

*MINISTERIO DE AGRICULTURA*

*I N I A*

*PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION EN AGROFORESTERIA  
Y CULTIVOS TROPICALES*

*I CURSO DE  
CAPACITACION EN REGENERACION DE BOSQUES TROPICALES  
EN LA AMAZONIA PERUANA*

*TEMA:*

*REGENERACION NATURAL*

*Por: Héctor Vidaurre Arévalo*

*1,995*

## 1. CONDICIONES Y RECURSOS \*

### 1.1 INTRODUCCION

Los factores del medio ambiente que determinan los sitios o hábitats donde una determinada especie puede vivir, puede ser clasificada en dos categorías según el efecto que tienen sobre la especie o la forma en que son utilizadas. Dichas categorías son denominadas condiciones y recursos.

Begon *et al* (1986), define una condición como un factor abiótico del ambiente cuya magnitud varía en el espacio y en el tiempo, y al cual los organismos presentan reacciones diferentes, por ejemplo la temperatura, el pH y la humedad del suelo. La magnitud de una condición puede ser modificada por la presencia de otros organismos, pero a diferencia de los recursos, las condiciones no son utilizadas por los organismos.

El término recurso tiene indudablemente un significado general para cada lector, en el sentido de algún factor que es utilizado en la realización de un determinado proceso; el diccionario nos ofrece "bién, medio de subsistencia", o "elementos o medios de que uno dispone para salir airoso de una necesidad" (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, 1984).

Dentro del contexto biológico, es evidente que una definición básica del término debería abarcar aquellos recursos que son comidos, aquellos que son incorporados en biomasa sin ser comidos y aquellos, como los árboles huecos que utilizan los pájaros, murciélagos, etc., como escondites o para hacer nidos, que no son comidos ni incorporados en biomasa.

Begon *et al* (1986), nos dan una definición muy explicativa: un recurso es una cantidad que puede ser reducida por la actividad del organismo. Los recursos de los organismos vivos son principalmente los materiales de los cuales sus cuerpos son fabricados, la energía que hace posible su crecimiento y actividades, y los lugares o los espacios en los cuales toman lugar sus vidas.

Una planta verde es ensamblada con los iones y moléculas inorgánicas que representan sus recursos alimenticios, mientras que la radiación solar representa la energía que es utilizada en el ensamblaje.

Como los recursos son utilizados a nivel fisiológico, la relación de su magnitud al desempeño de un organismo es directa. En cambio, los efectos de las condiciones pueden ser directos o indirectos. Por ejemplo la temperatura afecta directamente a los organismos a nivel fisiológico.

## **1.2 GRADIENTES AMBIENTALES Y ESTRATEGIAS BIOLÓGICAS DE LOS ORGANISMOS**

Un principio general de suma importancia en relación a las condiciones y los recursos, es que su disponibilidad y magnitud es variable tanto en el espacio como en el tiempo. Un término útil para esa variación es gradiente ambiental.

Una gradiente es un índice de aumento o disminución de una variable del ambiente; el término es usado de manera más general en la ecología que en la física, donde se refiere a variaciones de temperatura o presión atmosférica.

Ejemplos de gradientes ambientales son el aumento de la humedad del suelo al bajar de una cresta hacia un llano, el aumento de la intensidad de luz al salir del bosque y entrar a un claro, o al subir por los niveles intermedios de un bosque hasta alcanzar el dosel superior.

Es bien conocida la existencia de ciertos patrones bien definidos de reacción que pueden denominarse estrategias biológicas. La estrategia de una especie se expresa en cada etapa de su ciclo de vida y determina la parte de los gradientes donde cada especie puede vivir (su nicho); por ejemplo los diferentes requerimientos de las plantas con respecto a la luz.

Los requerimientos ambientales de los cultivos o las especies de plantaciones forestales son derivados del nicho que ocupaban dichas especies en condiciones naturales (más la selección genética asociada al cultivo), y las opciones para el diseño de sistemas forestales y agroforestales son definidas por los mismos requerimientos de las especies que conforman el sistema, y los gradientes ambientales alrededor de las plantas en el sistema.

Es importante señalar que la variación ambiental se presenta de forma continua y a menudo paulatina; o sea, que son muy pocas las situaciones en que, por ejemplo, la magnitud de una variable del ambiente como la intensidad lumínica cambia de repente de uno a cien.

Por otro lado, las especies vegetales son capaces de sobrevivir en un amplio rango de la magnitud de un recurso o una condición; este rango es menor en el caso del crecimiento y aún menor en el caso de la reproducción exitosa.

Tomadas en conjunto estas consideraciones determinan que la abundancia de una determinada especie cambia paulatinamente en respuesta a la variación ambiental, y como veremos, las diferencias de composición entre comunidades naturales son relativas y no absolutas, pues muchas especies están presentes en todas las comunidades de un sitio determinado, aunque su abundancia es muy variable.

**Por otra parte, las magnitudes de las condiciones y los recursos del ambiente son muy a menudo interdependientes y las condiciones afectan indirectamente a los organismos por medio de su influencia sobre los recursos. La temperatura del suelo, una condición, afecta la tasa de mineralización del nitrógeno y por tanto la disponibilidad de este recurso para las plantas.**

**Asimismo el pH del suelo determina el estado químico de los iones minerales y así su disponibilidad. Por último, algunos factores del medio, como el agua, pueden constituir a la vez una condición y un recurso.**

**En este capítulo se introducirán los conocimientos sobre las condiciones y recursos del ambiente que afectan la distribución y la abundancia de las plantas de las zonas tropicales húmedas. Primero, se identifican algunos principios generales con respecto a la variación ambiental y las reacciones que presentan los organismos ante dicha variación.**

**Posteriormente se señalan algunas generalidades importantes sobre los recursos de las plantas, su utilización, y la variación de la abundancia o magnitud de los recursos, tanto en el espacio como en el tiempo en ambientes de bosque húmedo tropical.**

**Estas generalidades forman la base de los análisis sobre las interacciones entre las plantas en sistemas ecológicos forestales y agroforestales, y sobre la estructura y dinámica de los mismos sistemas.**

**Se da mayor énfasis a la radiación solar, cuya importancia en los sistemas ecológicos forestales y agroforestales como recurso y como factor que determina condiciones importantes, es sobresaliente.**

## **1.2.1 LAS CONDICIONES**

### **1.2.1.1 LA TEMPERATURA**

Según la definición geográfica, los trópicos son la parte del mundo situada entre los 23.5 grados norte y sur del ecuador; los trópicos pueden definirse como la parte del mundo en donde la variación de la temperatura media mensual es de 5°C o menos entre el promedio de los tres meses más calientes y los tres más fríos, Sanchez (1981).

