

GLORIA UMAÑA* - ELSA TALERO**

EL CLIMA DENTRO DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Introducción

La necesidad vital del ser humano de conservar el equilibrio del medio ambiente, no puede llegar a realizarse, si no se conoce el medio atmosférico de la tierra, puesto que éste determina, de un modo fundamental, el medio biofísico y condiciona el medio ambiente creado por el hombre.

Como es bien conocido, la biocenosis está ligada a los factores ambientales que lo rodean: luz, temperatura, humedad, composición físico-química del suelo.

«El sistema formado por, los organismos de la biocenosis, las relaciones de diverso orden existentes entre ellos y las inter-relaciones con el biotopo, o escenario biofísico donde habitan éstos organismos, está caracterizado, básicamente, por las condiciones de los subsistemas edáficos y climáticos que constituyen el ecosistema» (Duvigneaud. 1984).

La base de la red trófica del ecosistema, es la Energía Química Potencial, acumulable en forma de compuestos orgánicos (glúcidos, prótidos, lípidos). Por lo tanto, «se establecen relaciones de espacio entre las comunidades, las cuales se distribuyen de tal manera que puedan aprovechar al máximo el medio abiótico (clima y suelos), hasta llegar a una estratificación de la biocenosis, en donde cada especie ocupa su hábitat y cumple un oficio determinado». (Margalef. 1980).

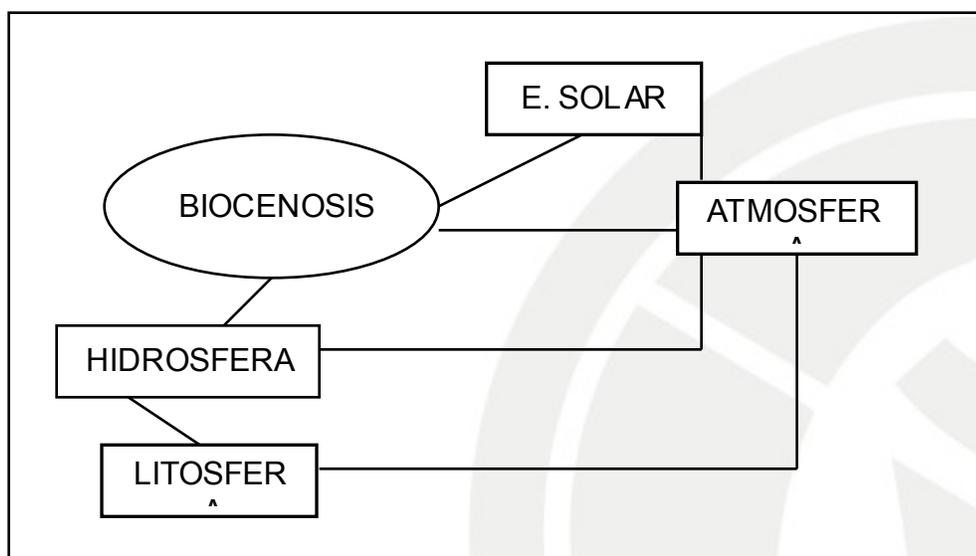


Figura 1

* Profesora. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Pedagógica Nacional.

** Profesora. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.

El ser humano, equivocadamente, busca el máximo de productividad del paisaje. Su objetivo es el de obtener alimentos, materiales para su vivienda, vestidos y satisfacer necesidades secundarias. Sin embargo, el hombre necesita otros recursos esenciales para la vida, como el oxígeno, la purificación del aire y del agua, agua regulada y control de plagas además del paisaje, para fines recreativos y estéticos. Estos recursos tienen una importancia mucho más grande de la que el hombre normalmente les atribuye, y están siendo progresivamente alterados.

Importancia del clima

No se debe reducir, dentro de los estudios de impacto ambiental de un proyecto, la importancia de los problemas climáticos; éstos se inscriben dentro de la evolución a largo y mediano plazo; se debe sobrepesar y analizar los problemas de transformación biofísica, a largo plazo, con las modificaciones económicas del proyecto, a corto plazo, para poder promover el desarrollo sostenido.

