnesio: en la hojarasca recién caída las concentraciones se mantienen entre 3 y 5 mg/g la mayor parte del año. En las bolsas de descomposición muestra valores bastante parejos en el tiempo, cercanos a 2 mg/g.

Calcio: en la hojarasca las concentraciones, que son más altas en la época de lluvias, varían entre 3 y 7 mg/g casi todo el año. En las bolsas de descomposición oscilan entre 2.5 y 5 mg/g tendiendo a un ligero incremento con el tiempo, no significativo estadísticamente.

Fósforo: en la hojarasca es variable, pero por debajo de 2 mg/g durante todo el año. En las bolsas de descomposición la concentración se mantiene muy cercana a 0.5 mg/g todo el tiempo.

- Plantación de teca (Figs. 24 y 25)

Nitrógeno: en la hojarasca recién caída la concentración varía entre 6 y 9 mg/g durante la época de sequía y de 9 a 14 mg/g en la época de lluvias. En las bolsas de descomposición la concentración varía de 6 a 9 mg/g (lluvias). La pérdida de nitrógeno en la hojarasca de Teca por el efecto del lavado de la

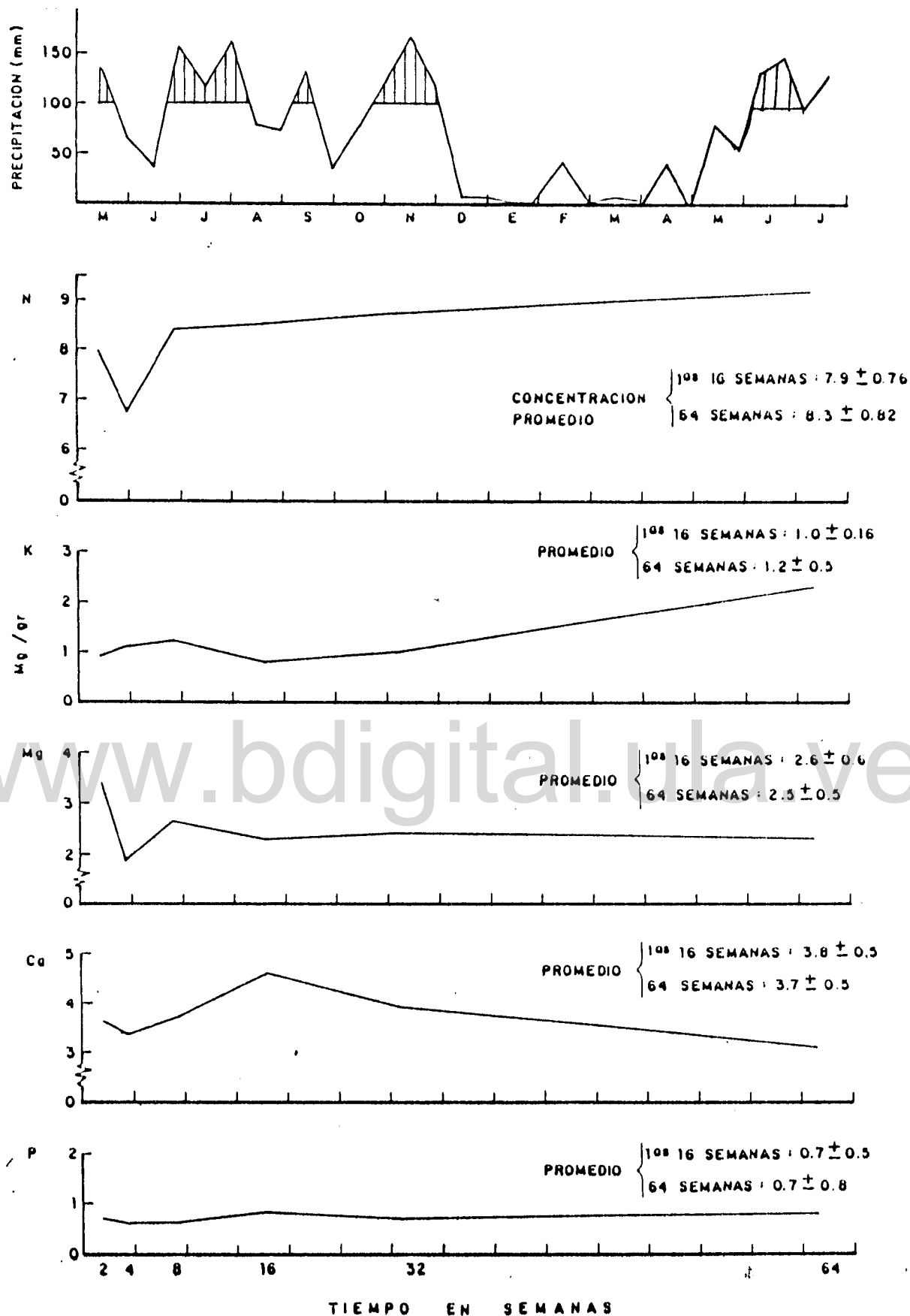


FIGURA 24. Variación de la concentración de bioelementos en bolsas de descomposición serie iniciada en lluvias, plantación de Teca.

lluvia es mayor que en el Bosque natural intervenido y plantación de Pino.

Potasio: en la hojarasca la concentración varía entre 3 y 7 mg/g casi todo el año. En las bolsas de descomposición presenta valores comparables en sequía de 3 a 5 mg/g, pero en lluvias se reduce a valores entre 1 y 3 mg/g. La pérdida de K en el material orgánico de la teca bajo el efecto de las lluvias es más evidente que en el bosque natural intervenido y el pino.

Magnesio: en la hojarasca varía entre 3 y 6 mg/g y en las bolsas de descomposición se reduce a 2-2.5 mg/g.

Calcio: en la hojarasca varía entre 1 y 7 con valores predominantes de 4 a 6 en el año. En las bolsas de descomposición se presenta con pocas variaciones mayormente entre 3 y 6 mg/g.

Fósforo: en la hojarasca se mantiene cercano a 1 mg/g la mayor parte del tiempo. En las bolsas de descomposición varía entre 0.4 y 0.9 mg/g con pocas variaciones en el tiempo.

En términos generales se observan concentraciones superiores en el material orgánico del bosque natural intervenido. El potasio y el magnesio evidencian una marcada reducción de las concentraciones al comparar las de la hojarasca con los valores finales de las bolsas de descomposición. El fósforo presenta los menores valores en los tres sitios, reduciéndose aproximadamente a la mitad la concentración en los residuos vegetales, manteniéndose bastantes uniformes las concentraciones con el tiempo.

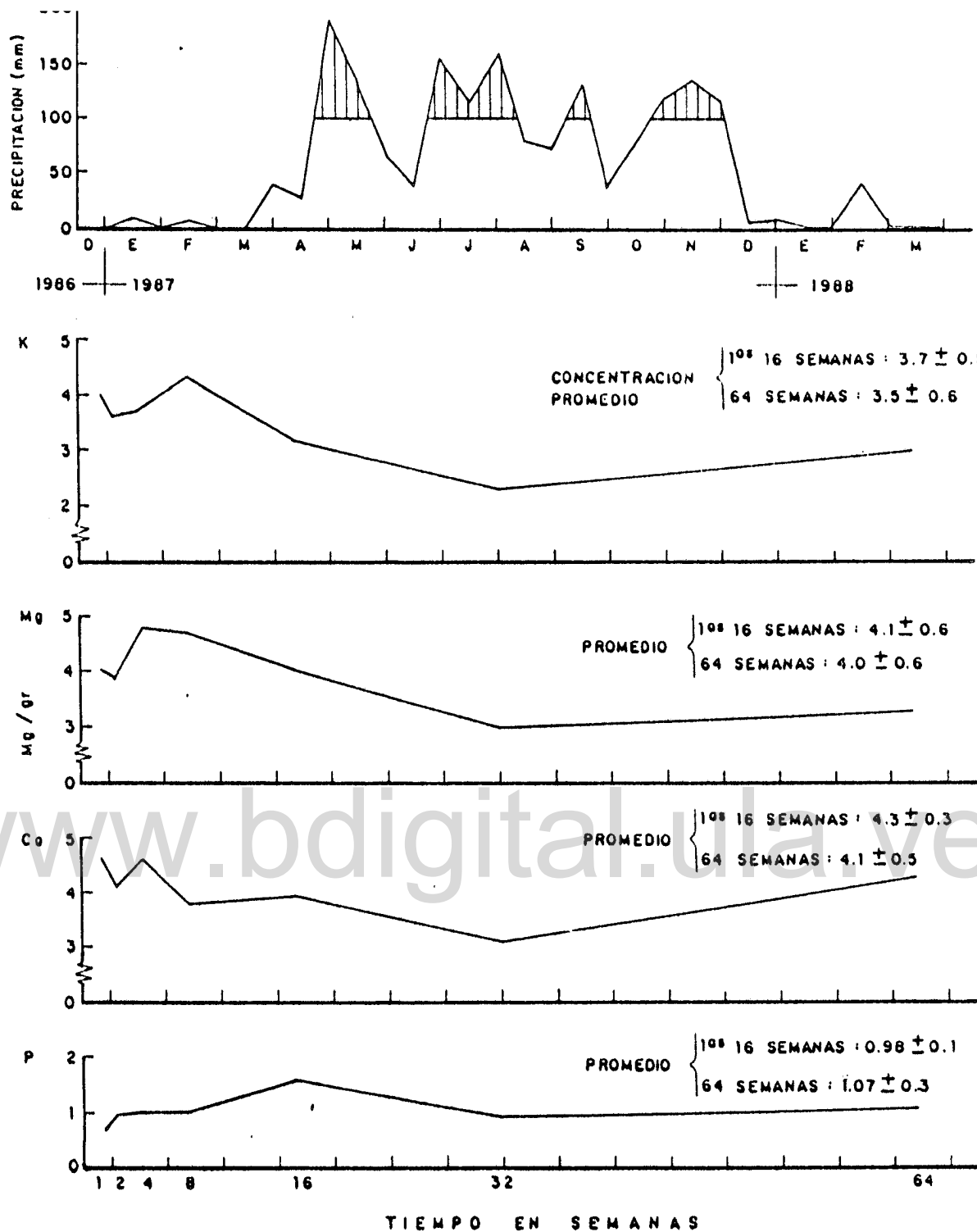


FIGURA 25 Variación en la concentración de bioelementos en bolsas de descomposición serie iniciada en sequia, bosque natural intervenido.

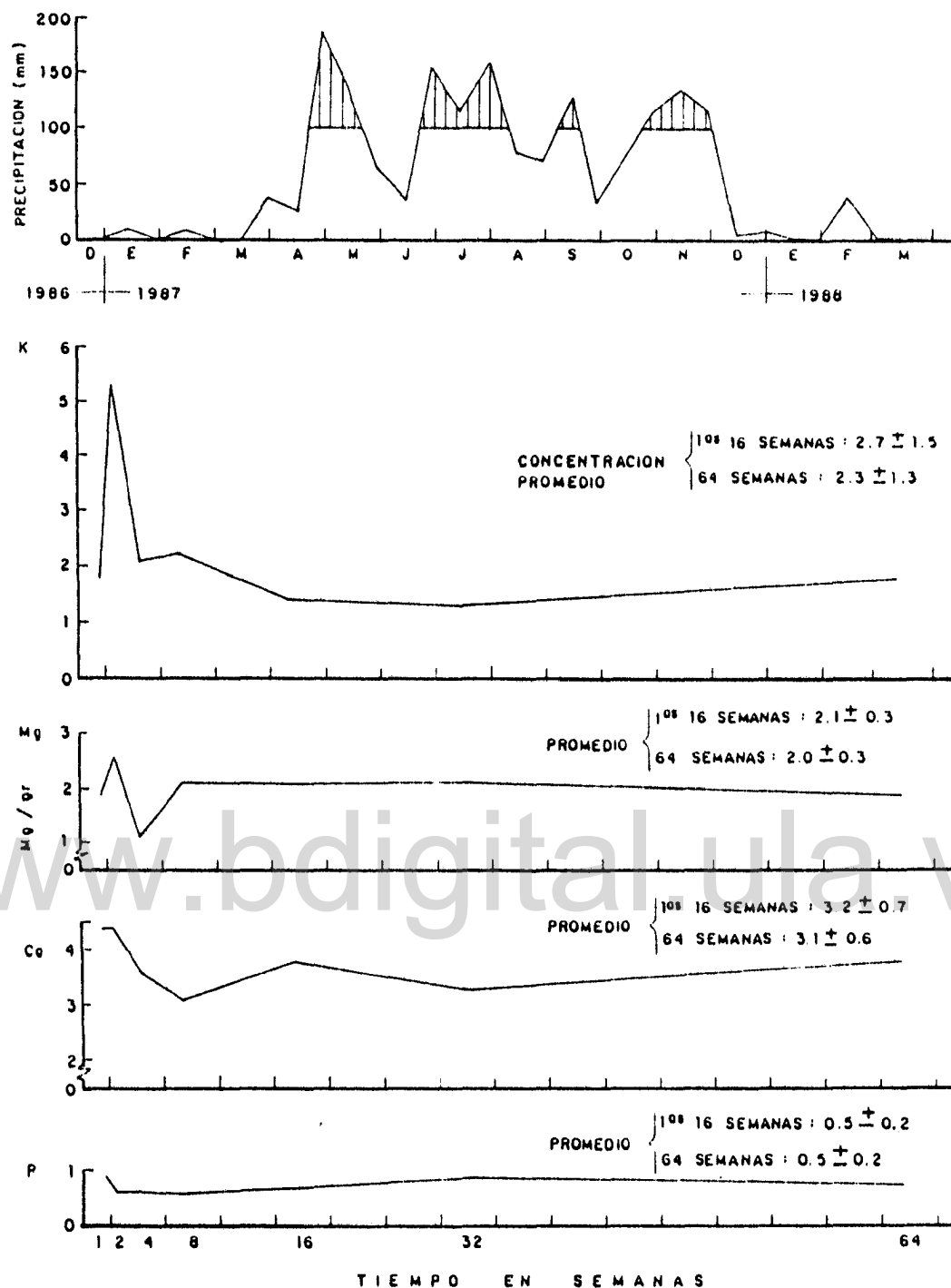


FIGURA 26. Variación de la concentración de bioelementos en bolsas de descomposición serie iniciada en sequía, plantación de Pino.

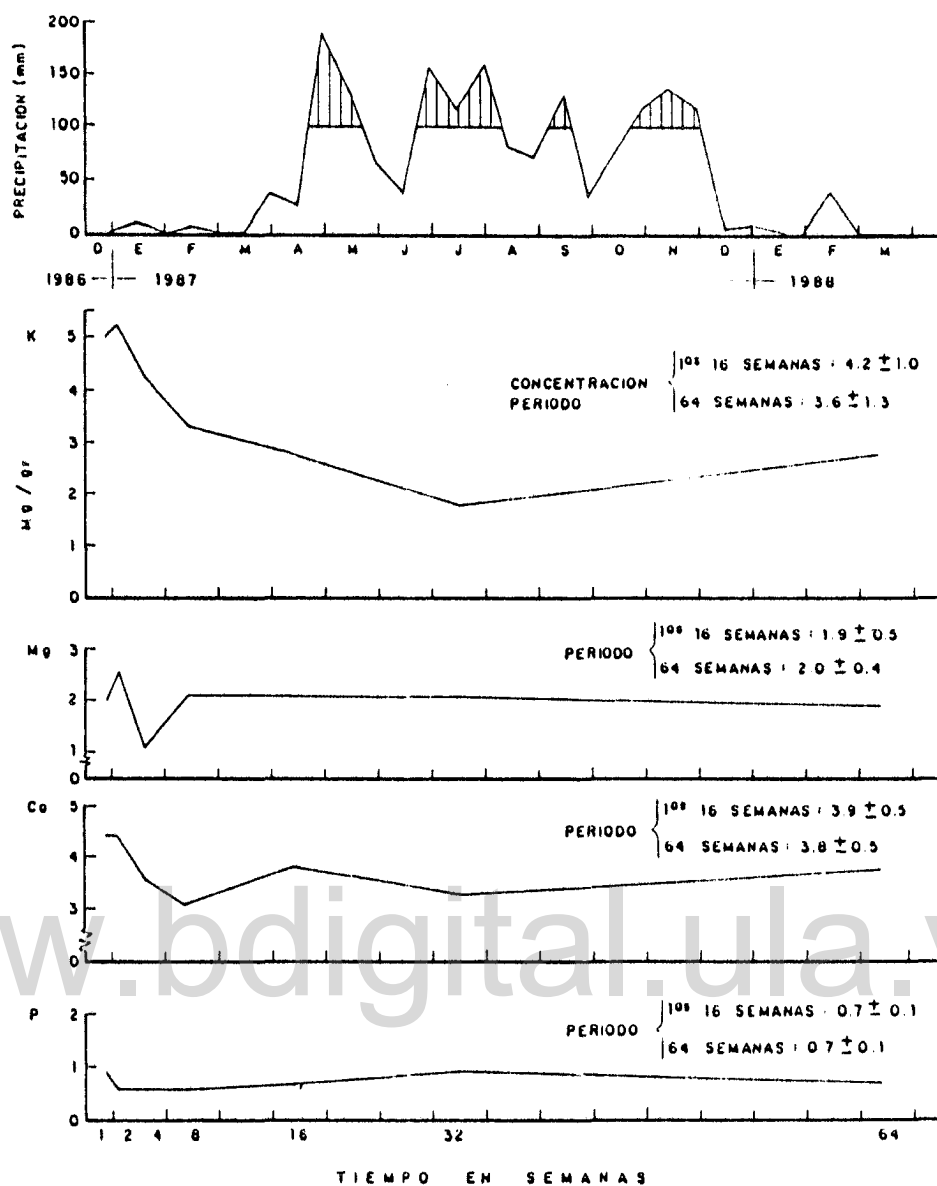


FIGURA 27. Variación de la concentración de bioelementos en bolsas de descomposición serie iniciada en sequia, plantación de Teca.

4.5. Los Suelos.

4.5.1. Descripción y clasificación.

4.5.1.1. Taxonomía.

Los suelos de las parcelas en los tres sitios (Bosque natural intervenido, plantación de Teca y Pino) fueron clasificados según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975).

El suelo correspondiente al bosque natural enriquecido en fajas se clasificó como Typic Tropaquepts arcilloso mientras que en las parcelas con plantación de pino y teca se clasificó como Oxic Dystropepts, en ambos casos. La descripción de los perfiles se presenta en Díaz (1988).

El bosque en fajas presenta una topografía de transición entre banco y bajío, con pendientes suaves, con saturación del suelo en periodos breves durante la época de lluvias. Las parcelas de pino y teca ocupan posición de banco, topografía plana ($< 1\%$), sobre materiales de deposición de carácter ácido.

4.5.1.2. Tipo Ecopedológico (Franco, 1982)

En aquellos sitios donde el régimen hídrico del suelo es el factor decisivo de diferenciación de sitios, las unidades de clasificación interpretativa de los mismos deben tomar en cuenta ante todo la caracterización del régimen aire-agua del suelo. Franco (1982) propone una clasificación de sitio basada en factores pedomorfológicos por categorías libremente combinables; estos factores son: la textura y estratificación, el nivel de la saturación del sector de enraizamiento principal (0-100 cm) y el

nivel freático máximo como factor complementario a la información sobre el grado de saturación. Franco encontró 11 tipos ecopedológicos en la Unidad I de Caparo.

Según esta clasificación el suelo del bosque natural intervenido pertenece al tipo 4 y los suelos de las plantaciones de pino y teca al tipo 3. El tipo mejor drenado es el 1 y el contenido de arcilla, la saturación en el suelo y la inundación se acrecientan (épocas de lluvias) hasta el tipo 8. Los tipos 9,10 y 11 son de texturas media y gruesa pero de alto nivel freático.