A nivel global es muy evidente que la temperatura juega un papel importante en la distribución de los organismos sobre la tierra. En cuanto a los trópicos, el régimen de temperatura es relativamente constante en las tierras bajas y son la precipitación y otros factores los que determinan las distribuciones de las zonas de vida y sus especies características (Holdridge, 1976).

Por otra parte, hay fuertes variaciones de temperatura en las montañas tropicales que contribuyen directa o indirectamente a determinar la distribución de las diferentes comunidades naturales sobre las mismas (Stadmuller, 1986).

Las temperaturas medias anuales generalmente bajan 0.6°C por cada 100 m de aumento de elevación en los trópicos; si por ejemplo, a nivel del mar la temperatura media anual es de 26°C, a 1000 m será de 20°C y a 2000 m de 14°C (Sánchez, 1981).

A escala de comunidad o planta individual, dentro de una determinada zona de vida, la temperatura tiene otros efectos que cabe mencionar:

Las temperaturas muy altas o muy bajas constituyen un estrés ambiental para las plantas, o sea que son condiciones fuera del rango que normalmente toleran las plantas que pueden provocar disfunciones biológicas y la muerte de órganos o hasta la planta entera.

En términos generales las plantas verdes son capaces de tolerar temperaturas ambientales de hasta 50°C o más, en especies de desiertos y otros hábitats extremos (levitt, 1972). Desde luego estas temperaturas no se presentan muy a menudo y en la práctica, los efectos de la temperatura se hacen evidentes a otros niveles.

Las hojas, como son órganos de asimilación de energía, están casi siempre a una temperatura mayor que la ambiental y son muy susceptibles al estrés. La transpiración es un mecanismo importante de control de la temperatura foliar y cuando se encuentra suprimida, por ejemplo en condiciones de alta humedad relativa del aire, las hojas se pueden dañar (Etherington, 1982).

El agua del suelo representa a la vez una condición y un recurso. Con respecto a las condiciones edáficas, el contenido de agua juega un papel determinante en la difusión de los gases oxígeno y dióxido de carbono alrededor de los sistemas radicales de las plantas y los organismos de la microfauna y la microflora del suelo (W. Armstrong, en Etherington, 1982).

En suelos bien drenados, la difusión por los poros del suelo es adecuada para el metabolismo orgánico; sin embargo, las tasas de difusión en agua son unas diez mil veces menores. Por tanto, en suelos pobremente o mal drenados se presentan condiciones anaeróbicas a las cuales las plantas deben adaptarse. Además de condiciones químicas, niveles tóxicos de hierro y manganeso.

## 1.2.2 LOS RECURSOS

### 1.2.2.1 LA RADIACION SOLAR

La radiación solar es la única fuente de energía que puede ser utilizada por las plantas verdes. La luz que recibe una planta tiene varios componentes cuya importancia relativa depende de varios factores del ambiente. La caracterización adecuada de la luz en relación al crecimiento vegetal es muy difícil.

En términos generales, la luz puede llegar directamente a la planta o en forma difusa debido a factores de la atmósfera la presencia de polvo, después de ser reflejada, o después de ser transmitida por las hojas de otras plantas. A nivel global, la fracción de luz directa es mayor en el trópico debido a la inclinación del eje terrestre que expone los trópicos a mayor radiación, además los rayos al caer en forma más perpendicular atraviesan una atmósfera más delgada (Sánchez, 1981), a pesar de ello, la nubosidad limita fuertemente la luz directa en el trópico húmedo.

Es evidente que en sistemas forestales y agroforestales mucha luz no llega directamente a las plantas. Cuando la radiación solar es interceptada por una hoja, puede ser reflejada, transmitida o absorbida. la luz reflejada no es sujeta a ningún cambio de longitud de onda. Por otra parte, no toda la luz es absorbida por el aparato fotosintético, sino sólo un cierto rango de longitud de onda. Por lo tanto, la luz transmitida es modificada cuantitativa y cualitativamente.

No toda la luz es absorbida porque el aparato fotosintético no utiliza radiación solar de cualquier onda. Más bien, los pigmentos de clorofila fijan (absorben) radiación en un rango longitudinal de onda entre 400 y 700 nm; este rango se denomina la radiación fotosintéticamente activa (RAFA).

La radiación de longitudes de onda fuera de este rango no constituye un recurso para las plantas. Debido a esta absorción preferencial de la RAFA por las hojas, la luz transmitida por el follaje es diferente a la que llega al follaje, no sólo cuantitativa (la cantidad o intensidad es menor), sino también cualitativamente; su composición espectral, o sea la representación porcentual de las diferentes longitudes de onda, es diferente pues hay menos RAFA.

Queda claro que la reducción del valor fotosintético de la luz que reciben las plantas sombreadas por otras es proporcionalmente mayor que la reducción de la intensidad. El porcentaje de RAFA en la luz que recibe una planta puede afectar su patrón de crecimiento y suprimir o promover la germinación de semillas de ciertas especies.

Las plantas en el mundo real viven bajo un régimen de luz que presenta variaciones sistemáticas diarias y estacionales, y variaciones debido a la presencia de plantas vecinas. Las variaciones pueden ser predecibles, tal como las estaciones del año en el caso de la luz, y variaciones no-sistemáticas o no-predecibles que surgen debido al crecimiento y desarrollo de plantas competidoras.

Como ejemplo, las hojas de un arbusto del sotobosque de una selva natural, o de un cafeto bajo sombra, son sujetas a variaciones no-sistemáticas debido al crecimiento y desarrollo de los árboles de dosel superior o de sombra en el cafetal.

