

Apéndice D

Clasificaciones de los Bosques

La tarea de describir y tratar de explicar la gran diversidad de ecosistemas forestales en los trópicos ha ocupado a biólogos, ecólogos y dasónomos durante más de un siglo.

Los científicos de la zona templada, al comparar los ecosistemas tropicales con los de la zona templada, han concluido que las diferencias sólo son cuestión de grado. De Laubenfels (1975, p. 38) declara que “no se puede decir con justicia que existe una clase de formación vegetativa en las latitudes medias que se puede segregar con éxito de las clases tropicales correspondientes. Sólo es posible identificar las divisiones florísticas y los rasgos únicos que separan a una planta dada (o grupo de plantas) de todas las demás.” Por ejemplo, las plantas tropicales son sensibles a las heladas; pero, las plantas de la zona templada necesitan variaciones en el largo del día o de temperatura para completar sus ciclos de vida.

De Laubenfels (1975) enumeró varias características fisionómicas que distinguen a las cuatro formaciones principales de plantas: el bosque pluvial, el bosque estacional, los terrenos boscosos y el desierto. Consideró que un sotobosque continuo es una característica de los bosques pluviales; que los bosques estacionales no son estructuralmente diferentes, sino sólo árboles dispersos debajo del dosel, aunque también incluyen árboles que pueden perder sus hojas durante varias semanas. Los bosques, a diferencia de los terrenos arbolados (“woodland”), tienen doseles continuos, aperturas entre las copas de los árboles que llegan hasta el suelo y árboles juveniles distribuidos al azar o concentrados en los claros del bosque. De Laubenfels también concluyó que una sequía prolongada elimina a las plantas delicadas, tolerantes a la sombra.

Los intentos de caracterizar y diferenciar los ecosistemas forestales tropicales generalmente incluyen la agrupación en clases de los sujetos que comparten características comunes (Havel 1980). Luego, se intenta relacionar las clases con las condiciones ambientales fundamentales. Mediante tal clasificación se infiere que las diferencias entre los miembros que pertenecen a cada clase son menores que las diferencias entre clases.

En general, las clasificaciones aceptables de los bosques tropicales han sido un tanto esquivas. Si se usan como criterios factores eternos (como clima y suelo), las categorías resultantes por lo general carecen de validez (De Laubenfels 1975). Donde las características de la

vegetación reflejan factores externos, es más lógico usar esas características para la clasificación. Las especies por lo general no sirven para clasificar las formas de las plantas, y muy poco se puede hacer con las formas de plantas individuales, debido a las agregaciones de las distintas formas de las plantas. Grubb *et al.* (1963) encontraron que el uso de varios estratos vegetativos para separar tipos de bosques tropicales era de aplicabilidad dudosa, y concluyeron que cualquier intento de aplicar un sistema universal de clasificación termina por oscurecer tantas verdades como las que logra esclarecer. Havel (1980) está de acuerdo en que debido a la gran variedad de características de la fisionomía y del ambiente usadas para clasificar a los bosques para distintos propósitos, no existe una clasificación única capaz de ser la mejor bajo todas las circunstancias. La descripción y clasificación de clases de bosques todavía está sin resolver, a pesar del interés reciente en la automatización, que, en contraste con la clasificación, se dedica principalmente a las continuidades y gradientes dirigidas a la fisionomía de las plantas o al ambiente en que se encuentran.

Sistema de Schimper

En 1898, Schimper reunió la información conocida sobre la significancia del agua, calor, luz, aire, sol y fauna para las plantas. Schimper consideró que los bosques, praderas y desiertos eran climáticos, y que dependían principalmente de la cantidad y distribución de la precipitación; de la influencia desecadora de la falta de saturación de humedad atmosférica y del movimiento del aire. Concluyó que la flora se distribuye principalmente según la temperatura. Schimper también concluyó que una transición abrupta entre bosque, pradera y desierto está determinada principalmente por el suelo. A las comunidades de plantas que reflejan la humedad general, los regímenes de las temperaturas y las condiciones del suelo de la región, las definió como formaciones climáticas o edáficas.

Schimper definió los bosques como las formaciones vegetales dominadas por plantas leñosas; esta categoría incluye el bosque cerrado, monte bajo (si los arbustos son más abundantes que los árboles), y matorrales (si la vegetación está compuesta enteramente por malezas). Según él, los árboles crecen donde la precipitación es generalmente más abundante que en las zonas de las praderas. Sin embargo, no es la precipitación continua, sino la disponibilidad continua de humedad cerca de las raíces, la que promueve el crecimiento de los bosques. Los bosques edáficos, según Schimper, incluyen los

“bosques de riebera” a lo largo de los ríos y lagos, y los manglares y bosques pantanosos cerca del agua estancada.

Como “bosques pluviales” designó a la vegetación natural de las regiones tropicales que están constantemente húmedas. Estos bosques por lo general reciben más de 200 cm de precipitación anual, aunque en algunas zonas, con sólo 150 cm surge una vegetación con atributos de bosque pluvial. En la región del Amazonas, donde una precipitación anual de más de 200 cm es la excepción, los bosques exuberantes están confinados a las orillas de los ríos.

