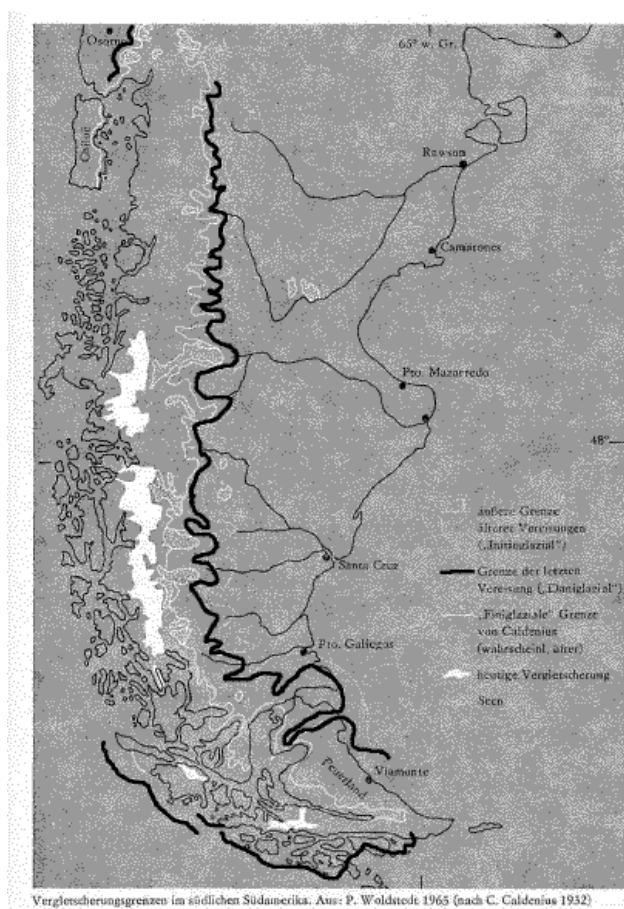


ese territorio conformado por África, América del Sur y Australia cuyos sedimentos aún perduran.

En las regiones no glaciares predomina en aquel tiempo un clima de tundra en las latitudes medias caracterizadas por suelos permanentemente helados (permafrost) y formación de escombros de hielo. Para Suramérica son importantes estas grandes sedimentaciones de loess provenientes de esa era.



### 3.5 Literatura para la hidrología

- Ozeanographie. (= Das geographische Seminar). Braunschweig, 3. Aufl. 1970.
- Endlicher, W.: Klima, Wasserhaushalt, Vegetation. Grundlagen der Physischen Geographie II. Darmstadt 1991.
- Gletscherkommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften Hg.): Gletscher, Schnee und Eis. Das Lexikon zur Glaziologie, Schnee- und Lawinenforschung in der Schweiz. Luzern 1993.
- Hempel, L.: Einführung in die Physiogeographie: Hydrogeographie (= Wissenschaftliche Paperbacks Geographie). Wiesbaden 1974.<
- Lliboutry, L.: Nieves y glaciares de Chile. Santiago de Chile 1965.
- Marcinek, J.: Gletscher der Erde. Thun u.ä. 1985.
- Röthlisberger, F. und Geyh, M. A.: 10 000 Jahre Gletschergeschichte der Erde, 2 Bände. Aarau u.ä. 1986.
- Wagner, J.: Wasserhülle, Hydrosphäre (Meereskunde, Hydrographie). In: Wagner, J.: Physische Geographie (= Harms Erdkunde, Bd. 8). München, Frankfurt, Berlin, Hamburg 5. Aufl. 1964.
- Wilhelm, F.: Hydrogeographie. (= Das geographische Seminar). Braunschweig 2. Aufl. 1993.

## 4 Climatología, o: procesos y estructuras básicos del clima en Latinoamérica

La **climatología** es la ciencia del clima. Es una rama de la **meteorología** pero se diferencia de ésta por otra escala espacial (observación mundial) y temporal (observación a largo plazo). Su perspectiva, sin embargo, está dirigida también al fenómeno atmosférico. En cambio, la **geografía climática**, su ciencia vecina más importante, registra, describe y explica el clima como un fenómeno espacial, y esto lo hace como cualquier otra disciplina parcial de la geografía tomando en cuenta diferentes fenómenos espaciales. Por ese motivo la geografía climática se interesa también por los tipos particulares ya sean regionales, locales o microclimáticos

influenciados por **relieves[1]**, **capas vegetales[2]**, **aprovechamiento humano[3]** y otros factores espaciales.

La climatología y la geografía climática definen los términos básicos de su objeto experimentado conjuntamente de la manera siguiente:

**Tiempo** es el fenómeno que ocurre momentáneamente en la atmósfera.

**Condiciones climáticas** es el estado del clima mantenido durante un cierto lapso de tiempo (días o semanas).

### Clima

es la síntesis a largo plazo de la gama de variaciones del fenómeno del tiempo y los estados climáticos en una región grande.

El clima depende, entre otros, de la latitud, en otras palabras, de la cercanía o lejanía hacia el ecuador y los polos. Las regiones climáticas grandes de la tierra están dispuestas tendencialmente en sentido paralelo a la latitud por ese motivo. También por eso se habla de **cinturones climáticos**. El relieve, la distancia respecto al mar (la maritimidad y continentalidad), los efectos de las corrientes marítimas frías y cálidas, así como las masas continentales grandes o pequeñas en los paralelos de las latitudes modifican, empero, el cinturón climático.

La climatología tiene dos ramas. La **climatología dinámica** investiga los fenómenos atmosféricos del mundo entero y trata de registrar, describir y explicar las causas y condiciones del origen de los diferentes cinturones climáticos. La **climatología efectiva**, en contraste, abarca apenas la limitación de cada cinturón climático. No hay, en realidad, verdaderos límites climáticos pues el clima cambia continuamente de norte a sur y del oeste hacia el este. Cada clasificación climática sólo puede ser una toma del momento. La climatología efectiva determina por esa razón los valores límites o umbrales que ayudarán a definir regiones con climas diferentes. Por lo tanto, la **clasificación del clima** es lo esencial para la climatología efectiva.

Mientras la **climatología dinámica posee estructuras básicas de una teoría estricta** (el sistema de la circulación atmosférica), en la **climatología efectiva han surgido diversas escuelas**. Ellas reciben el nombre de los más destacados autores y divergen en cuanto a métodos y resultados. Los autores / escuelas más importantes son: **Köppen, v. Wissmann, Troll/Pfaffen, Lauer/Frankenberg**. El sistema del climatólogo Wladimir Köppen, nacido en San Petesburgo, Rusia, tiene la ventaja de una sistemática clara y comprensible con facilidad que reduce las regiones climáticas a pocas clases principales y establece diferenciaciones nítidas y jerárquicas entre dichas clases. Su desventaja reside en la limitación térmica de los trópicos (18° de isoterms en el mes más frío, es decir, de acuerdo con Köppen todos esos lugares cuya temperatura media mensual baja a más de 18°C en algún momento del año se hallan fuera de los trópicos). Este es el caso, por ejemplo, de las regiones de las cordilleras tropicales (a partir de "tierra fría").

Los demás autores argumentan con toda razón que los trópicos no son definibles térmicamente. Por ese motivo, ellos trazan el **límite de los trópicos** en el lugar en que las fluctuaciones térmicas entre el verano y el invierno (fluctuaciones anuales de la temperatura llamada también "amplitud anual") sean mayores que las divergencias entre el día y la noche (amplitud diurna). Conforme a lo dicho, los climas tropicales son **dependen de las horas del día**; los extratropicales (o ectrópicos), por el contrario, dependen de las estaciones del año. No obstante, la mayor precisión de esta definición de los trópicos sigue siendo aplicada por estos autores amantes de la minuciosidad en sus clasificaciones de modo que la de Köppen sigue siendo la más fácil de comprender para los no doctos en la materia.

### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 2

[2] ver capítulo 5

[3] ver capítulo 6

---

## 4.1 Climatología descriptiva - Visión general de los elementos y fenómenos climáticos más importantes en Latinoamérica

Dado que no hay magnitudes individuales para aclarar a fondo el clima de la tierra, es necesario analizar varios factores climáticos por separado a fin de obtener conocimientos sintéticos. Los de mayor relevancia y más comprensibles para los aficionados provienen de la descripción de los elementos climáticos. Algunos de estos elementos son ponderables con facilidad y se perciben también a flor de piel en la naturaleza.

La temperatura atmosférica, las precipitaciones, la humedad relativa, la evaporación, las nubes, la dirección y velocidad del viento y la radiación solar son elementos climáticos importantes. **La temperatura atmosférica y las precipitaciones**

son los elementos esenciales del clima porque es sencillo medirlos. Muchos de los otros elementos requieren en parte dispositivos de medición complicados (p.ej., un evaporómetro) y por ese motivo están incluidos a manera de ejemplo en muchas descripciones climáticas.

No obstante, todos están sujetos a una alteración espacial que tiene lugar por lo general de manera continua y provoca los procesos y factores constituyentes del clima. La base del fenómeno climático es la circulación atmosférica global. Esta circulación es provocada por la energía solar y el relieve de la superficie terrestre la modifica. **En Latinoamérica, el sistema de cordilleras dispuestas en el paralelo meridiano** (o sea, de norte

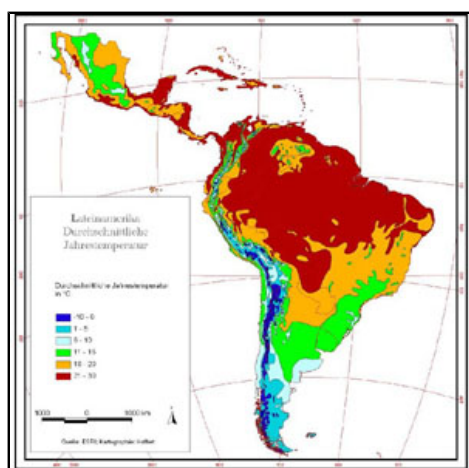
a sur) **forma una barrera climática importante** y las faldas de las montañas orientales tienen a menudo unas condiciones climáticas y vegetales completamente diferentes a las occidentales. **Los Andes forman por ese motivo un límite climático marcante.** Por eso en Latinoamérica existe un componente azonal en la disposición zonal propiamente dicha (paralelos de latitud) de las grandes unidades climáticas, como está formada típicamente en África sin un sistema cordilleras de norte a sur.

### 4.1.1 Visión general de los elementos climáticos más importantes

<b>Durchschnittliche Monatsmittel/Jahresmittel</b>	Arithmetischer Mittelwert aus den monatlichen (jährlichen) Mittelwerten aller Einzeljahre einer Beobachtungsperiode. Der einzelne Monats (Jahres-)mittelwert errechnet sich als arithmetisches Mittel aus den Durchschnittswerten aller Einzeltage. Das Tagesmittel wiederum ist der Mittelwert aus den Messungen zu festgelegten Zeitpunkten.
<b>Durchschnittliche Monatsextrême/Jahresextrême</b>	Arithmetischer Mittelwert aus den monatlichen (jährlichen) Maxima bzw. Minima aller Einzeljahre eines Beobachtungszeitraumes.
<b>Durchschnittliche monatliche Tagesextrême</b>	Arithmetischer Mittelwert aller Tagesmaxima und -minima einer Beobachtungsperiode.
<b>Absolute Extrême</b>	Höchste/niedrigster je gemessener Wert eines Beobachtungszeitraumes
<b>Durchschnittliche Jahresschwankung</b>	Differenz zwischen den extremen durchschnittlichen Monatsmittelwerten
<b>Variabilität</b>	Prozentuelle Abweichung eines Monats (Jahres-)wertes vom langjährigen Mittelwert
<b>Durchschnittliche Monatssumme/Jahressumme</b>	Arithmetischer Mittelwert aus den monatlichen (jährlichen) Summen aller Einzeljahre eines Beobachtungszeitraumes (z.B. des Niederschlags, der Verdunstung, der Sonneneinstrahlung)
<b>Durchschnittliche/absolute monatliche/jährliche Anzahl von Ereignistagen</b>	Mittelwert aus den monatlichen (jährlichen) Summen der Tage mit einem bestimmten Ereignis Tage mit Niederschlag (Schneefall) Frosttage (Tagesminimum unter 0°C) Eistage (Tagesmaximum unter 0°C) Schneedeckentage ....

Las amplitudes diurnas y anuales de la temperatura (en °C) y las precipitaciones (en mm) son importantes para calcular la intensidad de los fenómenos climáticos.

### 4.1.2 Temperatura media anual en Latinoamérica



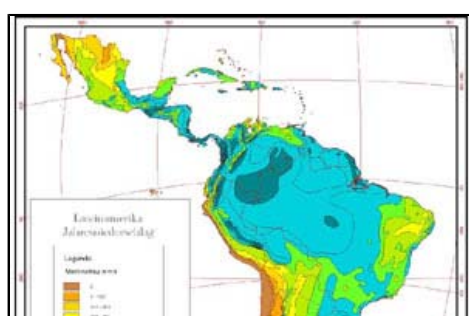
[1]

Las condiciones térmicas en Latinoamérica indican naturalmente el claro orden zonal que se esperaba (paralelos de latitudes), es decir, las temperaturas medias anuales bajan desde el ecuador hacia los polos. En los Andes, sin embargo, todo depende de la altura en que se hagan las mediciones térmicas. En los pisos elevados dominan las temperaturas correspondientes en la media anual a las latitudes moderadas, o sea, las conocidas en Europa. En este respecto se habla de "gradientes altitudinales" de la temperatura. Los valores anuales más elevados se presentan en las llanuras tropicales próximas al ecuador (p.ej., en la cuenca amazónica). La temperatura no indica, empero, nada sobre la radiación real del sol. Por ejemplo, la radiación solar es mucho más fuerte en los Andes a causa de la escasez de nubes que en las regiones más bajas a menudo nubladas.

referencias en este capítulo:

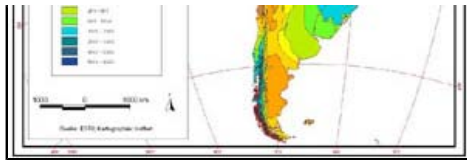
[1] ver capítulo

### 4.1.3 Precipitación anual en Latinoamérica



[1]

Respecto a las precipitaciones, Latinoamérica cuenta con todos los extremos: desde la selva tropical siempre húmeda con elevados volúmenes de lluvia repartidos durante todo el año hasta el desierto más seco del mundo: el Atacama. Al examinar el mapa salta a la vista sobre todo la "diagonal árida" en América del Sur que se extiende desde el Estrecho de Magallanes hasta el Golfo de Guayaquil. En ninguna parte del planeta terráqueo puede observarse un espacio árido extendido sobre tantos paralelos de latitud.