Las asociaciones de defensa del medio ambiente son sensibles a la polución, a la forma y al color de nuevos conjuntos urbanos, a la presencia o destrucción del bosque, etc., pero el balance energético, o el hídrico, no son directamente percibidos por los sentidos de los ciudadanos y no llaman la atención. El impacto sobre el clima pocas veces ha sido tema de debate y la toma en cuenta del clima no es muy importante ni determinante en la selección de un proyecto.

Esta situación ha generado muchos problemas y se ha desperdiciado el interés verdadero de la climatología, el cual encuentra toda su magnitud, Principalmente, en las recomendaciones dentro de la toma de decisión de nuevos proyectos.

El ser humano desarrolla toda su actividad dentro de la atmósfera y, es el clima, un factor que menoscaba o facilita el desarrollo de ésta. Entre otros, analizamos sólo dos aspectos.

El agua está ligada con el medio biológico humano y más precisamente, con la sangre, mediante fuerzas de presión osmótica de efectos capilares y de tensiones eléctricas. Es interesante comparar la presión del medio atmosférico con la del agua interna del organismo, en donde es la sangre, la más afectada en las finas paredes vasculares de los pulmones. Cuando el aire es demasiado húmedo, hace que la función pulmonar, (transpiración), se aumente y el pulmón no pueda impedir el paso de agua a la sangre. Esta situación empieza a sentirse cuando la tensión del vapor del aire libre sobrepasa 31.3 milibares, si se supera éste nivel, se produce fatiga y problemas respiratorios. A la inversa y por debajo de los 7,5 milibares, se presenta una tendencia a la deshidratación y a la concentración molecular del plasma.

Otro aspecto interesante de tener en cuenta, es el metabolismo humano, el cual produce continuamente calor proveniente de la oxidación de los alimentos. Simultáneamente, el cuerpo gana o pierde calor, según las condiciones del medio exterior; por ello, a temperaturas superiores de 26°C y a humedades relativas de 80%, el trabajo físico se vuelve agotador.

Así mismo, la reconquista vegetal del medio en el que se propone selección de especies, depende del clima y de la naturaleza del suelo, principalmente. Las condiciones climáticas que reinan en el ambiente circundante a la vegetación, están directamente relacionadas con su existencia y crecimiento y son básicas para determinar el fitoclima.

La transferencia de agua condiciona el alimento hídrico del vegetal y la captación de energía solar, como ya se dijo anteriormente, es la base de la red alimenticia del ecosistema. Estos dos aspectos vitales para la planta están determinados por la luz, la temperatura y la precipitación.

La luz, según su calidad, cantidad y ritmo, dan la secuencia del crecimiento y desarrollo, por cuanto la alternación del día y la noche, regula las reacciones fotoperiódicas.

La temperatura también es determinante, ya que es el regulador del flujo de energía dentro de la biomasa.

El agua es, probablemente, el factor que más ha intervenido en la variedad de mecanismos de adaptación y de desarrollo de la planta.

Según lo anterior, el clima es un determinante de primer orden en la formación del manto vegetal natural. Un recorrido desde los polos hasta el Ecuador, permite mostrar una sucesión externa de comunidades vegetales, las cuales coinciden con las grandes decisiones climáticas de la biosfera (Figura 2).

El suelo, por definición, no es otra cosa que el producto resultante de la meteorización de los materiales inorgánicos y orgánicos de la superficie terrestre. De aquí que los suelos, que se forman en un determinado paisaje o superficie de la tierra, sean un reflejo del efecto combinado o individual del CLIMA, de la vegetación y del tiempo, durante el cual todos estos factores actúan sobre los materiales parentales. El principal efecto del clima, como factor de formación de los suelos, es ejercido por dos de sus componentes: la precipitación y la temperatura principalmente.