Sitio	Tipo Ecopedológico
BF	Tipo 4 (FL-AL/ AL-A C2 G2)
PINO	Tipo 3 (F-A/ FAL-AL C1 G2)
TECA	Tipo 3 (FA-A/ FA C1 G2)

4.5.1.3. Interpretación de sus limitaciones y su capacidad para la producción forestal.

Los suelos tipo 4 tienen limitaciones por drenaje moderadamente fuertes, lo que afecta las posibilidades de desarrollo de especies exigentes a la aireación. En este tipo Franco (1982,88) recomienda no eliminar la cobertura boscosa para no incrementar la cantidad de agua que llega al suelo (la intercepción del follaje es alrededor del 20 % de la precipitación anual) y manejar el bosque por el método de enriquecimiento en fajas después de la explotación, implantando especies autóctonas valiosas.

Los suelos tipo 3 tienen moderadas limitaciones por drenaje y aunque no impiden el crecimiento de la Teca y la Melina en plantaciones a campo abierto, el rendimiento ha sido sensiblemente menor en los primeros 15 años que en los tipos 1 y 2. Franco recomienda aquí el método Limba o el enriquecimiento en fajas con especies autóctonas.

Efectivamente la plantación de Teca establecida aquí se ha desarrollado a un ritmo de 10-12 m³/ha/año, mientras que la plantación 1975 a orillas del río Michay sobre un suelo Ustipsamments tipo ecopedológico 1, presenta un rendimiento promedio de 20 m³/ha/año de volumen de fustes con corteza (Franco, 1991).

4.5.2. Propiedades químicas en relación al ciclaje de bioelementos.

Las especies vegetales de un bosque natural o plantación forestal poseen diferentes requerimientos de nutrientes para su normal desarrollo, y varían en su capacidad para tomarlos del suelo.

En ecosistemas de larga acción sobre el suelo (bosques y plantaciones forestales) pueden ocurrir cambios significativos en el suelo, especialmente en la distribución de los nutrientes en el perfil. Ello obedece por una parte a que existe la tendencia a la acumulación de nutrientes en la parte superior del perfil y, por la otra, a que el ecosistema puede incorporar nutrientes provenientes de la atmósfera y de niveles profundos del suelo al ciclaje interno y a la biomasa.

De los elementos que las plantas toman del suelo para su subsistencia, el nitrógeno, el fósforo y el azufre los aprovechan en forma anionica y el potasio, calcio y magnesio como cationes. (Fassbender y Bornemisza, 1987)

Los suelos de Ticoporo estudiados son ácidos a ligeramente ácidos (pH 5.5-6.0), de una capacidad de intercambio cationico baja (10.6-11.5 meq/100 g suelo) y un porcentaje de saturación en bases de medio a bajo (predominan valores entre 20 y 65 %), los contenidos de materia orgánica son medios, pero el N y P presenta valores bajos. En síntesis son suelos de media a baja fertilidad, donde el bosque natural no presenta deficiencias gracias al ciclaje de nutrientes, pero donde una actividad productiva intensiva (cultivos agrícolas, plantaciones forestales puras, pastizales) requerirían de la fertilización para optimizar los rendimientos. (anexo 6)

En el Cuadro 16 se presentan las reservas de bioelementos en el suelo para varias localidades en una profundidad de 0-30 cm; en ella se puede ver que las mayores reservas de nitrógeno en Ticoporo se encuentran en las parcelas del bosque natural intervenido y aún mayores que las observadas en los bosques de Caparo y Manaus, puede asumirse una mayor fijación simbiótica y asimbiótica en el bosque natural intervenido.

La cantidades de fósforo en el suelo de Ticoporo son muy bajas comparadas con el resto de los bosques presentados a excepción de Caparo donde existe una muy alta reserva. Según

CUADRO 16. Reservas Totales de Bioelementos en el Suelo Mineral
en Diferentes Localidades (prof. 0-30 cm)

LOCALIDAD/ TIPO DE BOSQUE	C ton/ha	N	P	kg/ha K	Ca	Mg	Autor
Ticoporo/ B. NATURAL	89.9	6786	20	303	1705	623	Este trabajo
Ticoporo/ P. Pino	41.4	2492	14	168	965	660	
Ticoporo/P. Teca	58.4	3872	12	310	2405	1327	
Caparo/ B. Natural	46.0	5342	2370	294	4608	1068	Franco, 1982
Manaus/ B. Natural	113	4263	71	58	0	17	Franco, 1982
Darien/ B. Natural	-	-	33	508	18582	2830	Golley, 1975
San Carlos/ B. Natural	57.2	2128	63	188	350	41	Herrera, 1979

Hase y Foelster (1982) en los suelos de Caparo el 50 % del fósforo encontrado está ocluido, no disponible para las plantas.

El potasio en los suelos estudiados de Ticoporo presenta valores muy similares a los observados en Caparo, en el caso de Manaus el proceso de lixiviación de los suelos permite suponer las bajas reservas demostradas.

Las reservas totales de calcio en el suelo son inferiores a las encontradas en Caparo y Darién (Cuadro 16) y superiores a las de Manaus y San Carlos, en este último se corrobora el alto proceso de lixiviación al no encontrarse practicamente reserva alguna del elemento. Díaz (1990) plantea que la mayor transferencia o ciclaje del elemento ocurre entre la vegetación y el suelo, a través de la hojarasca.

Las mayores reservas de magnesio se presentan en los suelos de la plantación de teca (Ticoporo), muy similares a los de Caparo y muy superiores a los de manaus y San Carlos, sitios con fuertes pérdidas de elementos químicos.

4.5.3. Propiedades físicas de los suelos.

Según Díaz (1988) los valores de arena, limo y arcilla, indican la estratificación sedimentaria de los suelos y la tendencia hacia texturas finas, aunque en el estrato (horizonte) superficial los contenidos de limo son altos y los de arcilla son medios y casi constantes. La textura tiene una relación directa con algunas otras propiedades físicas como la aireación, retención de humedad y movimiento del agua en el suelo. La concentra

ción de raíces en este primer estrato se favorece por las mejores condiciones de drenaje y aireación, además del ciclaje de nutrientes.

En el bosque natural intervenido se presenta una estructura granular muy fina y fuerte en el horizonte superficial y en el resto del perfil blocosa angular de fina a media y fuerte hasta convertirse en débil con la profundidad y el empeoramiento del drenaje. el perfil tiene un buen desarrollo estructural en la parte superior, pero hacia abajo se degrada la estructuración; ello es consecuencia de los largos períodos de saturación (Franco, 1982).

En la plantación de Pino la estructura del suelo se deteriora bastante a partir de 1 m de profundidad; existe una disminución de la porosidad total del horizonte B (20-180 cm profundidad) donde el suelo es compacto. Hacia abajo aumentan los períodos de saturación y disminuye el % de materia orgánica en el perfil. Estas condiciones ocasionan la degradación en la estructuración del suelo y, debido a la textura fina, reducen la capacidad de percolación del agua en el perfil.

En la plantación de Teca, el horizonte superficial presenta estructura granular, muy fina, coherente y la porosidad total en este es máxima. La estructuración se degrada igualmente con la profundidad y disminuye también el volumen total de poros.

El valor de la densidad aparente (anexo 8) en los suelos estudiados disminuye a medida que se profundiza en el perfil,

esto según Malagón (1984) se debe a la disminución en el contenido de la materia orgánica con la profundidad y al menor desarrollo estructural en el mismo sentido. La parcela de teca presenta una densidad mayor que en Pino y bosque natural intervenido lo que indica su mayor grado de compactación.

Existe disminución de la conductividad hidráulica (saturada) a medida que se profundiza el perfil. El valor más alto corresponde al horizonte superficial con mayor contenido de macroporos y mejor estructuración; en los tres sitios la conductividad es favorecida por la abundancia de raíces finas y la actividad de las lombrices. En la plantación de pino se observan los valores más altos de conductividad hidráulica, los que coinciden con mayores valores de porosidad y estructuración y menores de densidad aparente.

El bosque natural intervenido tiene un mayor volumen de meso y macroporos, que de microporos. Esto indica buena estructuración y rápido movimiento del agua en el horizonte superficial. En el resto del perfil disminuyen estas condiciones con el incremento de la microporosidad, lo que obedece a la presencia de texturas más finas, disminución en el contenido de materia orgánica y mayor compactación por efecto de la saturación periódica. Ello se expresa igualmente en la reducción con la profundidad de la conductividad hidráulica.

En la parcela de las plantaciones de Pino y Teca el comportamiento de las variables es similar; sin embargo la posición topográfica ligeramente más alta y el contenido de arcilla lige-

ramente inferior permite un mejor drenaje en estos suelos en relación al del bosque natural intervenido.

4.5.4. Régimen Hídrico.

El régimen hídrico del suelo varía fuertemente durante durante el año en cada sitio de estudio. Según Franco (1982) la posición topográfica, la estratificación textural del perfil, las propiedades físicas de cada estrato (textura, porosidad y su distribución por clase de tamaño de poros) y la influencia del nivel freático son los factores determinantes de la dinámica del agua en el suelo.

En la figura 28 se relacionan la precipitación durante el período de estudio (Enero-diciembre, 1987) y los porcentajes de humedad del suelo hasta 1 m de profundidad, en el bosque natural intervenido.

Durante los meses de Dic- Marzo (época de sequía) la humedad permanece cerca del punto de marchitez permanente. En el bosque natural intervenido, a la profundidad de 0-30 cm, la humedad permanece ligeramente por encima del 13 % que corresponde al punto de marchitamiento permanente; de 30-80 cm de profundidad la humedad permanece muy cerca del 20% y por encima de 80 cm de profundidad la humedad alcanza valores mayores al 20 % con algunas fluctuaciones. La humedad en el suelo durante el período de sequía no logra alcanzar el 37 % de humedad que sería el límite de la capacidad de campo (Fig.28).

Después de transcurridos tres meses desde el inicio del

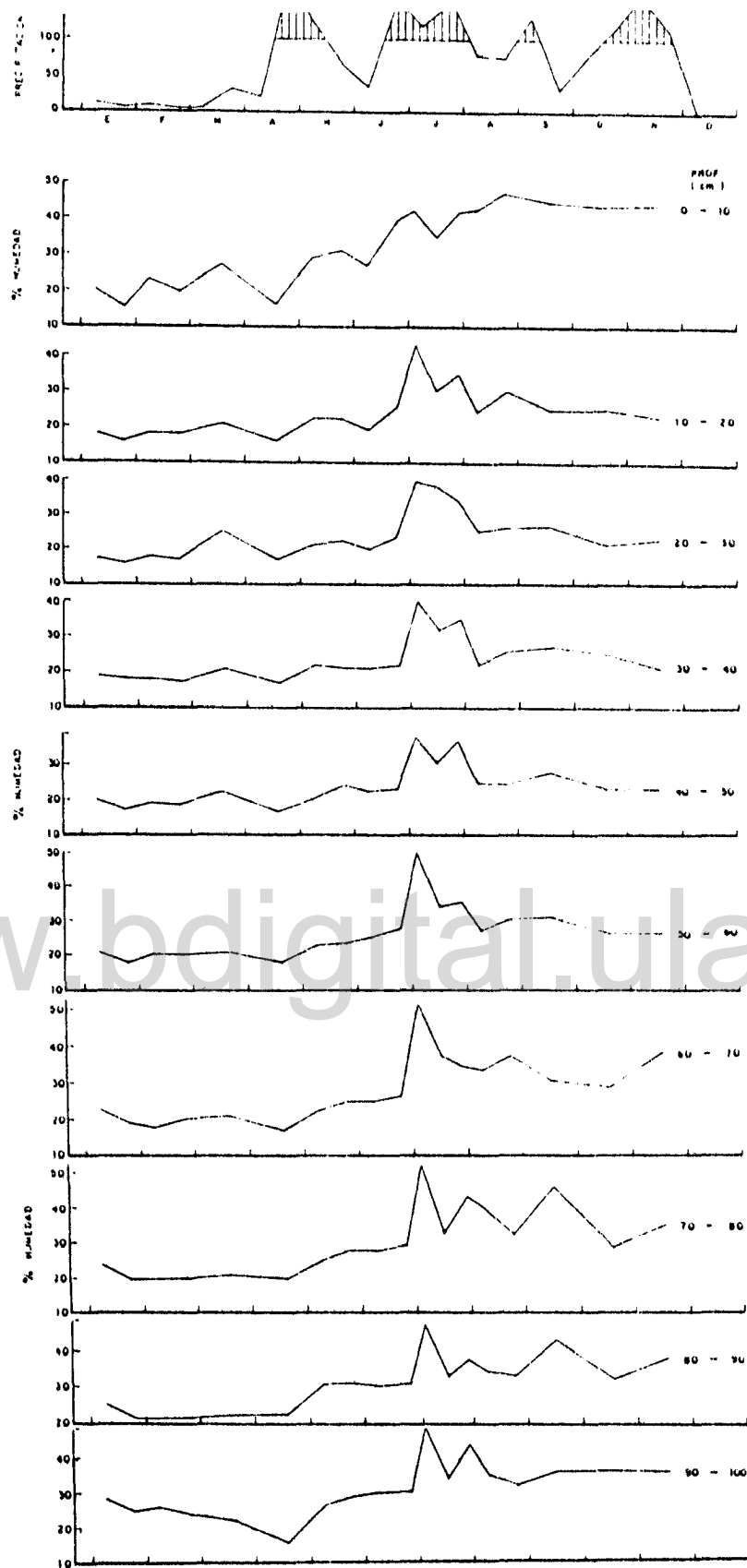


FIGURA 28 Variación de la humedad del suelo (%) a diferentes profundidades
Bosque natural intervenido

período de lluvias (Abril) y luego de caer 600 mm, se observan los porcentajes de humedad característico de la época lluviosa (saturación); estos se prolongan hasta el inicio del período de sequía (noviembre). El horizonte superficial (0-30 cm) pobre en macroporos permite cierto movimiento en el flujo horizontal, el cual durante fuertes precipitaciones drena rápidamente hacia sitios más bajos. A partir del mes de julio se observan algunas fluctuaciones (con fuertes descensos) en la humedad del suelo, a partir de los 10 cm de profundidad, debido principalmente al consumo de agua por las plantas durante los días sin lluvia (sequía interestival). El horizonte de 30-82 cm de profundidad, en el mes de julio presenta fuerte saturación. Este horizonte presenta lentes de arena fina). En Caparo Franco (1982) encontró que estos lentes de arena fina al final del período de sequía estaban húmedos mientras que el estrato superficial (0-140 cm) llevaba casi 2 meses secos. Ello significa que las plantas disponen de una considerable reserva de agua complementaria durante el período de sequía. Desde los 82 cm hasta 100 cm de profundidad, el suelo permanece saturado durante todo el período de lluvias.

En la figura 29 se observa la relación entre la precipitación y los porcentajes de humedad en el suelo, hasta 1 m de profundidad en la plantación de Pino. Existe fuerte disminución de la humedad a través del perfil debido a la cantidad de meso y macroporos que asegura el flujo horizontal del agua y que se relaciona con la mediana conductividad hidráulica de los suelos.

Durante los meses de Dic- Marzo (período de sequía) los

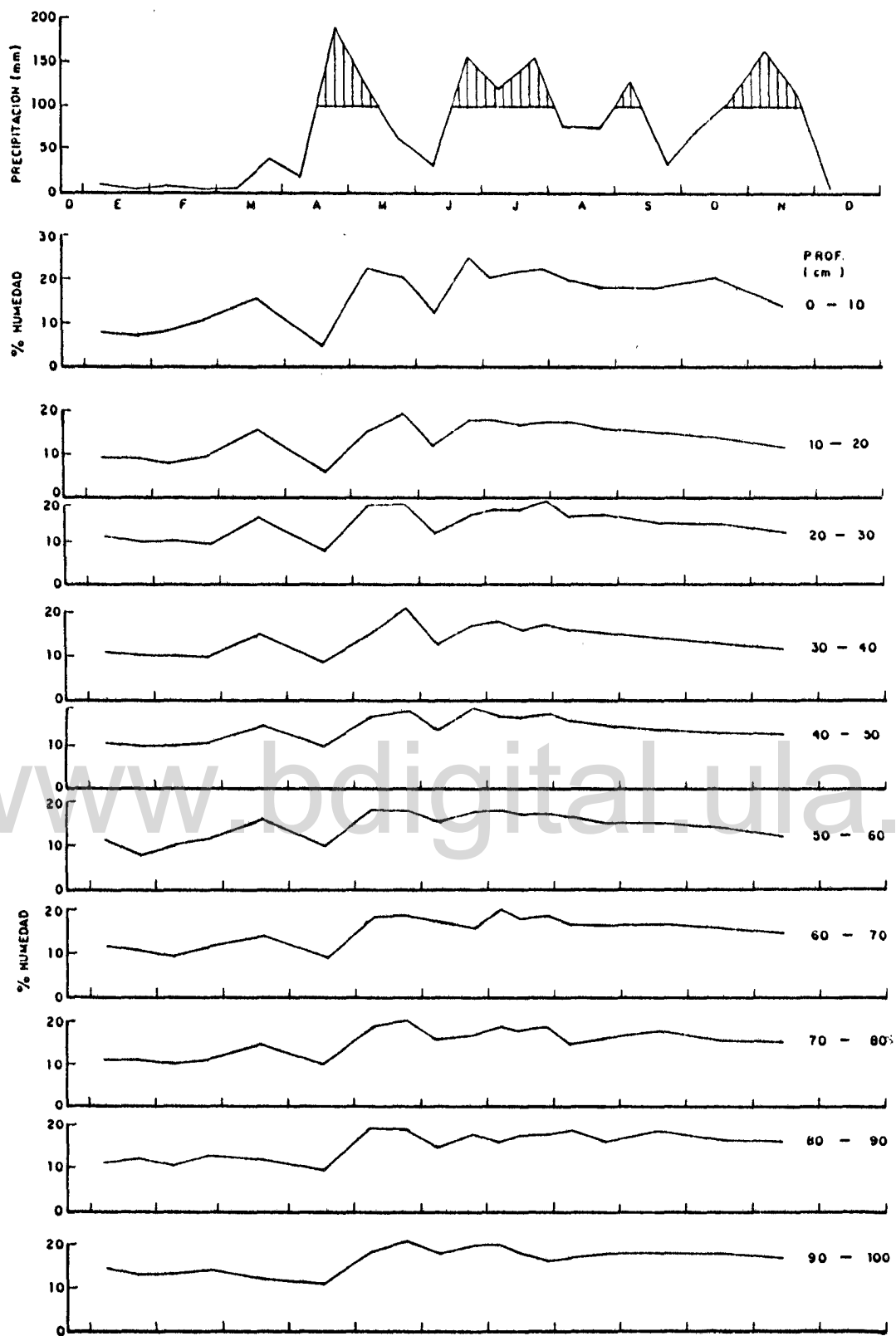


FIGURA 29. Variación de la humedad del suelo (%) a diferentes profundidades.
Plantación de Pino.

valores de la humedad en todo el perfil permanecen por debajo del punto de marchitez permanente. Al inicio del período de lluvias (Abril) a diferencia del bosque natural intervenido se observa un incremento brusco de la humedad del suelo. Las fluctuaciones de la precipitación se reflejan en los cambios en la humedad del suelo. En el período de lluvias (Abril-noviembre) el perfil del suelo se mantiene a capacidad de campo, por su buen drenaje no se observa acumulación de agua superficial, tampoco se presentan niveles de saturación en el perfil durante la época lluviosa.

En la plantación de Teca (Fig.30) durante la época de sequía la humedad del suelo en todo el perfil esta ligeramente por encima del punto de marchitez permanente. Después de 4 meses de iniciado el período de lluvias se presenta los mayores valores de humedad en el perfil estos se acercan a capacidad de campo y en el horizonte superficial esta ligeramente por encima. En el perfil de la plantación de Teca la humedad se distribuye con patrón parecido al bosque natural intervenido. Esta tiende a disminuir a medida que se acerca el período de sequía. A partir de los 50 cm de profundidad la tendencia en las curvas de humedad en Pino y Teca son muy semejantes.