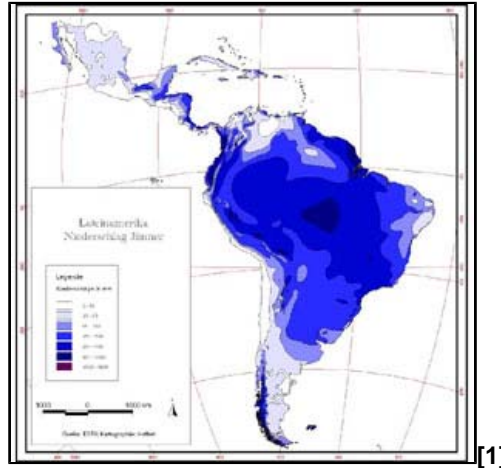


En Latinoamérica, curiosamente, los cuantiosos volúmenes de lluvia no caen en la cuenca amazónica sino en la costa colombiana del Pacífico.

**referencias en este capítulo:**

[1] ver capítulo

#### 4.1.3.1 Precipitación en enero en Latinoamérica

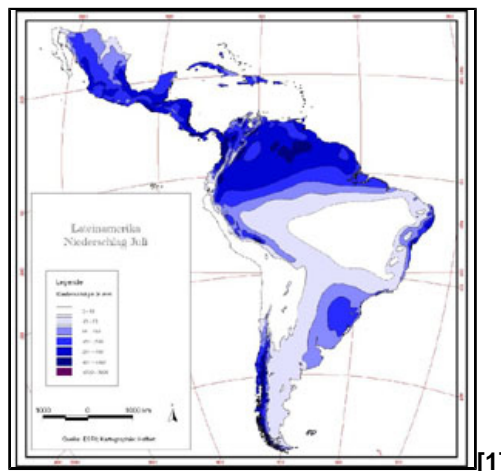


[1]

**referencias en este capítulo:**

[1] ver capítulo

#### 4.1.3.2 Precipitación en julio en Latinoamérica



[1]

**referencias en este capítulo:**

[1] ver capítulo

### 4.2 Climatología dinámica -Principios de la circulación atmosférica en Latinoamérica

La explicación de que Latinoamérica esté ubicada dentro de la **disposición normal de las zonas naturales** – como todo el resto de la Tierra – se remonta a dos **hechos astronómicos** muy simples.

1. La energía para todos los procesos físicos, químicos y biológicos de la Tierra provienen casi exclusivamente del sol. Según Budyko (1978), el sol le proporciona a la superficie terrestre 331 kJ/cm<sup>2</sup> neto después de sustraer la cantidad de energía reflejada e irradiada al espacio.
2. La forma casi redonda de la tierra, la rotación alrededor de su propio eje, la rotación alrededor del sol y la inclinación de la eclíptica hacen que cada **latitud terrestre reciba grandes cantidades de energía solar**.

El efecto de la **radiación solar**

disminuye tanto en tierra firme como en el mar a medida que aumentan las latitudes. La altura solar reducida

hacia los polos ocasiona primero una prolongación del camino de los rayos a través de la atmósfera y aumenta además el tamaño de la superficie que ha de alimentarse con energía a medida que baja el sol. En consecuencia, **se reciben menos radiaciones globales por unidad superficial hacia los polos.**

El eje de la tierra no se halla verticalmente en el nivel de la eclíptica (el nivel aparente de la órbita terrestre alrededor del sol) sino diverge en unos  $23\frac{1}{2}^\circ$  del vertical. Por ese motivo el sol no está siempre en el cenit sobre el ecuador sino su órbita aparente cambia en el transcurso de un año hasta  $23\frac{1}{2}^\circ$  en ambos lados de la línea equinoccial. En vista de ello, ambos paralelos en las latitudes norte y sur de  $23\frac{1}{2}^\circ$  han sido denominados trópicos porque el sol está en el cenit durante su órbita aparente el 21 de junio (hemisferio norte) y el 21 de diciembre (hemisferio sur) y después "gira" y vuelve al ecuador. Ahí permanece dos veces en el cenit: el 21 de marzo y el 23 de septiembre.

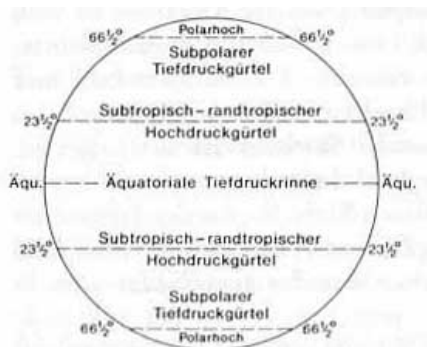
Alrededor de las regiones polares también se producen condiciones particulares de luz en los paralelos de latitudes que se hallan a una distancia de  $23\frac{1}{2}^\circ$  de los polos: ahí ocurre el fenómeno del día y la noche polares solamente en un día respectivamente: el 21 de junio y el 21 de diciembre. Al círculo polar (meridional) sólo puede llegarse si se suma la península antártica reclamada por Argentina y Chile a Latinoamérica. Mas incluso entonces queda el círculo polar fuera de las rutas de la mayoría de los barcos turísticos pues Argentina ni Chile poseen estaciones en esta región tan inhóspita.

El planeta terrestre y también Latinoamérica están subclasificados en tres zonas de acuerdo con los hechos astronómicos independientemente de la forma real de la vegetación y del clima:

**La zona tropical entre los trópicos:** El sol se detiene dos veces en cenit entre el trópico de cáncer y el de capricornio —en los trópicos, por supuesto, una sola vez. Poco marcadas son las diferencias de duración de los días y de los lados de sol y sombra. Tampoco se dan casi diferencias térmicas en el transcurso del año pero sí entre el día y la noche. Por eso hablamos del "clima de horas diurnas" de los trópicos. Sobre todo en las partes elevadas donde la media de la temperatura es menor que el límite habitual ( $18^\circ\text{C}$ ) pueden percibirse en un solo día tres estaciones (o hasta cuatro por encima de los 4.000 m): temperaturas primaverales por la mañana, estivales al mediodía, otoñales en la tarde e invernales en la noche.

**La zona moderada entre el trópico y el círculo polar:** Las diferencias térmicas entre las estaciones también son pronunciadas —en este respecto se habla con entera razón de "clima estacional". En contraste con los trópicos, las duraciones de los días difieren de acuerdo con la estación del año. Las latitudes centrales abarcan el amplio espectro de condiciones subtropicales hasta subpolares.

La zona limitada por el **círculo polar** alrededor del polo boreal y austral: En las regiones polares no hay crepúsculos vespertinos en verano ni auroras en invierno.



Schematische Darstellung der Luftdruckgürtel der Erde.  
Aus: W. Weischat (1977), S. 218.

#### 4.2.1 Principios matematico-astronomicos para la circulacion atmosferica

La energía de la radiación solar permanece constante durante espacios de tiempo prolongados. Una gran parte, sin embargo, la absorbe y refleja la atmósfera terrestre. La cantidad real de radiaciones que llegan a la superficie terrestre y obran ahí física, química, biológica y climáticamente depende del estado atmosférico, p.ej., de la humedad atmosférica, de la nubosidad y, por supuesto, de la distancia que han de recorrer las radiaciones a través de la atmósfera.

En consecuencia, las zonas climáticas no pueden ser clasificadas con la exactitud establecida por los matemáticos o los astrónomos con la definición de los trópicos y polos. De acuerdo con ellos, el límite de los trópicos se hallaría en los paralelos de cáncer o capricornio y en los polos del círculo ártico o antártico. Basta echar un breve vistazo al mapamundi climático de cualquier atlas para darse cuenta de que las condiciones reales son más complejas. La tierra y el mar, las nubes, la humedad atmosférica, las corrientes marinas, las cordilleras y las planicies influyen de diferentes maneras en el calentamiento de las **masas aéreas de la atmósfera**. Además de esto, las diversas masas de aire caliente, y por ese motivo de diferente densidad, no pueden coexistir en calma unas al lado de las otras a causa de las leyes físicas. Al contrario: ellas se esfuerzan en compensar la densidad, es decir: las diferencias de presión. Lo más fácil sería que las masas aéreas bajo elevada presión se movieran en sentido horizontal por los trayectos más cortos hacia las zonas de baja presión, y esto es lo que ellas hacen en primer lugar. Las masas aéreas, empero, se desvían en este trayecto por la

rotación de la tierra (fuerza de coriolis) y así se originan los torbellinos (denominados ciclones o anticiclones). En suma, la presión, el origen y la temperatura de las masas aéreas difieren. Por este motivo las masas de aire más frías se desplazan debajo de las calientes o éstas últimas se mueven verticalmente hacia las frías. El aire caliente, en todo caso, se enfría al ascender forzosamente y pierde una parte de su capacidad de retener humedad. Las precipitaciones y los frentes son las consecuencias.

Los movimientos de aire sobre toda la tierra ocasionan la circulación planetaria de la atmósfera – **la circulación atmosférica**.

La sola disposición de las fuentes primarias de calor tendría como consecuencia una circulación directa entre las regiones ecuatoriales y polares. El aire asciende ahí debido al elevado efecto de la radiación sobre el ecuador y desciende en sentido vertical hacia los polos enfriándose a su vez bajo la radiación. En las regiones polares baja la temperatura del aire y éste se desplaza en la superficie terrestre calentándose mientras se mueve hacia el ecuador. No obstante, este ciclo ya descrito en 1735 es impedido por la rotación de la tierra y la **fuerza de coriolis** generada por el movimiento giratorio. Ella impide la circulación directa del aire entre el ecuador y la esfera polar. Por ese motivo la circulación atmosférica real resulta únicamente durante un intervalo de latitud restringido al esquema aspirado. Las áreas restantes están determinadas por circulaciones parciales complicadas y multicausales que explicaremos brevemente a continuación.

Para ello es imprescindible imaginarse que la atmósfera terrestre sobre el ecuador es más poderosa al ascender el aire caliente que sobre los polos en donde el aire es frío y se halla, por lo tanto, en el suelo bajo una elevada presión. La densidad del aire en la zona polar es menor en la altura en comparación con los trópicos en donde la presión baja domina en el suelo y la alta en la altura. En el límite superior de la atmósfera hay fuertes caídas de presión entre ambas zonas. Entonces cuando el aire bajo alta presión está sobre el ecuador y se desplaza hacia el norte conforme a la compensación natural de la presión, se originan vientos extraordinariamente fuertes conocidos como 'jet streams', esas turbulencias tan temidas por los pasajeros de avión que hacen, p.ej., el trayecto Nueva York–Europa.

Mas hay que tomar en cuenta todavía que **los vientos fríos del polo que soplan cerca del suelo se convierten en vientos este a causa de la fuerza de coriolis; los vientos cálidos, en contraste, que soplan en alturas elevadas hacia el polo originan los vientos oeste**. Los 'jet streams' dominan en las latitudes medias hasta el suelo debido a la fuerte caída de presión soplando como vientos oeste. Ahí topan con los vientos que corren desde el polo. Al formarse el "**frente polar**" en la zona limítrofe de las masas aéreas, las masas de aire frío soplan debajo de las calientes de oeste a este como "ciclones". Estos ciclones dominan la meteorología en la faja de vientos oeste. Los vientos oeste se hacen sentir con bastante intensidad sobre todo en el hemisferio sur en donde el factor de perturbación del relieve continental en esta latitud no desempeña un gran papel debido a la escasa masa de tierra. Estos 'roaring forties' son sumamente temidos por los marineros. En estas latitudes se habla de **surcos de baja presión subpolares**. Estos surcos están situados cerca de los paralelos de cáncer y capricornio enfrente de las **células de alta presión subtropicales que se acumulan en el lado ecuatorial de los vientos oeste porque están formadas por aire más frío, o sea, más denso. En estas zonas de alta presión predominan los aires ascendentes. La humedad atmosférica no se condensa por ese motivo; el cielo se mantiene prácticamente despejado. En la superficie terrestre son frecuentes las calmas cuya velocidad en la escala corresponde a cero. En la época de los buques de velas, las zonas subtropicales de alta presión fueron denominadas calmas ecuatoriales, un cinturón caracterizado por vientos suaves y escasez de agua sumamente temido por los marineros porque morían de sed los caballos o había que beneficiarlos de emergencia durante la travesía a América.**

**A pesar de estos complejísimos contextos, la tierra está dividida zonalmente en paralelos de trópicos internos siempre húmedos**

y una zona trópico-marginal de humedad variable en la cual hay precipitaciones cuando el sol se halla en el cenit y el aire calentado asciende para enfriarse y forzar de nuevo la lluvia. Las calmas de las que narran los marineros corresponden continentalmente a la zona desértica de extrema aridez en la región de los trópicos. Mientras que las precipitaciones caen en verano en los trópicos, es decir, cuando el sol está en el cenit, ellas van acompañadas por ciclones hacia los polos de las zonas desérticas que llegan sobre todo en invierno a las regiones adyacentes a los semidesiertos. Se trata de los climas de lluvias invernales (en el oeste del continente) conocidos como "mediterráneos". Al aumentar la latitud caen las precipitaciones durante todo el año y se hacen cada vez más escasas hacia el norte del círculo polar para abrirles puesto a los desiertos helados de los polos.

**En Latinoamérica se puede observar también esta división en el relieve fuertemente acentuado mas de forma bastante modificada.**

Justamente en Latinoamérica los vientos alisios tienen una gran importancia. Por ese motivo hay que explicar más adelante estos vientos. Los alisios nos conducen también a otro factor importante del clima mundial, es decir, a la "convergencia intertropical" (ITC). Los alisios son vientos que parten de las calmas ecuatoriales (o sea, de las zonas de alta presión atmosférica) y soplan hacia el este desviándose de la dirección principal por la fuerza de coriolis. En el hemisferio norte soplan los alisios nororientales; en el hemisferio sur, los alisios surorientales. Estos vientos se calientan constantemente en su trayectoria hacia el ecuador, chocan en las inmediaciones de la línea equinoccial y ascienden con rapidez bajo la influencia del sol situado en el cenit. A este fenómeno se le denomina en la escala local como "convección". Las fuertes precipitaciones durante la temporada tropical de lluvias se deben por lo tanto a los procesos de convección. En la escala global, en contraste, se entiende por "convergencia" la colisión de los alisios enraizados en los paralelos que resultan en el

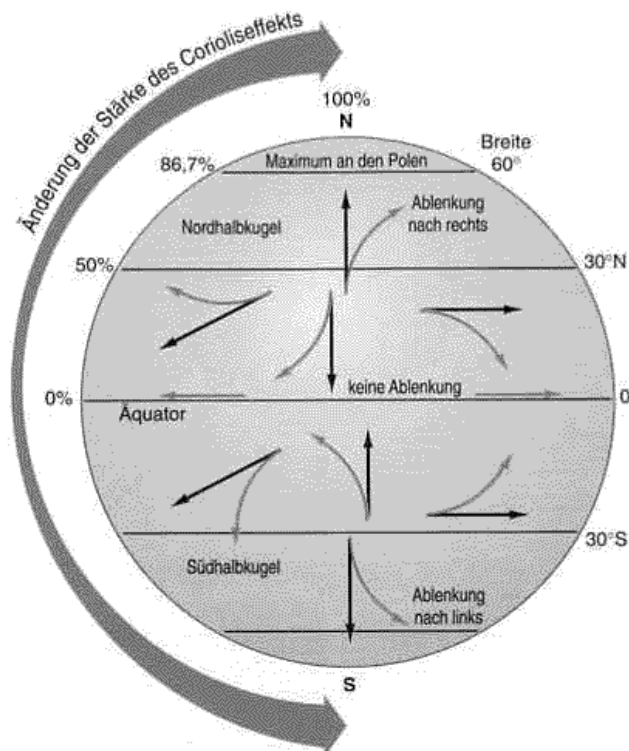
interior del trópico como convergencia intertropical.