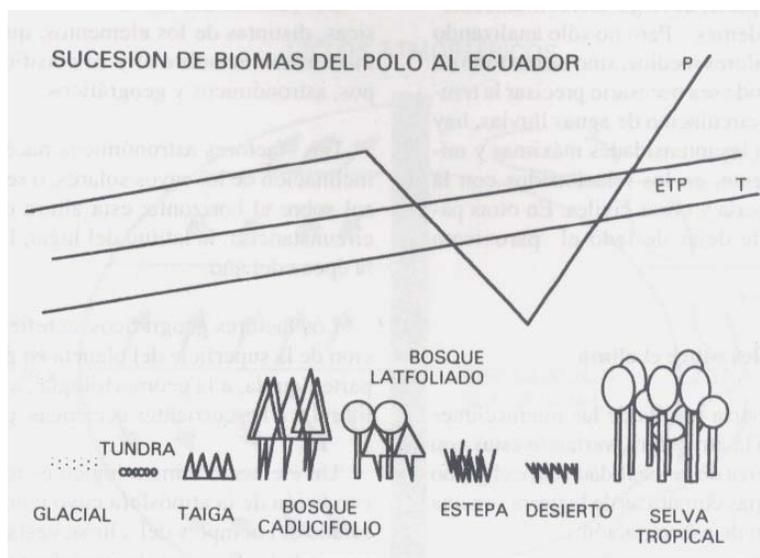


Figura 2

El efecto de estos dos agentes, como diferenciadores de la morfología y carácter de los suelos, ha sido demostrado cualitativa y cuantitativamente a través de múltiples investigaciones (Jenny, 1948, 1950; Sheman, 1952; Barshad, 1952, etc.).

Este conjunto de experiencias ha permitido demostrar la existencia de toda una serie de correlaciones entre el efecto específico de la precipitación y de la temperatura y algunas de las más importantes propiedades de los suelos tales como: el contenido de materia orgánica (N y M.O) , el contenido de bases intercambiables, en la capacidad del intercambio catiónicos, remoción de los carbonatos, contenido de arcilla, características físicas, color, estructura, actividad biológica y en la meteorización.

La primera, principal y única fuente de agua para consumo humano integrado o para consumos parciales, (riego, abastecimientos municipales o rurales y todos los usos industriales), es la precipitación, aun cuando esa agua se tome de los ríos, depósitos o corrientes subterráneas. Para la captación, uso y correcta administración del agua, debe tenerse en cuenta la distribución espacial y temporal, la frecuencia y la intensidad de las precipitaciones.

Como es bien sabido, existen dos ciclos importantes; el hidrológico y el biológico, los cuales son productores de materia y de energía utilizables por el hombre. El funcionamiento y la rentabilidad están gobernados por un conjunto de condiciones climáticas. En países como Colombia, la conquista de las fuerzas naturales provechosas está por hacerse. Es necesario tener en cuenta las recomendaciones de orden energético, en forma pasiva, como el aprovechamiento y economía de la energía en proyectos arquitectónicos, la orientación, la forma, la talla de los edificios; y en forma activa con respecto a centrales que generan energía solar, hidroeléctricas, etc. ello es de mayor importancia sobre todo en ésta

época, en que la energía fósil debe ser reducida al máximo por circunstancias de contaminación.

Por lo tanto, el clima es uno de los factores que hay que tener en cuenta en toda actividad agropecuaria, industrial, manufacturera, de infraestructura energética, de transporte, de riego, telecomunicaciones, de servicios y demás. Pero no sólo analizando sus elementos en valores medios, sino sobre todo en los proyectos en donde sea necesario precisar la temperatura, vientos y circulación de aguas lluvias, hay que tener en cuenta las intensidades máximas y mínimas, principalmente, en los relacionados con la agricultura, la minería y obras civiles. En otras palabras, no se puede dejar de lado el paroxismo climático.

Principios generales sobre el clima

El clima de la tierra resulta de las interacciones del clima solar con la atmósfera, variando éstas con la posición geográfica de la localidad sobre el globo y su altitud. Las zonas climáticas de la tierra son una obvia demostración de esa variación.

El concepto clima está relacionado, desde un principio, con la vida; si ésta no existiera, no se concebiría la climatología, porque no existirían las escalas dadas por las diferentes formas de vida, sin las cuales la climatología sería sólo una física de la atmósfera.