#### 1.2.2.1.1 ESTRATEGIAS BIOLÓGICAS ANTE LAS GRADIENTES DE ILUMINACION

La existencia de especies de plantas que requieren un habitat abierto y un alto grado de iluminación solar, y otras especies que toleran la sombra o que la requieren, es ampliamente conocida. La intolerancia o "heliofitismo" y la tolerancia o "esciofitismo" son las dos estrategias biológicas básicas que han evolucionado ante las gradientes de luz (por supuesto, las plantas no se pueden dividir en dos clases bien definidas; hay toda una gama de grados de tolerancia o intolerancia, ver libros de fisiología vegetal como Noggle y Fritz (1983), Beadle *et al* (1985), Boardman (1977) y otros).

La tasa de fotosíntesis tiene una relación fuerte con la intensidad lumínica. Las especies vegetales tolerantes que habitan sitios sombreados, no son capaces de obtener tasas fotosintéticas elevadas y no aumentan su crecimiento en condiciones de buena iluminación; sin embargo fotosintetizan eficientemente en condiciones de sombra. Por otra parte, las especies intolerantes que se encuentran creciendo bajo altas intensidades de iluminación en condiciones naturales tienen una capacidad fotosintética elevada en dichas condiciones, pero bajo sombra su fotosíntesis es menor que la de las especies de sombra.

Ahora, el crecimiento de una determinada planta representa el saldo de una cuenta en la cual los ingresos son el carbono asimilado a través de la fotosíntesis y las salidas son el carbono perdido a través de la respiración. Hay un valor crítico de la intensidad lumínica a la cual las ganancias de carbono son iguales a las pérdidas; a este valor se le llama el punto de compensación de luz (PCL).

Cuando la intensidad lumínica es menor que el PCL, la planta pierde carbono y de mantenerse la situación debe morir. Por lo general, el punto de compensación de las especies intolerantes es mayor que el de las especies tolerantes, este factor limita fuertemente el crecimiento bajo sombra de las especies intolerantes.

La tolerancia o intolerancia de una determinada especie vegetal es genéticamente fija. Sin embargo, cada planta es capaz de un cierto grado de adaptación no genética -fenotípica- a su ambiente inmediato. A este fenómeno se le llama plasticidad fenotípica, y con relación a las gradientes de luz, conduce a la formación de las llamadas hojas de sol y hojas de sombra. Las hojas de sol se desarrollan en sitios bien iluminados, como por ejemplo en las ramas más altas de una copa; la misma copa puede llevar hojas de sombra en sus ramas bajas.

En comparación con las hojas de sombra, las de sol son típicamente de área menor, más gruesas y con mayor número de células por unidad de área. Cabe señalar que debido a la existencia de estos diferentes tipos de hoja, cambios abruptos en el régimen de luz de una planta puede matar las hojas que ella tiene. Esto se puede observar en las plantas de sotobosque cuando se abre el dosel de un bosque natural en una operación de aprovechamiento.

#### 1.2.2.2 MOLECULAS INORGANICAS COMO RECURSOS

El dióxido de carbono se difunde libremente en el aire y aunque hay un flujo neto diurno hacia las comunidades terrestres y un flujo neto nocturno desde las mismas, es difícil encontrar variaciones significativas en la disponibilidad del recurso. Por lo tanto, esta molécula es considerada de distribución equitativa y de disponibilidad que supera las necesidades de los ecosistemas.

El agua. Todo organismo debe estar hidratado para que se realicen los procesos fundamentales de la vida. Ningún organismo es hermético y todos deben renovar continuamente su contenido de agua. Debido a que el agua se pierde por las mismas vías de acceso del  $\text{CO}_2$ , las plantas presentan características anatómicas que contribuyen a la conservación del agua, entre ellas los estomas.

A escala pequeña, la distribución de la agua del suelo es afectada por factores como topografía y tipo de suelo, existiendo especies que aprovechan diferentes sectores de estas gradientes de agua, siendo por ello el régimen hídrico del suelo uno de los factores más importantes en la determinación de la composición de los bosques húmedo tropicales naturales y de los cultivos o especies forestales aptas en un determinado sitio.

Los nutrientes minerales. Además del agua, una planta debe obtener del suelo sus recursos minerales esenciales, los cuales comprenden los macronutrientes y los micronutrientes. Todas las plantas requieren los mismos nutrientes; sin embargo, no los utilizan en las mismas proporciones, por lo cual especies distintas crecen en diferentes sectores de los gradientes de nutrientes que se encuentran en el suelo.

Es muy probable que el uso proporcional de los nutrientes minerales, en otras palabras, la demanda de la planta por los mismos, sea un factor importante en la determinación de las distribuciones naturales de las especies, y el tipo de sitio en que se puede sembrar un determinado cultivo.

### 1.2.3 GRADIENTES AMBIENTALES

No hace falta puntualizar que los paisajes que presentan los países tropicales son muy variables. Consisten en un mosaico de diversos cultivos, pastizales, purmas abandonadas con vegetación secundaria en diversas etapas de desarrollo y bosque. Cada uno de estos usos de la tierra tienen su propio patrón de condiciones ambientales, tanto con respecto al microclima (luz, humedad, etc.) como a las condiciones edáficas.

El profesional responsable de la planificación y el manejo de la tierra debe entender el funcionamiento de cada alternativa de uso de la tierra y resolver los problemas que se presenten. Para lograr esta meta es imprescindible analizar el comportamiento de las especies que componen los sistemas forestales y agroforestales en función de sus requerimientos, de las condiciones y recursos del ambiente y de los cambios ambientales que se dan a lo largo del tiempo.

Sin embargo, es importante recordar que los factores del ambiente son interdependientes, así por ejemplo, la intensidad lumínica, genera gradientes a nivel del suelo en la disponibilidad de nitrógeno, pues la tasa de mineralización de este elemento depende de la temperatura del suelo y su contenido de humedad, entre otros factores (Robertson, 1989). Por lo tanto un claro en el bosque es no solo un sitio de mayor iluminación y temperatura en relación al sotobosque, sino también de mayor disponibilidad de agua, nitrógeno y otros recursos del suelo.