No obstante las explicaciones precedentes han demostrado que este término no corresponde del todo. Lo que sucede en realidad -y en este reconocimiento se basa la climatología dinámica moderna- los alisios no son el motor del clima en el mundo sino el fuerte calentamiento del aire en el ecuador que atrae a estos vientos como una aspiradora poderosa que abolla la atmósfera sobre el paralelo más largo ocasionando una caída de presión que a su vez origina el cinturón de los vientos oeste. Quienes hayan comprendido este fenómeno no les será difícil entender los efectos de las intervenciones antrópicas en este sistema, por ejemplo, los de la colonización en las pluviselvas y la (aparente) alteración de las relaciones climáticas locales.

### 4.2.1.1 Fuerza de coriolis

La fuerza de coriolis se interpreta generalmente como "la fuerza desviadora de la rotación terrestre". La Tierra siempre gira en el ecuador a una velocidad ultrasónica de 465 m/seg. No nos damos cuenta de ello *porque la atmósfera rota conjuntamente*.

Si una partícula de aire es transportada, por ejemplo, del ecuador hacia el norte o el sur, ella mantiene el impulso recibido en el ecuador y acelera en unos 40° de latitud norte o sur a una velocidad de 110 m/seg. con mayor rapidez que una partícula en esta latitud pues ésta ha de recorrer un trayecto más corto para circular alrededor de la Tierra y por eso se mueve con mayor lentitud. Es decir, la partícula adelanta las masas de aire, generando, desde el punto de vista de la partícula ecuatorial, una **torsión a la derecha** hacia el norte y una **a la izquierda** hacia el sur.



Die Ablenkende Wirkung der Erddrehung.  
Aus Strahler/Strahler (1999), S. 100.

Si una partícula de aire se mueve hacia el ecuador, ella se desplaza a una velocidad relativamente lenta y adopta la misma dirección desviatoria: una torsión hacia la izquierda al sur del ecuador y una hacia la derecha al norte del ecuador. Por este motivo las altas presiones y las bajas rotan en sentido opuesto.

Este fenómeno se modifica posteriormente en la superficie terrestre por la elevada fricción del suelo. En consecuencia, los vientos soplan perpendicularmente a las isobaras desde la alta presión hacia la baja.

Las masas de aire, empero, corren paralelamente a las isobaras alrededor de las formaciones de presión sin que se produzca una compensación rápida de aire. La fuerza de coriolis se manifiesta ahí por completo.

### 4.2.1.2 Anticiclones y zonas depresionarias

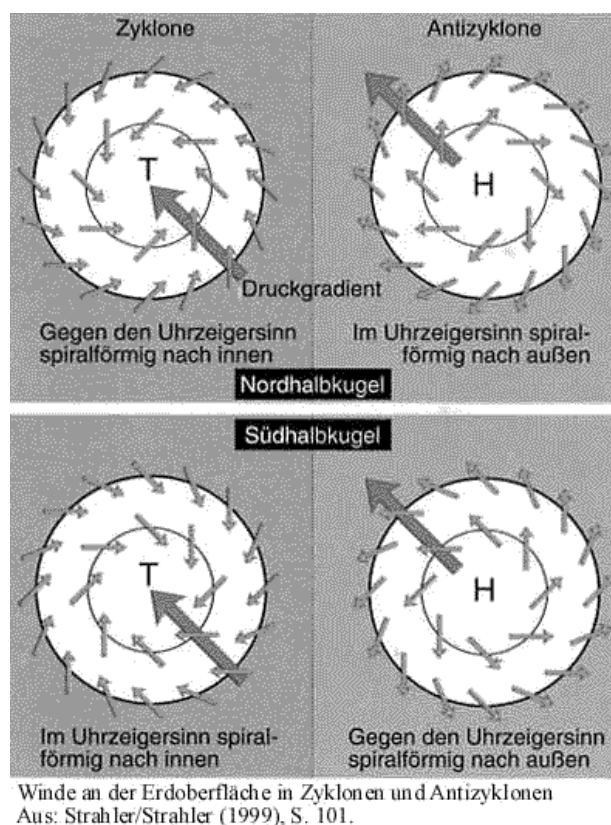
El aire jamás se calienta directamente a causa de la luz solar de onda corta sino por la radiación térmica de onda larga encima de la superficie terrestre calentada con anterioridad por el sol. Ese es el motivo de la expansión del aire. Después del calentamiento caben menos partículas de aire en una unidad espacial que anteriormente pero este volumen de aire es más liviano que un metro cúbico de aire frío, y en consecuencia, ejerce poca "presión atmosférica" sobre la superficie terrestre. **El aire caliente tiende entonces a ascender**. En donde hayan ascendido corrientes de aire, éstas tienen que ser reemplazadas pues se generarían vacíos, o

sea, **corrientes compensadoras** entre los "anticlones" y las "zonas depresionarias".

Las masas de aire se calientan con diferente intensidad, y, en consecuencia, las presiones barométricas son distintas. Las líneas con la misma presión se llaman isobares. La presión disminuye uniformemente de afuera hacia dentro en la zona depresionaria y viceversa en el anticiclón.

Las **zonas de depresión barométrica** tienen una **baja presión atmosférica** y las masas de aire soplan a través de ellas desde todos los puntos cardinales. La fuerza desviatoria de la rotación de la tierra (coriolis) obliga a las masas de aire a soplar en el sentido opuesto a las agujas del reloj en el hemisferio norte y viceversa en el hemisferio sur. A causa de estos torbellinos, llamados también **ciclones**, las áreas expandidas de presión atmosférica en el hemisferio norte llevan masas de aire templado provenientes del sur a los lados orientales y aire polar del norte a los occidentales. El fenómeno se desarrolla a la inversa en el hemisferio sur. Debido a que las masas de aire ascienden en una zona depresionaria, ellas van acompañadas por lo general con formaciones de nubes y precipitaciones. Las zonas depresionarias más marcadas son aquellas generadas con gran calentamiento (sobre el ecuador en las zonas de CIT) y vientos huracanados.

El aire intenta **escapar por doquier** de los anticlones y la fuerza de coriolis vuelve a desempeñar entonces un papel importante. Las corrientes de aire provenientes de las células de alta presión se desvían en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en el sur en el sentido opuesto. Los anticlones no tienen nubes pues sus corrientes de aire en las inmediaciones del suelo son suplantadas desde arriba por nuevas masas de aire. Las masas que descienden se calientan y despejan las nubes. En las zonas anticiclónicas pueden generarse movimientos ascendentes de aire en forma de estrechos tubos térmicos y producir una fuerte formación de cúmulos y tormentas por convección. Al torbellino de alta presión se le conoce como **anticiclón**.



Cuando hay un **tiempo de anticiclón**, ocurre un desprendimiento de calor del suelo especialmente durante la noche porque falta el colchón de nubes. Entonces el aire frío y pesado baja al suelo y se deposita en las cuencas y los valles. Cualquiera que pasee por las montañas sabe que a mayor altura hará más frío. Esta experiencia es la contraria cuando el aire frío se halla cerca del suelo. Ese fenómeno meteorológico se llama **inversión**.

En Latinoamérica la inversión nocturna es provechosa. Los patios interiores de las casas acumulan el aire frío que desciende durante la noche y éste penetra a través de las rendijas de las puertas en las habitaciones manteniéndolas frescas también durante el día.

#### 4.2.1.3 Alisios

Los vientos provenientes de las regiones anticiclónicas subtropicales soplan normalmente como vientos del noreste (hemisferio norte) o del sureste (hemisferio sur) por la fuerza de coriolis y de la fricción. Antiguamente estos vientos beneficiosos durante los viajes a América fueron llamados por los navegantes holandeses: **passaat wind** (probablemente del español: *vientos de pasada* – en inglés: *trade winds*, porque aligeraban los viajes comerciales).

Estos 'vientos de pasada' o alisios son secos y casi exentos de precipitaciones porque la inversión del viento

contrarresta la convección y, en consecuencia, la formación de nubes. Debido a que las células de alta presión en los subtropicos y el canal de baja presión en el ecuador son formaciones persistentes en el sistema de la circulación atmosférica, los alisios también son fenómenos climáticos muy estables porque nacen como consecuencia de la tendencia a compensar la presión. Es decir, son vientos que soplan con una constancia espacial y temporal extraordinaria. Las **zonas de la raíz del alisio son sumamente pobres en lluvias** mientras que en las zonas de salida pueden caer precipitaciones.

Las corrientes alisias son esencialmente fenómenos oceánicos pues la baja térmica interrumpe en verano el cinturón de alta presión trópico marginal- subtropical ubicado sobre los continentes. Su efecto en invierno también es más débil que sobre los océanos. Reinan además **variaciones de circulación considerables sobre los continentes por el relieve y las condiciones climáticas alternantes**. El ciclo del alisio se interrumpe por el movimiento de las masas de aire obligadas a ascender orográficamente cuando las corrientes topan con un obstáculo topográfico. El resultado es la formación permanente de nubes verticales con precipitaciones orográficas en el lado de barlovento. Como ejemplo, las regiones húmedas de las islas de sotavento en el Caribe y las costas del oriente subtropical de América del Sur.

#### 4.2.1.4 Ciclones

En la climatología se denomina generalmente cada zona de depresión barométrica *ciclón*, y las de alta presión *anticiclón*. La gente no especializada en la materia emplea el término ciclón (o también: ciclón tropical) como sinónimo de huracán. De hecho, los vientos que soplan con velocidades superiores a 117 km/h están definidos como ciclones.

Los medios comunicacionales suelen hablar de los estragos causados por los huracanes en el Caribe. En realidad, **los ciclones suelen visitar con gran frecuencia** tanto el Caribe como las costas del Pacífico. Incluso la región septentrional de la Meseta Central de México se ve afectada a veces por ellos. Los huracanes reales corresponden a vientos con una velocidad superior a 73 mph, o más de 12 en la escala de Beaufort. Sobre el origen de la palabra "huracán" hay varias acepciones entre las cuales una la asocia a una deidad aborigen que gobierna las tempestades.

Los ciclones o verdaderos huracanes presentan las características siguientes:

1. **Aparecen entre junio y noviembre**. Únicamente un 1,4% de todos los ciclones observados entre 1886 y 1972 se produjeron fuera de esa "temporada". El período principal oscila entre la mitad de agosto y principios de octubre. Un 79% de todos los ciclones tropicales surgen en esos meses. La verdadera temporada turística en el Caribe corresponde a la estación seca del invierno, es decir, entre diciembre y abril, pues no sobrevienen tempestades de esta magnitud.

2. **La mayoría de los ciclones aparecen sobre mar abierto** delante de las costas mexicanas y centroamericanas del océano Pacífico, del Mar Caribe y del Atlántico al este de la costa de las indias occidentales. A medida que los ciclones se aproximan a tierra firme van perdiendo su fuerza.

2. La condición decisiva es la **la alimentación de vapor de agua de un área marítima con 27° C por lo menos**. La duración y los caminos que siga el ciclón están determinados por esa temperatura. En consecuencia, entre los ciclones con islas tropicales las zonas costeras que cumplan esos requisitos existe una relación casi simbiótica. La costa occidental de América del Sur está protegida contra los huracanes por la corriente fría de Humboldt.

4. Dentro de la zona amenazada por tempestades hay una clara **diferencia espacio-temporal**. Las regiones costeras del Caribe centroamericano están amenazadas desde mayo hasta julio. En julio se desplaza hacia las Antillas menores, mas las islas de sotavento quedan fuera del área de peligro. Las Antillas mayores son visitadas por estos vientos desde agosto hasta octubre pero la llegada de los huracanes no se restringe únicamente a esos meses.

Las costas a las que lleguen causando estragos depende más o menos del azar. La gran energía propia de los ciclones se descarga como **violentos vientos huracanados, lluvias diluviales y mareas vivas en las costas**. Los huracanes suelen descargarse con rapidez sobre tierra firme de manera que raramente ocurre que lleguen hasta el altiplano de México.

Los torbellinos tropicales de la **costa del Pacífico** son más pequeños y menos violentos que en el Mar Caribe pero el riesgo a que llegue uno de esos ciclones es dos veces más elevado que en la costa del Golfo de México. El movimiento ascendente del aire en las laderas de la sierra mexicana del altiplano ocasiona lloviznas cuantiosas. La región meridional de la costa de Baja California en el Pacífico corre el mayor peligro de ser devastada por los huracanes. La acumulación de esos fenómenos puede observarse entre Manzanillo y Acapulco.

Estos ciclones tropicales dependen sobremanera desde su génesis de la convergencia intertropical. Los ciclones están formados por un **anillo de nubes con un diámetro entre 60 y 200 km** compacto y giratorio dentro del cual cambian de posición convectivamente las masas de aire como en una nube de tempestad hiperdimensional. En el centro, el "**ojo del ciclón**" se forma a menudo un zona tranquila y exenta de nubes cuyo diámetro fluctúa entre 15 y 30 km. La extremada energía del ciclón procede de la energía latente que se genera al formarse las nubes. Ahí tiene lugar obtiene la energía en un espacio sumamente angosto, además de que el

agua tibia del mar proporciona suficiente humedad para una intensa formación de nubes. Cerca de la tierra surgen

**tempestades giratorias que se desplazan a una velocidad entre 120 y 130 km/h y a veces hasta a más de 200 km/h**

mientras que llegan lentamente a lo largo de las trayectorias. Con sólo 20 o 30 km/h regresan a los océanos antes de morir en el mar o consumirse en tierra firme. Lluvias fuertes y grandes fluctuaciones barométricas. Los ciclones tropicales baten todos los récords absolutos en el planeta terrestre respecto a la velocidad del viento, la presión atmosférica y la intensidad de las precipitaciones.

Los daños que ellos ocasionan han reducido considerablemente gracias a los **sistemas de control por satélite** y las observaciones con radar, así como los sistemas especiales de comunicación y alarma preventiva. Resta saber cuál es el camino que tomarán los huracanes.

Antiguamente se enumeraban los ciclones en orden de aparición y los meteorólogos estadounidenses les ponían nombres femeninos en orden alfabético. Desde hace algún tiempo, empero, algunos reciben nombres masculinos a causa de los movimientos emancipatorios. Así causó el huracán "Hugo" inmensos estragos en el Caribe. De suma violencia fue "Andrew", un huracán que ocasionó catástrofes jamás documentadas en 1992.