La revista Climatic Change al referirse al clima, anota: «Los estudios de los datos meteorológicos acumulados durante estos dos últimos siglos en el mundo, demuestran claramente, que el clima rara vez, por no decir jamás, es rigurosamente constante» Por otra parte, el conocimiento que poseemos de la naturaleza fundamental, magnitud y dirección de las variaciones y fluctuaciones climáticas, está por debajo de las necesidades de la época, caracterizada por inter-relaciones complejas y sutiles entre el ser humano y su ambiente biofísico, en las cuales pequeños cambios y desordenes climáticos pueden tener repercusiones de mucho alcance sobre el bienestar humano.

En el presente artículo, asumimos <<el clima -como- el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y las evoluciones del tiempo en una porción determinada del espacio, durante un período cronológico suficientemente largo, en el cual se pueda analizar la probabilidad de ocurrencia de los distintos estados de la atmósfera». (Conrad, 1992).

Los factores del clima son ciertas condiciones físicas, distintas de los elementos, que influyen permanentemente sobre él y se clasifican en dos grupos, astronómicos y geográficos.

Los factores astronómicos hacen relación a la inclinación de los rayos solares, o sea a la altura del sol sobre el horizonte; esta altura depende de tres circunstancias: la latitud del lugar, la hora del día y la época del año.

Los factores geográficos se refieren a la repartición de la superficie del planeta en parte sólida y en parte líquida, a la geomorfología, a la distancia del litoral y a las corrientes oceánicas, principalmente.

Un elemento climatológico es toda propiedad o condición de la atmósfera cuyo conjunto definen el estado del tiempo y del clima, «están dados, por las propiedades físicas de la atmósfera y sus movimientos», por ejemplo, la velocidad y dirección del viento, la temperatura, el contenido de humedad, la presión atmosférica «y por los fenómenos meteorológicos que se producen dentro de la atmósfera o en la superficie de la tierra», como la cantidad y duración de la lluvia, el tipo y calidad de nubes, la nieve, la duración de la insolación y la cantidad de radiación entrante y saliente. Los más representativos son la radiación, la temperatura y la precipitación. (Escourrou, 1981).

El carácter discontinuo del peso del aire caliente del trópico y del aire frío del polo, producen un calentamiento desigual que, con la rotación de la tierra, ponen en movimiento la máquina térmica; es decir, generan los ciclos atmosféricos. Esta teoría ideada por el meteorólogo inglés Hadley, busca explicar los mecanismos de homogeneización de la atmósfera, el intercambio cinético entre las diversas masas de aire tanto a nivel superficial como en altura.

Si observamos la dirección de los vientos dominantes, notamos que en el Ecuador se provoca una circulación, que genera una zona de baja presión, la cual favorece el ascenso del vapor de agua, y a su vez, provoca una alta nubosidad y precipitación.

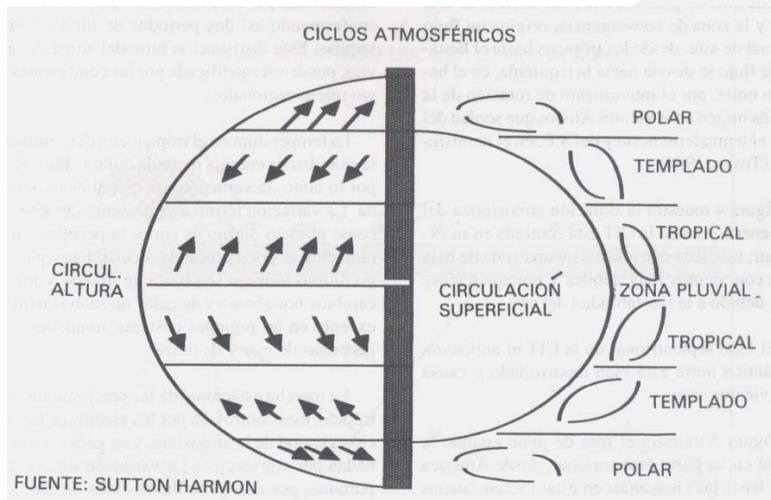


Figura 3

Una condición similar, de menor intensidad, ocurre a los 60 grados de latitud. A los 30 grados de latitud se presenta lo contrario, la circulación no se hace hacia arriba sino hacia abajo, esto impide la formación de nubes. Esta zona es de alta presión y allí se ubican la mayoría de los desiertos.

