

# Y el microclima

## ¿qué es?<sup>1</sup>

Alejandro Jiménez Lagunes<sup>2</sup>

**q**ué complicado es todo esto. ¿Somos los únicos seres con vida en todo el universo?, ¿qué fue lo que dio origen a la vida?, ¿cómo es que el ser vivo está modificando el clima?, si lo hace, ¿en qué medida nos afecta? Interrogantes como éstas, al igual que otras tantas, ponen de manifiesto nuestra curiosidad ante aquello que se desconoce, y al mismo tiempo han sido el punto de partida que da origen a las diferentes disciplinas de estudio que tratan de explicar la interacción entre los seres vivos y el medio en que se desenvuelven. Está por demás mencionar que cada una de estas disciplinas se relaciona con las demás; utilizar en un estudio sólo a una de ellas sería erróneo, y a todas sería prácticamente imposible, por lo que es necesario hacer uso solamente de aquellas que guarden una estrecha relación con el problema en cuestión. De esta manera, el presente documento trata de ser una recopilación de artículos especializados sobre el microclima y de cómo se modifica éste al alterar el dosel vegetal, llegando incluso a describir el uso de una técnica innovadora para determinar la temperatura de la hoja y la conductividad estomática.

## ¿Quién es quién?

El término *microclima* nos hace pensar en algo muy pequeño —literalmente eso es cierto en este caso— pero el microclima es tan grande o pequeño como se quiera, y podemos pensar en él como

el estado más frecuente de la atmósfera en la que se desenvuelve el organismo en estudio, siendo para éste de vital importancia. De esta forma, el principal objetivo del estudio climático es determinar el estado de la atmósfera a la cual los seres vivos (vegetales y animales) se encuentran expuestos.

El medio en el cual viven las plantas y los animales es muy diverso e involucra una gran variedad de microclimas. Uno de los factores más importantes en el clima local o microclima es la topografía, ya que ésta determina la medida en que se verá afectada la superficie por las diferentes variables atmosféricas; así se origina la *micrometeorología*, que es la medida y análisis del estado momentáneo de la atmósfera cercana a la superficie de la Tierra en la cual no es necesario que haya vida. El principal objeto de esta disciplina es proporcionar una estructura cuantitativa que describa procesos como el calor y la transferencia de masas en términos de mecanismos, como el intercambio radiactivo. Ahora bien,



<sup>1</sup> Segundo lugar del Concurso de ensayo científico "Juan Díaz Covarrubias", llevado a cabo en la Universidad Veracruzana en el año 2000.

<sup>2</sup> Pasante de Licenciatura en Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana.

la fisiología es aquella disciplina encargada de estudiar los cambios (características fisiológicas) que ocurren dentro de un organismo, y el equilibrio dentro de su hábitat se denomina ecología.

## Los jugadores

Para un ciudadano ordinario, el tiempo atmosférico está regido por dos variables: la temperatura y la precipitación. Si esto fuese así, sería relativamente sencillo explicar las condiciones climáticas y atmosféricas prevalecientes en un lugar e instante dado, pero no es así, y, como dice el doctor Garduño, "Tal parece que lo único en verdad constante del clima es que siempre está cambiando". Por eso han surgido diferentes modelos basados en ecuaciones, los cuales se ajustan a los diferentes escenarios tratando de explicar cómo se ven afectados estos lugares por las condiciones atmosféricas prevalecientes y de medir de una forma adecuada los diferentes elementos climáticos.

## ¿Y los modelos?

Los modelos son herramientas importantes para evaluar alternativas en un marco que se adapte a las condiciones del lugar. Si su dinámica y comportamiento se comunican claramente, los modelos pueden servir para pronosticar futuros posibles y para limitar el rango de incertidumbre. Una de las principales funciones de los modelos es ligar los niveles adyacentes de organización; un ejemplo de ello es tratar de conocer cómo se pasa de la célula a la hoja, de la hoja a la planta y de la planta a la comunidad; es decir, lo que se

pretende de ellos es que puedan ayudar al logro de la conexión entre las condiciones locales y globales. Es importante hacer notar que en la medida en que se mejoren continuamente se lograrán alcanzar estas metas, redundando así en la obtención de mejores resultados, lo cual conducirá a una mejor comprensión de nuestro entorno.

Cabe destacar que debido a que el Sol es nuestra fuente de energía y el agua, según se dice, la fuente de la vida, los modelos del balance de energía, así como el del balance hídrico, revisten una importancia vital en los diversos estudios sobre microclima, vegetación y otros.