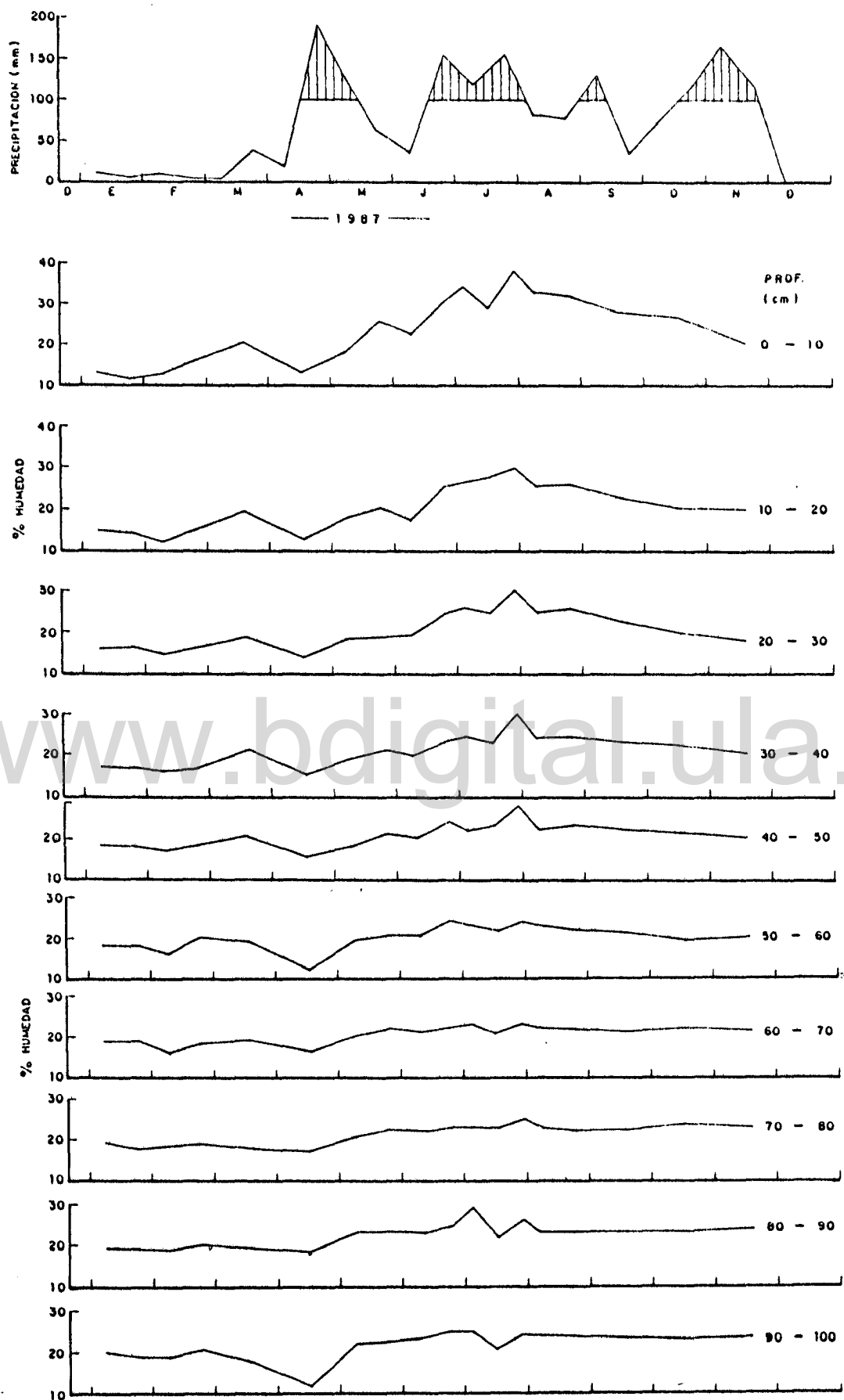


FIGURA 30. Variación de la humedad del suelo (%) a diferentes profundidades.
Plantación de Teca.

V.- DISCUSION DE RESULTADOS.

5.1.- Discusión comparativa sobre la vegetación de los tres ecosistemas.

En los ecosistemas observados (cuadro 1) el número total de árboles/ha se duplica en las parcelas de teca y pino con respecto al bosque natural intervenido. A nivel de estratos la plantación de teca presenta solo uno, con mayor densidad de arboles que la plantación de pino y el bosque natural intervenido.

Al comparar ambas plantaciones, las parcelas de pinos presenta una mayor cantidad de especies (mayor biodiversidad) sobre todo en el estrato inferior debido a la mayor cantidad de luz que atraviesa el follaje, a pesar que el distanciamiento entre arboles fué menor en relación con la plantación de teca.

Los estratos medios y superior de las parcelas de pino tienen tres y cuatro veces más arboles respectivamente que el bosque natural intervenido. La composición florística de este último es naturalmente más rica en especies que la plantación de pino en ambos estratos.

En área total basal, las parcelas del bosque natural intervenido también presentan un valor menor que las parcelas de teca y pino. En el estrato medio el pino tiene un valor cinco veces mayor que el bosque natural enriquecido. En los estratos superior e inferior la diferencia a favor del pino es mucho menor. El pino representa el mayor valor de área basal en las parcelas de los tres ecosistemas.

El volumen de fuste total tiene su mayor valor en las parcelas de pino, este duplica a la plantación de teca y es 1 1/2 veces mayor que en el bosque natural enriquecido. En el estrato medio el volumen de fustes en la plantación de pino es casi cinco veces mayor que en el bosque natural intervenido.

De Las Salas (1987) plantea que en bosques húmedos tropicales (climax) el promedio aritmético del crecimiento medio de los fustes es de 3.73 m³/ha/año y el crecimiento diamétrico anual 0.25 cm. En parcelas dinámicas (árboles con Dap >10 cm) se presenta un área basal promedio 30 m²/ha/año, un volumen de fuste 300 m³/ha/año y un crecimiento anual de diámetro de 0.45 cm; así mismo el crecimiento medio anual del diámetro en pardillo de 20 años oscila entre 0.78 y 1.16 cm/año, y en teca (Trinidad) de 20 años de 1.53 cm/año. Los valores presentados por el autor y los hallados en este estudio son coincidentes en orden de magnitud a pesar de las diferentes condiciones de cada sitio.

Tillmanns (1978) en un ensayo de plantación de pino en Costa Rica encontró un incremento anual en volumen de 26 m³/ha y altura promedio de 16.7 m a los 8 años de edad de la plantación. Sage y Kaufman (1977) en Surinam reportan un volumen de fuste de 23.8 m³/ha en plantación de 10 años. Wadsworth (1971) citado por Tillmanns (1978) encontró en una plantación de pino Caribe de 10.8 años de edad en Puerto Rico un Dap promedio de 35 cm y una altura de 20 m. En plantaciones de 18 años en Nigeria, los árboles de pino *Ocarpa* presentan altura media de 22.3 m, volumen de fuste de 232 m³/ha y un incremento en volumen de 12.8

m³/ha. (Gimenez,1975)

Luque (1981) en la unidad I de Caparo encontró áreas basales en plantaciones de 10 años de edad de 27,18 y 16 m²/ha, en sitios con suelos I,II y III respectivamente. Torres (1982) en el mismo sitio reporta 25 y 22 m²/ha para edades de 6 y 6.5 años en suelos de categoría I y II. Araque y Vergara (1984) en la Unidad experimental de la ULA (Ticoporo) encontraron en plantaciones de teca de 11 años de edad 475 arb/ha , Dap promedio 19 cm, altura promedio 14.7 m con un incremento anual de 0.75 m; los autores reconocen la alta mortalidad en la población.

En la Unidad II (Ticoporo), los valores encontrados para densidad de arboles de teca son mayores que en la unidad Experimental (ULA), debido a la alta mortalidad en esta última; sin embargo en diámetro promedio e incremento anual la unidad experimental es ligeramente superior y en altura promedio e incremento anual es casi el doble a favor de la unidad experimental. La condición de sitio y la baja densidad de los arboles permite en la unidad experimental el mayor desarrollo de la teca.

Tomando en cuenta el área basal, en sitios de calidad I y II, la teca tiene un desarrollo similar en Caparo y Ticoporo, según los valores encontrados por Luque (1981) y Torres (1982). Ello ha sido corroborado por Franco (1991) al compara los rendimientos de plantaciones de Teca de Ticoporo y Caparo de varias edades, bajo diferentes condiciones edáficas. En ambas áreas el máximo desarrollo de la Teca se presenta en suelos de dique de río, tipo

ecopedológico 1, reduciéndose marcadamente en los suelos de napa y bajo (tipo ecopedológico 3 y 4).

En el manejo del bosque existe una serie de aspectos donde la fenología es sumamente importante, sobre todo en la determinación de la época de crecimiento de las especies, y los estadios de floración y fructificación; en la planificación de las intervenciones silviculturales, fomento de la regeneración natural, en trabajos de mejoramiento genético, en los planes de tumba de árboles, protección contra incendios, etc. Otro aspecto donde la fenología debe jugar un papel primordial es el relacionado con la fauna y sus interrelaciones con especies forestales. (Franco, 1979; Fournier, 1974)

El bosque natural intervenido presenta características de bosque mixto, heterogeneo, donde existe especies con cambio de hojas continuo, cuya copa permanece siempreverde y especies que en una época determinada del año dejan caer toda su masa de hojas y luego de un intervalo de tiempo sin ellas aparecen los nuevos brotes. Además existen especies con diferentes grados de caducifolia entre ambos extremos. (Franco, 1978)

El pardillo plantado se comporta como especie siempreverde, probablemente por la condición de humedad del sitio durante el período de sequía. Franco (1979) observó en Caparo que algunos árboles de pardillo perdieron todo o gran parte del follaje mientras que otros permanecieron siempreverdes de acuerdo a las condiciones de humedad del sitio. El Chupón mantiene su condición de especie siempreverde, según el autor antes mencionado esta

especie debe disponer de mecanismos morfofisiológicos que le permitan disminuir las pérdidas por transpiración en los períodos críticos. Según Folster y Franco (1976-77) citado por Franco (1979) el Chupón solo se presenta en sitios muy favorables, es decir aquellos con buen aprovisionamiento de agua en sequía. El mismo autor plantea que al parecer el Chupón presenta dos valores máximos de recambio del follaje uno en agosto y otro en febrero. El laurel y palo de maría mantienen la misma condición de especies siempreverdes con mayor follaje durante el período comprendido entre finales de sequía (febrero) e inicio del período de lluvias (mayo).

El pino mantiene su follaje durante casi todo el año, con un descenso durante el período de sequía de hasta un 50 %. La teca por el contrario perdió totalmente su follaje al final del período de sequía y se recuperó con el inicio de las lluvias, marcando un ritmo netamente estacional. El brote foliar no es simultáneo a la pérdida de hojas. Este caso es similar al jobo, alcanzándose la máxima pérdida de follaje al final del período seco y frecuentemente antes del comienzo del período de lluvias. Ello ha sido reportado para Teca en la India por Shukla y Ramakrishnan (1982).

La presencia de flores se observó en las especies Chupón, Laurel, Palo de maría y Teca. En Chupón se presenta el primer período de floración en los meses de abril y mayo, y el segundo en los meses de octubre y noviembre. El laurel florece durante los meses de diciembre y enero; el palo de maría de abril a mayo

y la teca comienza la floración en el mes de abril, alcanza un máximo en junio y termina en el mes de julio. Según Shukla y Ramakrishnan (1982) parece existir sincronización entre la floración y el período de sequía (finales del período), es decir la floración parece estar influenciada o bajo control de las condiciones climáticas. Esto ha sido observado por Richards(1952), Medway(1972) ambos citados por los autores antes mencionados. Los cuales plantean que además de los factores relacionados con la humedad ambiental, cambios en el fotoperíodo pueden disparar el inicio de la floración.

La fructificación en Chupón se presenta de abril a mayo; los conos en el pino permanecen durante casi todo el año sobre los árboles, durante la sequía se observa ligera pérdida y al comienzo de las lluvias aumenta el porcentaje de conos. El laurel tiene sus frutos en el mes de febrero y el pico de fructificación en teca se presenta a mediados del mes de julio en pleno período de lluvias. En el resto de las especies estudiadas no se observó fructificación.

En la mayoría de las especies observadas se inicia el proceso de fructificación al comienzo del período de lluvias (finales de la sequía) produciéndose el pico de fructificación durante el período húmedo, esto ocasiona la formación de frutos carnosos y de semillas grandes como en chupón y teca. Cuando la fructificación ocurre en el período seco generalmente se producen frutos pequeños que pueden ser arrastrados fácilmente por el viento, es el caso del laurel.(Smythe 1970, citado por Shukla y

Ramakrishnan 1982; Franco 1978). La diferencia en los patrones de floración y fructificación entre las especies analizadas muestra la importancia de la interacción planta-animal, así una alta incidencia de la floración durante el período de sequía estaría relacionado con altas poblaciones de insectos que transportan polen en los bosques tropicales (Stiles, 1978), condición de suma importancia para el manejo del ecosistema. Por otra parte la fauna puede influir sobre la composición florística del bosque natural y la distribución de las especies en el área. Las aves y otros animales que se alimentan de frutos transportan las semillas contribuyendo a la dispersión de las especies vegetales. Algunas especies arbóreas de gran importancia para la fauna por su abundancia y fuente de alimento son: chupón, jobo, coco de mono y palma de agua (Franco, 1979).

La producción de raíces finas es uno de los parámetros más difíciles de medir en un ecosistema. En algunos bosques tropicales los estudios han demostrado que las raíces superficiales están asociadas al reciclaje del mantillo, mientras que las raíces profundas extraen los elementos nutritivos del suelo (Jordan y Escalante, 1980; Golley, 1983).

En los sitios de estudio la mayor cantidad de biomasa de raíces ($\varnothing < 2$ mm, hasta 50 cm de profundidad) corresponde al bosque natural intervenido con 2.13 ton/ha al inicio del período de lluvias (02.04.87) y 1.87 ton/ha en pleno período de lluvias (11.08.87). Las plantaciones de teca y pino presentan valores muy

parecidos en las mismas fechas de muestreo con 1.25 ton/ha (inicio de lluvias) y 0.86 ton/ha (lluvias). Franco (1979) en Caparo reporta entre 3.9 y 6.5 ton/ha de biomasa de raíces finas ($0 < 1$ mm, hasta 50 cm profundidad) en bosque natural.

Los valores de biomasa de raíces al comienzo del período de lluvias son mayores que en plena lluvia en cada sitio. Se observa en el bosque enriquecido mayor producción de raíces, lo que podría justificarse por la mayor densidad de especies en el sotobosque. Franco (1979) en Caparo y Jordan y Escalante (1980) en San Carlos de Río Negro reportan un mayor número de raíces finas durante el período lluvioso. El resultado en Ticoporo puede estar influenciado por la caída de lluvia (40 mm) durante la quincena anterior a la fecha de muestreo al final de sequía; la activación del mecanismo de crecimiento por las raíces pudo haber aumentado la cantidad de biomasa en este corto intervalo.

La distribución vertical de raíces finas en el suelo y la cantidad por unidad de área del bosque son parámetros de gran importancia para el estudio del ciclo de nutrientes (Herrera, 1979). En los sitios de estudio se presenta un patrón similar a los reportados por Franco (1979) para el bosque natural en Caparo para raíces con diámetro menor a 2 mm y 50 cm de profundidad. Golley (1983) concluye: los numerosos estudios realizados en el bosque tropical han demostrado que la biomasa de raíces disminuye con la profundidad del perfil.

5.2. Análisis Comparativo de la Caída de Hojarasca en los tres Ecosistemas Estudiados y en otros Bosques Tropicales.

Según algunos autores (Jensen, 1974; Franco, 1979; Proctor et al, 1983) la parte que ha recibido mayor atención en la producción de hojarasca son las hojas, no siendo siempre muy apreciable o medida la importancia de los otros componentes (ramas finas, flores, frutos, semillas y otros). Ello puede estar asociado a la variabilidad en el comportamiento de estos parámetros y su difícil análisis posterior.

Jensen (1974) considera la composición de las especies como un factor que afecta la producción de hojarasca. Cuando se comparan sitios de condiciones similares en suelo y clima, la variación entre la misma especie puede ser más grande que entre especies diferentes. La cantidad de hojarasca se incrementa con la edad hasta que el dosel se cierra y luego la producción anual tiende a mantenerse constante durante largo tiempo.

Bray y Gorman (1964) citados por Jensen (1974) mostraron la influencia del clima comparando la información disponible de producción de hojarasca en las principales zonas climáticas del mundo. Los promedios para algunos bosques fueron: bosque Alpino Artico 1.0 ton/ha/año, bosques de las Regiones Templadas 3.5 ton/ha/año, bosques de la Zona Cálida 5.5 ton/ha/año y bosques de la Zona Ecuatorial 11.0 ton/ha/año.

John (1973) en Ghana reporta 9.65 ton/ha/año, en bosque secundario semideciduo, Folster y De las Salas (1976) en Colombia

reportan un bosque estacional siempreverde con vegetación primaria 7.0 ton/ha/año y bosque secundario 11.0 ton/ha/año. Franco (1979) en Caparo, Venezuela reporta 8.6 ton/ha/año en un bosque transicional seco tropical hacia húmedo tropical. Herrera (1979) en el Amazonas (Caatinga) reporta 5.6 ton/ha/año. Proctor (1983,1986) en Malasia y la India, en bosque siempreverde y en cuatro sitios diferentes reporta en la India de 3.4-4.2 ton/ha/año y en Malasia entre 12.0 y 8.8 ton/ha/año, en bosques de especies diferentes y precipitación promedio de 5000 mm anuales. Spain (1984) en Australia, en planicie costera y montaña reporta un promedio anual entre 7.4. y 10.3 ton/ha/año, en bosque secundario la media fué 8.13 ton/ha/año y la precipitación 1626 mm anuales.

La caída total anual de hojarasca en el bosque natural intervenido fué de 7.41 ± 1.12 ton/ha/año, con un coeficiente de variación del 15 %. Este valor es muy similar al observado en otros bosques antes mencionados. La diferencia con el bosque de Caparo, sitio de condiciones climáticas similares, puede estar relacionada con la mayor fertilidad de los suelos en Caparo.

Bray y Gorman (1964) citados por Millard (1974) después de un análisis sobre la producción de hojarasca en coníferas, proponen que en las Gymnospermas se produce aproximadamente media tonelada por hectarea por año más que en las Angiospermas en climas Templados. La producción es mayor en los climas Cálidos.

En relación a las plantaciones Egunjobi y Onweluzco (1979) observaron en una plantación de Pino Caribe en Nigeria 5.7

ton/ha/año, cantidad muy parecida a la obtenida en un bosque deciduo de la misma localidad. Kumar Das y Ramakrishnan (1985) en el norte de la India, en una plantación de Pino Kesiya de 15 años de edad, encontraron 8.1 ton/ha/año de producción total de hojarasca. Sharma y Pande (1989), en la India, en plantación de Pino reporta 9.67 ton/ha/año. La producción total de hojarasca en Ticoporo fué de 7.37 ± 0.76 ton/ha/año, cantidad muy parecida a la observada en la India, debido posiblemente a las similares condiciones de temperatura y precipitación.

Egunjobi (1974) destaca que la producción de teca joven en Nigeria (9.0 ton/ha/año) es mucho mayor que la reportada por otros autores en la misma zona. Según el mismo autor cantidades excepcionales se han reportado en la India (17.3 y 11.2 ton/ha/año). Sharma y Pande (1989) en la India observaron 6.95 ton/ha/año en plantación de Teca de 60 años. En la plantación de Teca (Ticoporo) la producción total de hojarasca fué 7.2 ± 0.36 ton/ha/año, es menor que la reportada en Nigeria en teca de casi la misma edad, bajo el sistema Taungya. La condición de alta densidad de población y fuerte compactación de los suelos que impide un mayor desarrollo en la teca parece justificar la baja producción de hojarasca.

En la India Rai y Proctor (1986) encontraron (4 sitios, en bosque natural) una producción de hojas entre 3.4 y 14.2 ton/ha/año, con precipitaciones entre 5000 y 8000 mm anuales. En Australia Spain (1984) reporta en tres sitios diferentes entre 4.6 y 4.9 ton/ha/año, con precipitaciones entre 1600 y 3600 mm

anuales.