Clásicamente, a la temperatura se le ha considerado como la esencia del clima, siendo tal vez el elemento climático que más ha sido estudiado y del que mejor se conocen sus relaciones con el medio, y es representativo del grado de calor que se presenta en un lugar.

La temperatura está directamente relacionada con la latitud y con la altura; el gradiente altotérmico libre varía de 0.5 a 0.65 grados centígrados por cada cien metros.

La precipitación es el agua caída en forma de lluvia, nieve o granizo. La cantidad de agua caída, se expresa como la altura de una capa de agua que se forma sobre el suelo completamente horizontal e impermeable, suponiendo que sobre esa capa no se produce ninguna evaporación, la medida de la cantidad de agua se expresa en mm.

La lluvia se mide con el pluviómetro y es una variable que no se puede estimar, pues la cantidad de lluvia varía en el tiempo y en el espacio, su distribución es muy irregular; sin embargo, esa complejidad disminuye, cuando se analiza la latitud, la dirección de los vientos dominantes, la distancia al mar y el relieve del suelo.

El clima tropical

En términos generales, el clima tropical está caracterizado por la ausencia de estaciones frías, gran cantidad de insolación, temperaturas altas, elevadas precipitaciones y considerable humedad contenida en el aire.

En la zona tropical, la circulación general de la atmósfera está caracterizada, esquemáticamente, por dos núcleos de alta presión, centrados habitualmente en ambos trópicos y por una zona de depresión denominada Zona de Convergencia Intertropical CIT, que está situada entre los dos núcleos de alta presión y sigue el movimiento aparente del sol.

El gradiente de presión, entre los núcleos de alta presión y la zona de convergencia, origina un flujo superficial de aire, desde los trópicos hasta el Ecuador. Este flujo se desvía hacia la izquierda, en el hemisferio norte, por el movimiento de rotación de la tierra y da origen a los vientos Alisios que soplan del N.E. en el hemisferio norte y del S.E. en el hemisferio sur. (Trojer, 1954)

La figura 4 muestra la situación atmosférica del mes de enero, cuando la CIT está centrada en su extremo sur; asociada con ella existe una zona de baja

presión con vientos muy débiles y precipitaciones fuertes, debido a la inestabilidad del aire.

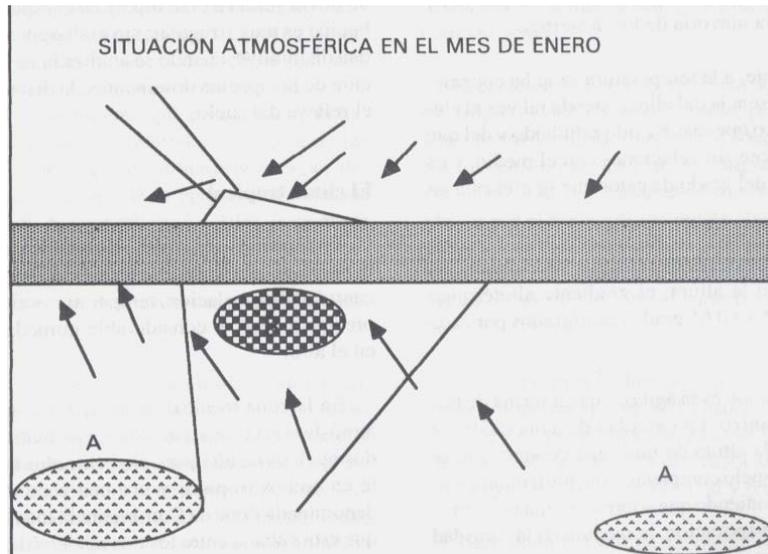


Figura 4.

