Schmidt y Ferguson, citados por Whitmore (1975), determinan los meses secos y mojados para cada año según el criterio de Mohr, luego promedian los resultados y calculan el índice Q:

$$Q = (\text{meses secos/meses mojados}) \times 100$$

De acuerdo con Mohr: En las zonas bajas tropicales mes seco es aquel con menos de 60 mm; mes húmedo cuando la precipitación se encuentra entre 60 y 100 mm,; mes mojado cuando llueven más de 100 mm. Luego, con base en el triángulo de la figura 3, clasifican los climas desde A ($0 < Q < 14,3$ %) que son climas permanentemente húmedos hasta G ($Q > 450$ %), que son los climas permanentemente secos.

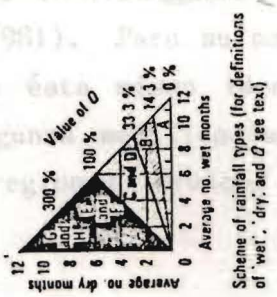

Fig. 3. Clasificación de climas de acuerdo con la relación entre meses secos y mojados (WHITMORE, 1975).

Este sistema se ha empleado con éxito en Indonesia para la planificación del uso de la tierra y podría servir para insentarlo dentro del sistema de Holdridge con el fin de separar las zonas de vida en el nivel de asociaciones de acuerdo con la distribución de las lluvias. Si así fuese, se deberían reducir los criterios de mes mojado, húmedo y seco en función de la temperatura. Los meses secos podrían ser para los pisos tropical, premontano más montano bajo, montano y subalpino: aquellos con menos de 60, 30, 15 y 7,5 mm respectivamente. De igual forma los meses mojados para éstos mismos pisos serían 100, 50, 25 y 12,5 respectivamente. Es posible llegar a un refinamiento mayor para el premontano y el montano bajo.

El balance hídrico introducido por Thornwaite (1948) ha influido en numerosos

sistemas ampliamente utilizados en América latina. Golfari (1963, 1967) empleó la temperatura del mes más frío y del mes más cálido, la presencia de heladas y el déficit hídrico para seleccionar áreas aptas para coníferas en zonas tropicales y subtropicales. la aplicación de sus estudios fué muy éxitosa en el estado de São Paulo, Brasil. Posteriormente Victor et al. (1986) informan que al introducir variables adáficas y económicas y correlacionar esta información con los resultados de 600 parcelas permanentes, se ha podido cartografiar las zonas más aptas para la reforestación con Pinus y Eucalyptus en el Estado.

Para fines forestales en Australia separan los Eucalyptus de acuerdo con la periodicidad de las lluvias en tres zonas: de precipitaciones uniformes, estivales e invernales (FAO, 1981). Para su mapa silvicultural de Sur Africa Poynton (1979) emplea también ésta misma idea pero además las regiones de húmedad de Thornwaite con algunas modificaciones, en total cuatro. Además dividió los climas en cinco regiones térmicas de acuerdo con la temperatura mínima media del mes más frío.

Vegetación Indicadora

El fundamento de las plantas indicadoras, anota Pritchett (1979), es la presencia de especies con adaptaciones ecológicas muy limitadas; ésto es, especies que sólo toleran una amplitud muy estrecha de condiciones ambientales. Estas son por lo regular plantas pequeñas y no árboles.

El uso de la vegetación para evaluar la productividad de las tierras forestales fué revisado en detalle por Daubenmire (1976). El concluye que la vegetación refleja la suma de todos los elementos del medio ambiente que son importantes para las plantas y subestima la mayoría de las críticas que ha recibido su uso como medida de la productividad. Killian, citado por Schönau (1988), concuerda en que la vegetación es un indicador muy sensible del sitio, pero también dice que los sistemas puramente florísticos tales como la vegetación de un sitio, las comunidades vegetales y los tipos de cubierta vegetal dan

resultados satisfactorios sólo en bosques poco alterados. El uso de plantas o de comunidades indicadoras es de mayor utilidad en las regiones templadas y frías donde hay menos especies que en las regiones tropicales. Aún en regiones subtropicales parece de poca utilidad de acuerdo con Schönau. Este autor agrega que el método es difícil de aplicar en áreas donde la vegetación ha sido destruida o disturbada debido a las cortas o quemas reiteradas; así mismo, en áreas que se han usado para la agricultura o el pastoreo con cultivo intensivo y fertilización. Se presenta la misma limitación en las plantaciones de especies exóticas manejadas intensivamente, en las cuales la vegetación baja es totalmente sombreada desde los estadios iniciales. Parece entonces que, al menos en el trópico, el uso de la vegetación solamente no parece un método suficientemente confiable y hasta ahora no parece que se hayan realizado investigaciones exitosas al respecto.