El valor promedio de producción de hojas en Ticoporo (bosque natural intervenido) es similar a los observados en otros ecosistemas tropicales. Díaz (1989) en bosques del Neotrópico establece que la producción anual de hojas se incrementa a partir de la selva pluvial hacia el bosque estacional. En el bosque montano y la selva nublada es menor. La producción de hojas varía en 6 bosques del Neotropico entre 4.3 y 10.5 ton/ha/año, en San Carlos de Río Negro y Darién respectivamente. La precipitación fluctúa entre 1500 y 3521 mm anuales. Si comparamos con Caparo y otros bosque del neotropico Ticoporo presenta de los valores más altos.

Millar (1974) observó que la caída de acículas varía entre especies, puede estar entre 1 y 5 ton/ha/año y representa 70 % de la hojarasca total. Sin embargo, Freezaillah (1966) citado por Kumar Das y Ramakrishnan (1985) observó una producción de acículas de pino caribe de 5 años de edad en Malasia (6.2 ton/ha/año) mayor que la de estos autores en la India (6.7 ton/ha/año) en plantación de 7 años de edad. En Ticoporo la producción de hojas en la plantación de Pino (incluye latifoliadas) representa el 90 % de la hojarasca total y esta dentro de los valores presentados aquí, aunque la plantación tiene 15 años de edad.

Egunjobi (1974) reporta en Nigeria 8.2 ton/ha/año de producción de hojas de Teca de 11 años de edad. Este valor comparado con el observado en Ticoporo para teca (6.5 ton/ha/año)

es superior por causas antes señaladas.

La producción de ramas finas en Ticoporo (bosque natural intervenido) presenta un valor inferior a los reportados en Caparo 1.3 ton/ha/año (Franco,1979), Zaire 1.2 ton/ha/año (Spain, 1984), Guatemala 1.46 ton/ha/año (Ewel,1976), Panama 1.23 ton/ha/año (Golley et al, 1975), San Eusebio (Ven.) 2.27 ton/ha/año (Fassbender y Grimm,1981). La desaparición del estrato superior de árboles por la explotación del bosque explican el bajo valor de caída en Ticoporo.

Spain (1984) observó en Australia que la diferencia en la caída de estructuras reproductivas entre sitios se debió a la fuerte producción de frutos en especies de frutos grandes y carnosos. Lowman (1988) reporta en bosque montano bajo en Australia mayor abundancia en especies que en montano, algunas de las cuales dejan caer frutos pesados y frescos, alcanzando entre 13 y 17 % del peso total de la hojarasca. John (1973) en bosque húmedo semidecídúo plantea que las flores, frutos y semillas representa el 4 % de la hojarasca total. Spain (1984) reporta algunos valores de caída de flores, frutos y semillas: Ghana 0.39 ton/ha/año, costa de Marfil 0.53 ton/ha/año, Guatemala 1.0 ton/ha/año, Panama 1.23 ton/ha/año, y Guayana Francesa 0.95 ton/ha/año.

La producción de flores, frutos y semillas presenta el mayor valor en el bosque natural intervenido (0.75 ton/ha/año) siendo este a su vez inferior al reportado en Caparo (1.96 ton/ha/año) y otros sitios por la falta del estrato de árboles más corpulentos

al ser intervenido el bosque natural. En Ticoporo y Caparo ambos valores tienen altos coeficientes de variación, debido al aporte bien diferenciado entre las especies sobre todo las siempreverdes que poseen por lo general frutos grandes y pesados.

Egunjobi (1974) en plantación de Teca en Nigeria reporta 0.52 ton/ha/año, valor similar al encontrado en este estudio en plantación de teca. Los valores reportados en ticoporo como se puede observar se encuentran dentro de los rangos presentados en la literatura para los bosques tropicales.

La diferencia no significativa estadísticamente entre el bosque natural intervenido, plantación de Teca y plantación de Pino nos indica que la variación entre especies no es factor importante en la caída anual de hojarasca en Ticoporo. El promedio de producción de hojarasca anual está dentro del rango observado para otros bosques tropicales. Franco (1979) señala la tendencia al incremento de la caída total anual de hojarasca al aumentar la precipitación anual en bosques tropicales. La distribución de la caída total anual en el bosque natural intervenido semeja la del bosque subsiempreverde de Caparo; los dos tipos de bosques concuerdan igualmente en la composición florística predominante (Chupón, Palma de agua, Pardillo, etc.). La teca presenta en este sentido un típico comportamiento de bosque deciduo y el Pino ocupa una posición transicional entre ambos.

5.3. Relaciones Clima-Suelo- Caída de hojarasca.

Según Franco (1979) en Caparo todas las especies dicotiledoneas cambian totalmente su follaje cada año, independientemente de su carácter decíduo, semidecíduo o siempreverde. La diferencia entre estas especies se deriva de sus diferentes ritmos de desfolie y refolie. Los mismos están determinados y acoplados con la ritmicidad climática en primera instancia, siendo modificados hasta cierto límite por la acción intermediaria del suelo en el balance hídrico de las plantas.

En Trinidad Cornforth (1970) estudió la caída de hojarasca (hojas) en un bosque estacional siempreverde (*Mora excelsa*), con una precipitación anual de 1800 mm. Los picos de caída ocurren en febrero y abril (época de sequía) y abril-octubre (meses más húmedos). John (1973) en Ghana observó la caída de hojarasca en un bosque semidecíduo, la cuál fué mayor durante el período de enero a marzo que corresponde a la época de sequía y vientos de mayor velocidad. Otro pico más suave se presenta durante septiembre a diciembre. No se observó diferencias estadísticamente significativas entre bosques que crecen en suelos moderadamente drenados a bien drenados.

Madge y Hopkins (1966) citados por Jensen (1974) estudiaron en Nigeria la caída de hojarasca (hojas) y encontraron que la caída máxima ocurre durante los meses secos de noviembre a marzo, así mismo establecieron que la caída fluctuaba poco durante la estación seca, pero al comienzo de la misma hay un incremento progresivo que culmina en el mes más seco. estos valores son

similares a los encontrados por: Rai y Proctor (1986), Spain (1984) y Franco (1979). Lowman (1988) en Australia en cuatro sitios diferentes reporta dos picos de caída con varias fluctuaciones estacionales. En el bosque subtropical húmedo, el mayor pico ocurre al comienzo del verano, con otro pico pequeño en otoño.

Entre las coníferas el patrón de caída de acículas depende de las estaciones (clima templado), en USA la caída ocurre entre los meses de noviembre y diciembre (Millar, 1979). En Nigeria Egunjobi y Onweluzco (1979) encontraron que el 50 % de las acículas caen entre Febrero y marzo, meses de baja humedad relativa, grandes fluctuaciones de la temperatura y período de sequía. De acuerdo a Bray y Gorham (1964), citados por Kumar Das y Ramakrishnan (1985), los patrones de caída de hojarasca en Gymnospermas varían desde una estacionalidad bien marcada hasta un patrón irregular en todo el año.

Los patrones de caída de hojarasca de teca son similares a los reportados en el bosque decídúo por varios autores. Egunjobi (1976) en un bosque seco de Nigeria y una plantación de teca joven (10 años). en suelos bien drenados encontró que el pico mayor de caída se observa entre los meses de diciembre y marzo y un pequeño pico de septiembre a octubre. En la India Singh y Ambasht (1980) estudiaron una plantación de teca en clima Monzónico estacional, de altas temperaturas en verano y una precipitación de 1250 mm anuales, el pico mayor de caída ocurre en febrero y otro más pequeño en el mes de agosto.

En Ticoporo el patrón de caída de la hojarasca en el bosque natural intervenido es similar a los reportados en los sitios analizados en la literatura respecto a los períodos de lluvia y sequía. Es necesario hacer notar que el pico de máxima caída es netamente estacional y similar al de Caparo. La mayor caída de hojas ocurre durante el período de sequía, esta depende del clima y aumenta desde las especies siempreverdes hacia las deciduas facultativas siendo máxima en las deciduas obligatorias.

En la plantación de pino la caída de hojarasca se mantiene con una ligera diferencia a favor de la época de sequía, manteniéndose casi homogénea durante todo el año. Ello se corresponde con los valores encontrados por Egunjobi y Onweluzco (1979) en Nigeria.

La plantación de teca presenta el mayor pico de caída de los tres ecosistemas estudiados, el 70 % de la caída de hojas ocurre época de sequía, esto se debe a su condición de especie decidua.

En Caparo se determinó que el máximo pico de **caída de ramas finas** ocurre a finales del mes de febrero comienzo de marzo, con un coeficiente de variación del 70 %, lo que indica la gran variabilidad en la caída de ramas finas (Franco, 1979). Bernhard (1970) en bosque con posición de banco, observó bajos valores de caída de ramas finas y una distribución poco homogénea de sus valores con un máximo durante los meses de marzo a julio. En Ghana se presentó un máximo de caída durante el mes de marzo (finales del período de sequía) y de mayor velocidad del viento

(John, 1973).

La tendencia en la caída de ramas finas en el bosque natural intervenido en Ticoporo es casi errático y en las plantaciones de pino y teca se presenta un pequeño pico durante los meses de junio y octubre respectivamente. En el bosque natural intervenido la variación estacional no parece influir en la caída de ramas finas, la tendencia a la disminución en las plantaciones indica una baja tasa de recambio de las ramas terminales.

En bosques de Australia Spain (1984) encontró que la caída de partes reproductivas en dos bosques lluviosos varían estacionalmente; los picos se presentan entre febrero y marzo, y desde agosto a noviembre. El mayor pico observado en los sitios se debe a la presencia de gran cantidad de frutos carnosos de algunas especies.

Gran variabilidad en la **caída de flores, frutos y semillas** se observa en Caparo donde se analizaron parcelas con un máximo durante la sequía y otras con un doble pico durante los meses de noviembre a marzo, que puede estar relacionado con la caída de flores en primer término y luego de una pausa de maduración bien demarcada la caída de frutos y semillas (Franco, 1979). Algunas otras especies no arrojan órganos florales al suelo pues estos pasan totalmente a formar parte del fruto y otras presentan formas continuas y superpuestas de floración y fructificación.

En Ticoporo el bosque natural intervenido, presenta la caída de flores, frutos y semillas durante un largo período del año (octubre a junio), nos demuestra la diferencia en especies y

períodos de floración y fructificación. El Chupón florece de abril a mayo, y en noviembre, estas fechas se corresponden con la mayor caída en el bosque natural intervenido. La floración y fructificación en la plantación de teca esta relacionada y sincronizada con el periodo de lluvias.

www.bdigital.ula.ve

5.4. Diferencias Químicas entre el Follaje, la Hojarasca y el Mantillo Orgánico.

Las hojas en plena actividad (hojas verdes adultas) presentan una determinada concentración de bioelementos, la que es modificada por los procesos de senilidad en las hojas antes de caer. Por otra parte las concentraciones varían entre especies y aún con las propiedades químicas de los suelos (Franco, 1979).

En los bosques siempreverdes la senescencia de las hojas esta relacionada con el establecimiento de nuevas hojas y probablemente a una alta transferencia interna de nutrientes, altamente eficiente desde las viejas nuevas hacia las nuevas, por la necesidad de la planta de recuperar allí mismo los nutrientes en vez de hacerlo sobre la superficie del suelo al caer las hojas (Thimann, 1980).

La mayoría de las hojas que caen en el período de sequía son seniles. Durante la época de lluvias el impacto del viento y de las gotas de agua posibilita la caída de hojas verdes y otras partes reproductivas. Además de la relación hojas verdes y seniles caídas, otro factor de variación de las concentraciones lo constituye la actividad química del agua de lluvia y también la actividad microbiana sobre la hojarasca (Franco, 1979).

Según Nooden (1980) se ha observado que la senescencia de las plantas esta antecedita por un proceso de crecimiento de los frutos el cual parece imponer una masiva demanda de nutrientes sobre las partes vegetativas y una rápida remoción por las estructuras reproductivas lo que debería aumentar la vida de la

CUADRO 17. Concentración de Nutrientes (mg/g) en la Biomasa de Hojas verdes y Acículas
Hojarasca y mantillo en algunos Bosques Tropicales y Templados.

SITIO	N	P	K	Ca	Mg	FUENTE
CAPARO, Ven.	25.4	1.46	15.2	15.0	4.8	Hase y Folster, 1982
MAGDALENA, Col.	19.3	0.73	13.2	5.0	2.2	Folster, De Las salas y Khanna, 1976
SAN CARLOS, Ven	10.2	0.57	5.69	2.4	2.4	Herrera, 1979
SAN EUSEBIO, Ven	16.4	1.08	13.7	4.95	2.7	Grimm y Fassbender, 1981
RIO LARA, Pan.	--	1.41	11.9	19.4	2.2	Golley et al, 1975
CAPARO, Ven. (Teca)	19.7	2.5	15.1	11.7	2.8	Hase y Folster, 1983
ALEMANIA (Picea abies)	15.0	1.6	7.0	4.0	0.5	Ulrich, citado por Franco (1979)

Hojarasca (Hojas): Concentración promedio.

CAPARO, VEN.	16.3	1.53	7.36	21.5	3.96	Franco, 1979
TICOPORO, VEN.						
Bosque Nat. Int.	10.95	1.41	5.42	4.68	5.83	Este
Plantac. Teca	9.3	0.78	4.8	4.65	4.05	
Plantc. Pino	10.51	0.82	3.95	3.95	4.15	Estudio

Mantillo (hojas): Concentración promedio.

CAPARO, VEN.	14.6	1.38	5.02	22.8	3.55	Franco, 1979
TICOPORO, VEN.						
Bosque Nat. Int.	10.73	0.63	3.47	2.66	3.55	Este
Plantac. Teca	9.56	0.49	1.74	2.74	2.48	
Plantc. Pino	8.86	0.86	2.09	2.55	2.33	Estudio

planta o por lo menos detener el proceso de deterioro y preveer la deficiencia de nutrientes. La reducción del crecimiento vegetativo que ocurre durante la fase reproductiva se atribuye generalmente a un cambio en la distribución de los nutrientes limitantes del crecimiento dentro de la planta.

El cuadro 17 presenta las concentraciones de nutrientes (mg/g) en las hojas verdes y acículas de algunos bosques tropicales y templados. Las mismas sirven de comparación con los datos aportados por este estudio respecto a la concentración de los nutrientes en la hojarasca y mantillo.

- Bosque Natural Intervenido.

Greenland y Kowal (1960) en Ghana, encontraron que el nitrógeno se encuentra en mayores cantidades en el suelo mientras que el fósforo, calcio y magnesio se concentran en la vegetación y sobre todo en la madera. Folster, De Las Salas y Khanna (1976) plantean que datos comparativos de concentración de elementos en bosques tropicales permiten considerar al nitrógeno muy alto en las hojas, el fósforo y calcio relativamente bajos, y potasio y magnesio varían según el sitio (suelos).

Hase y Folster (1982) encontraron en Caparo (bosque natural) altas concentraciones de nutrientes en la hojarasca, esta disminuye de las hojas hacia la madera no afectando por igual a todos los elementos. Existen también pérdidas moderadas de nitrógeno y fósforo de las hojas verdes hacia el mantillo, y muy

fuertes de potasio, además de un fuerte enriquecimiento en calcio. Herrera (1979) en la Amazonia Venezolana observó que la mayor parte de los nutrientes se concentran en los tallos, principalmente P, K y Ca.

Según Golley et al (1975) la concentración en el mantillo debe ser menor que en las hojas verdes al producirse el proceso de descomposición y lixiviación. En el bosque húmedo tropical (Darién) el fósforo y potasio presentaron este patrón de concentración. Los mismos autores plantean que al analizar las muestras de hojarasca en los colectores y comparar la concentración con la del follaje, existe mayor concentración en la primera debido a que los colectores recogen restos de insectos que hacen posible el aumento en concentración de algunos elementos.

El nitrógeno presenta una concentración similar en la hojarasca y mantillo, la cual comparada con la del follaje en Caparo, esta resulta más del doble. Ello indica que en la mayoría de los bosques tropicales de suelos pobres, parte del nitrógeno y de los restantes nutrientes se encuentran en la biomasa con mayor concentración. En Ticoporo el elemento mantiene una concentración casi constante durante todo el período de observación (lluvia y sequía).

El fósforo presenta valores muy similares en el follaje (Caparo) y hojarasca y mantillo (Ticoporo), las concentraciones de menor valor que los otros elementos analizados, tienen un comportamiento parecido al nitrógeno.

La mayor concentración de **potasio** se encuentra en el follaje si tomamos en cuenta los valores de Caparo. En la hojarasca (Ticoporo) la concentración promedio es superior que en el mantillo orgánico. Durante la época de sequía la concentración en la Hojarasca y mantillo se mantienen casi iguales, pero en período de lluvias, el potasio disminuye en el mantillo en un 80 %. Ello indica la rápida lixiviación del elemento en el mantillo de Ticoporo.

El **calcio** presenta la mayor concentración promedio en el mantillo y la hojarasca (Ticoporo) respecto al follaje (Caparo). Este elemento presenta su mayor concentración en la madera (ramas finas), lo que demuestra su mayor valor en la hojarasca y mantillo orgánico.

La variación en la concentración del **magnesio** es ligeramente mayor en la hojarasca respecto al follaje (Caparo) y mantillo (Ticoporo). Según Fassbender y Grimm (1982) se justifican los bajos valores en la biomasa verde por las pequeñas reservas intercambiables en los suelos. Por otra parte Golley et al (1975) plantea que la caída de hojas verdes durante el período de lluvia puede ocasionar el aumento en la concentración de la hojarasca. Durante la época de lluvia la concentración en el mantillo es menor que en el follaje y la hojarasca. Ello indica que el elemento es lixiviado hacia el suelo por la precipitación.

- Plantación de Pino.

Según Millar (1974) la composición química de las acículas es

una característica de las especies y varía considerablemente con la edad de las hojas y la época del año. Los principales componentes de las acículas son Ca, K y P, la cantidad de nitrógeno disponible en acículas verdes es 1-2 % (*P. radiata*). Owen (1954) citado por Millar encontró que el contenido de calcio en bosque de coníferas de Norteamérica es alto en la madera dura (2 % en peso seco) y en las acículas presenta menos del 1 %.

Egunjobi y Onweluzco (1979) observaron en el mantillo orgánico de una plantación de pino caribe en Ibadan, Nigeria que la concentración de nutrientes permanece casi sin variación durante todo el año con excepción del potasio, el cuál disminuye su concentración durante la época de lluvia. Los mismos autores comparan la concentración de los elementos en Ibadan con una plantación de pino en Nueva Zelanda y encontraron baja concentración de nitrógeno y fósforo en Ibadan.

En plantación de pino kesiya, Kumar Das y Ramakrishnan (1985), India, observaron fuertes diferencias en la concentración de N, P y K en las acículas de pino (hojarasca) durante todo el año. Las mayores concentraciones se presentan en N, K y Mg. En la hojarasca de pino se observó un incremento en la concentración de N y P durante la época de lluvia debido posiblemente a la menor retranslocación de estos nutrientes antes de la abscisión y también debido a la adición de nutrientes a través de la lluvia cuando están en los colectores. Durante la sequía la comparativamente baja concentración de N y P pudo ser ocasionada

por la mayor retranslocación de estos nutrientes antes de la caída. El potasio es fácilmente lixiviado y muestra bajas concentraciones durante el período de lluvia. El Ca y Mg mucho más estables muestran pocos cambios en la concentración durante el año.

- Plantación de Teca.

Según Hase y folster (1983) la estimación de los nutrientes en Caparo esta dentro de los valores reportados en la literatura y la diferencia de concentración entre la hojarasca y mantillo es poca y ocurre durante el período de lluvias. Los mismos autores destacan la alta concentración de potasio en el follaje (hojas verdes y madera) en las plantaciones de teca de Caparo. Las concentraciones de potasio son consistentes con los análisis de suelo que indican alta concentración de ilita y altos contenidos de potasio intercambiable. La concentración de nitrógeno y fósforo son similares a los reportados en la literatura. Al comparar la concentración del fósforo en las hojas del bosque natural con las hojas de la plantación de teca se observa en esta un mayor valor. Ello indica alta actividad fisiológica en las plantas de teca.