Los bosques pluviales presentan una variedad de tonos de verde, pocas flores visibles, una mezcla de lianas, árboles de troncos derechos y un sotobosque abundante. La vegetación herbácea se desarrolla en las partes más iluminadas y los pastos son insignificantes. Los troncos de los árboles están cubiertos por epífitas. La lucha de las plantas por la luz es evidente en todas partes.

Según Schimper, los bosques del interior del Brasil, al sur del Amazonas, son de tipo “monzón”; su definición del tipo de bosque más próximo a bosques pluviales en cuanto a la disponibilidad de humedad. Este tipo de bosque se convierte en sabana y bosques espinosos a través de largas extensiones. Los bosques de especies con espinas (caatinga con Cactaceae y Mimosaceae) son de carácter intermedio entre los bosques del Amazonas y las sabanas (campos) al sur.

También se refirió al efecto significativo que las montañas tienen sobre la vegetación, no sólo en las laderas mismas sino en las zonas más planas circundantes. Allí, la precipitación excede la de las tierras bajas y puede producir bosques pluviales de riqueza excepcional. La vegetación de las laderas más bajas de las montañas en el trópico ecuatorial presenta un contraste con la vegetación de las tierras bajas que principalmente se basa en la composición. Generalmente, los árboles en los bosques pluviales montanos tropicales son perennes y carecen de gambas. Su apariencia es más masiva, sus ramificaciones más pronunciadas y sus hojas más pequeñas y gruesas que las de los árboles de las tierras bajas. Existen menos lianas y las que hay son más delgadas; las epífitas más exuberantes pero más pequeñas, en general musgos o helechos en vez de fanerógamas. Las montañas ecuatoriales y las tierras bajas tropicales externas están estrechamente vinculadas desde el punto de vista

ecológico. En los trópicos externos, en las elevaciones más altas, los bosques montanos se han convertido en bosques templados (caducifolios).

En las montañas tropicales, más arriba de los bosques montanos, Schimper describe un bosque de transición enano, con árboles cortos de muchas ramas y follaje xerófilo, hasta llegar a la región alpina. Las franjas de elevación sucesiva producen un matorral xerófilo, praderas o estepas alpinas y, finalmente, un desierto alpino. En las zonas secas, puede que sólo la franja montana esté forestada.

En resumen, Schimper reconoció las siguientes formaciones vegetales en los trópicos:

Climático	Edáfico
Bosque pluvial de tierra baja	Bosque pantanoso
Bosque pluvial montano	Bosque del litoral sobre la marea alta
Bosque de monzón	Bosque del litoral bajo la marea alta
Bosque de sabana	Bosque de suelo calizo
Bosque espinoso	Bosque de suelo húmico
	Bosque de suelo silíceo

El trabajo de Schimper ha servido de base a intentos más recientes de caracterización de los bosques tropicales. Según Burt-Davy (1938), el hecho de que Schimper haya confiado principalmente en el clima para clasificar la vegetación, y en el hábito o fisionomía de las plantas para subdividir las zonas climáticas, es especialmente útil para los dasónomos, quienes enfrentan “obligaciones múltiples, tanto administrativas como ejecutivas que les impide actuar como ecólogos pura y simplemente.” P.W. Richards (1961) concluyó que Schimper subestimó las influencias edáficas sobre las clases de vegetación en los trópicos muy húmedos, donde son menos evidentes que en los trópicos estacionales, pero igualmente importantes.

Sistema de Chipp

Chipp propuso una clasificación que combina la fisionomía vegetativa con bases edáficas y climáticas (Tansley y Chipp 1926). Las categorías de montes tropicales son las siguientes:

Bosque Cerrado —por lo general, sin pastos

1. Bosque Pluvial — bajas altitudes, altas temperaturas, estación seca nula o de corta duración; donde está confinado a franjas a lo largo de los ríos se le llama “bosque marginal”.
2. Bosque Montano — a mayores altitudes, temperatura moderada, generalmente sujeto a niebla y nubes.
3. Manglar — agua superficial y salada

Pradera — árboles aislados o en grupos en suelos con cobertura herbácea parcial o continua; por lo general no hay lianas.

1. Transición — franjas o islas de bosque cerrado rodeadas de pastizales con árboles.
2. Pastos altos, árboles bajos de sabana — árboles solos o en grupos, troncos cortos y retorcidos; pastos de 2 a 4 m de alto.
3. Bosque abierto — sin dosel cerrado, cobertura herbácea donde predominan los pastos.
4. Huertos — árboles diseminados en el campo, a menudo con palmas.
5. Monte espinoso — árboles grandes entre matorrales espinosos, la cobertura de pasto rara vez es continua.

Burt-Davy (1938) consideró que este sistema era imperfecto porque no cubría todos los tipos de vegetación, tales como el bosque caducifolio; presentaba traslapes y era vago en cuanto a los límites de ciertos tipos.