#### 4.2.1.5 Circulación extratropical

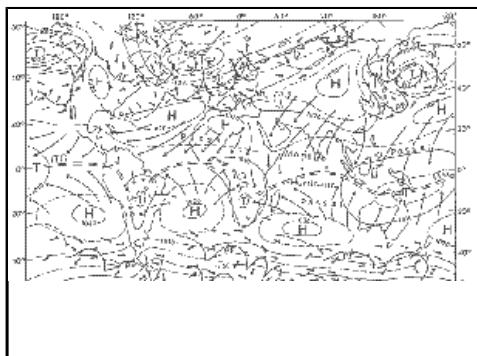
Las caídas barométricas entre las células de alta presión trópico-marginales y subtropicales, las zonas depresionarias y los intensos contrastes térmicos entre el aire caliente tropical y el frío de las latitudes altas dominan la circulación de la atmósfera extratropical. La brusca caída de la presión origina vientos de alturas de corrientes en chorro que se imponen hasta la superficie terrestre y provocan las **corrientes circumpolares antárticas extratropicales** cuyos efectos repercuten en **gran parte de América del Sur**. Sobre todo en la Patagonia y en Tierra del Fuego se perciben los efectos de la fuerte corriente del oeste. Al contrario que en el hemisferio norte, esta corriente está estupidamente formada en América del Sur pues el cinturón circumatlántico de frío y la falta de influjo de las grandes masas de tierra y corrientes marinas casi no permiten la formación de corrientes transversales superpuestas.

#### 4.2.1.6 Corrientes en chorro (jet streams)

Durante el paso de las masas de aire polar a las células térmicas subtropicales se genera la corriente en chorro en la línea de contacto ubicada entre el aire caliente y el frío. Se trata de corriente de aire que fluye como por impulsos desde el oeste hacia el este a una altura entre 10 y 11 km capaz de desarrollar una velocidad máxima de más de 330 km/h. La fricción desviatoria de la superficie terrestre no afecta la dirección ni la velocidad de esta corriente sino sólo el flujo de los anticiclones hacia las zonas depresionarias y la fuerza de coriolis. A estos vientos relativamente fuertes se les denomina corrientes en chorro del frente polar debido al contacto con el aire polar frío y el caliente del trópico. Su existencia depende mucho de la inclinación del gradiente de presión entre ambas masas de aire. Las corrientes en chorro del frente polar están a una altura equivalente a la que ascienden normalmente los aviones comerciales. Dependiendo de la dirección hacia donde vuelan los aviones, éstos aumentarán o disminuirán relativamente la velocidad con respecto al suelo.

Otra corriente en chorro relevante para la circulación global de la atmósfera se forma en los subtrópicos. La corriente en chorro subtropical —que también proviene del oeste— está ubicada directamente sobre la célula de Hadley y alcanza velocidades máximas de 380 km/h.

#### 4.2.1.7 Esquema de circulación atmosférica en enero



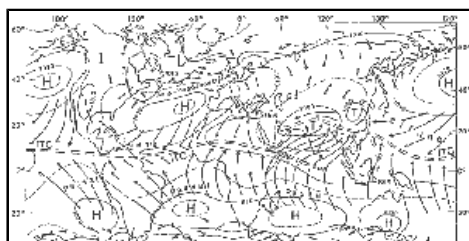
[1]

Este gráfico muestra cómo están repartidas la presión atmosférica y las corrientes centrales en enero en la zona de fricción cercana al suelo.

**referencias en este capítulo:**

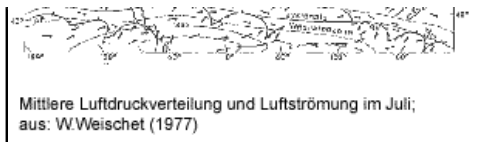
[1] ver capítulo

#### 4.2.1.8 Esquema de circulación atmosférica en julio



[1]

Este gráfico muestra cómo están repartidas la presión atmosférica y las corrientes de aire centrales en julio en la zona de



fricción cercana al suelo.

referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo

### 4.2.2 ¿Qué son realmente los trópicos?

Además de las **definiciones astronómicas**[1] existen otras posibilidades para limitar los trópicos aproximadamente que corresponden mucho mejor a la realidad.

Vistos desde una perspectiva **astronómica-matemática** los trópicos constituyen la región en donde el sol se sitúa en el cenit por lo menos una vez al año. Esta es la franja ancha de las latitudes bajas ubicadas entre los trópicos.

**Observaciones climatológicas y geobotánicas** indican que un límite tan esquemático no coincide con la realidad. El gran climatólogo **Wladimir Köppen**[2], después de innumerables observaciones, propuso establecer los **isotermos de 18° C**

del mes como límite de los trópicos; dicho de otro modo, la media de la temperatura mensual no debe ser inferior a 18° C dentro de los trópicos. Cada lugar en que la temperatura exceda este límite queda fuera de los trópicos según Köppen. En la realidad este límite corresponde más a la propagación de la vegetación tropical que Köppen con entera razón considera como un indicador complejo del clima.

Este límite corresponde más o menos vertical y horizontalmente al coto absoluto de las heladas. Esta línea demarcadora también se emplea para limitar los trópicos, o sea, ahí en donde pueden sobrevenir heladas (nocturnas) se ha llegado fuera de los trópicos.

**Carl Troll**, insigne geógrafo, define finalmente los trópicos como la zona climática en que la **amplitud diurna** supera la **fluctuación anual**.

En otras palabras: Los trópicos están situados en las zonas en donde la diferencia de temperatura entre el día y la noche es mayor que la diferencia entre la media mensual del mes más frío y caliente del año.

Todas estas definiciones son valiosas y justificables. En lo que respecta a la investigación climatológica, las definiciones de Köppen y Troll han sido fructíferas y han engendrado toda una serie de mapas climáticos del mundo que representan cartográficamente los límites de los trópicos establecidos por ambos científicos antes mencionados. Al comparar los mapas basados en las reflexiones de estos investigadores, queda comprobado que ninguno de los dos mapas es ideal, cada uno tiene sus "errores", de manera que el uso depende finalmente de las diversas representaciones que uno escoja. Lo importante, por supuesto, es saber que tienen deficiencias.

En el caso de Köppen, la inexactitud mayor quizá se remonte a su definición "térmica" de los trópicos. Dado que la media mensual del mes más frío cae verticalmente con rapidez por debajo de 18° C, ésta se da en los trópicos interiores a 2.000 m aprox. sobre el nivel del mar y los escalonamientos andinos ubicados entre *Tierra fría* y *tierra nevada* quedarían de acuerdo con Köppen fuera de los trópicos.

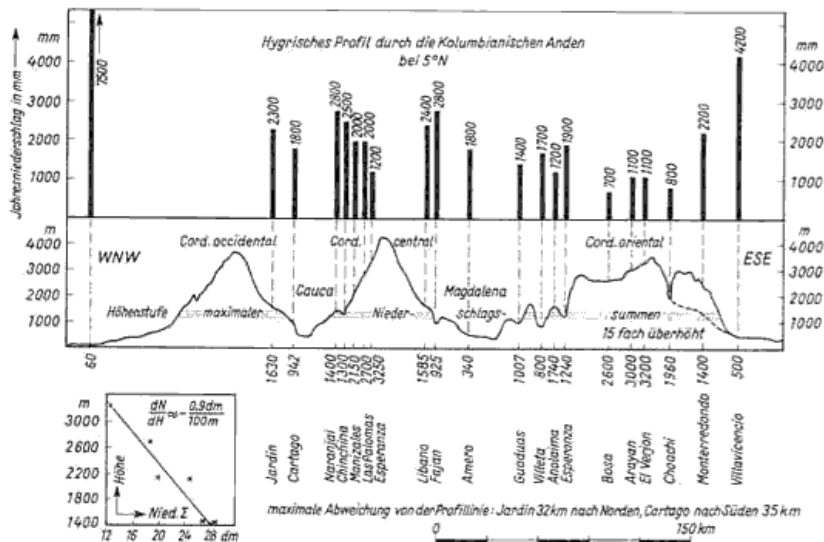
Troll, por el contrario, los incluye con entera razón. Según su definición los niveles fríos de los Andes constituyen a lo sumo una "facies altitudinal" del clima tropical pues las amplitudes diurnas superan ahí las anuales. En el caso del mapa climático de Troll/Paffen y de todos los mapas mundiales posteriores basados en reflexiones teóricas similares postuladas por otros autores surgen patrones que plantean grandes congruencias con los paralelos de latitud. Justamente eso da una interpretación errónea en Latinoamérica.

La causa reside en el abandono de las condiciones hídricas. Köppen incluye expresamente las zonas secas en su clasificación climática. Esta interpretación permite definir con claridad las "*diagonales secas*" tan marcadas en América del Sur.

Hay que destacar, sin embargo, que el límite de los trópicos está establecido exclusivamente por las condiciones térmicas y no por las hídricas. Es decir, en los trópicos pueden existir tanto condiciones sumamente húmedas como áridas. La inexactitud del límite de los trópicos, visto desde la perspectiva hídrica, resalta al observar su situación geográfica: El límite está trazado en el centro de la franja subtropical marginal del desierto. A él se unen en ambos lados regiones húmedas alternantes: los climas sabaneros caracterizados por lluvias estivales hacia el ecuador y los de las estepas por fuertes lluvias invernales hacia los polos.

No obstante, el criterio más importante para diferenciar los trópicos interiormente son las condiciones hídricas. Ellas *permiten hacer una clasificación horizontal*. El sol con su aparente movimiento en vaivén en los trópicos obra como timón de las precipitaciones tropicales. Las **lluvias cenitales** caen como intensas precipitaciones de convección poco después de que el sol haya alcanzado el cenit. Ellas se precipitan por la posición vertical del sol como una tormenta de calor por el empuje ascensional del aire y caen con poco retraso entre marzo y septiembre sobre los trópicos interiores. Las regiones alcanzan ahí un doble de precipitaciones como máximo cuando esos períodos de lluvia no se intercalan.

La orografía, por supuesto, incide también en las precipitaciones tropicales:



Hygrisches Querprofil über die kolumbianischen Anden als Beispiel für den tropischen Konvektionstyp der vertikalen Niederschlagsverteilung. Nach W. Weischet (1969); aus W. Weischet (1977), S. 207.

La temporada de lluvias llega a los trópicos más en verano (el sol en el cenit) hasta que apenas caigan episódicamente y desaparezcan por las corrientes alisias descendientes. De acuerdo con lo antedicho, pueden trazarse tres franjas tropicales adicionales:

- Los trópicos ecuatoriales siempre húmedos (climas Af según Köppen)
- Los trópicos húmedo alternantes, semihúmedos y semiáridos (Köppen: Aw)
- Los trópicos marginales semiáridos hasta áridos (Köppen: BWh/BSH)

**referencias en este capítulo:**

- [1] ver capítulo 4.2.1  
 [2] ver capítulo 4.3

### 4.2.3 ¿Qué son realmente los subtropicos?

Muchos autores de la literatura científica se esfuerzan en apartarse de una definición exacta de los subtropicos a pesar de que el vocablo se emplea a menudo y con mayor sencillez de lo requerido.

Las **características principales** son:

Los subtropicos no pertenecen ni a los trópicos definidos térmicamente (límite: de 18° C isoterms anuales según Köppen), ni a las latitudes moderadas por las cuatro estaciones) Son una **zona de transición polimorfa** entre ambos trópicos

En esta zona **la temperatura cae por debajo de los 5° C en el mes más frío** (excepción: los climas altitudinales). Las plantas no encuentran por ese motivo un clima que les permita en teoría un crecimiento durante todo el año sin la pausa térmica del invierno, lo que representa una diferencia en comparación con las latitudes moderadas. Los subtropicos se diferencian de los trópicos por sus características térmicas, la **caída de heladas**, (otra excepción: los niveles altitudinales de los trópicos). Por eso faltan las biocenosis sensibles a las heladas en los subtropicos.

En Latinoamérica puede hacerse una diferencia entre **tres tipos de climas subtropicales** basándose en las precipitaciones:

- Los **subtropicos siempre húmedos** ubicados en la costa oriental de Sudamérica (climas Cf según Köppen) comprenden el sur de Brasil, Uruguay hasta la pampa noreste de Argentina.
- Los **subtropicos secos** caracterizados por la escasez de agua durante todo el año. Entre estos cuentan las regiones áridas del noroeste argentino, y, también en principio el Atacama y las regiones secas de México septentrional.
- Los **subtropicos húmedo invernales** (climas Cs según Köppen).

#### 4.2.3.1 Los subtropicos en América del Sur

Las regiones subtropicales se extienden en América del Sur desde el 25° hasta el 40° de latitud sur. **Las zonas depresionarias de los vientos occidentales de paso penetran hasta un máximo de 32° de latitud sur en invierno.** La corriente circumpolar antártica se manifiesta en el centro de Chile con un clima cambiante y precipitaciones. En contraste, la cara de sotavento de los Andes es seca. En **verano** empero, toda la región de

Suramérica subtropical se halla **bajo la influencia de las células de alta presión subtropicales** sobre los océanos adenaños. La zona depresionaria del Gran Chaco arrastra las masas de aire provenientes del anticiclón atlántico al interior del continente hasta las laderas andinas. De este modo, **toda la región oriental de América del Sur recibe masas atmosféricas húmedas y precipitaciones que disminuyen de este a oeste**. La cara occidental de Suramérica subtropical está bajo la influencia del anticiclón del Pacífico el cual proporciona masas de aire secas que soplan a lo largo de la costa hacia el norte – sin precipitaciones. Este anticiclón cobra fuerza en el invierno meridional porque se forma además un área pequeña de alta presión sobre el pie de los Andes. Ellos impiden la penetración de vientos húmedos de la región atlántica que apenas sobrepasan el Paraná. Imponentes cordilleras protegen por doquier la región interandina del Altiplano y de la Puna, así como partes de las sierras pampeanas de las precipitaciones de modo que ahí reina también una gran sequedad. Las regiones desérticas de la costa occidental atraviesan aquí los Andes y continúan en el lado argentino hasta el sur de la Patagonia en donde se detiene en los Andes la corriente circumpolar antártica que aporta la humedad. El oriente de la Patagonia es seco: la **diagonal árida**, un eje azonal del Golfo de Guayaquil hasta el estrecho de Magallanes dividen el continente desde NNO hasta el SSE.

Por eso se dan cuatro regiones climáticas dentro de los subtrópicos:

- El centro de Chile seco veraniego y húmedo invernal (de acuerdo con Köppen, clima Cs)
- La zona seca ubicada al norte del desierto pacífico (de acuerdo con Köppen: clima BWh)
- Las regiones del interior secas y semisecas con lluvias en verano (clima de altiplano - escalas climáticas)
- La región climática del Atlántico en la que pueden presentarse precipitaciones en cualquier estación del año (de acuerdo con Köppen: climas Cfa y Cw).