A pesar de lo anterior, el autor considera que si se estudiase con más detalle la vegetación tropical y, en especial, las especies pioneras arbóreas y arbustivas así como las gramineas y otras hierbas, posiblemente se encontrarían buenas plantas indicadoras. Se sabe, por ejemplo, que pioneras tales como Ochroma lagopus y Trema micrantha son especialmente abundantes en suelos relativamente fértiles en relación con aquellos suelos en donde predominan Vismia sp y varias Melastomataceae. En las altas montañas del trópico se conocen varias especies de helechos, ericaceas, melastomataceae y gramineas, que parecen asociarse con determinados niveles de fertilidad en los suelos.

Geomorfología

Como lo puntualiza Grey (1986) "Un sistema racional para la subdivisión de la tierra es un prerrequisito para la planeación eficiente y el manejo de cualquier empresa forestal. la superficie terrestre refleja un balance entre los procesos pasados y las propiedades físicas, químicas e hidrológicas de los materiales subyacentes. la geometría de la superficie terrestre tiene una influencia considerable en los procesos que operan en la actualidad; por ejemplo, la pendiente es una propiedad importante, la cual determina la

estabilidad del suelo y de la regolita, y la interacción entre la pendiente y su aspecto, explica una gran proporción de la radiación de onda corta que recibe cualquier lugar (Es de menor influencia en el trópico). la configuración de la pendiente juega un papel dominante en el estatus de la húmedad y en el régimen de temperatura del solum".

Grey (1979 a 1980, 1986) ha empleado la aproximación geomorfológica del paisaje para predecir la calidad del sitio para el Pinus patula en Sur Africa. Este autor desarrolla su método basado en la descripción de seis unidades geomorfológicas (Unidad 1 hasta unidad 6) con base en una serie de criterios entre los que se encuentran: Forma del pérfil (Cóncavo, convexo y recto), grado de convexidad, porcentaje de pendiente, presencia de agua y paisajes sobre depósitos aluviales o coluviales (Grey, 1986).

Entre los resultados más interesantes de Grey (1979) se encuentra la predicción del sitio para el Pinus patula de acuerdo con tres diferentes clasificaciones así:

$$S\ (March) = 29{,}51 - 0{,}00659X_3 + 0{,}7029X_6 - 0{,}388X_7\ ,$$

$$R^2 = 0{,}479\ ,\quad E.E. = 1{,}91.$$

$$S\ (Crowe) = 30{,}53 - 0.0730X_3 + 0.299X_4 + 3{,}844X_{22}\ ,$$

$$R^2 = 0{,}459\ ,\quad E.E. = 2{,}32.$$

$$C.M.A.\ (Wessel) = 18{,}50 - 0{,}171X_7 + 1{,}285X_6 + 0{,}0414X_4\ ,$$

$$R^2 = 0{,}422\ ,\quad E.E = 4{,}37,$$

donde: S = índice de sitio en metros a los 20 años,

C.M.A = Crecimiento medio anual del volumen a los 20 años (m^3/ha/año),

X_3 = Altura sobre el mar (m),

X_4 = % de distancia desde la cresta de la colina,
X_6 = Unidad de paisaje (Codificada),
X_7 = % de pendiente,
X_{22} = Material de partida (Codificado).

Una relación similar a la anterior la consiguió Evans (1984) para Pinus patula en Suazilandia con base en sesenta y una parcelas. El análisis de regresión generó la siguiente relación significativa

$$Y = -18{,}75 + 0{,}0544X_3 - 0{,}000022X^2_3 + 0{,}0185X_4 + 0{,}5346X_{11},$$

$R^2 = 0{,}656,$

donde: Y = Altura de dominantes a los 12 años (m),
X_3 = Altitud sobre el mar (m),
X_4 = % de distancia desde la cima hasta el valle,
X_5 = % de pendiente,
X_{11} = Código de fertilidad del suelo.

En Colombia Tschinkel (1972 a, 1972 b) encontró que la combinación de variables que mejor explicaba el índice de sitio de Cupressus lusitanica en el oriente de Antioquia resultó ser

$$S = 9{,}28 + 0{,}133\ C - 0{,}145\ P,$$

$R2 = 0{,}72$, E.E. = 1,9 m,

donde: S = Altura de los árboles dominantes a los 15 años (m),
P = Pendiente mínima en grados,
C = Código topográfico.