Sistema de Champion

Un forestal ubicado en la India (Champion 1936a) propuso extender el uso de la fisionomía en la clasificación de bosques tropicales de la siguiente forma:

Bosque Húmedo (24 m de altura o más)

1. Bosque húmedo perenne (pluvial) — denso, formado por especies total o casi totalmente perennes.
2. Bosque semi-perenne — los árboles dominantes incluyen caducifolios, pero predominan las especies perennes.
3. Bosque húmedo caducifolio — los árboles dominantes son principalmente caducifolios, pero los sub-dominantes o de estratos bajos son perennes; el dosel superior es rara vez denso.

Además, Champion reconoció diez tipos edáficos húmedos (tal como el matorral de bambú) y ocho tipos

de series ecológicas (tal como bosques de playa, de zonas de marea, de agua fresca, de pantano y fluviales).

Bosque Seco

1. Bosque seco caducifolio — cuyo dosel rara vez crece más de 24 m de altura y es enteramente caducifolio.
2. Bosque de especies espinosas — cuyo dosel es más o menos interrumpido, caducifolio.
3. Bosque seco perenne — generalmente de menos de 18 m de altura, predominan árboles perennes de hojas duras.

Champion también reconoció 12 tipos edáficos secos (como las dunas del interior), cuatro tipos de series ecológicas primarias (como terrenos secos ribereños) y tres tipos secundarios de series ecológicas (caducifolios, matorral caducifolio y sabana).

Bosque montano subtropical

1. Bosque muy húmedo — de hojas anchas y predominantemente perenne.
2. Bosque húmedo —predominan las asociaciones de pinos.
3. Bosque seco perenne — bosque bajo xerófito y matorrales.

Sistema de Burt-Davy

Impresionado por las semejanzas entre las clasificaciones derivadas por Chipp y Champion en regiones lejanas entre sí, Burt-Davy (1938) propuso una clasificación de formaciones combinadas en que distinguió tres comunidades de plantas en orden jerárquico:

1. Asociación — la unidad florística fundamental, según Tansley y Chipp (1926; p. 9-10): “La unidad más grande que consiste de una combinación definida de especies (generalmente con dominantes específicos) y un hábitat adecuado, que recibe el nombre de la especie dominante o de las dominantes y co-dominantes.”
2. Tipo de formación — bosque, pradera o desierto, distinguido por la fisionomía de sus especies dominantes.
3. Formación — un grupo de asociaciones que se asemejan en cuanto a fisionomía general y hábitat climático o edáfico más estrechamente de lo que se asemejan a cualquier otra asociación; generalmente se nombra con base en el hábitat fisionómico o climático o edáfico (bosque perenne).

La clasificación de Burt-Davy de las formaciones boscosas tropicales se da a continuación:

A. Bosque húmedo

1. Formaciones climáticas húmedas
 - a. Bosque pluvial perenne, incluye el bosque pluvial perenne de la zona montana baja.
 - b. Bosque pluvial semi-perenne
 - c. Bosque caducifolio húmedo
 - d. Bosque pluvial montano alto
 - e. Bosque conífero montano alto
 - f. Bosque montano de bambú
 - g. Bosque enano alpino
2. Formaciones edáficas húmedas
 - a. Bosque ribereño
 - b. Bosque pantanoso de agua fresca
 - c. Pantano de palmas
 - d. Manglares
 - e. Bosque de litoral

B. Bosque seco

1. Bosque perenne seco
2. Bosque de sabana
3. Bosque espinoso

Para cada formación, Burt-Davy dio sinónimos, definiciones, descripciones generales, hábitat, clima y subformaciones. Los bosques húmedos se diferencian de los secos por el agua disponible y no sólo la precipitación. Sin embargo, las formaciones húmedas generalmente reciben más de 120 cm de precipitación por año, y las formaciones secas menos. La zona montana alta se refiere a elevaciones de 1500 m o más en los trópicos ecuatoriales. Los montes enanos de la zona alpina generalmente se encuentran a elevaciones de 2900 m o más.

Sistema de Beard

Beard (1944b) consideró el trabajo de Burt-Davy como un intento por correlacionar la nomenclatura y armonizar los sistemas de clasificación. El enfoque fisionómico, basado en estudio de la estructura de la comunidad, como determinante de la ocurrencia de los principales tipos de plantas, fue decisivo en el trabajo de Beard (1973). Beard concluyó que la base fisionómica de la clasificación cumple con todos los requisitos esenciales del tratamiento de formaciones tropicales tipo clímax. La estructura y las formas de vida se pueden reducir a medidas exactas en el campo, y para los tipos registrados de ese modo, se puede determinar matemáticamente la estructura y las formas de vida de

cualquier formación deseada. Es posible construir diagramas de la estructura con base en las medidas que se han tomado. Las formas de vida se pueden expresar matemáticamente en porcentajes, como cuando se declara que el 56% de los árboles del estrato superior del bosque tienen hojas compuestas. Una vez que se hace esto, indica Beard, un trabajador en cualquier otra zona tropical puede determinar la estructura y forma de vida de cualquier comunidad forestal de la zona, comparándola con el "patrón." Una característica esencial de este sistema es el diagrama de perfiles (Fig. D-1, Beard 1949), basada en una franja de 8 m de ancho y 60 m de largo.