### 1.2.3.1 GRADIENTES DE ILUMINACION SOLAR, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

**Bosques naturales.** La luz es un recurso de importancia primordial para las plantas; la temperatura y la humedad relativa del aire no son recursos sino condiciones. Sus magnitudes son fuertemente relacionadas a la de la luz y constituyen factores importantes del medio, pues pueden afectar procesos claves del ecosistema como la fotosíntesis y la mineralización del nitrógeno.

Existen varios estudios de las gradientes de estos tres factores dentro de bosques húmedo tropicales. Conviene identificar gradientes en el plano vertical, desde el suelo hasta el dosel superior del bosque, y en el plano horizontal, entre las diferentes fases del ciclo de regeneración del bosque.

El patrón de distribución de la luz, temperatura y humedad relativa en el plano vertical debe depender de la estructura de la vegetación y por lo tanto, cada tipo de bosque presentará variaciones alrededor del mismo modelo general.

En cuanto al plano vertical, los conocimientos fueron revisados por Baumgartner y Brunig (1980). Estudios del perfil vertical de la intensidad de la RAFA en bHT primarios en Malasia muestran una decadencia paulatina de 100% un 25% entre 58 m y 47 m de altura; una intensidad de aproximadamente 25% se mantiene hasta alcanzar el dosel intermedio denso a unos 30 m (Fig.).

Este rango de altura corresponde al espacio ocupado por los árboles emergentes del bosque (diagrama de perfil de un bosque parecido en Richards, 1976). Debajo de este nivel hay una disminución logarítmica a 5% a los 20 m y 2% a los 10 m. La intensidad lumínica entre el piso del bosque y una altura de 5 m es menor de 1% de la plena iluminación del día.

Estudios en el bosque primario de la Estación Biológica la Selva en Costa Rica, demuestran que la intensidad de la RAFA (fotografías emisféricas) al piso del bosque es siempre menor del 5% de la plena iluminación del día.

Chazdon (1986), señaló que esta intensidad lumínica muy baja es uniforme hasta aproximadamente 1.5 m de altura, presentándose un aumento marcado a alturas mayores.

Posiblemente muy pocas plantas serían capaces de sobrevivir si esta baja intensidad de RAFA fuera uniforme y permanente; sin embargo, la mayor proporción de la iluminación que recibe una planta de sotobosque es suministrada por las pequeñas entradas de luz directa ("sunflecks" en inglés) que alcanzan el piso del bosque.

Chazdon (1986) mostró que esta proporción oscila entre 10% y 80% en el caso de palmeras de sotobosque en Costa Rica. El mismo autor, en una revisión del tema (1988), señala que en general en bosques húmedo tropicales, las entradas de luz directa suministran de un 50-70% de la energía lumínica diaria que alcanza el sotobosque y un 30-80% de la asimilación neta diaria de carbono de las plantas.

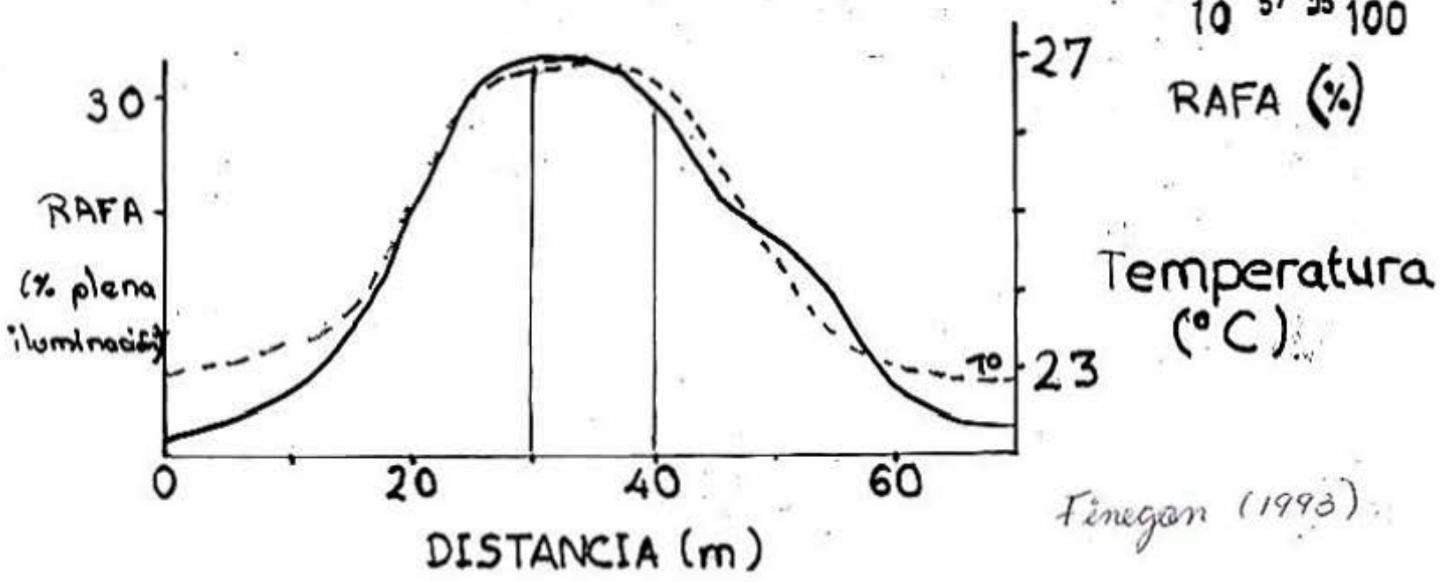
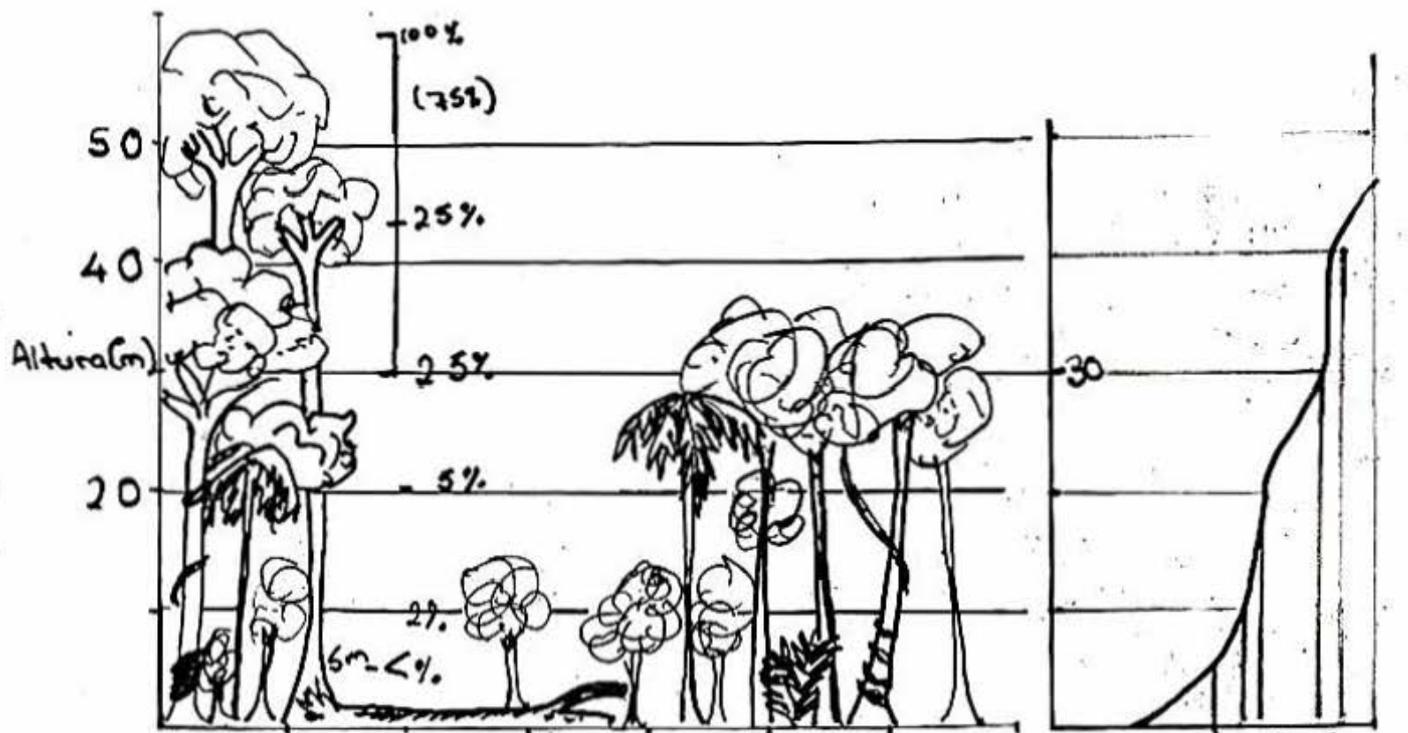
INIA-JICA (1991) y Vidaurre (1992) utilizando acumuladores de célula fotoeléctrica encontraron que algunas especies de bosque primario, luego de germinar bajo el dosel a intensidades de luz entre 5-10%, necesitan para poder sobrevivir grandes intensidades de luz, que se presentan ocasionalmente en el bosque debido a su propia dinámica. El caso estudiado es el de la especie *Cedrellina catenaeformis* cuyos requerimientos de luz al mes de su germinación, esta en el 50% de intensidad relativa.