La **región subtropical de Argentina es el punto en donde coinciden muchas masas de aire diferentes** cuya génesis se debe en gran medida a los Andes. Los vientos del oeste y las corrientes dominantes del este traen el zonda, un viento seco y cálido comparable al föhn europeo. Masas de aire frío provenientes del sur penetran también de vez en cuando en los subtrópicos. Los temidos **pamperos** son ráfagas intensas de aire frío que pueden aparecer en todas las estaciones del año y se extienden sobre todo hacia el norte durante el invierno austral. En casi toda la región subtropical de Argentina, Uruguay, Paraguay y zonas elevadas del sur de Brasil caen heladas.

#### 4.2.4 Curiosidades sobre las regiones áridas de Latinoamérica

Alrededor del 32 % de la superficie terrestre y casi el **18 % de América del sur son regiones áridas**. Las regiones áridas, empero, destacan en Latinoamérica por lo **azonal**, o sea, no siguen un orden de acuerdo con los paralelos. Una faja de clima seco se extiende de norte a sur exceptuando la corta interrupción en el puente de tierra centroamericano y en la región ecuatorial. La aridez, por lo tanto, debe estar causada por **diferentes factores**.

Así de variadas sean las causas y la apariencia de los desiertos y regiones áridas –todos tienen **en común la falta de agua**[1]. En este respecto —lo mismo que en cualquier estructuración climática— sólo puede hacerse claramente una limitación aproximada. Para ello se han hecho numerosos intentos de relacionar entre sí las variables climáticas a fin de establecer limitaciones con valor informativo:

La limitación más simple se remonta a Albrecht Penck (1910) quien considera que la falta de aguas superficiales se debe a que la **evaporación consume del todo las precipitaciones** y hasta las supera potencialmente. En este caso el límite de aridez es una línea en donde la evaporación potencial es igual a la cantidad real de la precipitación.

Se sigue empleando con frecuencia el índice de aridez anual según Martonne:

En los climas tropicales se ha acreditado el valor  $i = 20$  como límite de aridez y ha sido ampliado además por Lauer:

Lauer calcula entonces el índice de aridez mensualmente, método con el que se consiguen, por supuesto, informaciones más exactas acerca de la distribución y tipo de regiones áridas.

Estas zonas se clasifican por lo general conforme a las escalas de aridez siguientes:

<b>Semiárid</b>	Jahresniederschlag ist kleiner als die Verdunstung. Periodische Feuchtphasen. Jahresniederschläge allgemein zwischen 150 und 250 mm. Allerdings können auch Gebiete mit 400 mm ariden Gebieten zugeordnet werden. Nach dem Ariditätsindex von Lauer 8-10 Trockenmonate.
<b>Arid</b>	Jahresniederschlag ist kleiner als die Verdunstung, bei ständigem Wasserdefizit. Nur kurze Feuchtphasen. Über 10 Trockenmonate. Niederschlagssummen zwischen 50 und 100 mm.
<b>Per-, Hyper-, bzw. Extremárid</b>	Jahresniederschlag ist kleiner als die Verdunstung. Keine Feuchtphasen mehr. Extremes Wasserdefizit. Episodische Niederschlagsereignisse. 12 Trockenmonate. Nicht mehr als 50 mm Jahresniederschlag; hyperáride Gebiete unter 20 mm.

Una tercera limitación de las zonas áridas está contenida también en la clasificación climática de Köppen en la cual los climas B son considerados como secos.

#### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 4.1.3

### 4.2.4.1 Causas de la aridez

Por lo general puede hacerse una diferencia entre tres grandes tipos de regiones áridas:

- **Desiertos alisios o tropicales**
- Zonas de sombras pluviométricas
- Desiertos costeros

Muchos espacios áridos de Latinoamérica corresponden a estos tipos pero en ciertas regiones hay que tomar en cuenta algunos **casos especiales** que no pueden explicarse a fondo con ninguna de las tres causas.

#### 4.2.4.1.1 Desiertos alisios o tropicales

Estos desiertos se hallan, como su nombre lo indica, en los trópicos y reciben el **efecto de las calmas ecuatoriales** y de las corrientes continuas de los **vientos alisios**[1]. El **aire que desciende permanentemente** de los vientos alisios genera un anticiclón constante que conduce a un fuerte calentamiento de las masas terrestres. Estas condiciones no son propicias para que se formen **muchas de nubes** (al contrario de lo que sucede cuando el movimiento de aire es ascendente). Las demás consecuencias son una **extrema radiación solar**

que cae más arriba que en los trópicos interiores a causa de la escasez de nubes y la reducida humedad atmosférica. Todo esto proporciona unas condiciones de extrema sequedad. El desplazamiento hacia el ecuador de masas de aire calientes y secas provoca por doquier la formación de desiertos en las zonas en donde soplan los vientos de tierra firme y, por ese motivo, no traen consigo la humedad del mar que podría descargarse como lluvia en tierra firme.

Aunque el mayor desierto de la tierra, el Sahara, está sometido casi puramente a los alisios, la extrema sequedad, en cambio, en Latinoamérica no es adjudicable exclusivamente a esos vientos. Si bien el alisio es el factor desencadenante de la temporada seca en los márgenes de los trópicos, la aridez supina de las regiones tiene otras causas.

Bajo la **influencia de los alisios se hallan sin duda las zonas secas de Sudamérica subtropical** (NO de Argentina, Chaco), NE de Brasil y algunas regiones de Mesoamérica y México.

#### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 4.2.1.3

#### 4.2.4.1.2 Regiones secas de sombras pluviométricas, desiertos interiores



Las regiones secas en la sombra pluviométrica de las montañas pueden darse **sólo en zonas en donde soplen vientos con relativa constancia** que proporcionen masas de aire húmedo. En América del Sur este caso se presenta en la zona de **Patagonia occidental** en donde soplan permanentemente vientos del oeste. Si una sierra de elevada altura se extiende horizontalmente en la dirección en que sopla el viento, está preprogramada la **sequía en las vertientes de sotavento de las montañas**. En barlovento se precipitan masas de aire húmedo (climas C de Patagonia occidental); en sotavento, en contraste, las masas de aire que se calientan y descienden, despejan las nubes y causan, por ende, la falta de precipitaciones (comparable con un "föhn" permanente). Este efecto también se siente parcialmente en las regiones secas ubicadas en el noroeste de Argentina. Las corrientes occidentales son raras en esta región. Si llegan sin embargo masas de aire del oeste, éstas se vuelven extremadamente secas y calientes después de atravesar los Andes. Entonces se habla del **Zonda**, un viento temible que abrasa el noroeste de Argentina.

**Los desiertos interiores** se distinguen de las regiones de sombras pluviométricas porque es innecesario explicar las barreras montañosas. Los desiertos interiores, sumamente alejados del mar, reciben poquísima humedad a pesar de la carencia de barreras de relieve. Este efecto tiene lugar raramente en **América del Sur** mas contribuye de manera parcial a la sequedad de las regiones centrales del subcontinente (Puna, Altiplano, noroeste de

Quellwolkenbildung über dem Altiplano, Potosí.  
Foto: H. Hoffert

Argentina). Las **zonas secas del altiplano de México** pueden explicarse también por las sombras pluviométricas o la ubicación sin acceso al mar.

Las nubes llegan al borde de los altiplanos. La lluvia brilla normalmente por su ausencia.

#### 4.2.4.1.3 Desiertos costeros

En las regiones costeras del trópico y subtropical por donde circulan **corrientes marítimas frías**[1], como la de **Humboldt**[2] a lo largo de la **costa chilena-peruana**, y la de California a lo largo de Baja California, procesos físicos simples generan **áreas extremadamente áridas**— ¡las más secas del planeta terráqueo!

Las masas de aire cálidas y húmedas que se dirigen al continente se **condensan** a causa del intenso enfriamiento (anomalía térmica negativa de 12° C como máximo delante del norte de Chile y Perú) al rozar la corriente marina fría originando así la **formación permanente de niebla y nubes**. La humedad jamás alcanza las masas terrestres en forma de lluvia pero sí como garúa, el apodo suramericano para la niebla.

El aire en tierra firme succiona los últimos restos de humedad de las fajas terrestres aledañas a las costas conforme a las leyes físicas de la vaporación. De este modo se genera una faja más o menos ancha de extrema aridez.



Gebirgsfußfläche in der nordchilenischen Atacama. Foto: A. Borsdorf

Ejemplos clásicos en este respecto son: el **Atacama**, un desierto con una media de 30 hasta 300 km de ancho y 3.500 km de largo en donde no cae precipitación digna de mencionar durante décadas y las **regiones secas de Baja California**.

#### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 4.3.3

[2] ver capítulo 4.3.3

#### 4.2.4.1.4 Casos especiales

Hay otras costas secas en América del Sur. A éstas pertenece la **región seca del litoral de Patagonia**. Aunque esa zona esté bañada por la **corriente de las Malvinas**[1], una corriente marítima fría, la sequedad puede explicarse por el efecto que surte la sombra pluviométrica de los Andes. Este efecto se refuerza en el mejor de los casos.

Algunas regiones secas están ubicadas relativamente cerca del ecuador y su clima debería ser considerado normalmente como A de acuerdo con la clasificación de Köppen. A estas regiones pertenecen la **península de la Guajira, ubicada entre Venezuela y Colombia, y la península de Paraguaná con las islas aledañas de sotavento**. La aridez está compuesta por tres factores:

- La región está sometida todo el año a los vientos alisios cuya brisa se aproxima paralelamente a las costas.
- Estos vientos son acelerados sobre los Andes por las crecientes diferencias barométricas contra la baja térmica del ecuador, lo que aumenta la velocidad del viento.
- En la zona de las islas de sotavento, la ya de por sí cálida corriente marítima subecuatorial pasa a una corriente más caliente, la del Caribe. Exactamente en ese punto, esta corriente caliente se desvía a la derecha y sigue fluyendo de tierra firme hacia el mar por la fuerza de coriolis de manera que pueda penetrar el agua fría de las profundidades. El efecto que resulta puede ser comparado con los desiertos clásicos de las costas.

Las **regiones áridas del noreste brasileño** no pueden ser incluidas en casi ningún esquema. En estos casos cabría pensar en la lluvia monzónica (cenital) de verano que se desplaza hacia el sur con la convergencia intertropical. El desplazamiento puede explicarse por el cambio de polos de la circulación de WALKER (la circulación tropical paralela a la latitud con rama descendiente sobre el agua fría y rama ascendiente sobre las zonas de agua cálida o tierra firme que están en correlación con las fluctuaciones térmicas de las superficies oceánicas). A esto se suma un anticiclón debilitado de las Azores que aporta la sequía. La convergencia intertropical tampoco penetra suficientemente hacia el sur en algunos años de lo cual resulta la elevada variabilidad de precipitaciones.

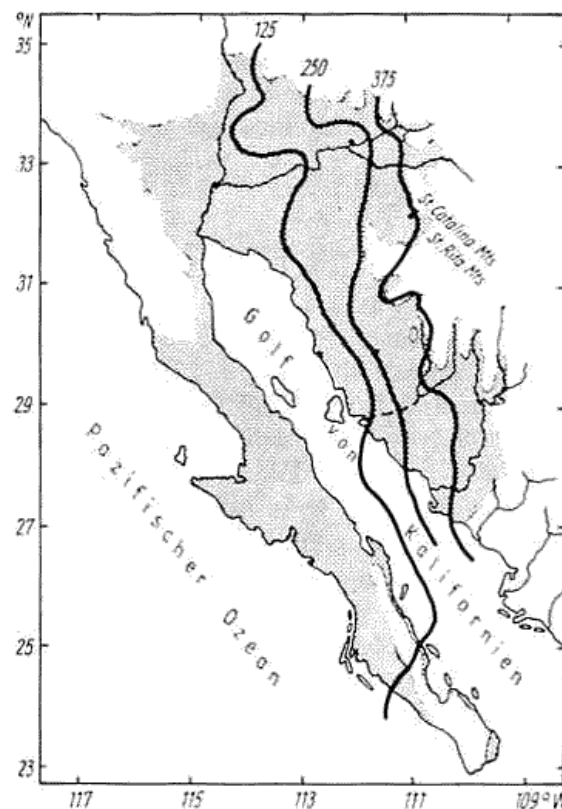
#### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 4.3.3

#### 4.2.4.1.5 El clima del desierto

Si bien las causas y el aspecto de algunas regiones áridas pueden diferir, ciertas **propiedades climatológicas son válidas para todas**.

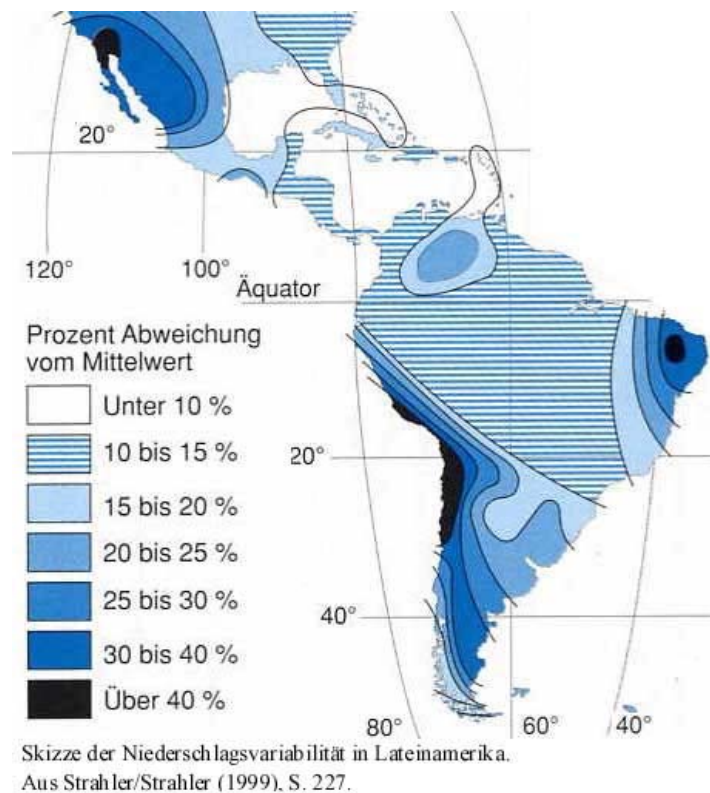
- Las **precipitaciones caen periódicamente**, y por lo general **de manera episódica** (salvo el rocío en los desiertos de niebla) pero concentradas en una estación determinada del año. Cuando llega la lluvia, ésta cae a menudo como **chubascos torrenciales** que ocasionan olas peligrosas de pleamar. Las consecuencias son esas arroyadas en manto que arrastran depósitos superficiales y forman el relieve de esta zona geomorfológica climática.



Die Sonora-Wüste (punktiert) mit den Kurven jährlicher Niederschlagssumme in mm. Aus H. Walter (1991), S. 221.