El código topográfico refleja una calificación ocular de la topografía de acuerdo con su concavidad y convexidad (Ver figura 4). Tschinkel no

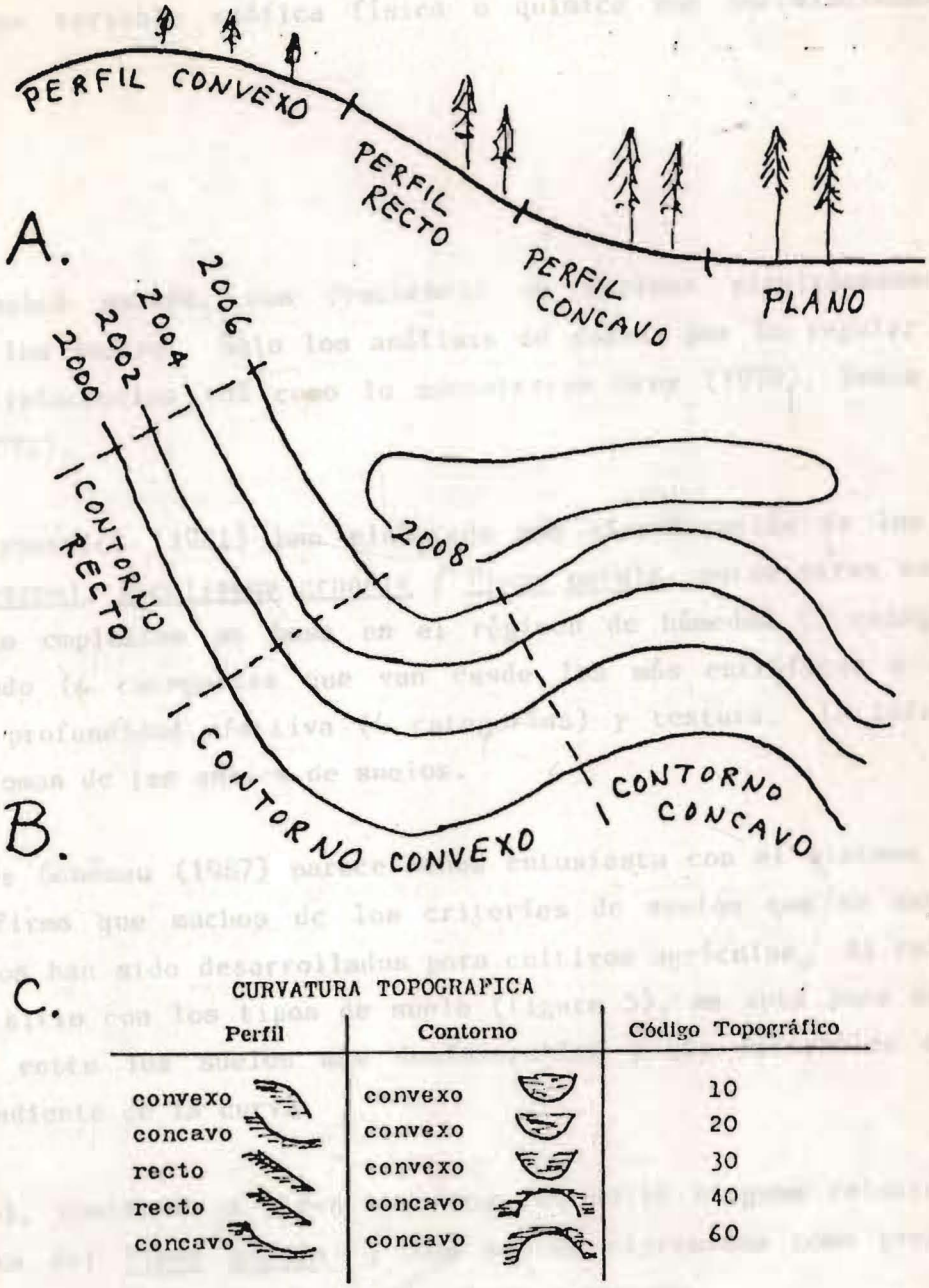

Fig. 4. Descripción de un área en cuanto a su curvatura topográfica (TSCHINKEL, 1972 b).