En cuanto a la composición espectral de la luz, la proporción de luz "roja alta" aumenta significativamente en los niveles inferiores del bosque debido a la absorción de la "luz roja baja" por las hojas de las plantas de dosel. Bazzaz (1986) compara la composición espectral de la luz de un campo abierto, de una entrada de luz en el sotobosque y a la sombra del sotobosque. A la sombra, la intensidad de las longitudes de onda menores de 700 nm fue muy reducida; sin embargo, la RAFA de la entrada de luz presentó una composición espectral igual a la de la luz del campo abierto, demostrando que la calidad de la RAFA de las entradas es mucho mejor que la del sotobosque.

Ahora se puede considerar las gradientes ambientales en el plano horizontal. Con respecto a los bhT naturales, un tema constante en este documento será la variabilidad de un punto a otro de la estructura del bosque y su importancia a todos los niveles, desde el funcionamiento del ecosistema hasta el crecimiento de las plántulas. Los bhT no son comunidades homogéneas de dosel alto y cerrado y sombra uniforme en el sotobosque. Más bien, consisten en un mosaico estructural en un estado de cambio dinámico constante (el ciclo de regeneración del bosque).

Whitmore (1984) manifiesta que el mosaico regenerativo consta de tres fases, la de claro, la de reconstrucción o regeneración y la fase madura (Fig.).

En términos generales, en el piso del bosque, los claros reciben más iluminación que las otras fases del mascazo y por lo tanto presentan temperaturas más altas y grados menores de humedad relativa (Denslow, 1980; Martínez-Ramos, 1985). Es importante enfatizar que aunque los claros son las partes del bosque que reciben el mayor grado de iluminación, este es menor que la plena iluminación del día.



Finegan (1993)

En el bht de la Estación Biológica La Selva, Costa Rica, se determinó que la Intensidad de RAFA en el centro de cuatro claros naturales relativamente grandes oscilaba entre 9% y 23% de la plena iluminación del día (Denslow et al. 1990). La RAFA recibida por las orillas de los claros era menor que en los centros (3-11 % de plena iluminación) y en el sotobosque de la fase madura oscilaba entre 0.4% y 2% (Denslow et al., 1990).

Otro aspecto importante de las gradientes ambientales en claros es el efecto del tamaño de la apertura sobre su microclima. En términos generales, la intensidad lumínica en los claros aumento conforme aumenta la superficie total de los mismos. Así, Barton et al., (1989), trabajando en La Selva, determinaron los totales diarios de energía lumínica en seis claros naturales cuya superficie total variaba entre 71 m<sup>2</sup> y 615 m<sup>2</sup>. Encontraron una correlación estadística altamente significativa entre la superficie del claro y el total diario de energía. Otra vez, la energía recibida aún por el claro más grande fue mucho menor que la de la plena iluminación del día, en este caso alrededor de un 30% en el claro de 615m<sup>2</sup>.