Las series de formación de Beard se determinan por el hábitat. Su clasificación incluye una formación de bosque pluvial, seis bosques estacionales, dos bosques secos perennes, nueve bosques montanos, cuatro pantanos y cuatro ciénagas o pantanos estacionales. Cada formación se describe en detalle y luego presenta la siguiente clave para la vegetación arborescente, la cual se puede usar en el campo (Beard 1944b):

1. Palmas dominantes o presentes en grandes números
 2. Palmas altas de 20 m o más, que emergen encima de otras plantas leñosas o herbáceas
 3. Palmas en forma de abanico sobre bosquetes de arbustos densos y pequeños árboles de 5 a 10 m de altura ciénaga de palmas
 - 3'. Palmas en forma de abanico o pinadas, sobre un sotobosque herbáceo bajo e irregular o leñoso, con pequeños árboles diseminados pantano de palmas
- 2'. Palmas no emergentes
 3. Matorral de palma — bosque bajo de 10 m de altura compuesto principalmente de palmas, sin árboles grandes, con mucha vegetación herbácea, musgo abundante y epífitas comunidad de montaña
 - 3'. Bosque de ciénaga — bosque con dos estratos arbóreos, el superior con árboles diseminados de hasta 25 a 30 m de altura, el más bajo con palmas que forman un dosel de 10 a 15 m comunidad de tierra baja.
- 1'. Bosquete de bambú matorral de bambú
 - 1" Crecimiento leñoso dominante, poca presencia de palmas y bambúes
 2. Árboles de más de 10 m de altura
 3. Especies de árboles caducifolios bosque estacional

- 4. Tres estratos de árboles, menos de la mitad en el estrato superior caducifolio bosque estacional perenne
- 4'. Dos estratos arbóreos, el superior abierto y con más de 2/3 de árboles caducifoliosbosque estacional caducifolio
- 3'. Bosque enteramente (o casi) perenne
 - 4. Bosque alto con árboles grandes que forman un dosel continuo a 20 m de altura.
 - 5. Tres o cuatro estratos, dominantes de 40 m o más, hojas compuestas predominantemente..... bosque pluvial
 - 5'. Dos estratos arbóreos, dominantes de casi 30 m, hojas simples bosque pluvial montano
 - 5". Dos estratos arbóreos, dominantes de casi 20 m, hojas simples, musgo abundante, helechos arbóreos presentes bosque pluvial montano
- 4'. Bosque bajo sin dosel continuo o con dosel formado a menos de 20 m sobre el suelo.
 - 5. Bosque de pinos bosque montano de pinos
 - 5'. Árboles de hojas anchas
 - 6. Dos estratos arbóreos, el superior formado por árboles diseminados de hasta 30 m de altura, el inferior cerrado y formando un dosel a los 15 m de altura bosque pluvial xerofítico
- 6'. Un estrato arbóreo, de 20 m de altura o menos.
- 7. Raíces fúlcreas o neumatóforos erectos; inundado por mareas con agua salobre manglar
- 7'. Gambas presentes o raíces fúlcreas y neumatóforos en forma de rodilla; inundados con agua dulce bosque de pantano
- 2'. Árboles de menos de 10 m de alto
- 3. Especies predominantemente espinosas
 - 4. Bosque más o menos cerrado de 3 a 19 m de altura bosque espinoso
 - 4'. Vegetación abierta con abundantes cactus en columna y nopales .. matorral de cactus
 - 4". Crecimiento muy escaso con grandes áreas de suelo desnudo desierto
- 3'. Muy pocas o ausentes especies armadas
 - 4. Vegetación muy azotada por el viento
 - 5. Árboles densamente cubiertos de musgo y epífilos; abundantes epífitas y trepadoras; comunidad de montaña alta bosque enano
 - 5'. Musgo escaso, ningún epífilo, rara vez se ven epífitas y trepadoras; comunidad del



Figura D-1.—Diagrama perfil del bosque montano bajo pluvial en Sta. Lucia (Beard 1949).

- litoral bosque de litoral
- 4'. Vegetación no demasiado azotada por el viento
- 5. Bosque bastante abierto, con algunos géneros de zona templada; alta montaña bosque con heladas
- 5'. Vegetación densa de árboles pequeños muy ramificados de géneros tropicales bosque de ciénaga de tierras bajas

El sistema de Beard fue de fácil uso en las zonas que él conocía bien, las Antillas y el norte de Sudamérica. Una característica atrayente es su lista de especies prominentes para cada formación; que permite hacer aproximaciones donde no queda una vegetación tipo clímax. Fanshawe (1954) usó el diagrama para identificar los ocho tipos de bosques de Guayana.