- Las **precipitaciones caen una gran variabilidad espacio-temporal**. Las lluvias, locales y muy limitadas, llegan con la variabilidad típica de todas las regiones áridas. Por esa razón, la media de muchos años no tiene mucha importancia.

**La regla empírica es: mientras más seco sea el clima, tanto más variarán las precipitaciones.** El fenómeno de volúmenes de lluvia sumamente variables durante el año afecta sobremanera a los agricultores y ganaderos que dependen de un cierto nivel de precipitaciones anuales.



- En todos los **desiertos hay grandes diferencias térmicas entre el día y la noche** pues la escasez de nubes diurnas produce un calentamiento intensivo de la superficie terrestre por la elevada radiación solar, mientras que las pérdidas del calor irradiado durante la noche ocasiona las temperaturas frías. Incluso en las regiones trópico-marginales secas de América del Sur hay heladas nocturnas de vez en cuando pero son excepcionales. Las temperaturas elevadas durante el año son restringidas en los desiertos extratropicales. Ahí bajan mucho las temperaturas y se puede contar hasta con **nevadas**.
- **Los desiertos se caracterizan por la escasez de humedad atmosférica, la frecuencia de los vientos y las elevadas tasas potenciales de evapotranspiración** (tasas de evaporación total teóricamente posibles). En el desierto de Atacama, p.ej., se registran tasas potenciales de evaporación que llegan hasta los 5.000 mm anuales.

No todos los desiertos, por supuesto, tienen valores bajos de humedad atmosférica. En los **desiertos de niebla** de la costa chilena-peruana pueden darse valores nocturnos de un 100 % de humedad relativa. El enfriamiento nocturno produce en esa región una **precipitación de rocío** que podría ser útil si se construyeran redes especiales ("trampas de niebla") para acumular esa agua pura y potable.

Cuando el agua penetra en el suelo, no se mueve como habitualmente siguiendo la fuerza de la gravedad sino adopta la dirección opuesta (movimiento ascendente). El agua del suelo es retirada por la fuerte succión evaporadora. Las sales y los minerales permanecen y forman entonces las **costras y las salinas**.

#### 4.2.5 Zona de vientos occidentales de las latitudes moderadas

La zona de vientos occidentales de América del Sur alcanza en verano la latitud sur de 40° y en invierno la de 32° hasta Tierra del Fuego.

**Los Andes dividen la América del sur meridional en dos zonas climáticas completamente diferentes:**

##### La Patagonia occidental de Chile

se halla en el barlovento de la corriente occidental. Los Andes forman una gran valla para la humedad proveniente de las masas de aire del Pacífico de manera que toda la región al oeste de la cordillera goza de **elevadas precipitaciones** durante todo el año. Escasa duración de rayos solares y pocas fluctuaciones térmicas durante las estaciones del año a causa de la influencia oceánica caracterizan el clima del sur de Chile. Según Köppen, aquí se pasa de climas subtropicales Csb a los fríos y siempre húmedos Cfb.

**La Patagonia oriental de Argentina**, al contrario, aunque está ubicada en el sotavento de los Andes recibe constantemente vientos violentos del oeste que no aportan humedad. El oriente de la Patagonia es la región más rica en vientos del globo terráqueo. Puesto que éstos son muy secos y secan además el terreno, se extiende aquí una **>región árida[1]** sin destacadas fases de humedad durante las estaciones alcanzando en el año apenas unos 100 mm de precipitación. Únicamente bien al sur caen precipitaciones que superan un poco los 200 mm. El agua para regar terrenos agrícolas proviene de ríos foráneos que fluyen de las regiones pluviales de los Andes hacia el oriente.



Ständig wehender Westwind am Lago Mustres in Ostpatagonien. Foto: H. Hoffert

En la ladera oriental de los Andes también se pueden observar grandes diferencias entre las temperaturas medias de los meses: A 16° C asciende la diferencia entre la media más fría y cálida del mes. No obstante, la influencia oceánica compensa un poco las diferencias en las regiones costeras. En las Islas Malvinas la media del mes más frío y más cálido oscila entre 2,6° C y 9,6° C. Por ese motivo los climas de toda la Patagonia oriental corresponden a **BWk o Bsk[2]**, o sea, a los desiertos y las estepas fríos.

**La corriente circumpolar antártica se percibe aquí con gran intensidad por la falta de masa de tierra y la corriente helada del mar.** En las regiones más meridionales de América del Sur, así como en las zonas altas de los Andes puede hablarse de **condiciones subárticas**. Únicamente por ese motivo han podido preservarse hasta la actualidad las gigantescas masas de hielo de ambos **escudos glaciares en la Patagonia[3]**. Las islas meridionales de América del Sur y la isla principal del archipiélago de las Malvinas corresponden al tipo de clima E de acuerdo con Köppen.

#### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 4.2.4.1.2

[2] ver capítulo 4.3.1.2

[3] ver capítulo 2.2.2.1.3

## 4.2.6 Resumen del clima de México

El clima de México se caracteriza en gran parte por el **cinturón de aridez subtropical[1]** que rodea el **norte** y la provincia de Baja California. Conforme a la clasificación de Köppen, estas regiones corresponden a los climas BSh, o BWb. **Las meridionales, por el contrario, han sido asignadas a los trópicos[2]**. Las zonas costeras pertenecen a los trópicos húmedos alternantes (según Köppen: **Aw[3]**), solamente el litoral del costado caribeño al sur del país, así como zonas de la península de Yucatán en transición a Guatemala tienen un clima tropical siempre húmedo (**Af[4]**). Otro orden climático puede observarse también en toda la cordillera latinoamericana **entre las tierras bajas y las altas**, en las regiones costeras y en las altiplanicies de las sierras. Valiéndonos sobre todo de la vegetación, podemos establecer con claridad una clasificación vertical del clima.

#### La media anual de la temperatura[5]

de la ciudad de México asciende a 15,4° C. Las variaciones térmicas entre el mes más caliente y el más frío no son muy grandes, pero hay diferencias esenciales. Las fluctuaciones son menores por lo general en el sur y la costa que en el norte y en las mesetas del interior del país. En Salina Cruz, en el sur de la costa occidental, la fluctuación corresponde apenas a 3,4° C mientras que en Chihuahua, en el interior del país, se registra una fluctuación de 17° C entre el mes más caliente y el más frío.

La **distribución de las precipitaciones[6]** difiere también considerablemente. Mientras la sierra, sobre todo en la región oriental y en el desierto de **Sonora[7]**, está expuesta a una **aridez extrema**, en el sur de la costa del Golfo de México caen **numerosas precipitaciones** anualmente que sobrepasan los 2.800 mm.

*El intercambio de las masas de aire[8] es responsable de las condiciones climáticas entre la región de alta presión noratlántica y norpácífica y el canal ecuatorial de baja presión.* La región de alta presión del Pacífico subtropical influye en el norte de México, sobre todo en la zona noroccidental. Los movimientos descendientes del aire junto con un fuerte calentamiento causan la extrema aridez de la Baja California en la provincia de Sonora y en Bolsón de Mapimi. Sólo los aguaceros esporádicos proporcionan por momentos mucha humedad pero la media anual es escasa. El extremo noroccidental de la península de Baja California está bajo la influencia del clima mediterráneo de California: seco en verano y húmedo en invierno. Únicamente el cabo sur de la península, a la altura de La Paz, recibe un poco más de humedad que el resto de la región desértica del noroeste a través del ramal de la circulación tropical. Al noreste llegan más precipitaciones. El motivo reside en

las masas de aire frías y húmedas provenientes del norte que ocasionan las precipitaciones en los meses de invierno.

*El sur de México está bajo la influencia de la circulación tropical y goza de fuertes precipitaciones sobre todo en la temporada de mayo hasta octubre, o sea, durante el verano nórdico. Los vientos alisios que soplan en la costa del golfo traen consigo relativamente muchas precipitaciones en forma de lluvia.*

#### referencias en este capítulo:

- [1] ver capítulo 4.2.3
- [2] ver capítulo 4.2.3
- [3] ver capítulo 4.3.1.1
- [4] ver capítulo 4.3.1.1
- [5] ver capítulo 4.1.2
- [6] ver capítulo 4.1.3
- [7] ver capítulo 4.2.4.1.5
- [8] ver capítulo 4.2.1

### 4.2.7 Visión general del clima del puente de tierra mesoamericano

La tierra firme centroamericana la subdividen a menudo en **dos regiones climáticas**: una **atlántica** y una **pacífica**. Los **alisios**[1] ascendentes hacia el mar Caribe determinan los acontecimientos que se acumulan en las cadenas montañosas. La gran humedad y las elevadas temperaturas engendran pluviselvas que se convierten en bosques húmedos a medida que aumenta la altura. Las montañas centroamericanas son más secas cuanto más alejadas estén de la zona atlántica. Pero la región que mira al Atlántico permanece por lo general siempre húmeda, sin períodos de fuerte sequía (**Af**[2]) y con precipitaciones en verano cuya frecuencia aumenta a medida que se viaje más hacia el norte.

Las **aguas cálidas del Mar Caribe**[3] bañan la **Mesoamérica del Atlántico**. El alisio nororiental trae la humedad hasta tierra adentro. La **humedad atmosférica es sumamente elevada**, las **temperaturas presentan escasas fluctuaciones estacionales** y las precipitaciones caen en forma de chubascos. Períodos prolongados de sequía no se dan gracias a las tormentas cálidas en verano y las ráfagas de aire frío provenientes del norte, así como las lluvias alisias en contraste con otras regiones de los trópicos exteriores que pasan generalmente una fase de sequía. Centralamérica recibe además a principios del verano y del otoño la humedad de las fuertes lluvias cenitales porque la convergencia intertropical (CIT) se extiende hacia el norte. Pueden caer 4.000 mm y en algunas regiones hasta 5.000 mm de lluvia.

La **Mesoamérica del Pacífico** es algo **más seca** que la región atlántica (según Köppen: **Aw**[4]). Sobre todo la corriente de aire proveniente del oeste proporciona la humedad a las montañas ubicadas en la zona de barlovento. El interior de tierra firme es más seco. Los alisios del noreste que traen las lluvias a la región atlántica se convierten en ráfagas de vientos secos de modo que en la costa del Pacífico reinan condiciones de sequía en la época en que soplan los alisios. El litoral del Pacífico recibe unos 1.000 mm de precipitaciones. En las regiones como las penínsulas de Nicoya y Azuero expuestas a los vientos del suroeste caen por supuesto grandes cantidades de lluvia. A causa de las condiciones climáticas desfavorables en la costa oriental trópica-húmeda, las poblaciones mayores de Centroamérica están asentadas normalmente en las montañas frescas y secas en donde el volumen de las precipitaciones oscila entre 600 y 700 mm.

#### referencias en este capítulo:

- [1] ver capítulo 4.2.1.3
- [2] ver capítulo 4.3.1.1
- [3] ver capítulo 4.3.3
- [4] ver capítulo 4.3.1.1

### 4.2.8 Vista en conjunto del clima de las Indias Occidentales

En toda la región del cálido Mar Caribe domina un **clima tropicaloceánico**[1] con medias anuales de temperaturas que oscilan entre los 21°C y 28°C y escasas fluctuaciones durante las estaciones (raramente superiores a los 4°C). Las depresiones costeras no expuestas a los **alisios**[2] son sofocantes. El alisio nororiental trae a los acantilados copiosas precipitaciones ascendentes. Por eso encontramos una gran diferencia entre barlovento y sotavento en la **distribución de las precipitaciones**[3] (menos en la térmica).

El **verano** es la temporada principal de lluvias con vientos predominantes del este y el sudeste a causa de la **lluvia cenital** (por ese motivo corresponde a los climas **Aw**[4] según Köppen). En los períodos de transición se forman los temibles **ciclones**[5] a causa de los vaivenes que tienen lugar por lo general de este a oeste. A causa de esas tormentas y los fuertes azotes de los alisios se han construido todos los puertos de las Pequeñas Antillas en el lado occidental o suroeste. **Las Pequeñas Antillas** están clasificadas en dos grupos: **Las islas de sotavento caracterizadas por el elevado grado de humedad** y una media de precipitaciones que supera los 2000 mm. En contraste con las Grandes Antillas, en ellas no hay que temer las ráfagas de frío provenientes del norte. Las temperaturas de los mares circundantes tampoco sufren muchas fluctuaciones. El clima de las Pequeñas

Antillas puede ser clasificado de acuerdo con Köppen como Af. Las **islas de barlovento, en cambio, son sumamente secas lo mismo que la costa septentrional de Venezuela y Colombia.**

**referencias en este capítulo:**

- [1] ver capítulo 4.2.2
- [2] ver capítulo 4.2.2
- [3] ver capítulo 4.1.3
- [4] ver capítulo 4.3.1.1
- [5] ver capítulo 4.2.1.4

### 4.3 Climatología efectiva - Zonificación climatológica de Latinoamérica según KÖPPEN

Entre las numerosas clasificaciones efectivas sobre el clima la de **Wladimir Köppen** parece la más comprensible. Köppen formula dicha clasificación por primera vez en 1918 y más tarde sus discípulos **R. Geiger** y **W. Pohl**

la amplían, corrigen y la vuelven a cartografiar. El objetivo de Köppen era determinar los límites climáticos que coincidieran aproximativamente con los de los tipos esenciales de vegetación. Aunque el propósito perseguido por Köppen no da resultados exactos en todos los casos y algunos límites son discutibles (por ejemplo, el límite de los trópicos en sentido vertical), el sistema es apreciado hasta el presente debido a su estructura sencilla y la obtención de conocimientos al emplear integrativa y fenomenológicamente la **vegetación[1]** como indicador climático y correctivo. Es el primer sistema que parte de una distinción alfabética tipo fórmula de tipos climáticos de valores medios y duraderos fáciles de examinar. Con él se sientan las bases para reconocer los atributos que tienen en común los climas de la Tierra y hacer comparaciones. Sin embargo, no debemos confiar plenamente en la claridad de los mapas de Köppen: Las líneas indicadas ahí no son límites nítidos en la naturaleza sino forman en caso ideal la línea media de márgenes fronterizos.

Ventajas de esta clasificación climática:

*Cada clima se define de acuerdo con los valores medios mensuales o anuales de la temperatura y la precipitación comparándolas con determinados valores umbrales de las magnitudes respectivas.*

*Cada estación climatológica puede ser asignada a un grupo y a un subgrupo climáticos basándose en los valores de sus temperaturas y precipitaciones –o sea, partiendo de las magnitudes más fácilmente ponderables que existen en la mayoría de las estaciones climatológicas en series suficientes.*

Para emplear el sistema de Köppen es innecesario comprender la complejidad de los procesos climáticos, y aunque éste no sea el caso, las condiciones climáticas de un determinado lugar del mundo pueden ser establecidas con el mapa de Köppen.

**Ningún sistema climático efectivo puede caracterizar a fondo todos los fenómenos de la Tierra.**

Justamente en Latinoamérica hay numerosas regiones que no pueden ser descritas plenamente basándose en las clasificaciones conocidas. Entre ellas está el desierto nebuloso de Atacama, lo mismo que las particularidades de las escalas de altitudes climáticas de las cordilleras.