Trabajando también en la Estación Biológica La Selva Fetcher et al. (1983) determinaron la relación de la temperatura y la humedad relativa al mosaico regenerativo, mostrando además los cambios que se dan en un punto determinado a largo del tiempo.

Se midieron la temperatura del aire y la humedad relativa en cuatro sitios: un claro artificial de aproximadamente 0.5 ha, un claro natural de 400 m<sup>2</sup> (0.04 ha) que se originó 2-3 meses antes del inicio del estudio; en el sotobosque cerca del claro natural y en un árbol en la orilla del claro a una altura de unos 30 m. En los dos claros y en el sotobosque los aparatos de medición se colocaron a una altura de 70 cm. El estudio duró de abril de 1981 a mayo de 1983 y se determinaron entonces no sólo la variación microclimática espacial -o sea las diferencias entre los 4 sitios en un momento determinado- sino también las tendencias que se presentaron en los claros con el tiempo a medida que iba desarrollando la regeneración natural.

El estudio se dividió en tres períodos de abril a octubre de 1981, de noviembre de 1981 a mayo de 1982, y de febrero a mayor de 1983, midiéndose la temperatura y la HR a intervalos de 2 horas, empezando a la medianoche.

En el primer período del estudio, de abril a octubre de 1981, la temperatura era más baja, de día en el sotobosque y más alta en el claro grande, siendo la diferencia de unos 5 grados centígrados. La copa y el claro pequeño presentaron temperaturas intermedias (fig. 6). Al mediodía el sotobosque fue el sitio más húmedo, y el claro grande el más seco; el claro pequeño y la copa son otra vez intermedios (fig. 6). De noche, no hubo diferencias marcadas entre los cuatro sitios ni de temperatura promedio ni de humedad relativa: las diferencias significativas entre sitios aparecieron a partir de las 6. a.m.

En el segundo período del estudio se identificó la acción amortiguadora sobre el microclima de la vegetación que venía regenerando en los dos claros. Como los medidores se colocaron a una altura de 70 cm fueron tapados rápidamente por la vegetación e los dos claros, de manera que en el segundo período no se presentaron diferencias significativas, con respecto a la temperatura y la humedad relativa, entre el claro grande, el claro pequeño y la copa del árbol.

Sin embargo, ambas variables eran significativamente menores en el sotobosque que en los otros sitios.

Gradientes ambientales a nivel de suelo. Aquí se considera la variabilidad del suelo en bosques naturales tropicales solamente. La vasta literatura agronómica puede ser consultada para información sobre el suelo en agroecosistemas.

A gran escala, como muestra cualquier mapa nacional o regional de suelos, hay mucha variación edáfica, la cual junto con el clima determina la distribución de las diferentes asociaciones de vegetación natural, tanto como el uso potencial agrícola de la tierra. Evaluaremos aquí la variación edáfica dentro de determinadas zonas de vida a escala mediana y pequeña. En el capítulo 4, se mostrará cómo esta variación determina la composición florística de la vegetación natural.

Entre los factores (normalmente interdependientes) que determinan las condiciones edáficas de un determinado sitio se encuentran el origen del material, su edad, el clima, la historia de manejo del sitio y la topografía. El factor historia de manejo será considerado en el capítulo. Aquí entonces, nos concentraremos en la relación de la topografía y la estructura del bosque a las condiciones de suelo.

El primer estudio de caso procede de la Guayana Francesa. Los bosques del interior de este país crecen sobre suelos derivados de la roca precambriana del Escudo de las Guayanas, la formación geológica más antigua de la América tropical. Como la roca madre es altamente meteorizada, queda claro que los suelos derivados de ella también son de fertilidad básica muy baja (véase Chauvel, 1982). Lescure y Boulet (1985) reportan sobre los gradientes ambientales en los suelos de un sitio en Sainte-Elle.

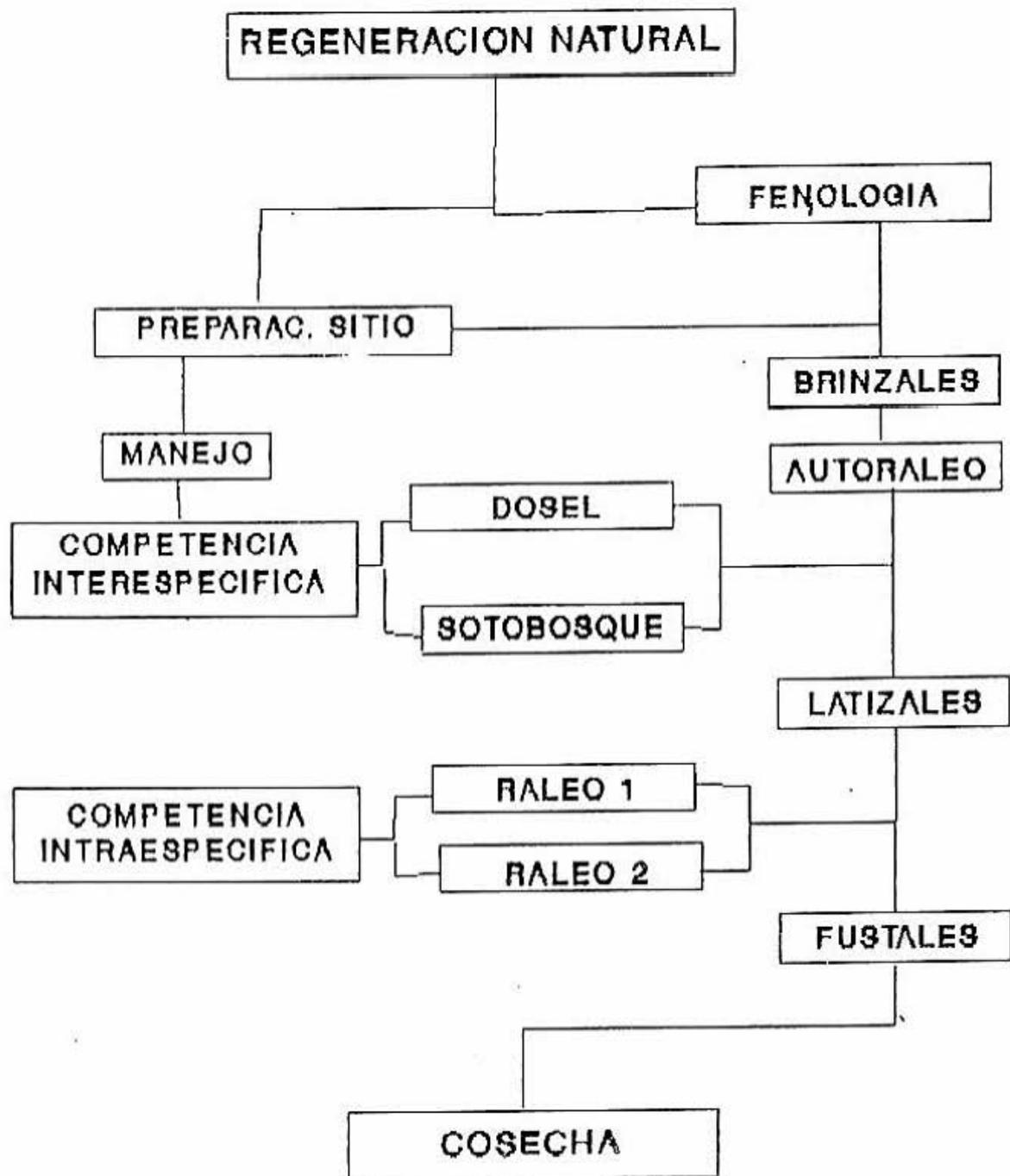
La topografía es de colinas bajas y los suelos fueron clasificados en dos tipos según sus características de drenaje: drenaje vertical libre (DVL) y drenaje vertical impedido (DVI). La distribución de condiciones hidromórficas (alto contenido de humedad) fue determinado en relación a esta clasificación.