Egunjobi (1974) observó en las concentraciones químicas (% peso seco) en la hojarasca de teca (Nigeria) una tendencia marcadamente estacional. En época de sequía la concentración de N y P fué muy baja en el pico mayor de caída y alta durante el período de lluvias. Ello puede ser atribuido a que la mayoría de

las hojas que caen durante la época de lluvias son hojas verdes (abortadas) o que caen por efecto mecánico (viento). Las hojas verdes tienen mayor concentración de N y P que las hojas caducas. La más alta concentración de potasio se obtuvo en el mes de abril, cuando la mayor parte de la hojarasca fué: yemas recién abiertas y hojas juvenes.

En la plantación de teca la concentración de nitrógeno varía entre compartimientos de manera que la concentración en las hojas verdes es mayor comparada con la hojarasca (hojas) y el mantillo orgánico (hojas). La concentración se mantiene casi constante durante todo el año en la hojarasca y en mantillo.

La concentración de los elementos P, K y Ca es mayor en las hojas verdes (Caparo) que en la hojarasca y mantillo (Ticoporo). La concentración en la hojarasca varía según la época del año: en P y K es mayor durante las lluvias y en calcio durante la sequía. La baja concentración de calcio durante las lluvias indica su gran solubilidad y facilidad de lixiviación. En el mantillo orgánico el K y Ca tienen mayor concentración en sequía y el P en lluvias. Ello indica el proceso de descomposición y lixiviación de ambos nutrientes (K y Ca) en el mantillo orgánico. El magnesio presenta su mayor concentración en la hojarasca y en período de lluvias, y puede ser explicado con las razones dadas por Egunjobi en el caso de N y P.

5.5. Ciclaje de Bioelementos a través de la Hojarasca y su Influencia en la Nutrición Vegetal.

Franco (1979) plantea que en los cultivos anuales la relación entre el estado nutricional de la planta y el nivel de fertilización del suelo es directa. Las plantas dependen en su ciclo vital de la disponibilidad de bioelementos en el suelo. En plantas perennes y aún más en bosques primarios, la vegetación puede llegar a independizarse de la reserva y disponibilidad de bioelementos en el suelo mineral. El ecosistema establece un ciclo estrecho y cerrado mediante el cuál los elementos liberados con la descomposición y mineralización de la materia orgánica son inmediatamente reabsorvidos por las raíces e incorporados de nuevo al capital mantenido en la biomasa.

Según Grimm y Fassbender (1981) los procesos de transferencia dentro de los compartimientos (hojas, ramas, flores + frutos + semillas) se producen en medios de transporte como el agua (lluvia, lavado foliar, escurrimiento de tallos, percolación a través del suelo y percolación en el agua freática) y en la materia orgánica (producción de restos vegetales, descomposición y liberación de elementos nutritivos).

Fassbender y Grimm (1981) observaron en el bosque montano de San Eusebio valores de transferencia muy homogéneos, los más altos se presentan en marzo, mes de mayor producción de hojarasca. El **nitrogeno** tiene la mayor tasa de incorporación al suelo (69 kg/ha/año), el **fosforo** presenta una tasa muy pequeña (4 kg/ha/año) y otros elementos como K, Ca, y Mg con 43, 33, y 14

kg/ha/año respectivamente. La tasa de transferencia por compartimiento indica que las hojas representan la mayor cantidad de elementos aportados al suelo, alcanzando un 55 % en todos ellos.

Franco (1979) compara la incorporación anual de bioelementos al suelo en Caparo con otros bosques tropicales del mundo. Los valores de Caparo se encuentran entre los más altos, especialmente P, K y Ca. Herrera (1979) observó en la Amazonia Venezolana alta cantidad de nutrientes almacenados en la biomasa, especialmente en las raíces y hojarasca los cuales presentan condiciones diferentes a otros bosques tropicales. La pobreza en nutrientes del suelo permite que la mayor parte de ellos se almacenen en la biomasa superficial. Golley et al (1975) demostraron que el P y K en Darién, Panamá permanecen en altas tasas en la vegetación debido a la fuerte transferencia del suelo a la vegetación, al contrario el Ca y Mg permanecen principalmente en el suelo, presentando bajas tasas de transferencia hacia el mismo.

Egunjobi y Onweluzco (1979) en plantación de pino caribe encontró bajas tasas de transferencia de N, P, K y Ca en hojarasca al compararla con otros rodales del oeste de Africa y sitios del trópico. Las bajas cantidades de nitrógeno y fósforo en las plantaciones de pino caribe es un indicador de las limitaciones al crecimiento, sin embargo al medir el rendimiento (productividad) se obtuvo indicios de un lento crecimiento entre 6 y 10 años de vida de la plantación.

En una plantación de teca joven al sur de Nigeria, Egunjobi (1974) observó que el contenido de nitrógeno en la hojarasca fue

menor que en bosque mixto siempreverde y mixto decídúo de Costa de Marfil y Ghana, pero las cantidades de potasio y calcio son similares al rodal de Ghana. En Costa de Marfil el rodal muestra bajas cantidades de calcio. Cornforth (1970) en trinidad encontró bajas cantidades de nutrientes transferidas al suelo en un bosque de Mora y plantea que esas diferencias con otros bosque tropicales pueden atribuirse a los suelos, y edad y composición de la vegetación.

En el Cuadro 8a se observa la proporción de los elementos incorporados al suelo através de la hojarasca en las parcelas de los ecosistemas estudiados en Ticoporo, en su diferentes compartimientos y en promedio. El nitrógeno es el elemento transferido en mayor cantidad en el bosque natural intervenido y plantación de pino, lo cual se explica por la presencia de leguminosas en ambos sitios. El K, Ca y Mg presentan valores inferiores entre un 40 y 50 % respecto al nitrógeno, con poca variabilidad entre los mismos. Ello se presenta por la similitud entre los suelos de Ticoporo que regulan la disponibilidad de nutrientes a reciclar, al clima que interviene en los procesos fisiológicos de las plantas y en la periodicidad en la caída de residuos vegetales. El elemento de menor tasa de transferencia es el fósforo. Hase y Foelster (1982,83) plantean que en los bosques tropicales maduros el fósforo se almacena en el suelos y generalmente no se encuentra disponible para las plantas (ocluído) como en Caparo.

Para el nitrógeno entre compartimientos la mayor cantidad transferida se presenta en las hojas, es de hacer notar la alta

tasa de transferencia en Flores, frutos y semillas en el bosque natural intervenido donde alcanza un 17 % del total. La plantación de pino tiene la mayor cantidad del elemento transferido desde las hojas (acículas + latifoliladas), cantidad mucho más alta que la reportada por Egunjobi y Onweluzco (1979) en Africa y Australia.

El comportamiento de los elementos K, Ca y Mg entre compartimientos presenta la mayor transferencia en el bosque natural intervenido, principalmente por el aporte de las hojas. El fósforo presenta la menor transferencia respecto a todos los elementos analizados, la mayor transferencia ocurre en el bosque natural intervenido.

Si comparamos la incorporación anual de bioelementos al suelo en ticoporo con otros bosques tropicales (cuadro 21), sus valores están dentro de los rangos de sitio reportados para las diferentes condiciones del sitio. En el caso de Caparo y Ticoporo los valores de transferencia son superiores a favor de y Ca. En fósforo y magnesio los valores de Ticoporo son superiores. La mayor fertilidad de los suelos de Caparo es factor importante en sus diferencias químicas con otros bosques tropicales y con Ticoporo.

Los valores de transferencia en plantación de teca son similares a los de gambarri (Nigeria) exceptuados K y Ca. La diferencia se presenta fundamentalmente en la calidad de los suelos. En plantación de pino si comparamos con Ibadan (Nigeria) la transferencia es mayor en Ticoporo.

Es necesario establecer que en la mayoría de los bosques tropicales los valores de transferencia de fósforo son siempre bajos y oscilan entre 1 y 14 kg/ha/año, el valor de Ticoporo esta por encima del promedio. Los valores de K, Ca y Mg presentan una gama mas amplia de valores porque dependen de la capacidad de intercambio de los suelos y de la saturación en bases (Fassbender y Grimm, 1981), sin embargo al comparar los de Ticoporo con la literatura revisada, sus valores estan por encima de la media a excepción del calcio.

www.bdigital.ula.ve

CUADRO 18. Incorporación de Bioelementos al Suelo a través de la
Hojarasca. kg/ha/año . (Franco, 1979; Díaz, 1989;
Egunjobi y Onweluzco, 1979)

Tipo de Bosque Lugar	Hojarasca (ton/ha/año)	N	P	K (Kg/ha/año)	Ca	Mg
Bosque Húmedo Darién, Panama	11.3	---	12	197	240	22
Selva Estacional Manaus, Brasil	7.3	106	2	13	18	13
Selva Pluvial San Carlos, Ven.	6.2	44	3	29	33	9
Bosque Semideciduo Caparo, Venezuela	8.6	112	3	52	153	27 ++
Selva Nublada San Eusebio, Ven.	6.9	69	4	33	43	14
Montano Bajo El Verde, Pto Rico	5.5	88	1	--	42	9 +
Bosque de Teca India	5.0	36	8	20	20	11 +
Plantación de Teca India	5.3	52	11	19	131	5 +
Plantación de Pino Ibadan, Nigeria	6.0	27	1	14	36	11
Plantación de Teca Gambarri, Nigeria	9.0	91	10	71	188	22
Presente Estudio :						
Bosque Nat. Int.	7.4	79	9	44	34	37
Plantación de Pino	7.37***	78	5	30	27	29
Plantación de Teca	7.2	58	5	36	27	29

+ solo hojas

++ hojas + ramas

*** muestras mixtas (acículas-latifoliadas)

5.6. El Mantillo Orgánico como Reserva de Bioelementos.

Las cantidades, composición química y descomposición del mantillo orgánico es fundamental en los estudios del ciclo de nutrientes, flujo de energía y productividad primaria. El mantillo sobre el suelo actúa como un sistema de entradas y salidas, y es importante en aquellas tierras donde los suelos tienen pobreza en nutrientes, y donde los bosques obtienen los nutrientes necesarios del reciclaje de la materia orgánica (Kumar Das y Ramakrishnan, 1985).

Swift, Russell-Smith y Perfect (1981) observaron que la fluctuación en la concentración de bioelementos en el mantillo orgánico no presentaba un patrón estacional, lo cual puede ser atribuido a la heterogeneidad espacial como temporal; las concentraciones aumentan durante el periodo de sequía y disminuyen durante el periodo de lluvias.

Franco (1979) Encontró pocas diferencias en la concentración de bioelementos en 8 parcelas del bosque natural de Caparo; la relativa alta homogeneidad en los contenidos químicos, ocurren según el autor por la homogenización del material orgánico en las fases iniciales de descomposición. Folster, de las salas y Khanna (1976) reportan en Magdalena (Colombia) diferencias entre el contenido de nutrientes de los horizontes OL y OF del mantillo orgánico. El horizonte OF presenta mayor concentración de P, K, Ca y Mg. A medida que aumenta la acumulación de materia orgánica disminuye el contenido de nutrientes en los horizontes orgánicos de manera que no existen grandes diferencias entre

sitios, a excepción del nitrógeno.

Edwards (1983) en Nueva Guinea, reporta pocas diferencias en la concentración de elementos en el mantillo. con excepción del potasio no se detectó variaciones estacionales en las concentraciones.

La reserva de nitrógeno en el mantillo alcanza su mayor valor en la plantación de teca (62 kg/ha). Según De las Salas (1989) en los ecosistemas de llunura las pérdidas de nitrógeno por lixiviación son mayores que en los bosques montanos debido a la alta tasa de mineralización y volatilización en las quemadas periódicas. El mismo autor compara dos plantaciones de teca, una en Caparo (Venezuela) de seis años de edad y otra madura en África, la reserva de mantillo en ambas fue de 159 y 890 kg/ha respectivamente. Hase y Foelster (1982) reporta en el bosque natural de Caparo 137 kg/ha de nitrógeno en el mantillo, valor superior al encontrado en las parcelas del bosque natural intervenido en Ticoporo. Foelster, De las Salas y Khanna (1976) en Colombia encontraron en un bosque primario 650 kg/ha y en bosque secundario 332 kg/ha. Grimm y Fassbender (1981) en San Eusebio (bosque montano) Venezuela reportan 583 kg/ha, el alto contenido de nitrógeno en el mantillo se debe a la gran acumulación de mantillo sobre el suelo por las bajas temperaturas y suelos de pH ácido.

El fósforo como reserva en el mantillo de Ticoporo presenta valores bajos con respecto a los reportados por Foelster, De las Salas y Khanna (1976), Grimm y Fassbender (1981) y Hase y

Foelster (1982,83) en Caparo y mayores a los reportados por Proctor et al (1983) en suelos aluviales y limosos de Malasia.

Si comparamos las reservas de potasio en el mantillo en Ticoporo con las de otros bosques tropicales obtendremos lo siguiente: son inferiores a las encontradas por Franco (1979) en Caparo, Hase y Foelster (1982) en Caparo, Fassbender y Grimm (1981) en San Eusebio, y Foelster, De las Salas y Khanna (1976) en Colombia, todos referidos al bosque natural; son inferiores a las reportadas por Hase y Foelster (1983) en Caparo en plantación de teca y Kumar das y Ramakrishnan (1985) en una plantación de pino en la India.

El calcio en Ticoporo presenta reservas inferiores a las reportadas en otros bosques tropicales como Manaus, Caparo, Darién, El Verde, San Eusebio, Ibadan, etc. Las cantidades del elemento en el mantillo son mayores en la plantación (pino y teca). El Magnesio presenta valores similares al calcio.

En Ticoporo los bioelementos en el mantillo orgánico presentan mayor valor en las plantaciones que el bosque natural intervenido. Los bajos valores de los nutrientes indican la rápida salida de los mismos quedando a disposición de las plantas o expuestos a ser lixiviados especialmente de mayo a noviembre por la gran cantidad de precipitación que cae en la zona.

5.7. El Régimen Hídrico de los Suelos y su Significado para la Productividad y clasificación de Sitios.

De las Salas (1989) plantea que las propiedades físicas del suelo y agua son consideradas de primordial importancia para la productividad de los sitios cubiertos por plantaciones forestales. las propiedades físicas son alteradas en menor proporción que las químicas por el manejo de las plantaciones, sin embargo la estructura y porosidad pueden ser modificadas al realizarse una explotación inadecuada y/o labranza indiscriminada que producen compactación en los suelos. Page citado por el mismo autor indica que los suelos bajo coníferas presentan mayor acumulación de humus, porosidad y capacidad de infiltración, y menor densidad aparente que suelos bajo bosque de latifoliadas u otra vegetación.

En ensayos de especies forestales con diferentes especies nativas y exóticas (Caparo) se muestran resultados aceptables solo en sitios de reducido contenido de arcilla y drenaje más o menos libre, mientras que en suelos con drenaje impedido se presenta alta mortalidad de plantas y/o lento crecimiento (Torres, 1976). Según Franco (1982) las causas se deben a un empeoramiento de las condiciones físicas de los suelos durante la intervención del bosque natural y la plantación misma, o la reducción de la intercepción que aumenta la saturación y el escurrimiento superficial.

Díaz (1990) en un análisis de las condiciones de aireación y

reserva de agua asequible en los suelos de Caparo y Ticoporo concluye que el factor aireación en el bosque natural intervenido es determinante en la diferenciación de los rodales. Al tomarse en cuenta el déficit de oxígeno en épocas de lluvias la tolerancia de la vegetación natural parece, en todo caso, muy amplia. En la plantación de teca se observa un relativo bajo rendimiento debido más a la compactación del suelo, moderado drenaje y alta densidad de población que a las propiedades químicas del suelo.

Schultz citado por De las Salas (1989) atribuye a la aireación del suelo y su capacidad de retención de humedad la variación en el patrón de crecimiento de la vegetación y en la distribución de las especies en el bosque mesofítico de Surinam. Según Franco (1982) la oferta de agua en sequía está determinada por la reserva de agua asequible y la influencia del nivel freático en la zona de enraizamiento. Ello explica el diferente comportamiento en la caída de hojarasca en los diferentes tipos de bosque en Caparo.

La habilidad del suelo para soportar los arboles, en relación con el suministro de nutrientes, agua y aire resulta muy difícil de medir directamente, más puede deducirse de las propiedades físicas de los suelos. En la actualidad la evaluación se reduce a compilar los datos que pueden influir en el crecimiento y/o rendimiento de las plantaciones forestales con el fin de obtener un método que permita la clasificación del sitio óptimo de plantación.

En general en Ticoporo los sitios edáficos varían fuertemente desde alto muy permeables y arenosos hasta sitios más bajos e inundables, arcillosos; y entre esos extremos transiciones graduales. Las parcelas ubicadas en las plantaciones de pino y teca corresponden a la posición napa (sub-banco) y el bosque natural intervenido corresponde a la transición sub-banco hacia bajo.

Las condiciones de marcada estacionalidad y la alta precipitación anual plantea un déficit de agua en sequía y un exceso en época de lluvias. Las condiciones de déficit se evidencia en los sitios de estudio, aunque es necesario observar que en el bosque natural intervenido la humedad permanece por encima del punto de marchitez permanente, sobre todo en los primeros diez centímetros del perfil. Esta condición contrasta con las plantaciones de pino y teca donde la humedad permanece por debajo del punto de marchitez permanente durante todo el período de sequía.

Según Díaz (1988) el suelo en la plantación de pino presenta el mayor volumen poroso total, además la mayor proporción de meso y macroporos que coincide con la alta conductividad hidráulica (saturado), observándose un drenaje moderadamente rápido (situación de napa). La plantación de teca presenta el menor valor de porosidad total y volumen de meso y macroporos, con mediana conductividad hidráulica (saturado). Ello indica la menor capacidad de reserva asequible de agua y mayor nivel de compactación comparado con los suelos del resto de los sitios

estudiados. En el bosque natural intervenido la oferta de agua asequible es mayor, caracterizando a las especies dominantes como siempreverdes o subsiempreverdes.

www.bdigital.ula.ve

5.8. SINTESIS DE LOS RESULTADOS MAS IMPORTANTES.

Las parcelas de pino y teca presentan mayor cantidad de arboles/ha y área basal que el bosque natural intervenido. Los arboles en las parcelas de pino tienen el mayor desarrollo en volumen de madera con corteza en comparación con el bosque natural intervenido y la plantación de teca. Los valores de crecimiento promedio en fuste, diámetro, incremento de diámetro, altura e incremento de altura, en los tres sitios son coincidentes con los reportados por la literatura, a pesar de las diferentes condiciones en que se encuentran.

La mayoría de las especies en las parcelas del bosque natural intervenido mantienen la condición de siempreverdes, con diferentes grados de caducifolia al igual que el pino, mientras que la teca es decidua. La floración se presenta en general al comienzo del período de lluvias (abril), en el chupón existe un segundo período de floración en los meses de octubre y noviembre. La fructificación aparece a finales del período de sequía en la mayoría de las especies a excepción del laurel que la presenta en el mes de febrero (sequía).

La biomasa de raíces presenta sus mayores valores al final del período de sequía, la mayor cantidad ocurre en el bosque natural intervenido. En las plantaciones de teca y pino los valores son muy parecidos. A medida que se profundiza en el perfil disminuye la biomasa de raíces.

No existe diferencia estadísticamente significativa al 5 % entre la producción total anual de hojarasca en los tres

ecosistemas. La producción anual de hojarasca promedio está dentro de los rangos reportados para el bosque natural y plantación de pino y teca. Sin embargo el bosque natural intervenido está entre los más altos valores para bosques del Neotrópico. La caída anual de ramas finas es inferior al reportado en Caparo y otros bosques tropicales (Franco,1979). La caída anual de flores, frutos y semillas presenta valores inferiores a Caparo pero dentro de los rangos para otros bosques tropicales. La diferencia en especies no parece ser un factor importante en la producción total anual de hojarasca.