## Algunos escenarios

La búsqueda de la explicación correcta de cómo actúan las diferentes variables atmosféricas en la fisiología vegetal ha originado estudios de micrometeorología y microclima, que en nuestro país comienzan a desarrollarse; tal es el caso de los trabajos realizados en la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco. Las especies caducifolias tienen como característica principal la pérdida de follaje durante la temporada de estiaje, lo que permite reducir al mínimo el consumo de agua cuando la demanda evaporativa es alta.

Sin duda la evapotranspiración merece especial atención, ya que está en función de la precipitación y de la cantidad de radiación que recibe el vegetal; la evapotranspiración (ET) de todo el sistema vegetal se puede estimular partiendo de establecer el equilibrio energético:

$$1) Q_n = LE + H + S + A$$

En donde  $Q_n$  = radiación neta,  $LE$  = calor latente de vaporización,  $H$  = calor sensible,  $S$  = calor almacenado en el suelo y  $A$  = acarreo horizontal por el movimiento del aire.

Si pasamos por alto los términos  $S$  y  $A$  (por ser muy pequeños en comparación con los otros dos) e introducimos la razón Bowen ( $B = H/LE$ ) en 2, al despejar  $LE$  (que no es otra cosa más que la evaporización), tenemos:

$$2) LE = Q_n / (1 + B)$$

Debido a que los gradientes térmicos en las selvas tropicales caducifolias son despreciables y que la energía que se transporta por el viento tampoco es importante; además, considerando que la utilización de la energía en el proceso fotosintético es menor al 1%, los resultados que se obtienen de esta ecuación son bastante representativos del microclima local.

Otra forma de conocer la evaporación total es basándose en el modelo de Penman Monteith, el cual nos ayuda a calcular la *transpiración*, definida como la pérdida de agua en las plantas y que depende en particular de la apertura estomática. Ahora bien, la transpiración (TRP) de un individuo está determinada por la suma de la transpiración de cada elemento del mismo (hojas); ésta hace posible que la temperatura foliar disminuya, además de proteger otras funciones de la planta.

Cambiando de escenario, pero sin alejarnos de lo que se ha venido mencionando, encontramos el estudio realizado por Breshears, el cual se llevó a cabo en un sitio con condiciones semiáridas en el norte de Nuevo México conocido como La Mesita del Buey. En este trabajo se demuestra que si se cambia el tipo de vegetación, el microclima se ve afectado. Este estudio trata principalmente de cuantificar las diferencias de las variables climáticas entre un terreno con dosel herbáceo y otro al cual se le va intro-

duciendo dosel arbóreo en un lapso determinado. Se exponen las grandes diferencias de temperatura del suelo entre los dos tipos de terreno y los efectos sinérgicos entre la humedad y la temperatura del suelo en razón de la evaporación de éste, lo cual, sin lugar a dudas, pone de manifiesto que el dosel arbóreo en los ecosistemas semiáridos modifica el microclima por debajo y alrededor de él, por lo que se concluye que si se cambia el tipo de dosel vegetal (es decir, pasando las plantas herbáceas a uno que contenga plantas arbóreas), tendrá repercusiones en el microclima, afectando a su vez procesos biológicos tales como la germinación tanto en la especie arbolada como en la herbácea.

Si se considera que dentro de un ecosistema existen diferentes microclimas, ¿serán iguales los efectos de la vegetación sobre ellos? Es ésta una interrogante que se plantearon Fetcher y sus colaboradores, razón por la que realizaron un estudio en un bosque tropical de Costa Rica en donde analizaron cuatro diferentes ambientes dentro del mismo bosque: dos sitios perturbados —uno por la simple caída del árbol (gap=400 m<sup>2</sup>) y un sitio claro con un área de 0.5 hectárea, comparados más de dos años después de las perturbaciones—, y dos sitios dentro del bosque primario: el sotobosque (primer estrato del dosel vegetal), y todo el dosel. Se hace énfasis en el comportamiento de la temperatura y el déficit de la presión del vapor de saturación (cantidad de vapor de agua que le falta a la atmósfera para saturarse), y muestra a través de gráficas el ciclo diario y anual de éstas dos variables en los diferentes ambientes situados. Hallaron así que los valores de temperatura y el déficit de la presión del vapor de saturación son altos en los claros y bajos en el sotobosque. Schulz, en otro estudio, halla diferencias similares a las del trabajo mencionado. Por otra parte, la temperatura en los otros dos sitios es intermedia entre el sotobosque y los claros, pero cabe mencionar que la presión