En suelos DVL la hidromorfia se presenta, como es de esperar, solamente en los bajos. Dicho de otro modo, son suelos bien drenados.

En cambio, en suelos DVI la hidromorfia se extiende desde los bajos por las laderas también. Se encontró poca variación química entre los suelos DVL y los DVI, por lo cual se concluyó que la variación de la composición florística del bosque se debe a la variación física del suelo y su efecto sobre el drenaje.

Un estudio un poco más detallado indica en términos más concretos como las condiciones de suelo pueden afectar las distribuciones de las especies individuales dentro de la vegetación.

\* Finigan



## REGENERACION NATURAL

(Expositor: Héctor Vidaurre A.\*)

Diversos estudios muestran que la Regeneración Natural en Bosques Húmedo Tropicales, es difícil y poco rentable, aunque no sea imposible; sin embargo, la Regeneración Natural continúa siendo el método más deseable, pues la concepción del manejo sustentable, esta concebida para mantener la producción maderera a la vez que se protege la ecología del Bosque Tropical. Por siguiente, para el efecto del manejo de Regeneración Natural en el Proyecto, se examinó la actitud de varias de las principales especies.

Inicialmente, debido a las características muy difíciles para Regenerar Bosques Tropicales, se pensó en hacer un manejo en base a los conocimientos de la fenología (floración y producción de frutos) de las especies seleccionadas, y tratamientos de clareo, limpieza de la superficie de suelo, control de luz y un estudio adicional sobre la dispersión de las semillas.

Afortunadamente el estudio progreso en dirección inesperada; a principios de 1981 hubo una muy buena producción de semillas de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke ("Tornillo"), una de las principales especies del proyecto; lo que derivó en el establecimiento de miles de plántones.

Como no se hallaron árboles pequeños de esta en el estudio forestal, se supone que resulta difícil el crecimiento de numerosos plántones con la luminosidad normal del suelo. Debido a ello se quitaron los árboles medio de diámetros pequeños que reducían la luminosidad sobre suelo, elevándose gradualmente la luminosidad sobre suelo, lo que resultó en el crecimiento vigoroso en los plántones.

La hipótesis resultante del estudio es que, en Bosques Húmedos Tropicales, es fácil que los plántones crezcan si caen muchas semillas en el suelo, pues la vegetación en ella es pobre debido a la poca luminosidad. Lo inhibe el crecimiento de los plántones no es la vegetación del suelo sino los árboles medio de diámetros pequeños que absorben la mayor parte de la luz solar. Es por ello esencial, no sólo asegurar que los plántones se hallen presentes sino también extraer los árboles que obstaculicen el desarrollo de los plántones. Si la luminosidad se incrementa con anterioridad a la caída de las semillas, el resultado sería vegetación exuberante en el suelo, la cual inhibiría el crecimiento de los plántones, interrumpiendo así la Regeneración Natural.

Para verificar dicha hipótesis, extranjimos árboles medio de diámetros pequeños, confirmando al mismo tiempo la presencia de plántulas. hasta asegurar una luminosidad relativa del 50% al año siguiente de una buena producción, y consecuentemente se tuvo éxito en la Regeneración Natural de la Cedrelinga.

Probada la hipótesis hicimos intentos similares con algunas de las otras especies.

A todo esto podemos decir que hemos tenido éxito con un posible método de Regeneración Natural en los Bosques Húmedo Tropicales, que antes se consideraba difícil. Esto respalda la idea de que el desarrollo puede y debe ser compatible con la Conservación de los Bosques Húmedo Tropicales.

El manejo de la regeneración natural se realizó de dos maneras: Manejo de Regeneración Mixta (varias especies), y Manejo de la regeneración de una sola especie.

En el caso de la Regeneración Mixta, se seleccionaron árboles de todas las especies deseadas para árboles semilleros, y si crecían formando grupo, una cierta área se designaba como parcela de Regeneración Natural, en la que la preparación de la superficie se realizaba antes de que los árboles semilleros diseminaran, se instalaban los plántulas. En dicha parcela se establecieron; Palo Sangre Amarillo, Lagarto Caspi, Cumala Negra, Mashonaste Amarillo, Ubos y Tahuari Amarillo. Aunque crecieron algunas plántulas en la parcela, su escala y tamaño era pequeña y no prosperaron. Asimismo las operaciones y el manejo resultaron complicados.