**referencias en este capítulo:**

- [1] ver capítulo 5

#### 4.3.1 Caracterización de los tipos principales

La clasificación climática de Köppen se fundamenta en las relaciones entre el clima y la vegetación. *Los valores umbrales o prolongados limítrofes están basados en la comparación con los límites vegetales adecuados o representan valores numéricos de magnitudes climáticas que obran en la vegetación como ya ha sido comprobado.*

El sistema emplea una clave alfabética con la cual se definen los grandes grupos climáticos y sus subdivisiones con respecto a las particularidades anuales de la temperatura y las precipitaciones.

Las **cinco mayúsculas se refieren a los grandes grupos climáticos** de los cuales sólo el A, B y C son relevantes en Latinoamérica. Los climas E se dan únicamente en las regiones más meridionales de América del Sur:

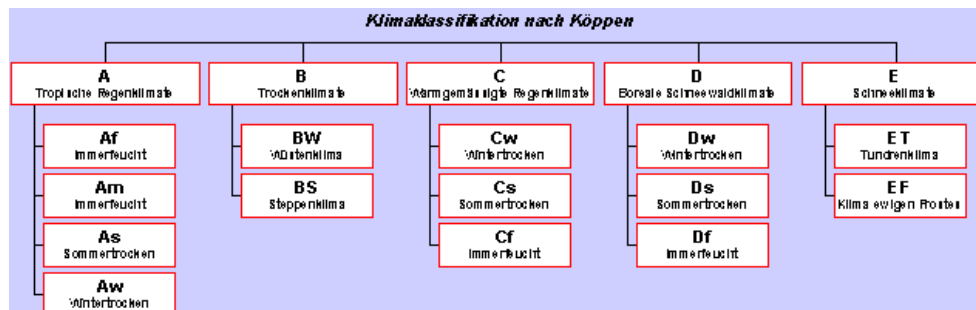
Klimagruppe	Grenzwerte	Charakteristik
<b>A</b> <i>Tropische Regenklimate</i>	Mitteltemperatur des kältesten Monats über 18°C	Klimate haben keinen Winter Der Jahresniederschlag ist hoch und übersteigt die jährliche Verdunstung
<b>B</b> <i>Trockenklimate</i>	$r < 2t + 28$ bei Sommerniederschlag $r < 2t$ bei Winterniederschlag $r < 2t + 14$ bei fehlender Niederschlagsperiode	Die Verdunstung übertrifft das ganze Jahr den Niederschlag. Kein Wasserüberschuss. B-Klimate entspringen keine perennierenden Gewässer
<b>C</b> <i>Warmgemäßigte Regenklimate</i>	Mitteltemperatur des kältesten Monats zwischen 18°C und -3°C. Mindestens ein Monat im Mittel über 10°C	C-Klimate haben sowohl Sommer als auch Winter
<b>D</b> <i>Boreale Schneewaldklimate</i>	Mitteltemperatur des kältesten Monats unter -3°C Mitteltemperatur des wärmsten Monats über 10°C	10°C-Isotherme des wärmsten Monats verläuft ungefähr an der polwärtigen Grenze des Baumwuchses
<b>E</b> <i>Schneeklimate</i>	Mitteltemperatur des wärmsten Monats unter 10°C	E-Klimate haben keinen wirklichen Sommer

Los climas B se caracterizan por la relación entre la precipitación y la evaporación, el resto por las relaciones térmicas. Los climas A, C y D proporcionan suficiente calor y precipitaciones para que crezcan selvas altas y montes bajos.

Otra letra sirve para diferenciar mejor los grandes grupos:

- S** Clima semiárido
- W** Árido (desierto) – Las mayúsculas se emplean solamente para los climas B
- f** húmedo. Suficientes precipitaciones en todos los meses, sin temporada seca (se emplea para los climas de los grupos A, C y D)
- w** Temporada seca durante el invierno del hemisferio respectivo
- s** Sequía en verano
- m** Clima pluviselvático, a pesar de la breve sequía

De la combinación de ambos grupos resultan diferentes combinaciones:



En el mapa aparece con frecuencia además de las dos letras una tercera para indicar otras variaciones climáticas que producen diferenciaciones importantes dentro de un tipo climático en Latinoamérica:

Queda sin ser tomada en consideración la **alteración del clima con la altura**, motivo por el cual la **clasificación vertical del clima** sustituye los elementos que faltan en la clasificación de Köppen (en ciertas ampliaciones llamada simplemente clima de altiplano H).

### 4.3.1.1 Climas A en Latinoamérica

<p><b>Af</b> Immerfeucht</p>	<p>Niederschlagssumme des niederschlagsärmsten Monats 60 mm und mehr</p>	<p>In Lateinamerika einer der bestimmendsten Klimatypen. Betrifft den Bereich um das <b>Amazonastiefland</b> bis über den morphologischen Andenrand hinaus. Weitere Vorkommen: <b>Kolumbianische Pazifikküste, Ostteil der Mittelamerikanischen Landbrücke, einige Bereiche an brasilianischer Küste</b></p>
<p><b>Am</b> Immerfeucht</p>	<p>Niederschlagssumme des niederschlagsärmsten Monats unter 60 mm</p>	<p>Im <b>Mündungsbereich des Amazonas</b> wird von einer kurzen Trockenphase unterbrochen.</p>
<p><b>Aw</b> Wintertrocken</p>	<p>Niederschlagssumme des niederschlagsärmsten Wintermonats unter 60 mm</p>	<p>Wechselfeuchtes tropisches Klima mit ausgeprägter Trockenphase im Winter der jeweiligen Halbkugel. Nimmt bei weitem den größten Teil Lateinamerikas ein:  <b>- beiderseits des Amazonas</b> geht das immerfeuchte tropische Klima in Aw-Klimate über  <b>- Westindische Inseln</b> sind trotz des Regenreichtums diesem Klimatyp zuzuordnen (ausgeprägte Trockenperiode)  <b>- Westküste Mittelamerikas</b>                  - Übergangsbereich von Af-Klimate in BW-Klimate an der <b>Pazifikküste Ecuadors/Kolumbiens</b></p>

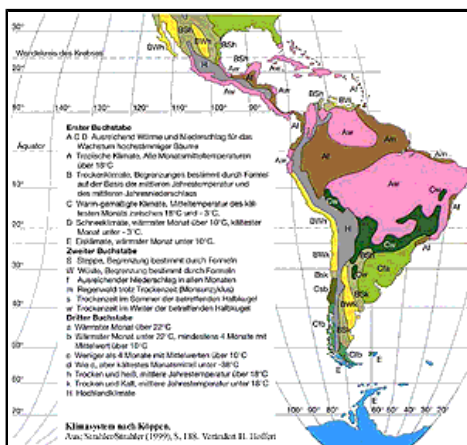
**4.3.1.2 Climas B en Latinoamérica**

<p><b>BS</b> Steppenklima</p>	<p><math>r &gt; t + 14</math> (bei Sommer-niederschlag)  <math>r &gt; t + 7</math> (bei fehlender Niederschlagsperiode)  <math>r &gt; t</math> (bei Winter-niederschlag)</p>	<p>Steppen-, bzw. Trockensavannenklimate. Semiarides Klima mit Kurzgras- und Dornbuschvegetation. Zwischenstellung zwischen BW und humideren Klimaten. Vier weit voneinander entfernte Regionen Lateinamerikas gehören diesem Typus an:  <b>- Hochlandklima Mexikos</b>  <b>- Küstenbereich Venezuelas</b> und <b>Nordostkolumbiens</b>                  - Dornbusch (<b>Monte</b>)- und Trockenwaldgebiete (<b>Chaco</b>) und die <b>trockene Pampa</b> (pampa seca) Argentiniens  <b>- Ostpatagonien</b>, sofern nicht BW-Klimate zugeordnet.</p>
<p><b>BW</b> Wüstenklima</p>	<p><math>r &lt; t + 14</math> (bei Sommer-niederschlag)  <math>r &lt; t + 7</math> (bei fehlender Niederschlagsperiode)  <math>r &lt; t</math> (bei Winter-niederschlag)</p>	<p>Arides (trockenes) Klima. Drei Bereiche lateinamerikas sind BW-Klimate zuzuordnen:  <b>- Niederkaliforniens (Sonora-Wüste)</b>  <b>- Zentralbereiche des Hochlandes von Mexiko</b>  <b>- Aride Diagonale Südamerikas:</b> chilenisch-peruanische Küstenwüste (Atacama)-Puna-Nordwestargentinien-Osten Ostpatagoniens</p>

**4.3.1.3 Climas C, D y E en Latinoamérica**

<p><b>Cw/Dw</b> Wintertrocken</p>	<p>Keine D-Klimate in Lateinamerika</p>	<p>Niederschlag des niederschlagsreichsten Sommermonats mind. 10mal so hoch wie jener des niederschlagsärmsten Wintermonats</p> <p>Mildes Klima mit trockenen Winter. In Lateinamerika thermische Übergangsbereich von Aw-Klimaten in höheren Regionen bzw. höheren Breiten. <b>Weit verbreitet am westlichen Andenrand und in Südbrasilien</b></p>
<p><b>Cs/Ds</b> Sommertrocken</p>		<p>Niederschlag des niederschlagsreichsten Wintermonats mind. 3mal so hoch wie jener des niederschlagsärmsten Sommermonats (r darf 30 mm des letzteren nicht überschreiten)</p> <p>Milde Sommertrockene Klimate, auch als Etesienklima oder Mittelmeerklima bezeichnet, kommen in Lateinamerika nur in <b>Mittelchile</b> um die Hauptstadt Santiago de Chile vor.</p>
<p><b>Cf/Df</b> Immerfeucht</p>		<p>Geringe Niederschlagsdifferenzen zwischen den extremen Monaten. R des trockensten Monats &gt; 30 mm</p> <p>Kommt nur im südlichen Südamerika vor, hier vor allem in zwei Regionen: - An der <b>warmgemäßigten Atlantikküste Brasiliens, Uruguays und Argentinien</b>, einschließlich der feuchten Gebiete des Gran Chaco. In dieser Einteilung nicht zu erkennen: Abgrenzung der subtropischen Regenwälder Südbrasilien/Norostargentinien - <b>Westpatagonien</b> im Einflussbereich der Westwindzone und Feuerland.</p>
<p><b>ET</b> Tundrenklima</p>		<p>Mitteltemperatur des wärmsten Monats über 0°C</p> <p>Nur der <b>südlichste Bereich Patagoniens und Feuerlands</b> ist den Schneeklimaten zuzuordnen. Bemerkenswert ist hier der Vergleich mit Europa. Während in Südamerika auf etwa 55° südl. Br. Raues Tundren- und Schneeklima herrscht, liegt Europa (etwa die Breite Dänemarks und Südschwedens) noch im warmgemäßigten Klima.</p>
<p><b>EF</b> Klima ewigen Frostes</p>		<p>Mitteltemperatur des wärmsten Monats unter 0°C</p>

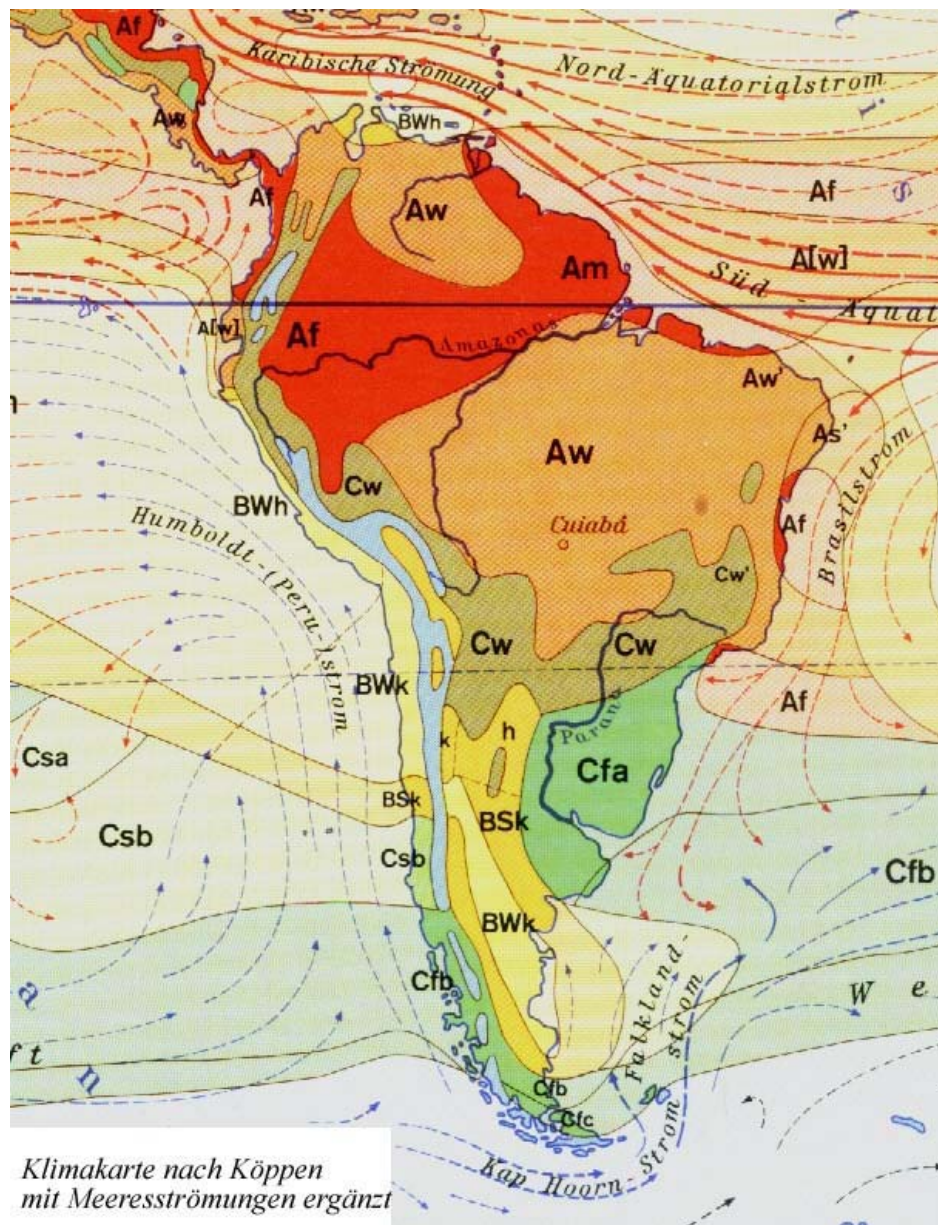
4.3.2 Zonificación climatológica según Köppen - Mapa



[1]

referencias en este capítulo:  
[1] ver capítulo

4.3.3 Mapa de climas según Köppen con corrientes marinas



#### 4.4 Clasificación vertical de la temperatura - climas altitudinales de los trópicos

Las **montañas son factores esenciales que influyen en el clima** de Latinoamérica. Por un lado constituyen un **límite climático**; los climas al occidente y al oriente de las montañas suelen presentar grandes diferencias. Por otra parte, la **clasificación vertical de los climas** es especialmente interesante porque pueden presentarse enormes divergencias dentro de distancias relativamente cortas que serían imposibles en sentido horizontal. En todas las montañas, no importa a cuál zona climática pertenezcan, cambian las condiciones medioambientales bióticas y abióticas con la altura. La disminución de la **temperatura**[1], de la presión barométrica y después el aumento de nubes y precipitaciones y la radiación solar forman una estructura escalonada de condiciones vitales diferentes, lo que se entiende por lo general como escalonamiento vertical del clima de montaña. Mas justamente en Latinoamérica los escalonamientos climáticos en sentido vertical son de suma importancia porque ahí se alza una imponente cordillera en el medio de los trópicos. Sucede entonces que en la zona normalmente tórrida de los trópicos se experimentan cambios de verano eterno a inviernos permanentes en distancias cortas.