En el lado septentrional de la CIT el anticiclón del Atlántico norte está bien desarrollado y causa fuertes vientos secos.

La figura 5 muestra el mes de junio cuando la CIT está en su parte septentrional, desde América Central hasta las Guayanas; en estas circunstancias esa zona disfruta de sus máximas lluvias.

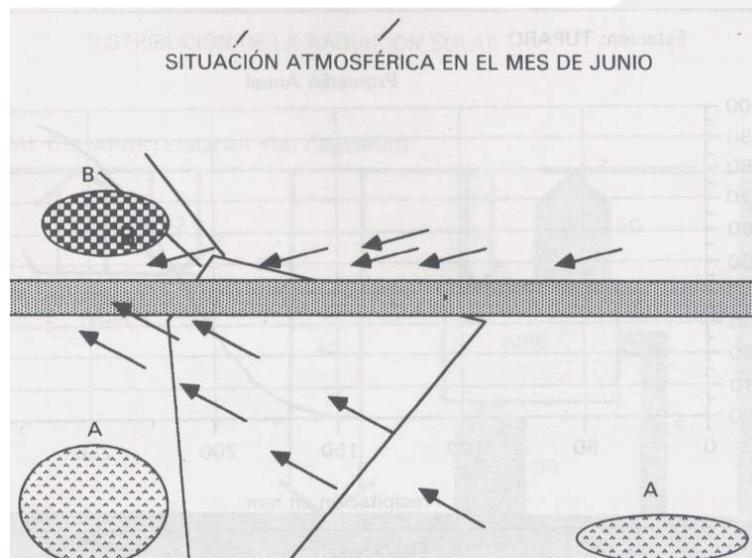


Figura 5.

El hecho de que la línea ecuatorial corte en dos a Colombia, da como resultado que ella se encuentre influenciada por los procesos dinámicos de la (CIT), conformando así dos períodos de lluvias y dos de sequías. Esta distribución bimodal anual de las lluvias, puede ser modificada por las condiciones meso y/o micro-regionales.

La temperatura en el trópico está determinada por la cantidad de energía recibida durante todo el año y, por lo tanto, la variación estacional es muy reducida. La variación térmica se presenta durante el día; como el ciclo diurno es corto, la penetración de la radiación es poco profunda, lo cual hace que el rango diurno térmico sea bastante grande y los intercambios horizontales de calor no sean importantes, excepto en las regiones costeras, donde se generan las brisas de mar y de tierra.

La marcha estacional de las precipitaciones en el trópico, está controlada por los efectos de la circulación general de la atmósfera, y en general son originadas por convección. La variación diurna, es importante, por cuanto la lluvia caída durante el día, está sujeta a fuertes pérdidas por evapotranspiración y tanto las variaciones continentales, como las marítimas, se ven afectadas por los factores locales.
(Oster, 1975).

Algunos análisis para tener en cuenta en la definición de los impactos en el clima

Este tipo de estudios nos lleva generalmente a analizar los tres elementos clásicos del clima, es decir, temperatura, precipitación y vientos regionales y locales. En algunos proyectos específicos deben tenerse en cuenta otros parámetros como la nubosidad, la insolación y la humedad relativa, en particular en los proyectos turísticos de montaña o de litoral.

Para dar una imagen satisfactoria de la realidad climática de un sitio, se recomienda entre otros el análisis de:

La Tendencia Media. Sobre todo en los parámetros en donde la distribución teórica no es la distribución Normal. Como es el caso de la precipitación, la cual en la zona tropical se debe adaptar a la ley de distribución Gama Incompleta (Figura 6).

El Estudio Probabilística de Frecuencias. Es otro aporte esencial a la comprensión climatológica de, un sitio, especialmente en los proyectos que prevean un calentamiento.

Las variaciones con relación a la presentación media (\bar{x}). Frecuentemente son de mayor interés para responder a los objetivos de evaluación de impacto, que la misma presentación media; principalmente hay tres formas de variables que se deben investigar

y cuantificar, a saber; la variabilidad estructural, la variación estandard y el intercuartil. Estos índices indican la variabilidad con relación a la media. (Bois, 1996) (Figura 7).