En Ticoporo se observan tres períodos de caída de hojas:

- 1.- Noviembre a marzo : máxima caída
- 2.- Marzo-abril a agosto-octubre : mínima caída
Agosto-octubre : fuerte caída (bosque natural intervenido)
- 3.- Septiembre- noviembre : leve caída (plantación de pino)
Octubre-noviembre : leve caída (plantación de teca).

Las tendencias en las curvas de ritmicidad de caída de hojas durante el período de estudio son similares en los tres sitios. En las parcelas del bosque natural intervenido (siempreverde) el 50 % de las hojas caen durante la sequía y el resto en período de lluvias. En la plantación de teca (decíduo) el 70 % de la caída total anual de hojas ocurre durante la sequía. La plantación de teca cambia totalmente su follaje durante el año debido a su caracter decíduo (defoliación y refoliación). La plantación de pino pierde el 59 % de sus hojas durante la sequía,

se comporta como transición entre los dos ecosistemas anteriores.

La tendencia en la caída de ramas finas es errática en el bosque natural intervenido y presenta un pequeño pico en época de lluvias en plantaciones de pino y teca. La caída de flores, frutos y semillas presenta características particulares en cada sitio: en el bosque natural intervenido la diversidad de especies determina el largo período de caída por los diferentes ciclos de cada especie; la plantación de teca presenta su mayor caída durante el período de lluvias; en la plantación de pino la caída es casi invariable durante todo el año.

Los elementos N, P, K y Ca presentan menor concentración en la hojarasca y mantillo respecto al bosque natural de Caparo. El magnesio, a excepción, se presenta en mayor concentración en la hojarasca de Ticoporo. El K, Ca, y Mg tienden a disminuir sensiblemente su concentración durante el período de lluvias principalmente en el mantillo orgánico. Ello indica que el mantillo funciona en Ticoporo como un medio de distribución rápida de bioelementos necesarios para el crecimiento de las plantas.

La transferencia de nutrientes al suelo a través de la hojarasca se produce de la siguiente manera: la hojarasca de pino aporta la mayor cantidad de nitrógeno, el P, K, Ca y Mg son aportados en mayor cantidad por la hojarasca del bosque natural intervenido. Los valores de transferencia en Ticoporo están por encima de la media respecto a los presentados en la literatura.

El material que cae al suelo tiene tasas de descomposición variables de acuerdo a las condiciones imperante en las primeras semanas después de la deposición en el suelo. En el bosque natural intervenido se observa la mayor rapidez en la desaparición de la hojarasca y en la plantación de pino el mayor tiempo en la reducción de material. La fuerte pérdida de los nutrientes durante la descomposición de la hojarasca corrobora el rápido proceso de descomposición y lixiviación.

Las mayores reservas de bioelementos en Ticoporo se encuentran en el suelo y disminuyen a partir del bosque natural intervenido hasta las plantaciones de teca y pino respectivamente. El fósforo y potasio debido a sus bajas cantidades en el suelo y su alta transferencia en la vegetación pueden constituirse en elementos limitantes del crecimiento del bosque natural y plantaciones forestales si por efectos del manejo forestal se promueve su salida del ecosistema.

El bosque natural intervenido presenta la mayor reserva asequible de agua durante la sequía en los tres sitios estudiados.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Las parcelas del bosque natural intervenido y enriquecido con pardillo en fajas presentan naturalmente la mayor biodiversidad y puede considerarse como un ecosistema de características muy parecidas a la del bosque natural y bastante diferente de las plantaciones de pino y teca. La cantidad de luz que atraviesa el dosel parece ser el factor más relevante para ello. Por otra parte, las parcelas de pino presentan un mayor volumen de madera que la plantación de teca y el bosque natural intervenido.

2.- No se encontró diferencia estadística en la producción total anual de hojarasca, en las parcelas de estudio en los tres sitios seleccionados.

3.- El ritmo de caída de hojarasca durante el año es diferente en cada ecosistema. En la teca caen 2/3 partes de la caída anual durante la época de sequía (Dic-mar), en el pino 60 % y en el bosque natural intervenido 50 % en el mismo período. Igualmente se observaron diferentes tendencias en la periodicidad de caída de la hojarasca durante el año, determinándose tres períodos de mayor caída de hojas y una tendencia errática en la caída de ramas finas; la caída de flores, frutos y semillas varía con la especie.

4.- Las parcelas del bosque natural intervenido tiene la mayor biomasa de raíces. Esta disminuye con la profundidad del suelo.

5.- La mayor transferencia de nutrientes entre la hojarasca y el suelo se produce en el bosque natural intervenido para los elementos P, K, Ca y Mg y en el caso del N este se presenta en la plantación de pino.

6.- La mayor rapidez en la descomposición de la hojarasca se presenta en el bosque natural intervenido y el mayor tiempo de reducción del material vegetal se produce en la plantación de pino.

7.- El bajo valor de la cantidad de bioelementos en el mantillo orgánico de las parcelas en estudio indican que este actúa como un medio de distribución rápida de bioelementos necesarios para el crecimiento de las plantas.

8.- Las parcelas del bosque natural intervenido presentan la mayor oferta de agua asequible durante la época de sequía lo que asegura una mejor condición para la producción de especies siempreverdes y semidecíduas.

En atención de los resultados y conclusiones se recomienda:

a.- Si bien el pino alcanza el mayor desarrollo en madera en el mismo período, el bosque natural intervenido y enriquecido con pardillo en fajas ofrece la mayor eficiencia en la transferencia de nutrientes de la hojarasca al suelo, y debido a la masa de raíces finas, se puede asumir también una mayor reabsorción de nutrientes. Ello sugiere mayores ventajas ecológicas del sistema

de enriquecimiento en comparación con la plantación a campo abierto. En base a esto se recomienda tratar de equilibrar los programas de enriquecimiento del bosque explotado y bosques secundarios existentes en la unidad de manejo en relación a los programas de plantaciones a campo abierto.

b.- Parece aconsejable la realización de ensayos de raleo y fertilización en las plantaciones de teca, como alternativa viable para acelerar el crecimiento del potencial maderero de la región.

c.- Adelantar estudios de esta naturaleza en plantaciones de otras especies forestales, a objeto de establecer las mejores combinaciones especie-suelo que produzcan, no solo los mayores rendimientos, sino también condiciones ecológicas más estables.



VII. BIBLIOGRAFIA.

- ADIS, JOSEPH. 1979. Litter Production of a Central Amazonian Black Water Inundation Forest. *Trop. Ecol.*, 20 (1): 237-245.
- ANDERSON, J.M., y SWIFT, M.J. 1983. Decomposition in Tropical forest. In: *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*, Sutton, Whitmore and Chadwick (eds). Blackwell Scientific. Oxford.
- ANDERSON, J.M., PROCTOR, J., y WALACK, H.M. 1983. Ecological studies in four Contrasting lowland Rain Forest in Gunung Mulu National Park, Sarawak. III. Decomposition Processes and Nutrient Losses From Leaf Litter. *Journal of Ecology*, 71, 503-527.
- BABBAR, L.I. y EWEL, J.J. 1989. Descomposición del follaje en diversos Ecosistemas Sucesionales Tropicales. *Biotropica*, 21 (1): 20-29.
- BALBUENA OMAR. 1980. Evaluación de las Plantaciones de la Unidad II de la Reserva Forestal de Ticoporo en los Llanos Occidentales de Venezuela. Tesis Msc. Fac. Ciencias Forestales, Centro de Estudios de Postgrado. ULA. 155 p.
- BERNHARD-REVERSAT, F. 1972. Decomposition de la Litiere de Feuilles en Foret Ombrophile de Basse Cote D'Ivoire. *Oecol. Plant.*, 7 (3):279-300.
- BEARS, J.S. 1946. Los climas de Vegetación en la America Tropical. *Separata Rev. Nac. Agronomía*. Medellin, Colombia.
- BRINSON, M.M. 1977. Decomposition and Nutrient Exchange of Litter in an Alluvial Swamp Forest, *Ecology*, 58: 601-609.
- BOCCK, K.L. 1964. Changes in Amounts of dry Matter Nitrogen, Carbon and Energy in Decomposing Woodland Leaf litter in Relation to the Activities of the Soil Fauna. *Journal of Ecology* 52, 273-284.
- COMERMA, JUAN. 1979. La 7ª Aproximación y los Suelos Venezolanos. Facultad de Ciencias Forestales. Oficina de publicaciones. U.L.A.
- CORNFORTH, I.S. 1970. Leaf Fall in a Tropical Rain Forest. *Journal of Ecology*, 58(3):603-606.
- CHAPIN, F.B. 1980. The Mineral Nutrition of Wild Plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 11, 233-260.
- CHIRINOS et al. 1975. Análisis de Suelos con fines de Fertilidad. FONAIAP. CENIAP. Maracay, Venezuela. 76 p.
- DE LAS SALAS, GONZALO. 1987. Suelos y Ecosistemas forestales, con énfasis en America Tropical. IICA. Costa Rica. 445 p.

DIAZ, C.E. 1988. Características y Análisis Comparativo de Tres ecosistemas Forestales en la Reserva Forestal de Ticoporo, Edo. Barinas. Trabajo de Ascenso. Nucleo Rafael Rangel, Dpt. Ciencias Agrarias. U.L.A. Trujillo. 104 p.

-----, 1989. Biomasa y Nutrientes de los Bosques Húmedos Tropicales de America Latina. Seminario. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. 44 p.

-----, 1990. Estimación de Campo de las Condiciones de Aireación y Reserva de Agua de los Suelos en Caparo y Ticoporo. Trabajo Especial. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. 42 p.

DOMERGES, Y . 1963. Les Cycles Biogeochimiques des Elements Minerux dans les Formations Tropicales. Bois et Foret des Tropiques, 87:9-22.

EDWARDS, P.J., Y GRUBB, P.J. 1977. Studies of Mineral Cycling in a Montane Rain Forest in New Guinea. I. The Distribution of Organic Matter in the Vegetation and Soil. Journal of Ecol., 65:943-969.

EDWARDS, P.J. 1977. Studies of Mineral Cycling in a Montane Rain Forest in New Guinea. II. Production and Disappearance of Litter. Journal of Ecol., 65:971-992.

-----, 1982. Studies of Mineral Cycling in a Montane Rain Forest in New Guinea. V. Rates of Cycling in Throughfall and Litterfall. Journal of Ecol., 70:807-827.

EGUNJOBI, J. 1974. Litter Fall and Mineralization in a Teak (*Tectona grandis*) Stand. Oikos 25: 222-226.

EGUNJOBI, J., Y ONWELUZCO, S. 1977. Litterfall, Mineral turnover and Litter Accumulation in *Pinus caribaea* l. Stands at Ibadan Nigeria. Biotropica, (4):251-255.

EWEL, JOHN. 1976. Litter Fall and Leaf Descomposition in a Tropical Forest Suscesion in Eastern Guatemala. Journal of Ecol., 46:293-308.

EZCURRA, E., y BECERRA, A. 1987. Experimental Descomposition of Litter from the Tamaulipans Cloud Forest: a Comparison of Four Simple Models. Biotropica, 19(4): 290-296.

FASSBENDER, H., y BORNENISZA, E. 1987. Quimica de Suelos, con Enfasis en Suelos de America Latina. IICA. Costa Rica. 420 p.

FASSBENDER, H., y GRIMM, U. 1981. Ciclos Bioquimicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II. Producción y Descomposición de los Residuos Vegetales. Turrialba, 31(1): 39-47.

FRANCO WILFREDO. 1978. Fenología de Especies Forestales en Caparo. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida, Venezuela. 45 p. Anexos.

----- . 1979. Producción de Hojarasca en Varios Tipos de Bosques de Caparo. Su ritmicidad durante el Año, su composición química y su relación con el mantillo orgánico sobre el suelo. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida, Venezuela. 98 p. Anexos.

----- . 1982. Estudio de los Suelos de la Reserva Forestal de Caparo Edo. Barinas, con Énfasis en las Propiedades Físicas y el Régimen Hídrico de los mismos. En volumen especial de la Facultad de Ciencias Forestales, en su XXX aniversario. Ed. W. Franco.

----- . 1988. Los Suelos del Lote Boscoso San Pedro y Reservas Forestales de Imataca, Guarapiche y Ticoporo. Trabajo de Ascenso a Prof. Titular. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida, Venezuela. 183 p.

----- . 1991. Evaluación Preliminar del Rendimiento de la Teca en la Unidad II de la Reserva forestal de Ticoporo, Llanos Occidentales de Venezuela. En prensa.

FOLSTER, H., DE LAS SALAS, G. and KHANNA, P. 1976. A tropical Evergreen Forest Site With Perched Water Table, Magdalena Valley, Columbia Biomass and Bioelement Inventory of primary and Secondary Vegetation. Decol. Plant. 11 (4): 297-320.

FOURNIER, L. 1974. Un Método Cuantitativo para la Medición de las Características Fenológicas en Árboles. Turrialba, 24(4): 422-423.

GOLLEY, F., Mc GINNIS, J., CLEMENTS, R., CHILDS, G. y DUEVER, M. 1975. Mineral Cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem. Univ. Georgia press, Athens.

GOLLEY, FRANK. 1983. Nutrient Cycling and Nutrient Conservation in a Tropical Rain Forest Ecosystem Structure and Function. Ed. Frank Golley. Elsevier Scientific Publishing company.

GOSZ, J., LIKENS, G. y BORMAN, F. 1973. Nutrient release from Decomposing Leaf, Branch Litter in the Hubbard Brook Forest, New Hampshire. Ecol. Monograph, 43:173-191.

GIMENEZ SEGUNDO. 1975. Comportamiento Inicial de Varias Especies de Pinus Potenciales para Plantaciones en Zonas Bajas de Venezuela: Tesis Msc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. 45 p.

GREENLAND, D. y KOWAL, J. 1960. Nutrient Content of the Moist Tropical Forest of Ghana. Plant and Soil, XII. (2): 154-17

GRIMM, U. y FASSBENDER, H. 1981a. Ciclos Bioquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I. Inventario de las Reservas Orgánicas y Minerales (N, P, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, y Na). Turrialba, 31(1): 27-36.

-----, 1981b. Ciclos Bioquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. III. Ciclo Hidrológico y Traslocación de Elementos Químicos con el Agua. Turrialba, 31 (2): 89-99.

HASE, H. y FOELSTER, H. 1982. Bioelement Inventory of a Tropical (semi) Evergreen Seasonal Forest on Eutrophic Alluvial Soils, Western Llanos, Venezuela. Decol. Plant. 3(4): 331-346.

HERRERA, RAFAEL. 1979. Nutrient Distribution and Cycling in Amazon Caatinga Forest on Spodosol in Southern Venezuela. Thesis PHD. University of Reading.

JENNY, H., GESSEL, S. y BINGHAM, F. 1949. Comparative Study of Decomposition Rates of Organic Matter in Temperate and tropical Regions. Soil Science, 63: 419-432.

JENSEN, V. 1974. Decomposition of Angiosperm Tree Leaf Litter. In Biology of Plant Litter Decomposition. Dickinson y Pugh (Eds). Vol. 1. Academic press. London Ltd. p 69-104.

JOHN, D. 1973. Accumulation and Decay of Litter and Net production of Forest in Tropical West Africa. Oikos 24: 430-435.

JORDAN, CARL. 1977. Distribution of Elements in a Tropical Montane Rain Forest. Trop. Ecol., 18(2): 124-130.

JORDAN, C., y ESCALANTE, G. 1980. Root Productivity in an Amazonian Rain Forest. Ecology, 61(1): 14-18.

KAUL, V., SHARMA, N., TANDON, R. y SRIVASTAVA, S. Organic Matter and Plant Nutrients in Teak (Tectona grandis) Plantation. Indian Forester, 105(8): 573-582.

KLINGE, H., y RODRIGUES, W. 1968. Litter Production in a Amazonian Terra Firme Forest. Part I. Litterfall, Organic Carbon and Total Nitrogen Contents of Litter. Amazoniana, vol. 1 Nº 4, 287-302.

LAVELLE, PATRICK. 1983. The Soil System in the HUMid Tropics. In: Savana and Woodland Ecosystems in Tropical American and Africa a Comparison Symposium. Brasilia.

LEAF, A., DAVEY, C., y VOIGHT, G. 1973. Forest Soil Organic Matter and Nutrient Elements Dynamics. In: Dindal, O. Proceedings of the First Soil Microcommunities Conference. Pub. U.S. Atomic Energy Commission.

LEMME, G. 1975. Recherches Sur L'Ecosysteme de la Forêt Subecuatorial de Base Cote D'Ivoire. VII. Conclusions Generales. Terre et Vie, 29(2): 255-265.

MASON, C. 1972. Decomposition. Studies in Biology Nº 74. Edward Arnold Pub. Ltd. 57 p.

MEDINA, E., y ZELWER, M. 1972. Soil Respiration in Tropical Plant Communities. In: Tropical Ecology, with emphasis on Organic Matter Production. Proc. IInd. Int. Symp. Trop. Ecol. Univ., P. Golley y F. Golley (Eds). Georgia, Athens.

MEDINA, E., y KLINGE, H. 1983. Productivity of Tropical Forest and Tropical Woodlands. In: Physiological Plant Ecology IV. Encyclopedia of Plant Physiology New Series. Vol. 12. Lange, Nobel, Osmond y Ziegler (Eds). Springer-Verlag. Germany.

MICHELENA, ROBERTO. 1984. Caracterización Físico-Hidrológica de los Suelos y su Relación con los Procesos Erosivos en la Microcuenca La Virgen. Tesis Msc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida, Venezuela. 165 p.

MOLINA, SAUL. 1990. Estudio Ecológico de las Lombrices de Tierra (Oligochaeta) en Tres Biotopos de la Reserva Forestal de Ticoporo Edo. Barinas. Tesis de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias. ULA. Mérida, Venezuela. 111 p.

NOODEN, LARRY. 1980. Senescence in Whole Plants. Chp. 10. In: Senescence in Plants. K Thimann (Ed). CRC series. Florida, USA.

O'CONNEL, A. 1987. Litter Dynamics in Karri (Eucliptus diversicolor) Forests of South Western Australia. Journal of Ecol., 75: 781-796.

OCHOA, GUIDO. 1983. Caracterización Mineralógica y Génesis de una Secuencia de Suelos Desarrollada en Depósitos Aluviales del Río Socopó, Ticoporo Edo. Barinas. Inst. Geo. Rec. Nat. Renov. Facultad de Ciencias Forestales. ULS. Mérida, Venezuela. 180 p.

OCHOA, G., ALVARADO, C., OBALLOS, J., y PEREIRA, J. 1989. Caracterización de los Suelos de la Reserva Forestal de Ticoporo Barinas. Inst. Geo. Rec. Nat. Renov. Facultad de Ciencias Forestales ULA. Mérida, Venezuela. 99 p.

PALMAVEN. 1985. Análisis de Suelos y su Interpretación. Publicaciones de Divulgación Agrícola. Serie B. Información Técnica.

PROCTOR, JOHN. 1983. Tropical Forest Litterfall. I. Problems of Data comparison. In: Tropical Rain Forest: Ecology and Management. S.L. Sutton, T.C. Whitmore and A.C. Chadwick. (Eds). Blackwell Scientific Pub. Oxford. pp 267-273.

PROCTOR, J., ANDERSON, J., CHAI, P., y WALLACK, H. 1983. Ecological Studies in Four Constrasting Lowland Rain Forest in Gunung Mulu National Park. Sarawak. I. Forest Enviroment Structure and Floristics. Journal of Ecology, 71: 237-260.

PROCTOR, J., ANDERSON, J., FOGDEN, S., y WALLACK, H. 1983. Ecological Studies in Four Constrasting Lowland Rain Forest in Gunung Mulu National Park. Sarawak. II. Litterfall, Litter Standing Crop and Preliminary Observation on Herbivory. Journal of Ecol., 71: 261-283.

RAI, S., y PROCTOR, J. 1986. Ecological Studies on Four Rain Forest in Karnataka, India . II. Litterfall. Journal of Ecol., 74: 455-463.