Se han planteado algunas limitaciones al uso del sistema de clasificación de Beard. Entre ellas, que requiere un conocimiento del bosque tipo clímax, un recurso en vía de desaparición; por eso, se necesita desarrollar claves para bosques secundarios, posiblemente usando criterios fisionómicos. Otra crítica proviene de Grubb *et al.* (1963), quienes consideran que el sistema confía demasiado en la estratificación. Sin embargo, el principio de un sistema con base en la fisionomía, que depende de una presentación natural en vez de artificial de las características de cada hábitat, tiene mucho en su favor.

Beard (1953, 1967) hizo un estudio intensivo de la vegetación de sabana. Él define las sabanas americanas como "comunidades que consisten de un estrato virtualmente continuo ecológicamente dominante de más o menos plantas herbáceas xeromórficas, compuesto principalmente de pastos y juncos, con matorrales dispersos, donde algunas veces se ven árboles o palmas." Concluyó que en el neotrópico, todos los climas, si hay condiciones apropiadas de suelo, pueden sostener algún tipo de vegetación leñosa. Los climas más secos del neotrópico sostienen bosques, nunca sabanas. La formación de sabanas indica una respuesta al suelo en vez del clima. Por ello, Beard concluyó que no existe un clima de pradera en el neotrópico.

Beard estableció una comparación entre las regiones tropicales de África y Australia con las de América. En África y Australia, la precipitación anual de menos de 100 cm es la norma y no la excepción. Los pastizales boscosos, sabanas y estepas usuales en aquellos

continentes, están totalmente ausentes en la América tropical. Los pastizales no se notan mucho en los bosques estacionales caducifolios, bosques espinosos y matorrales de cactus. Existen, sin embargo, grandes extensiones de pastizales en América tropical. De hecho, la palabra "sabana" es de origen amerindio (Beard 1967). La vegetación de las sabanas resisten muy bien el fuego; si bien a menudo las sabanas son arrasadas por incendios, no dependen de ellos, ya que constituyen un tipo de vegetación clímax edáfico. Ocurren en zonas cuya precipitación anual es de 100 a 300 cm; sin embargo, están sujetas a un drenaje sin impedimento y su capa freática intermitentemente llena alterna con períodos de desecación, a menudo demasiado severos para permitir que crezcan los árboles. Sombroek (1966), quien estudió a los suelos amazónicos, está de acuerdo en que el origen de la vegetación es esencialmente edáfico.

El término "sabana derivada" se refiere a sabanas que se generan mediante el aclarado o la quema, prácticas que resultan en que las capas superiores del suelo se sequen cada vez más (Young 1969).

Sistema de Holdridge

La clasificación de Holdridge (1978) de los climas mundiales en zonas de vida otorga a cada una el nombre de una formación vegetativa. El sistema, de uso en Centroamérica, el norte de Sudamérica y algunas de las Antillas Mayores, es útil cuando se habla de homoclimas (ambientes climáticos similares). El sistema supone que el promedio de dos fenómenos anuales (la precipitación y la biotemperatura) define las formaciones vegetativas y relega a un orden más bajo los efectos estacionales y edáficos, considerando que estos son los responsables de las asociaciones. Según Beard (1973), este enfoque ubica a algunas clases de vegetación muy distintas en los mismos compartimientos y separa a otras muy semejantes en compartimientos distintos. No cabe duda que a veces los límites de las zonas cruzan al continuo en puntos que no están bien reflejados en la vegetación. Budowski (1964a) indica que quizás sea posible incluir asociaciones que reflejen los fenómenos edáficos, hídricos o atmosféricos de las zonas de vida. También concluyó que la falta de un buen ajuste puede deberse a las perturbaciones de la vegetación causadas por las actividades humanas. Holdridge (1967) definió las asociaciones dentro de las zonas de vida con base en su carácter fisionómico, y estableció distintos límites de elevación para sus franjas altitudinales, dependiendo de si la zona basal es tropical o subtropical (Cuadro D-1).

Cuadro D-1.—Zonas de vida en los trópicos

	Biotemperatura promedio (°C)				
	>24°C	18–24°C	12–18°C	6–12°C	3–6°C
	Tropical	Premontano y subtropical	Montano bajo	Montano	Subalpino
Precipitación medio anual (cm)					
>800	Bosque pluvial				
400–800	Bosque muy húmedo	Bosque pluvial	Bosque pluvial		
200–400	Bosque húmedo	Bosque muy húmedo	Bosque muy húmedo	Bosque pluvial	
100–200	Bosque seco	Bosque húmedo	Bosque húmedo	Bosque muy húmedo	Bosque pluvial
50–100	Bosque muy seco	Bosque seco	Bosque seco	Bosque húmedo	Bosque muy húmedo
25–50	Monte espinoso	Estepa espinosa		Estepa	Bosque húmedo
12.5–25	Matorral desértico	Matorral desértico		Matorral desértico	
Evapotranspiración potencial/año (cm)	>141	106–140	71–105	36–70	18–35
Rango de elevación (10 ³ m)					
Tropical a nivel del mar	0–1	0–2	1–3	2–4	3–4.5
Subtropical a nivel del mar		0–1	0–2	1–3	

Fuente: Holdridge 1967.