Las alteraciones e impactos en el subsistema climático, a corto plazo, son difíciles de percibir por el planeador, pero a mediano y largo plazo las alteraciones en el Balance de Radiación, en el Balance Hídrico y en el Balance Energético y de Confort que son generalmente los balances que más se afectan con las implementaciones de proyectos, tienen graves consecuencias sobre el conjunto del medio ambiente. Por lo tanto, estudios precisos de balances, deben ser siempre tenidos en cuenta cualquiera que sea el tipo de proyecto.

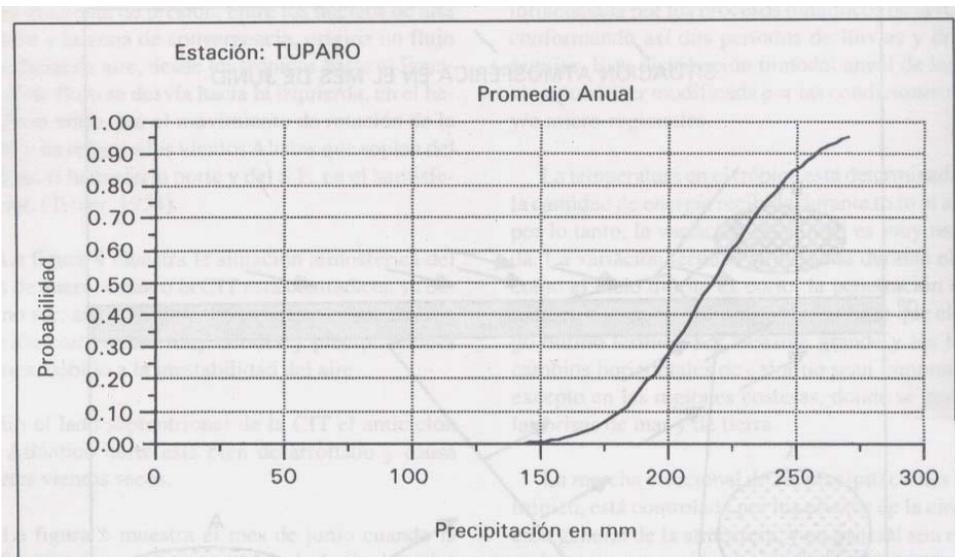


Figura 6.

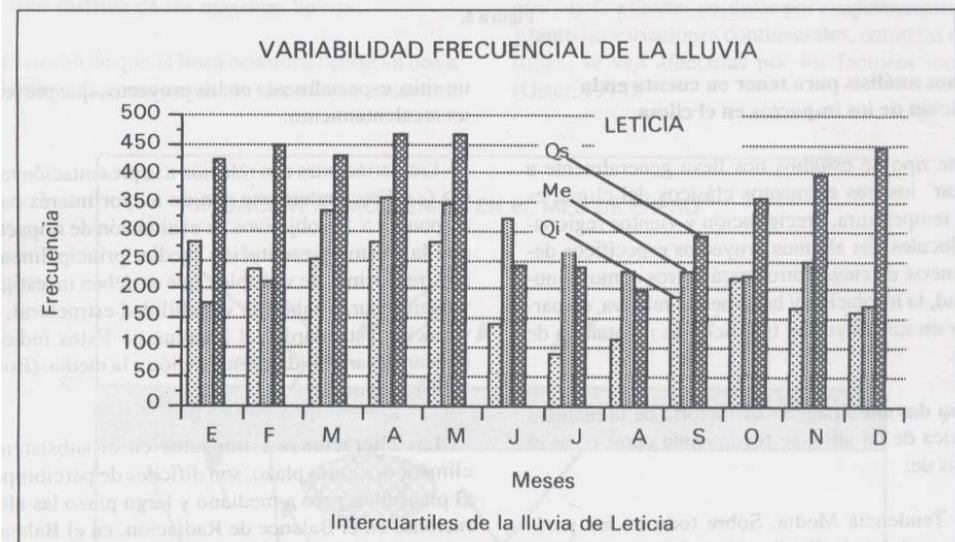


Figura 7.