RODRIGUES, D. 1980. Estudio Cuantitativo del Mantillo Orgánico en Plantaciones de Teca (Tectona grandis). Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida, Venezuela. 15 p.

SAGE, R., y KAUFMAN, C. 1977. Crecimiento en Plantación de Pino Caribe en Surinam. Journal of Forestry, 75(8): 495-497.

SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy Agriculture HandBook 436. SCS-USDA. 744 p.

SARMIENTO, G., MONASTERIO, M., y SILVA, J. 1971. Reconocimiento Ecológico de los Llanos Occidentales. I. Las Unidades Ecológicas Regionales. Act. Cient. Venez., 22: 22-52.

SARMIENTO, GUILLERMO. 1979. Estructura y Funcionamiento de las Sabanas Neotropicales. Trabajo de Ascenso a Prof. Titular. Facultad de Ciencias. ULA. pp 251-298.

SHARMA, S., y PANDE, P. 1989. Patterns of Litter Nutrient Concentration in Some Plantation Ecosystems. Forest Ecol. and Management, 29(3): 151-163.

SHUKLA, R., y RAMAKRISHNAN, P. 1982. Phenology of Trees in a Subtropical Humid Forest in North-Eastern India. Vegetatio, 49: 103-109.

SINGH, R., y AMBASH, R. 1980. Production and Decomposition Rate of Litter in a Teak (Tectona grandis Plantation at Varnasi (India). Rev. Ecol. Biol. Sol., 17(1): 13-22.

SPAIN, A. 1984. Litterfall and the Standing Crop of Litter in three Tropical Australian Rain Forest. Journal of Ecol., 72: 947-961.

STILES, J. 1978. Temporal Organization of Flowering among the Humming Bird Food Plants of a Tropical Wet Forest. Biotropica, 10: 194-210.

SUSAETA SAENZ DE S. 1979. La Alternativa entre Bosques Naturales y Plantaciones. Escuela de Ingenieria Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida, Venezuela. 30 p. Mimeografiado.

SWIFT, M., RUSSEL-SMITH, A., y PERFECT, T. 1981. Decomposition and Mineral Nutrient Dynamics of Plant Litter in a Regenerating Bush-fallow in Subhumid Tropical Nigeria. *Journal of Ecol.*, 69: 995-981.

TANNER, E. 1981. The Decomposition of Leaf Litter in Jamaican Montane Rain Forest. *Journal of Ecol.*, 69: 263-275.

THIMANN, K. 1980. Senescence in Plants. C.R.C. Press Inc. Florida, USA. 270 p.

TILLMANS, H. 1978. Observaciones sobre el Incremento Volumetrico de Pinus caribaea en Costa Rica. *Revista Forestal Venezolana*, N° 26.

VAN LEAR, D., y GOEBEL, N. 1976. Leaf Fall and Forest Floor Characteristics in Loblolly Pine Plantations in the South Carolina Piedmont. *Soil Science Soc. Am. J.*, 40: 116-119.

VEILLON, J., KONRAD, V., y GARCIA, N. 1980. Estudio de la Masa Forestal y su Dinamismo en Parcelas de Diferentes Tipos Ecológicos de Bosque Naturales de las Tierras Bajas Venezolanas. Instituto de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida, Venezuela. 40 p. Mimeografiado.

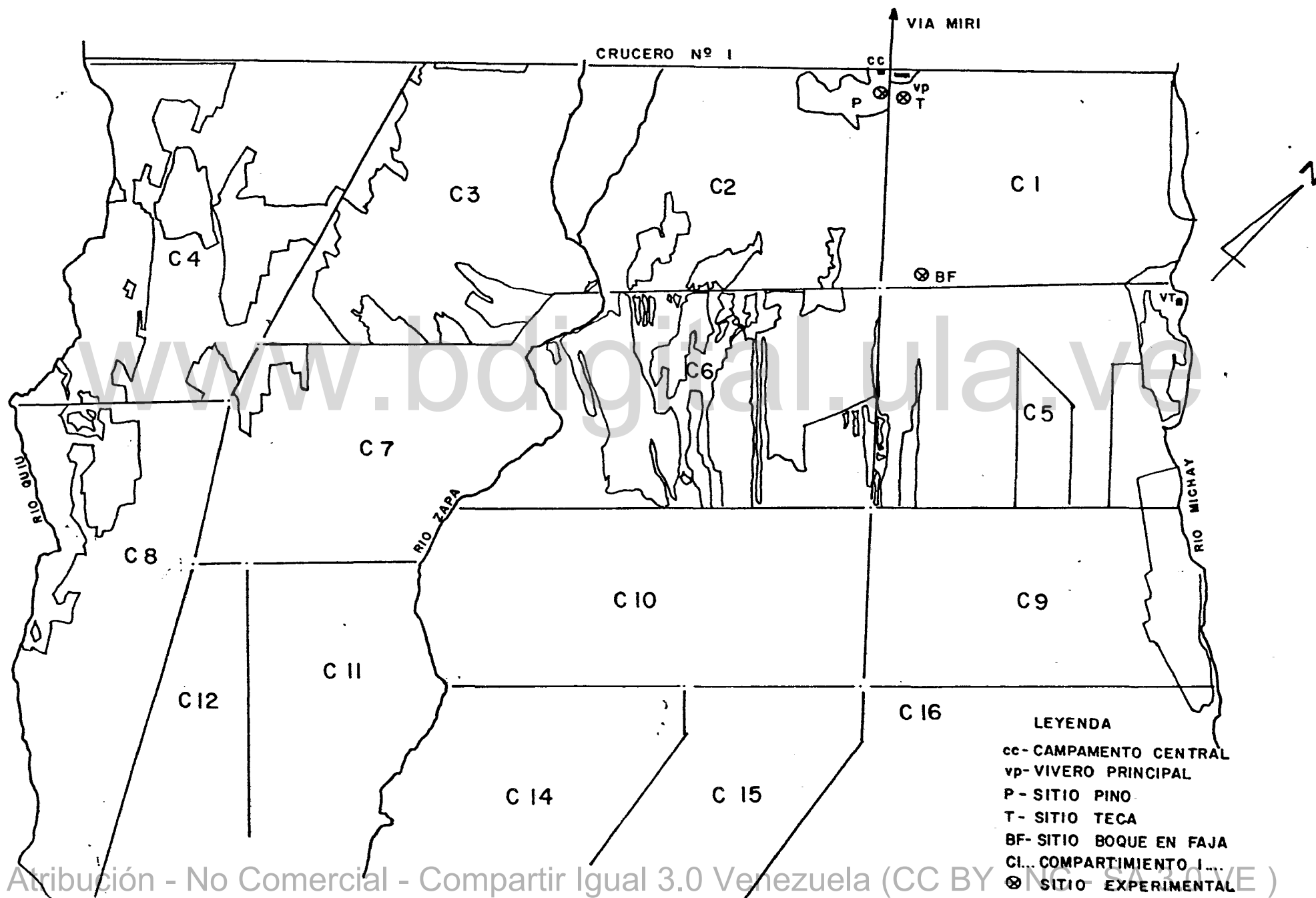
VITOUSEK, P. 1982. Nutrient Cycling and Nutrient Use Efficiency. *American Naturalist*, 119: 553-572.

-----, 1984. Litterfall, Nutrient Cycling and Nutrient Limitation in Tropical Forest. *Ecology*, 65(1): 285-298.

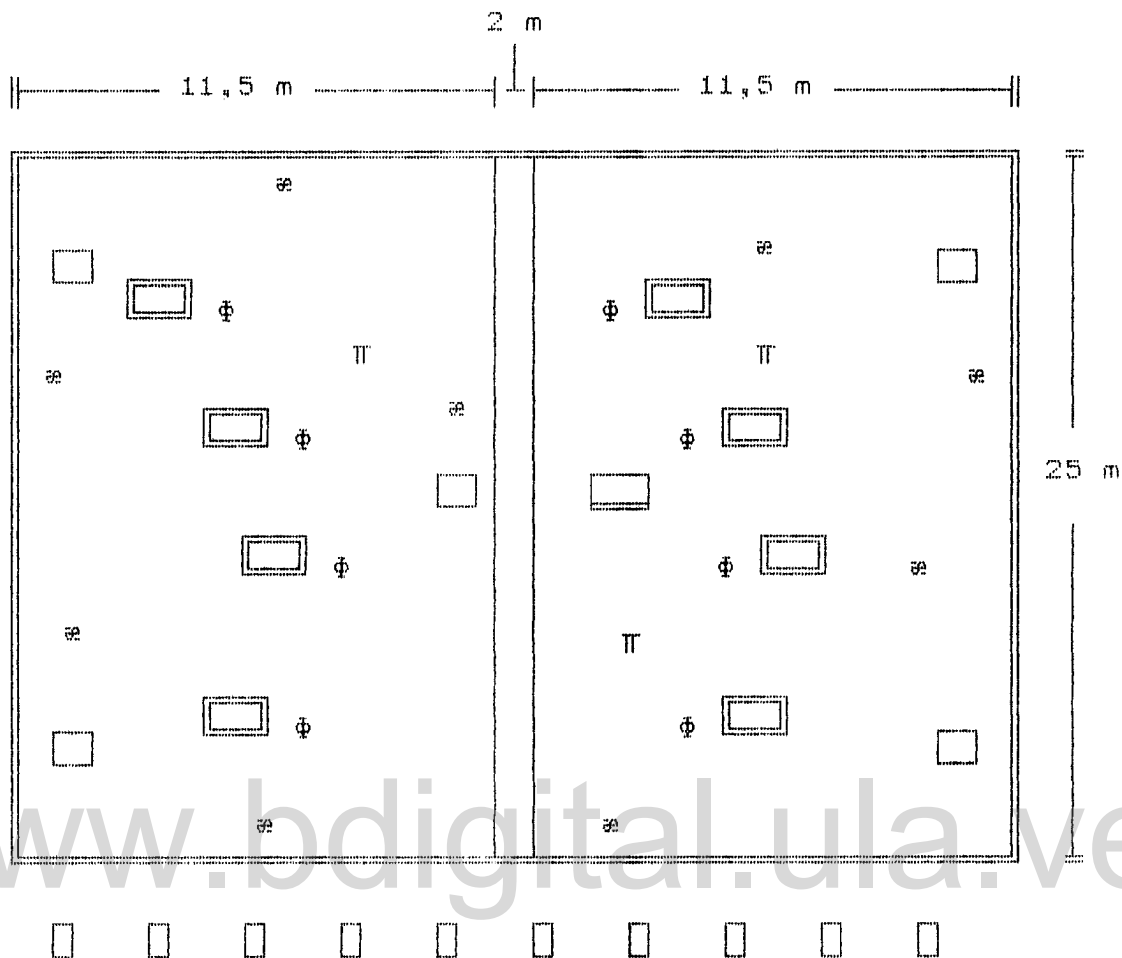
VITOUSEK, P., y SANFORD, R. 1986. Nutrient Cycling in Moist Tropical Forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 17: 137-167.

WEIDER, R., LANG, G. 1982. A Critique of the Analitical Methods Used in Examining Decomposition Data Obtained from Litter Bags. *Ecology*, 63(6): 1636-1642.

ANEXO 1. Unidad II. Reserva Forestal de Ticoporo.
Ubicación del Sitio Experimental.



ANEXO 2. ESQUEMA DE UNA PARCELA DE ESTUDIO



Sin Escala

LEYENDA:



Colectores de Hojarasca (1 m²)



Toma de muestras de raíces finas



Toma de muestras de Mantillo Orgánico



Arboles de observación Fenológica



Calicata



Medición de la Humedad del Suelo



Ubicación de Bolsas de Descomposición



Pica de servicio.

ANEXO 3. Incrementos de raíces finas en 3 meses durante la época de Sequía (ton/ha).

MUESTRAS	PESO SECO (gr/cil.)	VOL. CILINDROS (cm3)	PESO SECO (kg/m3)	PESO SECO (kg/Ha)	PESO SECO (ton/Ha)
BF1	0,61	1500,9	0,4064	818,5355	0,82
BF2	0,22	1610,4	0,1366	275,1366	0,28
BF3	0,1	1610,1	0,0621	125,0854	0,13
BF4	1,43	1586,1	0,9016	1815,7872	1,82
BF5	1,26	1570,8	0,8021	1615,5080	1,62
BF6	0,62	1633,8	0,3795	764,2796	0,76
BF7	1,35	1665,4	0,8106	1632,5808	1,63
BF8	0,29	1617,6	0,1793	361,0658	0,36
BF9	0,07	1530,6	0,0457	92,1077	0,09
BF10	0,53	1516,3	0,3495	703,9636	0,70
BF11	0,05	1610,1	0,0311	62,5427	0,06
BF12	0,06	1554,7	0,0386	77,7256	0,08
P1	0,04	1642,4	0,0244	49,5616	0,05
P2	0,02	1594,2	0,0125	25,5300	0,03
P3	0,07	1683,3	0,0416	84,6254	0,08
P4	0,09	1578,6	0,0570	116,0205	0,12
P5	0,06	1554,5	0,0386	78,5462	0,08
P6	0,1	1658,7	0,0603	122,6864	0,12
P7	0,04	1568,5	0,0255	51,8967	0,05
P8	0,005	1538,4	0,0033	6,6140	0,01
P9	0,03	1602,1	0,0187	38,1062	0,04
P10	0,07	1586,5	0,0441	89,7888	0,09
P11	0,03	1554,9	0,0193	39,2630	0,04
P12	0,09	1602,1	0,0562	114,3187	0,11
T1	0,11	1531,6	0,0718	145,0052	0,15
T2	0,09	1578,1	0,0570	115,1448	0,12
T3	0,47	1531,8	0,3068	619,4869	0,62
T4	0,06	1586,3	0,0378	76,3664	0,08
T5	0,05	1578,3	0,0317	63,9612	0,06
T6	0,08	1586,5	0,0504	101,8090	0,10
T7	0,3	1586,5	0,1891	381,7838	0,38
T8	0,26	1554,3	0,1673	337,7340	0,34
T9	0,02	1570,7	0,0127	25,7083	0,03
T10	0,05	1577,4	0,0317	63,9977	0,06
T11	0,04	1531,8	0,0261	52,7223	0,05
T12	0,01	1586,5	0,0063	12,7261	0,01

ANEXO 4.1. Caída de Hojarasca (kg/ha/2 semanas)
Bosque Natural Intervenido

LAPSO DE COLECCION	PARCELA 1			PARCELA 2			PARCELA 3		
	Hojas	Ramas	F+F+S	Hojas	Ramas	F+F+S	Hojas	Ramas	F+F+S
15-31 NOV 86	179.3	77.8	82.7	143.2	17.2	60.0	116.8	36.5	8.6
1-15 DIC 86	156.5	14.2	94.0	130.3	19.7	78.2	155.3	21.0	11.0
16-31 DIC 86	237.7	62.3	81.7	196.5	55.2	78.4	285.6	35.7	16.7
1-15 ENE 87	212.5	46.1	56.9	177.2	28.9	47.8	281.5	30.5	8.8
16-31 ENE 87	432.6	55.8	49.8	234.2	38.3	34.2	317.5	27.5	26.5
1-15 FEB 87	649.2	18.0	18.4	298.9	14.7	61.3	386.1	40.0	6.7
16-28 FEB 87	519.8	55.6	44.2	290.9	8.0	26.6	299.4	37.5	13.5
1-15 MAR	504.8	11.9	27.9	401.8	27.8	78.9	506.0	48.8	33.5
16-31 MAR	468.1	31.9	72.5	500.8	47.6	114.1	895.3	110.8	7.7
1-15 ABR	157.4	13.8	23.8	151.0	26.7	93.2	253.8	87.5	7.2
16-30 ABR	106.2	14.7	27.9	111.4	30.4	89.6	104.5	21.6	8.0
1-15 MAY	71.1	7.1	33.2	84.4	12.7	41.5	90.4	18.6	11.3
16-31 MAY	94.4	16.3	32.1	118.1	18.4	37.4	113.5	36.8	12.7
1-15 JUN	93.0	43.5	26.7	87.9	54.0	37.3	75.5	56.2	5.2
16-30 JUN	100.2	75.3	29.4	88.9	49.5	52.0	63.9	58.2	3.4
1-15 JUL	76.7	24.9	10.9	79.1	20.1	16.2	72.9	20.6	2.5
16-31 JUL	119.5	6.9	5.1	124.3	8.7	2.9	99.1	2.5	0.9
1-15 AGO	144.0	27.3	3.9	135.2	11.8	25.0	98.4	13.0	1.0
16-31 AGO	207.5	30.2	5.2	221.7	11.1	12.2	125.5	16.3	2.3
1-15 SEP	875.3	73.9	7.1	335.9	20.9	7.6	229.5	22.1	2.6
16-30 SEP	701.4	68.8	10.8	752.4	19.5	9.1	271.6	68.1	2.6
1-15 OCT	223.5	25.3	8.4	387.6	13.2	25.4	100.6	8.5	0.5
16-31 OCT	161.9	54.5	32.8	237.9	69.2	109.7	139.9	21.5	12.1
1-12 NOV 87	94.9	30.8	31.5	144.4	25.6	87.2	100.2	20.4	3.6

ANEXO 4.2. Caída de Hojarasca (kg/ha/2 semanas)
Plantación de Pino

LAPSO DE COLECCION	PARCELA 1			PARCELA 2			PARCELA 3		
	Hojas	Ramas	F+F+S	Hojas	Ramas	F+F+S	Hojas	Ramas	F+F+S
15-31 NOV 86	327.5	13.8	7.1	214.1	58.9	22.8	220.5	18.5	3.4
1-15 DIC 86	329.4	21.3	7.2	256.4	34.8	5.5	278.6	9.7	2.2
16-31 DIC 86	482.5	16.3	25.0	432.0	14.3	5.4	577.3	29.6	2.7
1-15 ENE 87	481.1	11.2	8.4	526.8	52.6	20.6	644.2	18.8	1.6
16-31 ENE 87	578.2	1.7	0.7	671.7	4.9	1.6	717.2	32.6	2.0
1-15 FEB 87	336.9	17.5	5.0	490.8	13.9	0.9	494.7	6.0	28.6
16-28 FEB 87	433.7	29.6	3.7	297.4	9.7	2.9	357.8	9.6	21.2
1-15 MAR	465.4	11.0	10.1	313.7	21.6	4.9	395.7	12.2	13.1
16-31 MAR	383.9	31.4	16.4	185.3	48.5	11.0	334.5	16.1	16.7
1-15 ABR	132.0	9.0	17.6	63.8	11.5	10.2	160.3	15.1	15.6
16-30 ABR	184.6	8.0	46.4	73.3	16.0	64.1	106.9	20.6	9.0
1-15 MAY	157.2	7.4	24.7	79.1	17.9	3.4	77.5	16.1	3.8
16-31 MAY	198.3	10.6	14.2	83.0	6.8	5.1	106.6	14.1	5.8
1-15 JUN	255.5	40.7	18.8	173.4	34.3	8.8	168.8	54.4	9.8
16-30 JUN	248.0	15.8	7.9	165.6	20.2	3.3	172.6	25.3	3.7
1-15 JUL	203.0	8.1	6.2	136.1	7.1	0.6	169.0	38.2	1.4
16-31 JUL	198.1	7.8	8.0	209.1	21.4	1.1	136.9	10.4	0.5
1-15 AGO	220.9	7.4	8.7	133.6	54.6	10.5	135.7	8.2	0.6
16-31 AGO	231.2	8.7	7.0	183.9	23.6	2.5	161.1	6.0	0.5
1-15 SEP	252.0	26.8	7.9	203.9	25.6	16.3	172.1	22.1	3.0
16-30 SEP	315.0	34.7	6.0	220.8	65.5	16.4	189.4	23.6	1.4
1-15 OCT	223.7	26.1	3.3	159.6	26.0	2.4	145.2	15.9	0.6
16-31 OCT	360.2	91.0	14.6	264.6	97.7	6.2	318.3	17.5	7.8
1-15 NOV 87	280.7	30.5	13.8	212.5	48.6	4.7	263.1	20.9	7.6

ANEXO 4.3. Caída de Hojarasca (kg/ha/2 semanas)
Plantación de Teca.