En un empeño similar en las Islas de Melanesia (entre 5° y 20° S), van Steenis (1972) designó como “tropicales” las zonas situadas debajo de los 1000 m de elevación; “subtropicales” las zonas situadas entre 1000 y 1500 m; “montanas” las zonas entre 1600 y 2400 m y “subalpinas” las situadas entre 2500 y 4000 m.

Al contrario de Holdridge, Troll (1958) enfatizó el carácter estacional del clima en su diagrama de clasificaciones, usando la cantidad de “meses húmedos” como el único criterio para separar las formaciones húmedas de las secas (Cuadro D-2).

Sistema Unesco

Un Comité de la Unesco (Anón. 1978b) trató de estandarizar la clasificación de la vegetación a nivel mundial. El patrocinio de la organización y las primeras reacciones favorables hacia este enfoque (Kuchler y Montoya-Maquín 1971) sugieren que quizás llegue a usarse más extensamente. Las formaciones tropicales y subtropicales reconocidas por el Comité son las siguientes:

I. Bosque cerrado (al menos de 5 m de altura con copas entremezcladas)

- IA. Principalmente perennes (el dosel nunca pierde su follaje verde)
 - IA1. Bosque ombrófilo tropical (bosque pluvial) no resiste el frío ni la sequía
 - IA1a. Bosque perenne de tierra baja
 - IA1b. Bosque sub-montano
 - IA1c. Bosque montano (de hoja ancha, coníferas, árboles micrófilos y bambú)
 - IA1d. Bosque subalpino
 - IA1e. Bosque de niebla (epífitas; árboles retorcidos, de hoja ancha, coníferas o micrófilas)
 - IA1f. Bosque aluvial (ribereño, a veces anegado, suelo inundado durante ciertas estaciones)
 - IA1g. Bosque de pantano (árboles de hoja ancha y palmas)
 - IA1h. Bosque de turbera
 - IA2. Bosque estacional tropical y subtropical perenne
 - IA2a. Zona de tierras bajas
 - IA2b. Zona sub-montana
 - IA2c. Zona montana (sin helechos arbóreos)
 - IA2d. Zona seca subalpina
 - IA3. Bosque tropical y subtropical semi-caducifolio

- IA3a. Zona de tierras bajas
- IA3b. Zona montana o nublada
- IA4. Bosque ombrófilo subtropical (muy localizado)
- IA5. Manglar
- IA9. Bosque tropical y subtropical perenne de coníferas
 - IA9a. De tierra baja y submontana
 - IA9b. Zona montana y subalpina
- IB. Bosque principalmente caducifolio
 - IB1. Bosque tropical y subtropical de sequía y caducifolio
 - IB1a. De tierra baja y submontana
 - IB1b. Zona montana y nublada
- IC. Bosque extremadamente xeromórfico
 - IC1. Esclerófilo (árboles de hojas coriáceas) dominado por bosques extremadamente xerofíticos
 - IC2. Bosque espinoso
 - IC3. Bosque principalmente de especies suculentas
- II. Terrenos arbolados
 - IIA. Principalmente especies perennes
 - IIA1. De hoja ancha
 - IIA2. De coníferas
 - IIA2a. De copas redondeadas (*Pinus*)
 - IIA2b. Con estrato inferior esclerófilo perenne
 - IIA2c. Sin estrato esclerófilo perenne
 - IIB. Principalmente especies caducifolias
 - IIC. Especies extremadamente xerofíticas
- III. Matorral (principalmente compuesto de grupos de fanerófitos leñosos (en masa) de 0,5 a 5,0 m de altura)
- IV. Matorral de especies enanas

Tipos de Vegetación Regional y Subregional

A medida que la clasificación de los bosques gradualmente se basa en un conocimiento más profundo de sus características en cada lugar, el paso siguiente es la descripción de los tipos de vegetación natural. Para el neotrópico, el ejemplo sobresaliente es la descripción de Hueck (1957) de las 33 regiones tropicales de Sudamérica (Cuadro D-3, Fig. D-2). Hueck proporciona una descripción general del clima, estructura y composición de la vegetación y enumera las especies de importancia económica para cada región. Trabajos como estos fortalecen o corrigen los sistemas de clasificación más amplios que constituyen un requisito preliminar para cualquier planificación y manejo del uso adecuado de los terrenos.