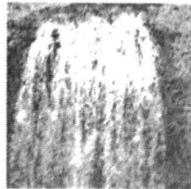
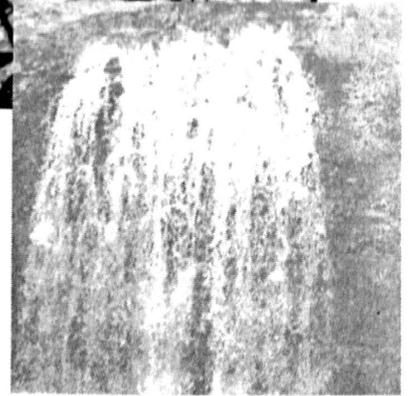


del vapor de saturación es más alta en el dosel que en el gap. La revegetación juega un papel importante en los sitios perturbados reduciendo en forma significativa la temperatura y la presión del vapor de saturación a 70 cm; después de siete u ocho meses, la temperatura y la presión del vapor de saturación son esencialmente las mismas en las brechas y claros en el mismo nivel.

## La finalidad

Es impresionante la cantidad de estudios en el mundo que tratan de explicar cómo es que la vegetación influye modificando el clima, o cómo el clima modifica la vegetación, y nos encontramos en el dilema de estar siempre preguntando qué fue primero, si el huevo o la gallina. La verdad es que no lo sabemos, ya que lo único real es que si se modifica el clima cambia la vegetación, y viceversa: si cambia la vegetación el clima se modifica.

Pero es de suma importancia hacer notar el papel que juega el hombre en la alteración del clima. Tan sólo recordemos que en nuestro país la deforestación para uso agrícola es uno de los principales factores del deterioro del ambiente. Las consecuencias de tal deforestación son graves en razón de que ésta trae consigo cambios en el ciclo hidrológico y en los climas locales y regionales, así como el aumento de la erosión del suelo; de igual forma, las variables climáticas son también modificadas, en particular, la temperatura y la humedad del aire aumentan y disminuyen, respectivamente, incrementando la demanda evaporativa que en algunos casos llega a ser de hasta 50%. No obstante, el papel del hombre no tiene que ser del todo destructivo, y existen diferentes técnicas que permiten modificar cada uno de los componentes del micro-



clima con el fin de mejorar las condiciones microclimáticas (temperatura y humedad tanto del aire como del suelo, rapidez del viento y evapotranspiración), con el firme propósito de incrementar la sobrevivencia de especies en la reforestación con fines de restauración ecológica.

## Las técnicas

Algunas técnicas propuestas tienen su principio en el balance de energía, y más que nada buscan manipular los diferentes componentes del balance energético, permitiendo llevar a cabo una serie de análisis microclimáticos con el objetivo de controlar las altas tasas evaporativas y la temperatura del lugar, lo que limita el establecimiento de especies arbóreas. La energía disponible está dada, según Monteith y Unsworth, por:

$$Q_n = (S + s)(1 - a) + (L\Delta - L\neq)$$

Donde el término  $(S+s)$  se refiere a la radiación directa y difusa;  $(1-a)$  es el albedo, y  $(L\Delta - L\neq)$  es el balance de energía infrarroja tierra-atmósfera. Ahora bien, si se cambia la geometría de las superficies receptoras mediante surcos, se manipula la energía de onda corta  $(S+s)$ ; si se cambia el color de la superficie, se manipula con éxito el albedo, logrando de esta manera el control en la temperatura y humedad de la superficie y de las capas de aire vecinas. El acolchado (que consiste en ubicar barreras físicas en la superficie del suelo) es la técnica más sencilla para controlar el calor latente con el fin de evitar y reducir la evapotranspiración y conservar la humedad del suelo dependiendo del material que se use. Otra de las técnicas, la cual está encaminada al control del componente advectivo, consiste en poner cortinas rompevientos que generalmente se sitúan de forma perpendicular a la dirección del viento.

## No debemos olvidar que...

Hasta ahora se ha venido haciendo énfasis en cómo es modificado el clima en su interacción con la vegetación, pero no se ha hecho mención de una parte que es fundamental para que estos estudios se realicen y a la que llamamos *instrumentación biometeorológica*. Sin duda, el desarrollo de los instrumentos gracias al avance de la tecnología nos permite realizar más estudios. Es debido a este avance que hoy en día contamos con los termómetros infrarrojos, que trajeron consigo el uso de nuevas y mejores técnicas, como el

caso de la termometría infrarroja, que se basa en detectar la radiación infrarroja que emite la planta, logrando con esto determinar la temperatura de la hoja. La idea de usar la temperatura de la hoja como un indicador del déficit hídrico tuvo auge al principio de la década de los ochenta. Esta técnica fue utilizada por Jones con el propósito de establecer índices de estrés hídrico para estimar la conductividad estomática. Él encuentra que la misma depende de la sensibilidad de la hoja en las diferentes superficies (secas o húmedas).