LAPSO DE COLECCION	PARCELA 1			PARCELA 2			PARCELA 3		
	Hojas	Ramas	F+F+S	Hojas	Ramas	F+F+S	Hojas	Ramas	F+F+S
15-31 NOV 86	89.0	9.1	2.5	235.4	3.1	6.2	333.5	6.3	4.4
1-15 DIC 86	365.4	0.8	1.6	469.4	4.5	1.9	501.1	0.4	2.3
16-31 DIC 86	548.5	0.3	1.9	578.3	3.7	2.6	847.5	0.6	4.1
1-15 ENE 87	686.0	4.9	5.0	803.7	1.7	1.9	904.2	1.8	7.4
16-31 ENE 87	1184.9	0.9	0.4	931.6	1.5	2.3	911.4	0.8	5.6
1-15 FEB 87	935.9	0.2	0.5	848.5	3.2	2.3	665.7	0.1	4.9
16-28 FEB 87	614.9	0.1	3.3	314.7	1.0	6.1	386.8	0.9	8.3
1-15 MAR	349.8	1.7	2.7	167.2	1.6	5.2	235.5	2.1	4.8
16-31 MAR	116.6	2.5	12.6	72.1	1.3	16.6	139.6	5.7	16.3
1-15 ABR	41.9	0.4	13.6	49.7	4.9	22.0	78.3	0.9	28.0
16-30 ABR	31.1	7.2	28.6	21.3	5.3	21.7	27.7	3.9	16.6
1-15 MAY	5.6	17.4	27.5	41.9	0.4	28.7	29.1	4.6	24.7
16-31 MAY	23.5	11.1	19.5	63.6	1.1	36.0	44.5	5.1	47.7
1-15 JUN	67.3	26.0	52.9	146.3	74.5	67.4	103.1	24.5	78.2
16-30 JUN	107.6	12.7	54.6	163.7	50.4	75.7	97.1	33.8	53.0
1-15 JUL	69.2	2.3	41.7	125.0	7.1	54.3	95.1	11.8	28.7
16-31 JUL	83.3	1.8	23.8	96.7	1.4	25.9	130.8	4.1	20.7
1-15 AGO	130.7	1.7	19.0	167.9	3.4	13.2	157.7	1.6	4.9
16-31 AGO	119.5	4.4	12.0	171.2	4.7	20.9	133.4	18.0	33.4
1-15 SEP	98.5	2.2	2.7	152.0	5.9	6.1	163.6	11.0	8.3
16-30 SEP	97.2	0.8	3.4	186.9	9.0	11.5	173.1	1.9	4.4
1-15 OCT	76.4	2.8	4.5	105.7	7.8	8.5	116.8	3.3	9.1
16-31 OCT	223.1	6.3	49.2	273.4	14.7	49.4	305.1	20.9	60.0
1-12 NOV	164.6	16.1	87.8	220.6	15.9	50.1	178.6	7.7	40.5

ANEXO 5.1. Concentración de Bioelementos en la hojarasca.
Hojas (mg/g)

FECHA/ MUESTRA		BOSQUE NATURAL INTERVENIDO					PLANTACION DE PINO					PLANTACION DE TECA				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
21.11.86	A	14.56	0.16	1.84	3.77	7.62	9.52	0.08	2.9	1.1	8.16	8.12	0.01	2.8	1.6	5.54
	B	12.01	0.19	5.38	4.02	9.92	6.16	0.03	1.3	1.33	2.14	8.68	0.11	1.51	2.56	6.19
19.12.86	A	9.81	2.06	6.63	5.19	6.1	7.84	0.1	2.96	1.92	8.12	6.18	0.12	5.76	2.66	3.46
	B	10.36	2.13	6.38	5.14	5.13	5.18	0.05	2.92	1.58	3.24	8.68	0.14	8.51	1.33	6.74
16.01-13.02 (1987)		10.51	1.92	7.18	4.34	5.09	12.18	1.75	6.77	4.14	6.22	6.44	0.81	4.38	3.59	3.35
		11.06	1.94	6.98	4.14	6.58	18.21	0.6	4.25	3.69	4.22	6.72	1.07	4.71	4.82	3.68
13.03-10.04 (1987)		11.06	1.31	6.02	6.19	5.39	11.2	0.85	5.74	5.79	4.26	7.52	0.77	3.25	3.99	5.91
		10.92	1.41	6.25	4.89	7.19	12.7	0.98	6.04	3.39	3.67	6.72	1.19	3.45	6.19	4.78
08.05-19.06 (1987)		10.64	1.74	5.45	2.84	4.58	13.31	2.19	4.84	3.74	3.70	13.44	0.93	4.23	5.49	3.30
		10.92	1.92	5.74	3.34	6.46	13.72	0.94	4.13	4.59	3.71	13.31	1.16	6.88	7.03	3.68
17.07-17.08 (1987)		10.05	1.0	4.91	5.84	4.55	8.68	0.58	3.42	6.73	3.30	10.51	1.14	4.32	6.19	2.86
		12.46	0.86	4.48	5.44	3.97	8.96	0.50	3.03	5.14	2.38	11.34	0.94	4.78	5.34	2.81
17.09-15.10 (1987)		10.06	0.99	4.64	5.29	4.60	7.14	0.46	2.88	6.14	2.05	10.08	0.50	3.64	4.99	3.09
		8.82	2.07	3.99	5.14	4.50	12.46	0.29	2.90	3.84	2.54	8.82	2.27	3.32	3.89	3.21

ANEXO 5.2. Concentración de Bioelementos en la Hojarasca.
Ramas Finas. (mg/g)

FECHA/ MUESTRA		BOSQUE NATURAL INTERVENIDO					PLANTACION DE PINO					PLANTACION DE TECA				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
21.11.86	A	9.24	0.08	2.70	16.64	2.29	11.21	0.15	2.92	19.04	1.69	3.36	0.06	7.80	15.52	1.74
	B	9.24	0.18	3.78	14.72	3.27	8.68	0.05	0.84	5.78	1.38	4.48	0.09	7.74	10.40	0.92
19.12.86	A	7.00	0.23	8.18	15.96	1.89	10.64	0.10	3.08	19.80	1.40	6.44	0.12	11.58	15.96	2.27
	B	10.36	0.17	7.70	13.14	2.37	7.84	0.07	1.98	4.54	1.44	5.04	0.08	1.20	31.76	4.14
16.01.87	A	8.26	0.00	4.59	2.47	3.48	7.56	0.25	4.93	1.30	3.85	---	---	---	---	---
	B	5.32	0.07	4.75	2.49	2.99	5.88	0.47	4.26	1.41	2.78	4.76	0.00	4.85	1.86	4.40
13.02-13.03 -10.04.87		9.24	0.22	5.21	2.57	4.16	6.44	0.00	5.48	1.93	3.01	7.28	0.05	5.78	1.88	4.50
		9.10	0.32	5.74	1.63	4.00	6.16	0.01	4.57	2.43	2.86	6.58	0.17	9.17	2.38	2.81
08.05-19.06 17.07.87		7.56	0.32	5.44	1.79	4.45	6.72	0.59	4.43	2.10	2.83	2.80	0.15	8.49	2.47	3.38
		6.02	0.61	5.64	2.54	3.90	3.36	0.14	4.19	1.58	2.66	5.88	1.00	8.07	2.03	3.21
17.08-17.09 15.10-12.11		9.80	0.00	5.14	2.21	3.70	6.44	0.24	4.48	2.19	2.92	5.46	0.00	7.31	1.67	3.53
		8.82	0.21	4.69	2.14	3.94	4.48	0.00	3.98	1.58	2.92	6.44	0.07	7.83	1.98	3.83

ANEXO 5.3. Concentración de Bioelementos en la Hojarasca
Flores, Frutos y Semillas (mg/g).

FECHA/ MUESTRA		BOSQUE NATURAL INTERVENIDO					PLANTACION DE PINO					PLANTACION DE TECA				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
21.11.86	A	13.16	0.12	4.48	4.75	2.35	5.04	0.00	5.50	0.31	0.95	7.84	0.23	8.74	3.64	1.97
	B	14.01	0.23	7.69	5.14	2.36	5.88	0.04	0.41	0.00	0.68	9.80	0.23	8.44	3.64	1.40
19.12.86	A	12.60	0.11	10.14	7.91	3.20	12.88	0.19	10.90	4.94	2.34	5.04	0.11	6.94	3.44	1.36
	B	11.48	0.17	8.68	6.78	3.52	11.48	0.19	7.46	1.92	1.82	7.56	0.33	10.14	1.44	1.56
16.01.87	A	13.02	1.48	7.80	2.22	3.06	8.40	0.70	5.93	2.61	2.38	---	---	---	---	---
	B	11.90	1.32	7.20	2.75	4.06	5.60	0.34	3.25	1.97	1.57	7.84	1.69	8.74	2.13	2.15
13.02-13.03 -10.04.87		13.86	0.66	10.78	3.56	5.21	20.16	0.62	7.44	2.81	4.96	6.72	1.09	8.20	2.37	2.80
		12.88	1.01	8.74	2.50	3.32	23.24	0.37	7.92	2.59	4.45	8.96	0.33	8.79	2.10	2.47
08.05-19.06 17.07.87		14.56	0.44	8.53	2.61	2.93	14.56	1.40	4.15	2.37	3.45	11.54	0.61	8.34	3.50	4.20
		11.20	0.40	7.50	3.10	2.80	10.08	0.91	4.41	2.19	2.83	12.18	0.69	8.35	2.81	4.25
17.08-17.09 15.10-12.11		16.52	1.17	8.21	2.44	3.06	10.64	0.62	6.44	1.64	2.67	8.96	1.85	8.24	2.61	3.19
		11.90	1.17	7.33	3.08	4.49	7.28	0.32	3.04	1.40	1.36	9.66	1.75	7.76	2.88	3.42

ANEXO 6. Características Químicas de los Suelos en los Tres Ecosistemas de Estudio. (Díaz, 1988).

SITIO. PROFUNDIDAD HORIZONTE (cm)	pH (1:2, agua)	M.O (%)	Nt (%)	P (ppm)	K		Ca		Mg		Al	C.I.C. meq./100 gr de suelo.	SB*
					ppm	meq.	ppm	meq.	ppm	meq.	meq./100 gr		(%)
BF													
(0-30) Ah	5.63	4.45	0.195	2.5	87	0.22	490	2.45	179	1.50	---	11.47	36
(33-82) B21	5.80	1.23	0.050	5.0	44	0.14	134	0.67	269	2.24	---	10.01	30
(82-130) B22	5.95	0.66	0.029	1.0	41	0.10	91	0.45	289	2.40	---	5.00	58
(130-200) B23	6.06	0.54	0.029	1.0	21	0.06	136	0.68	389	3.23	---	3.75	100
PIND													
(0-20) Ah	5.60	2.82	0.115	2.05	63	0.16	409	2.04	209	1.70	---	10.63	37
(20-85) B21	5.55	1.01	0.079	1.50	29	0.07	91	0.45	179	1.49	---	8.96	22
(85-98) B22	5.35	0.77	0.059	1.50	43	0.11	91	0.45	149	1.24	0.5	10.01	18
(98-134) B23	5.37	0.57	0.058	1.00	27	0.07	91	0.45	149	1.24	0.5	8.55	20
(134-180) B24	5.47	0.41	0.051	1.00	24	0.06	45	0.23	179	1.49	1.5	7.01	25
TECA													
(0-25) Ah	6.19	2.91	0.108	2.5	83	0.21	727	3.78	368	3.49	---	11.25	65
(25-100) B21	5.71	1.04	0.058	2.0	63	0.16	91	0.45	209	1.74	---	8.75	37
(100-150) B22	5.62	0.40	0.058	1.0	32	0.08	91	0.45	209	1.74	---	5.00	45

* Sin incluir el Sodio.

ANEXO 7. Granulometría y Clases Texturales en los Suelos.
(Díaz, 1988)

SITIO	HORIZONTE (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
BF	Ah (0-30)	17	57	26	Franco limoso
	B21 (33-82)	9	45	46	Arcillo limoso
	B22 (82-130)	15	41	44	Arcillo limoso
	B23 (130-200)	19	31	50	Arcilloso
PINO	Ah (0-20)	27	49	24	Franco
	B21 (20-85)	19	37	44	Arcilloso
	IIB22 (85-98)	21	37	42	Arcilloso
	IIB23 (98-134)	19	47	34	Franco.Arc.Lim.
	IIB24 (134-180)	15	43	42	Arcillo limoso
TECA	Ah (0-25)	23	49	28	Franco Arc..
	B21 (25-100)	13	37	50	Arcilloso
	B22 (100-150)	27	43	30	Franco Arc.

www.bdigital.ula.ve

ANEXO 8. Densidad Aparente y Conductividad Hidráulica
(saturado), (Díaz,1988).

SITIO	HORI- ZONTE	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (cm/ día)			
			X	S	c.v (%)	Calificación
BF	Ah	1.16	232.8	93.9	40.3	Mod. a Alta
	B21	1.32	472.0	51.8	11.0	Alta
	B22	1.39	358.1	46.1	12.9	Mod. a Alta
PINO	Ah	1.04	68.9	37.6	54.6	Mediana
	B21	1.26	60.9	28.0	45.9	Mediana
	B23	1.37	62.7	28.6	45.6	Mediana
TECA	Ah1	1.29	108.1	74.6	69.0	Mediana
	B21	1.39	58.5	20.8	45.6	Mediana
	B22	1.32	96.1	61.7	64.1	Mediana

$\bar{X}$: media (4 muestras)

S: desviación estándar

C.V: coeficiente de variación

ANEXO 9.1. Porcentajes de Humedad a Diferentes Profundidades de Suelo
Bosque Natural Intervenido.

FECHA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (Cm)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
15.01.87	20.16	18.08	17.69	19.05	20.39	20.82	22.77	23.85	25.21	28.75
29.01.87	15.45	16.05	16.25	17.87	17.41	18.65	19.02	19.33	21.52	25.04
12.02.87	22.84	18.69	18.32	18.11	19.12	20.10	18.54	19.38	21.66	25.87
27.02.87	20.07	17.89	17.17	16.95	18.50	19.75	20.29	19.82	21.22	24.20
21.03.87	26.90	21.70	25.63	20.95	22.34	20.76	21.61	21.18	21.80	22.58
03.04.87	15.95	15.89	17.00	17.28	16.80	18.59	17.19	20.28	22.51	16.06
08.05.87	29.67	22.74	21.18	22.30	20.51	23.47	23.05	25.03	31.21	27.30
22.05.87	31.67	22.23	22.44	21.21	24.51	23.48	25.00	28.19	31.21	29.42
05.06.87	27.01	19.67	20.70	21.49	22.34	24.83	24.91	27.97	29.97	29.88
19.06.87	39.63	26.16	23.76	2.23	23.48	27.08	26.98	29.36	30.81	30.28
03.07.87	42.51	43.67	39.00	40.50	37.87	50.46	53.80	51.84	48.50	48.65
17.07.87	35.16	30.78	28.39	31.97	31.38	34.09	38.94	33.08	32.76	33.96
31.07.87	42.13	35.84	34.33	35.41	37.39	35.60	35.08	43.19	37.82	44.20
19.08.87	42.74	25.38	25.17	23.98	25.63	27.74	33.98	39.00	35.30	34.96
31.08.87	47.68	30.15	26.14	25.77	24.83	30.52	37.46	33.16	33.04	32.31
17.09.87	45.20	24.91	26.68	27.43	28.33	31.43	31.34	46.50	43.17	36.10
16.10.87	43.82	25.62	21.25	25.17	23.43	27.85	28.91	28.97	31.95	35.96
12.11.87	44.21	23.72	21.70	21.67	23.60	26.56	39.10	35.33	38.40	36.45

ANEXO 9.2. Porcentajes de Humedad a Diferentes Profundidades del Suelo
Plantación de Pino.

FECHA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (Cm)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
15.01.87	7.82	9.27	10.98	11.08	10.89	11.73	11.94	11.47	11.53	14.71
29.01.87	7.50	9.26	9.75	10.06	10.02	8.02	11.16	11.10	12.03	12.68
12.02.87	8.45	8.48	9.56	10.36	9.89	10.38	9.81	10.45	10.06	12.97
27.02.87	10.80	9.41	9.19	10.30	10.87	11.88	11.51	11.23	13.48	14.27
21.03.87	15.79	15.95	15.81	15.06	15.22	15.94	14.10	14.79	11.90	11.95
03.04.87	5.49	6.50	8.13	8.99	10.33	10.02	9.39	10.18	9.44	11.13
08.05.87	22.64	16.00	18.18	15.09	16.76	18.58	18.88	18.89	19.82	18.75
22.05.87	20.40	19.50	18.36	20.90	18.28	18.29	19.24	20.07	19.34	21.01
05.06.87	13.07	11.75	12.19	13.60	14.18	15.57	17.50	16.06	15.16	18.24
19.06.87	25.10	17.96	16.91	17.28	18.98	18.17	16.78	17.35	18.36	20.33
03.07.87	20.26	18.08	16.92	18.00	16.98	17.78	20.34	19.08	16.57	19.86
17.07.87	21.12	17.12	17.37	16.65	17.20	17.56	18.47	18.50	16.93	18.43
31.07.87	21.81	17.97	18.91	17.00	17.77	17.77	19.00	18.91	18.78	16.56
19.08.87	20.04	17.61	16.61	16.45	15.81	17.01	17.00	15.20	19.44	17.44
31.08.87	18.57	16.37	16.35	15.55	15.55	15.76	16.90	16.70	16.62	18.08
17.09.87	17.92	15.39	14.44	14.74	15.45	15.86	17.21	18.83	19.36	18.64
16.10.87	20.15	14.28	14.05	13.54	13.69	14.98	16.00	16.55	17.19	18.36
12.11.87	14.0	11.80	11.69	11.89	13.03	12.53	15.59	16.28	16.63	17.23

ANEXO 9.3. Porcentajes de Humedad a Diferentes Profundidades del Suelo
Plantación de Teca.

FECHA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (Cm)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
15.01.87	12.83	14.63	16.08	17.73	18.15	18.53	18.80	19.57	19.81	20.11
29.01.87	11.66	14.34	16.34	16.80	17.85	18.53	19.26	17.72	19.65	19.19
12.02.87	12.70	12.67	14.93	15.82	16.14	16.10	16.06	18.43	18.81	19.21
27.02.87	15.66	14.93	16.64	17.20	18.12	20.39	18.45	18.91	20.06	20.96
21.03.87	20.77	19.59	19.73	20.88	20.73	19.87	19.28	17.85	18.76	17.86
03.04.87	12.99	12.77	14.15	14.79	15.15	12.27	16.50	16.96	18.53	12.18
08.05.87	18.18	17.70	18.77	19.22	18.90	19.55	20.48	20.27	22.70	22.48
22.05.87	26.29	20.48	18.67	21.44	20.98	20.66	22.16	22.46	23.03	22.69
05.06.87	22.88	17.68	19.31	19.91	20.04	20.80	21.59	22.02	22.82	23.12
19.06.87	30.35	25.67	25.39	23.55	24.10	24.43	22.59	23.34	24.09	24.97
03.07.87	34.54	26.72	26.65	24.47	22.35	23.42	23.05	23.09	29.60	24.50
17.07.87	28.81	27.93	25.68	22.99	23.36	22.17	21.03	22.80	21.86	21.38
31.07.87	38.42	30.56	30.68	30.12	28.38	24.11	23.45	25.37	26.06	24.16
19.08.87	33.25	26.07	25.10	24.10	22.05	23.50	22.03	22.95	23.37	23.94
31.08.87	31.98	26.58	26.24	24.56	22.86	22.02	22.01	22.44	23.14	23.94
17.09.87	28.79	23.16	23.10	22.83	22.00	21.55	21.76	22.64	23.16	23.60
16.10.87	27.61	20.58	20.12	22.00	21.53	19.80	22.39	23.98	23.40	22.62
12.11.87	20.32	20.08	18.28	20.77	20.37	20.18	21.85	23.05	23.80	24.09