A escala subregional, algunos de los bosques neotropicales se han clasificado en gran detalle. Un

ejemplo es la Cuenca del Amazonas (Aubreville 1961, Dubois 1971, Ducke y Black 1953, Pires 1974, Prance 1978 y 1982, Veloso 1962). El valle del Amazonas da sustento a millones de especies de plantas y animales, más de 50 000 de las cuales son plantas de alta clasificación, un quinto del total mundial. El siguiente sistema de clasificación y volumen de los bosques varía más con el suelo que con el clima; el volumen es máximo en Caxuana, Brasil, con un promedio de precipitación anual de 200 cm:

Tierra firme — Bosques que no están sometidos a inundaciones y que abarcan casi el 85% de la Amazonia. Su composición es muy variable. En suelos francos, los árboles son altos, el dosel es denso, las lianas son gruesas y la cobertura herbácea es escasa. El volumen de la madera varía de 160 a 270 m³ por hectárea. En suelos arenosos, el bosque es significativamente más pobre, con árboles grandes en su mayoría y un volumen de madera de 100 a 150 m³ por hectárea.

Varzea — Bosques sometidos a inundaciones regulares, con excepción del agua negra (véase "igapó" más abajo). Cubren 55 000 km²; tienden a ser más densos que los bosques de tierra firme, pero de menor riqueza en cuanto a especies. Son comunes las gambas y raíces respiratorias.

Varzea de marea — Los bosques se inundan dos veces al día con agua fresca; parecidos a los varzeas estacionales. Contienen palmas, *Guazuma*, *Hevea*, *Symphonia* y *Virola*.

Varzea estacional — Bosques a lo largo de ríos de aguas limpias que se anegan anualmente por semanas enteras. Contienen especies tales como *Carapa*, *Ceiba* y *Hura*. A lo largo de los ríos de agua negra, a veces suelen verse especímenes de *Virola*.

Varzea pluvial — Bosques están anegados debido a las lluvias torrenciales y no a causa de los ríos. Contienen especies de *Carapa*, *Ceiba* y *Virola*.

Igapó — Bosques pantanosos, anegados anualmente por los ríos de agua negra y que permanecen anegados, cubriendo una extensión de 15 000 km². Los ríos de agua negra de la Cuenca del Amazonas generalmente actúan como desagüe de zonas de arena blanca. El color negro resulta de los ácidos húmicos producidos por la descomposición incompleta de materia orgánica. Esta

Cuadro D-2.—La influencia de la sequía sobre los tipos de bosques

No. de meses húmedos	Tipo de bajura	Tipo montano bajo
11–12	Siempreverde	Montano
10	Semi-siempreverde	Montano
7–9	Caducifolio húmedo	Húmedo (valles)
5–6	Caducifolio seco	Seco (valles)
2–4	Monte espinoso	Monte espinoso
1	Matorral desértico	Matorral desértico
0	Desierto	Desierto

Fuente: Troll 1958.

agua es muy ácida y con poco oxígeno en zonas estancadas (Carter 1934, Medina 1978). Los árboles de las pocas especies tienden a ser cortos, raquíuticos y esclerófilos. Las especies presentes son de los géneros *Bombax*, *Cecropia* y *Hevea*.

Sabana —Abarca una extensión de 30 000 km² cubierta con árboles bajos y escasos.

Campiña — Árboles bajos muy ramificados que crecen en arenas blancas lixiviadas que abarcan cerca de 115 000 km².

Vegetación montana — Bosques ubicados en los bordes de la cuenca; presentan un alto endemismo.

Vegetación del litoral — Bosques en dunas arenosas que cubren casi 10 000 km²; están compuestos principalmente de *Chrysobalanus*.

Manglares — Cerca de la desembocadura de los ríos, estos bosques están sujetos a la influencia de la marea. Tienen pocas especies, árboles cortos, volúmenes bajos y abarcan una superficie de 1000 km².

Algunas descripciones generales de los bosques tropicales no son muy detalladas. Por ejemplo, Haig *et al.* (1958b), en un tratamiento del tema a nivel mundial, usaron el siguiente diagrama simple:

- Bosque muy húmedo perenne — las especies dominantes son total o principalmente perennes; la precipitación anual es de 200 cm o más con poca o ninguna deficiencia hídrica.

Cuadro D-3.—Regiones tropicales de América del Sur según los tipos de vegetación

1. La delta del río Amazonas
2. Los bosques del noreste amazónico (Paru-Jarí)
3. Las regiones de Tocantins y Gurupí
4. El Xingu medio y bajo, y el Tapajós
5. Los ríos Madeira y Purus
6. Hyleia occidental
7. Hyleia noroeste (Río Negro)
8. Bosques inundables del Amazonas y Madeira baja
9. Acre, Beni, Mamore y Griapore
10. Hyleia cerca a los Andes
11. Caqueta, Vaupes y Guainia
12. Tributarios de la margen derecha del Orinoco
13. Las Guianas
14. La delta del Orinoco
15. El bosque Tucuman-Boliviano
16. Bosques de ceja de selva del centro-andino
17. Bosques de gran altitud nor-andino
18. Bosques pluviales del Pacífico y del Caribe
19. Bosques de los vientos alisios Colombiano-Venezolano
20. Bosques de la costa brasilera
21. Bosques subtropicales del este y sur del Brasil
22. Bosques araucanos del sur del Brasil
23. Bosques secos del Chaco verdadero
24. Chaco oriental
25. La región de sabana de Santa Cruz-Trinidad
26. Bosques de la región montana de Velasco
27. Campos típicos cerrados
28. Bosques húmedos y muy húmedos de los cerrados
29. Caatinga típica
30. Bosques húmedos de la región de caatinga
31. Región de palma babassú
32. Bosques secos de las costas Colombiana y Venezolana
33. Valles interiores andinos

Fuente: Hueck 1957.