Como no pudo encontrarse una parcela de este tipo en la que la distribución, cantidad, especies, edad y ubicación de los árboles semilleros fuera adecuado, se excluyó del estudio de Regeneración Natural.

En el caso de manejo de la Regeneración Natural de una sola especie los árboles semilleros fueron de las especies comerciales más deseadas. Se seleccionaron catorce especies en este Proyecto: Ishpingo, Tornillo, Caoba, Cedro Colorado, Copaiba, Quillobordón Colorado, Pumaquiro, Moena Negra, Yacushapana Negra, Panguana, Huamansamana, Mashonaste Colorado y Lupuna. Debido a que árboles semilleros de una misma especie no se encuentran generalmente agrupadas, el área de manejo fue pequeña.

## DISTRIBUCION NATURAL DE LAS ESPECIES UTILES EN RELACION A LOS TIPOS DE SUELO

Aunque confinados al sitio del Proyecto se pudo determinar la siguiente distribución en relación a suelos según el Mapa de Suelos de la FAO.

1. Vertic Cambisol: (Tiene una gran concentración básica y buena retención de nutrientes). La Caoba y la Copaiba crecieron vigorosamente, mientras que Yacushapana, Estoraque, Huayruro y Lagarto Caspi crecieron de manera típica.
2. Chromic Cambisol: (Tiene niveles básicos razonables y gran retención de nutrientes). Su distribución es limitada. Ishpingo, Tornillo y Cedro crecen relativamente bien.
3. Plinthic Acrisol: (Es un suelo fuertemente ácido, que tiene poca retención de nutrientes). El Tornillo crece densamente, mientras que el Ishpingo y Cedro crecen relativamente densos Moena y Cumala También crecen bien.
4. Plinthic Gleysol: (Tiene una concentración relativamente alta de bases, y retiene sus bases más que Acrisol. No obstante es susceptible a la saturación de agua en la estación de lluvias y por lo tanto a la falta de oxígeno). Tiene poca relación con las especies principales, de las que sólo se encuentran unas cuantas como Lupuna.

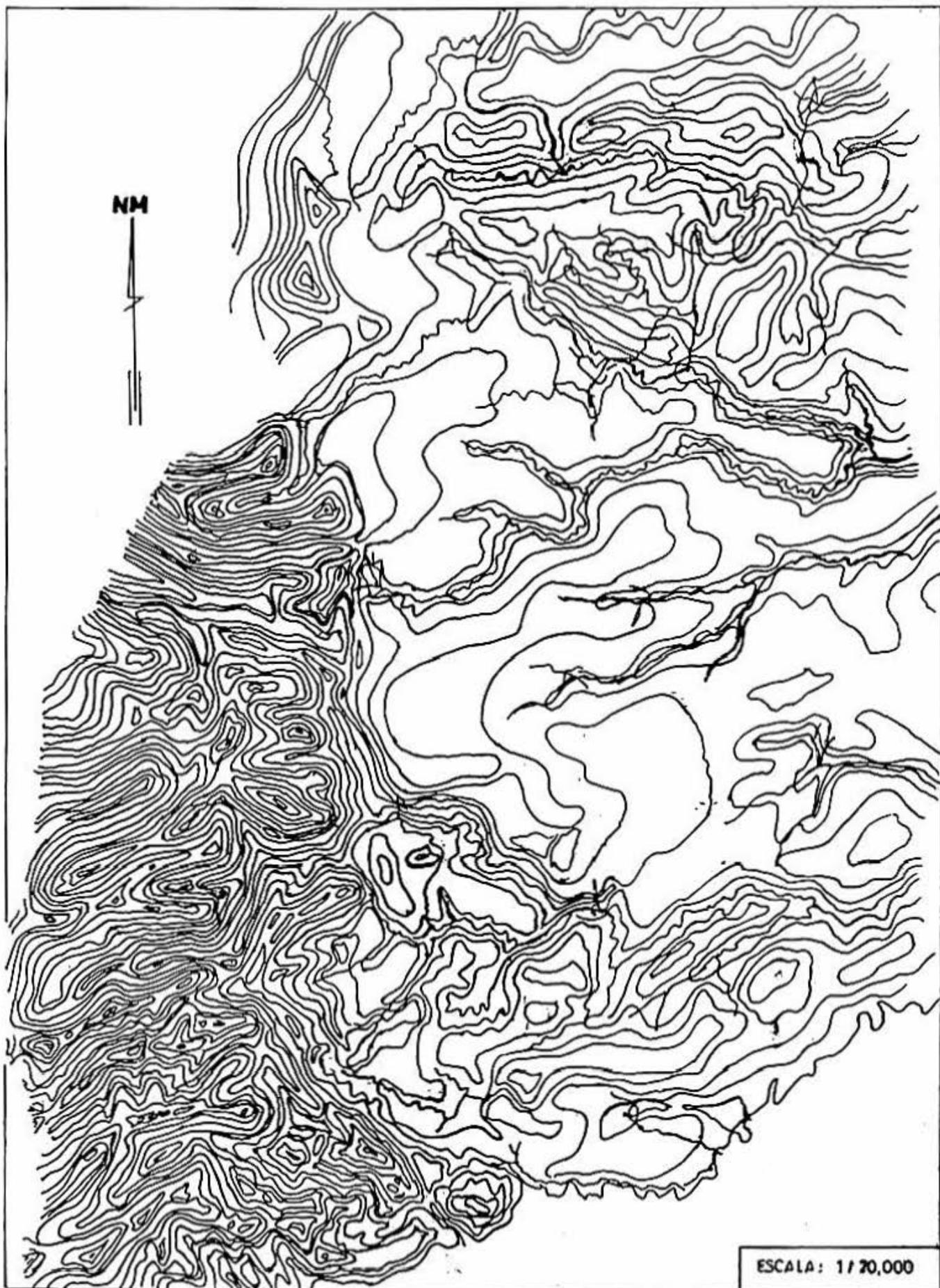


FIGURA 4 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE TIPOS DE TERRENOS EN EL BOSQUE NACIONAL ALEXANDER VON HUMBOLDT.