##### Fue Alexander v. Humboldt

el primero en describir a fondo este fenómeno después de escalar las montañas suramericanas entre 1799 y 1804 y hacer constantemente mediciones barométricas y térmicas. Él también fue el primero en darse cuenta de que las formaciones vegetales se adaptan a las condiciones climáticas respectivas de cada nivel altitudinal. Por esa razón Humboldt es considerado como el descubridor de los niveles altitudinales de la vegetación.

Para la descripción de los escalonamientos verticales empleó **Humboldt** antiguas denominaciones introducidas por los españoles, calificativos vigentes todavía en la nomenclatura científica como: *Tierra caliente*, zonas cubiertas por **selvas tropicales**[2]; *tierra templada*, zonas en donde crecen **bosques de montañas**[3] tropicales; *tierra fría* la zona fría en donde se dan las mejores condiciones para plantar frutos europeos; *tierra helada* la gélida zona de los **paramos**[4] y las estepas de la **Puna**[5]; *tierra nevada* – la zona de los glaciales en la que sólo pueden crecer aisladamente ciertas plantas como líquenes y musgo. Estos términos describen

entonces tanto las condiciones térmicas como las bióticas. Las condiciones térmicas son sumamente importantes para la diferenciación climática.

Las denominaciones comprenden, por supuesto, mucho más factores. Son expresiones para espacios vitales en las montañas que abarcan la gran complejidad del clima, del aprovechamiento agrario, del desarrollo de la vegetación potencial y el diseño del paisaje cultural relacionado con la distribución demográfica. Naturalmente la zonificación altitudinal exacta es un valor de orientación y fluctúa de una región a otra. Los niveles altitudinales casi no presentan diferencias en México, Mesoamérica y Sudamérica tropical en cuanto a su estructura climática salvo en lo concerniente a la situación vertical de dichos niveles. No obstante, al contemplar los cambios de **vegetación**[6] saltan a la vista las diferencias.

En primer lugar, la temperatura disminuye con la altura. Cada 100 m de ascenso con aire seco corresponde aprox. a 1° C menos; con aire húmedo a 0,55° C. Lo contrario sucede cuando el aire frío y pesado baja y se acumula en los valles causando de esa manera inversión de la caída térmica.

La radiación aumenta mientras tanto en un 1% con cada metro de ascenso. Hay que imaginarse que la radiación en los trópicos obra con el doble de intensidad que en los paralelos moderados. Las precipitaciones aumentan generalmente entre los 2.000 m y 3.600 m pero van disminuyendo por encima de estos niveles. Diferentes vientos ocasionan en las montañas grandes efectos: ya sean efectos de Stau como los vientos en altura, los descendentes, los föhn, o efectos de Düsen como los vientos de valles.

#### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 4.1.2

[2] ver capítulo 5.4.1

[3] ver capítulo 5.4.1.8

[4] ver capítulo 5.4.13.1

[5] ver capítulo 5.4.13.2

[6] ver capítulo 5.4.13

### 4.4.1 Ubicación y atributos climáticos de tierra caliente

#### Tierra caliente

comprende las regiones siempre cálidas de las llanuras situadas por debajo de unos 800 a 1000 m. La media anual de la temperatura supera los 24° C en estas regiones. En los flancos de las cordilleras hay que contar con la mayoría de las precipitaciones por la acumulación de nubes. Volúmenes extremos al año de 4.000 mm son normales en dichas regiones.

### 4.4.2 Ubicación y atributos climáticos de tierra templada

#### Tierra templada

– la tierra moderada – representa el nivel altitudinal entre 800 y 2.000 m. La media de los valores térmicos oscila entre 18 y 22° C, o sea, es bastante más baja que en la llanura. En el límite superior los valores medios fluctúan entre 16 y 17° C. Reinan pues unas condiciones térmicas agradables. Las precipitaciones también disminuyen notablemente encima de la zona máxima (más o menos entre 1.100 y 1.200 m de altura). En esta zona altitudinal no sobrevienen heladas, en consecuencia, pueden cultivarse todo tipo de plantas sensibles al frío

### 4.4.3 Ubicación y atributos climáticos de tierra fría

**Tierra fría**, como su nombre lo indica, se trata de un nivel altitudinal frío entre 2.000 y 3.500 m con una media anual entre 12° y 22° C. Este cinturón altitudinal llega hasta el límite superior de las posibilidades para cultivar frutos europeos en el campo; los cereales y tubérculos, en cambio, se dan también parcialmente en el siguiente nivel altitudinal. Las condiciones térmicas son comparables todo el año con un verano temprano extratropical –por supuesto, sólo al mediodía. Las precipitaciones también disminuyen a unos 700 u 800 mm exceptuando las extratropicales. Tierra templada y tierra fría son los espacios vitales preferidos por los seres humanos y, son por lo tanto las regiones más pobladas de la cordillera tropical.

### 4.4.4 Ubicación y atributos climáticos de tierra helada

#### Tierra helada:

la región entre 3.500 y 4.000 m de la cordillera con una media de temperatura anual por debajo de 6° C. Las fluctuaciones térmicas durante el día son extremas y oscilan a menudo entre 40° y 50° C llegando a veces hasta 60° C. Durante la noche no es extraño que la temperatura baje a –20°C y que las temperaturas máximas del suelo durante el día asciendan hasta 40° C por la elevada radiación solar. Podemos decir que cada noche invernal retorna durante la intensa radiación nocturna; durante el día, en cambio, encontramos condiciones primaverales, e incluso veraniegas, a causa de la fuerte radiación solar. Los cambios de temperaturas son sumamente frecuentes. Una tierra inhóspita no sólo para el ser humano. También las materias rocosas padecen bajo las inclemencias del tiempo. Las rocas sufren intensas disgregaciones. En muchas regiones, por ejemplo,

en el Altiplano o en la Puna, no hay agua que arrastre las masas disgregadas –y las montañas sucumben debajo de sus propios escombros. El grado con que las plantas cubren el suelo asciende entre 10 y 15% a lo sumo.

---

#### 4.4.5 Ubicación y atributos climáticos de tierra nevada

**Tierra nevada** es la región de los **hielos eternos**[1]. El límite nevado asciende en las zonas aledañas al ecuador a unos 5.000 m y aumenta hacia el sur del trópico hasta 6.700 m aproximadamente –con lo cual constituye el límite glacial más elevado de la tierra. Las cimas y los conos volcánicos más elevados se empinan hasta rayar con las zonas de hielos eternos con temperaturas nocturnas extremas entre –40 y –50°C. La altura de las cúspides excede por lo general el nivel medio de las nubes y por ese motivo la radiación solar es sumamente intensa durante el día.

#### referencias en este capítulo:

[1] ver capítulo 2.1.1.5

---

### 4.5 Literatura para la climatología

- BLUME, H. 1962 Beiträge zur Klimatologie Westindiens EK, 16, 271-289
- CAVIEDES, C./ENDLICHER, W. 1989 Die Niederschlagsverhältnisse in Nordperu während des El Niño-Southern Oscillation-Ereignisses von 1983 Die Erde, 120, 81-97
- ENDLICHER, W. 1991 Zur Klimageographie und Klimaökologie von Südpatagonien Freiburger Geogr. Hefte, 32, 181-211
- ERIKSEN, W. 1983 Aridität und Trockengrenzen in Argentinien. Ein Beitrag zur Klimageographie der Trockendiagonale Südamerikas Coll. Geogr., 16, 43-68
- ERIKSEN, W. 1986 Frostwechsel und hygrische Bedingungen in der Punastufe Boliviens – ein Beitrag zur Ökoklimatologie der randtropischen Anden Jb. der Geogr. Ges. zu Hannover für 1986, 1-21
- GRAF, K. 1981 Zum Höhenverlauf der Subnivalstufe in den tropischen Anden, insbesondere Bolivien und Ecuador Zschr. Geom. NF, Suppl. 37, 1-24
- KESSLER, A. 1985 Zur Rekonstruktion von spätglazialen Klima und Wasserhaushalt auf dem peruanisch-bolivianischen Altiplano Zschr. Gletscherk. U. Glazialgeol., 21, 107-114
- KESSLER, A. 1991 Zur Klimaentwicklung auf dem Altiplano seit dem letzten Pluvial Freiburger Geogr. Hefte, 32, 141-147
- KLAUS, D., JÁURGUI, E., LAUER, W. 1988 Schadstoffbelastung und Stadtklima in Mexiko-Stadt Abh. der Math.-Nat. Kl der Akad. der Wiss. u. Lit., Mainz, 5, Stuttgart
- LAUER, W. 1959 Klimatische und pflanzengeographische Grundzüge Zentralamerika EK, 13, 344-354
- LAUER, W. 1975b Klimatische Grundzüge der Höhenstufung tropischer Gebirge 40. DGT Innsbruck 76-90
- LAUER, W. 1981 Klimawandel und Menschheitsgeschichte auf dem mexikanischen Hochland Abh. der Math.-Nat. Klasse der Akad. d. Wiss. u. d. Lit., Mainz, 2
- LAUER, W. 1952 Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln Bonner Geogr. Abh. 9, 19-98
- PORTIG, H. 1976 The climate of Central America W. Schwerdtfeger (Hg.), Climates of Central and South America, World Survey of climatology, Bd. 12, Amsterdam, Oxford, New York, 405-478
- PROHASKA, F. 1976 The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay W. Schwerdtfeger (Hg.), Climates of Central and South America, World Survey of climatology, Bd. 12, Amsterdam, Oxford, New York, 13-112
- REINKE, R. 1962 Das Klima Amazoniens Diss. Tübingen
- TROLL, C., PFAFFEN, K.H. 1964 Karte der Jahreszeitenklimate der Erde Erdkunde 18, 5-28
- WEISCHET, W. 1966 Zur Klimatologie der nordchilenischen Wüste Met. Rdsch., 19, 1-7
- WEISCHET, W. 1969 Klimatologische Regeln zur Vertikalverteilung der Niederschläge in Tropengebirgen Die Erde, 100, 287-306
- WEISCHET, W. 1977 Einführung in die allgemeine Klimatologie Teubner, Stuttgart.
- WEISCHET, W. 1977 Die ökologische Benachteiligung der Tropen Stuttgart

- WEISCHET, W.1985Die ökologische Benachteiligung südamerikanischer Tieflands- gegenüber GebirgsräumenZbl. Geol. Paläont., Teil I, 1127-1138
- WEISCHET, W.1990Das Klima Amazoniens und seine geoökologische KonsequenzBer. Naturfr. Ges. Freiburg i.Br., 80, 59-91
- HASTENRATH, S.1963Über den Einfluss der Massenerhebung auf den Verlauf der Klima- und Vegetationsstufen in Mittelamerika und im südlichen MexikoGeografiska Annaler, 45, 76-83

## 5 Biodiversidad en Latinoamérica

Latinoamérica es un **espacio vital sumamente diverso** pues se extiende desde las zonas tropicales hasta las subantárticas y cuenta con costas marinas y cordilleras cubiertas de glaciares que ascienden hasta casi 7.000 m. A esto hay que agregar la situación especial de Mesoamérica como eslabón que une el reino vegetal **holártico** con el **neotrópico** centro y suramericano hasta la Antártica.

El espectro vegetal de Latinoamérica comprende desde las **selvas tropicales**,[1] sumamente ricas en especies hasta los **áridos desiertos**[2] prácticamente sin vegetación, y, desde la flora única de las costas con **mangles**[3] y los **arrecifes coralinos**[4], hasta los **artistas de supervivencia de las cordilleras**[5].

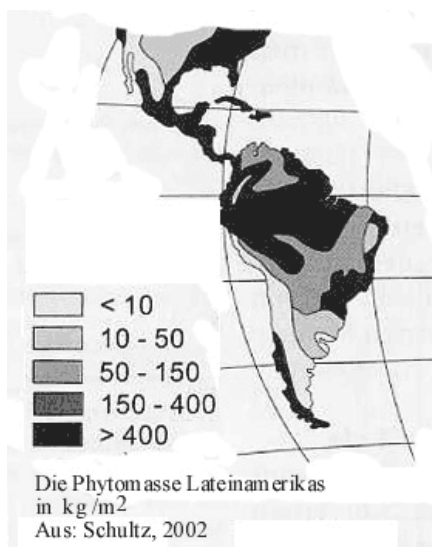


Die Florenreiche der Erde; aus H.Walter (1968)

### referencias en este capítulo:

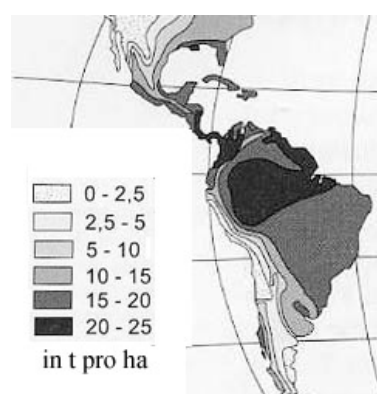
- [1] ver capítulo 5.4.1  
 [2] ver capítulo 5.4.10  
 [3] ver capítulo 5.4.1.6  
 [4] ver capítulo 5.4.1.7  
 [5] ver capítulo 5.4.13

## 5.1 Visión general de la fitomasa en Latinoamérica



Se entiende por fitomasa la totalidad de la materia viva vegetal. Ella forma junto con la zoomasa la biomasa. La fitomasa constituye normalmente alrededor de un 99% de la biomasa.

## 5.2 Visión general de la producción primaria en Latinoamérica



La vida vegetal surge cuando la energía solar nutre las plantas a través de la fotosíntesis. La vegetación entonces absorbe el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y lo transforma en carbohidratos, las materias básicas para la existencia. El oxígeno (O<sub>2</sub>), en cambio, lo libera hacia el aire libre. Puesto que las plantas respiran, parte de los productos de la fotosíntesis —sobre todo los dióxidos de carbono— se pierden. La porción restante se