- Bosque húmedo caducifolio — las especies dominantes son principalmente caducifolias; precipitación anual de 125 a 200 cm, de 4 a 6 meses de sequía.
- Manglares
- Bambú
- Bosque de coníferas



Figura D-2.—Las 33 regiones vegetacionales tropicales de América del sur, según Hueck; el Cuadro D-3 define los números (Hueck y Seibert 1988).

Manglares

Se estima que a nivel mundial los manglares abarcan casi 2 500 000 ha, casi el 75% de los cuales se encuentran en el hemisferio oriental (Molski 1970). Los manglares crecen a lo largo de las costas protegidas y en los estuarios salobres, hasta latitudes de 30° donde soportan breves períodos de heladas (Cintron 1982). Las siete especies de manglares en el hemisferio occidental no son necesariamente halófitas, pero escapan a la

competencia de la vegetación circundante porque toleran el ambiente salino. Los manglares alimentados por aguas dulces son los ecosistemas más productivos del planeta, y contribuyen a la estabilización de las costas; no obstante, no es del todo claro hasta qué punto contribuyen.

Existen tres tipos de manglares: ribereños (estuarios con un flujo de agua continuo y baja salinidad), marginales

(zonas con una gradiente topográfica pronunciada y gran amplitud de mareas), y de cuenca (zonas con una gradiente baja y aguas inactivas). Los manglares ribereños producen casi 24 gramos de materia orgánica por metro cuadrado por día, mientras que los manglares marginales producen casi 13 g y los de cuencas 18 g (Cintron 1982). La producción de hojas caídas varía de 2 a 4 g por metro cuadrado por día.

La vegetación del cerrado

La vegetación del cerrado es tan extensa y particular que merece una descripción más precisa. Esta vegetación es de carácter semi-caducifolio y xeromórfico, y abarca casi 1,5 millones km² en la región central del Brasil (Ferri 1961). Se convierte en bosques mésicos (con humedad de condición media) en el oeste y sureste; en caatinga al noreste y en chaco al suroeste (Eiten 1972). Los suelos por lo general son profundos, la precipitación varía de 130 a 200 cm anualmente, con 3 a 5 meses de sequía. La precipitación durante el mes más seco puede ser de 1 a 3 cm, comparado con 4 a 20 cm a lo largo del Amazonas, donde el promedio efectivo de la estación seca es de dos semanas (Eiten 1972). Las raíces en los cerrados pueden alcanzar profundidades de hasta 10 m. La alta tasa de transpiración comprueba la disponibilidad de agua en la superficie.

Según Eiten (1972), el cerrado está compuesto por plantas altas y leñosas, de corteza gruesa, troncos inclinados y retorcidos, ramas retorcidas y gruesas, copas abiertas y hojas grandes (Cuadro D-4). La región del cerrado varía de terrenos arbolados a sabanas abiertas y pastizales; los suelos tienen un contenido bajo de nutrimentos y alto de aluminio (latosoles). No hay evidencia de que extensas zonas antiguamente cubiertas de bosques se hayan convertido en cerrados. El cerrado protegido contra incendios no muestra tendencia a convertirse en bosque; esto sólo ocurre en ciertas formaciones geológicas y suelos.

Cuadro D-4.—Características rodiales de los bosques del cerrado

Tipo de cerrado	Árboles (no./ha)	Área basal (m ² /ha)	Altura del tallo (m)
Cerrado Típico	1,092	16.5	5.9
Ralo	819	10.2	5.2
Campo	616	6.1	4.4
	273	2.1	3.8

Fuente: Eiten 1972.

El Instituto Brasileño de Geografía y Estadística reconoce los siguientes tipos de cerrado (Eiten 1972):

1. *Cerradao* — bosque alto poco denso
2. *Cerrado* — bosque bajo, denso o poco abierto
3. *Campo cerrado* — sabana con árboles o matorrales
4. *Campo sujo o limpo* — pradera pura o con matorrales enanos

Ferri (1961) compara la caatinga con el cerrado. La caatinga puede ser caducifolia o perenne; la primera tiene un nivel bajo de transpiración, en tanto que la segunda se parece más a un cerrado con altos niveles de transpiración. La caatinga caducifolia recibe casi 50 cm de precipitación anual; la caatinga perenne puede recibir hasta 200 cm de precipitación. Ferri (1961) explica que la pobreza de estas formaciones se debe a la limitación de nutrimentos en la caatinga perenne, y a la baja disponibilidad de agua en la caatinga caducifolia, o una combinación de ambos factores.