## Concluyendo

Podemos seguir citando más y más trabajos y no acabaríamos; los estudios que se hacen son demasiados, pero finalmente todos tienen el mismo objetivo: explicar cómo el clima es modificado basándose en el estudio de variables como la temperatura, la humedad del suelo y la evapotranspiración, principalmente. Es indiscutible que la actividad fisiológica de las plantas juega un papel preponderante en la modificación del mismo.

Aún falta mucho por hacer, como se menciona al principio, las interrogantes son muchas y las respuestas muy pocas y, sobre todo, poco fundamentadas; sin embargo, estudios como los que se han descrito marcan la pauta a más y mejores trabajos.

Algo que resulta de verdad alentador es que el papel del hombre no es del todo destructivo, y, tal como se mencionó, existen diferentes alternativas que nos ayudan a controlar la modificación del microclima en beneficio del hombre mismo.

Muy a pesar de lo que pueda pensar cada persona, lo que se aprende cuando se lee un documento como éste, el cual no es demasiado

especializado, es la importancia de hacer investigación; de no hacerla, seguramente nunca entenderemos nuestro entorno.

## Bibliografía consultada

- Barradas, V.L. y Fanjul, L. (1985). Equilibrio hídrico y evapotranspiración en una selva baja caducifolia de la costa de Jalisco, México. *Biótica*, 10(2): 199-210.
- (1986). Microclimatic characterization of shaded and open-grown coffee (*Coffea Arabica* L.) plantations in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, 38: 101-112.
- Barradas, V.L. (1989). El papel del microclima en la fisiología vegetal. *Bot. Soc. Bot. México*, 49: 31-39.
- (1994). *Instrumentación biometeorológica*. México: Fondo de Cultura Económica-UNAM.
- (2000). Modificación del microclima con énfasis en la conservación y restauración ecológica. *Bol. Soc. Bot. México*, 65: 1-16.
- Breshears, D.D. (1998). Effects of woody plants on microclimate in a semiarid woodland: soil temperature and evaporation in canopy and intercanopy patches. *J. Plant Sci.* 159(6): 1010-1017.
- Daubenmire, P. (1972). Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forests in northern Costa Rica. *J. Ecol.*, 60: 147-170.
- Elston, J. y Monteith, J.L. (1975). Micrometeorology and Ecology (vol. 1: 1-6). En J. Elston y J.L. Monteith (Eds.): *Vegetation and the Atmosphere*. New York: Principles Academic Press.
- (1975). *Vegetation and the Atmosphere*. New York: Principles Academic Press.
- Fetcher, N., Oberbauer, S.F. y Strain, B.R. (1985). Vegetation effects on microclimate in loelfan tropical forest in Costa Rica. *Int. J. Biometeorology*, 2(2): 145-155.
- Frankie, G.W., Baker, H.G. y Opter, P.A. (1974). Comparative phenological studies of stress in tropical wet and dry forest in the low lands of Costa Rica. *J. Ecol.*, 62: 881-919.
- Garduño, R. (1994). *El veleidoso clima*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Gates, D.M. (1980). *Biophysical Ecology*. New York: Springer-Verlag.
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Reginato, R.J. y Hatfield, J.L. (1981). Normalizing the stress-

degradation parameter for environmental variability. *Agric. Meteorol.*, 24: 45-55.

- Jackson, S.B., Idso, R.D., Pinter, Jr. P.J. y Reginato, A. (1981). Canopy temperature as a rough stress indicator. *Water Resour. Res.*, 17: 113-118.
- Jones, H.G. (1999). Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid irrigation scheduling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 95: 139-149.
- Jordan, G.L. y Haferkam, M.R. (1989). Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. *J. Range Manage*, 42: 41-45.
- Landsberg, J.J. (1984). Physical aspects of the water regime of wet tropical vegetation. En E. Medina, H.A. Mooney y C. Vázquez-Yanes (Eds.): *Physiological Ecology of plants in the wet tropics*. Boston: W. Junk Publishers: 13-26.
- Monteith, J.L. (1973). *Principles of Environmental Physics*. London: Edward Arnold.
- Monteith, J.L. y Unsworth, M.H. (1990). *Principles of Environmental Physics*. New York: Edward Arnold.
- Roundy, B.A. y Biedenbender, S.H. (1996). Germination of warm-season grasses under constant and dynamic temperatures. *J. Range Manage*, 49: 421-425.
- Schulz, J.P. (1960). *Ecological studies on rainforest in Northern Suriname*. Amsterdam: N.V. Noord-Hollandsche Uitgevers Maatschappij.
- Shukla, J., Nobre, C. y Sellers, P. (1990). Amazon deforestation and climate changes. *Science*, 247: 1322-1325.