Balance de Radiación

$$R_n = CL - CI + LL - LI$$

Rn = Radiación neta.

CL = La radiación de onda corta que llega del sol.

CI = La radiación de onda corta que parte de la atmósfera.

LL = Los rayos de onda larga que vienen del sol.

LI = Los rayos de onda larga que salen de la atmósfera.

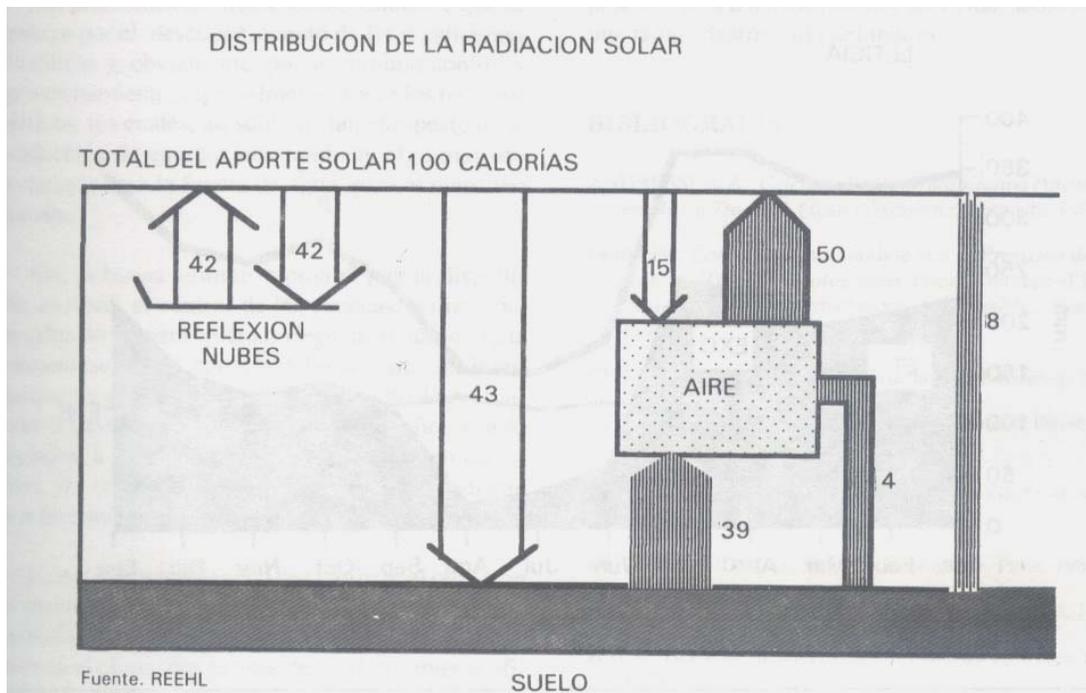


Figura 8.

En éste balance, las dos entradas CL Y LL, dependen de factores zonales, pero las salidas CI y LI están directa y fuertemente influenciadas por las características del sitio; por lo tanto, éstas deben llamar nuestra atención. Es necesario, así sea en forma somera, hacer la evaluación del albedo, según la transformación que va a sufrir el sitio, por ejemplo, un cambio en la cobertura vegetal.

Todos los trabajos de mesodimatología deben insistir en las grandes variaciones espaciales de este factor, que condicionan la salida de la radiación de onda corta que parte de la atmósfera CI.

Balance Hídrico

Se sintetiza en la siguiente ecuación:

$$P = ET + \Delta HS + I + E$$

P = Precipitación.

ET = Evapotranspiración.

HS = Cambio de la humedad del suelo.

I = Infiltración a las capas profundas.

E = Escorrentía.

Es otro evento importante, definido como el resultado de la relación de agua ganada y la cantidad de agua perdida. Las estimaciones del balance hídrico definen la cantidad de agua disponible. Sus dos principales parámetros, la evapotranspiración y la escorrentía están fuertemente ligados al sitio de estudio (Figura 9).

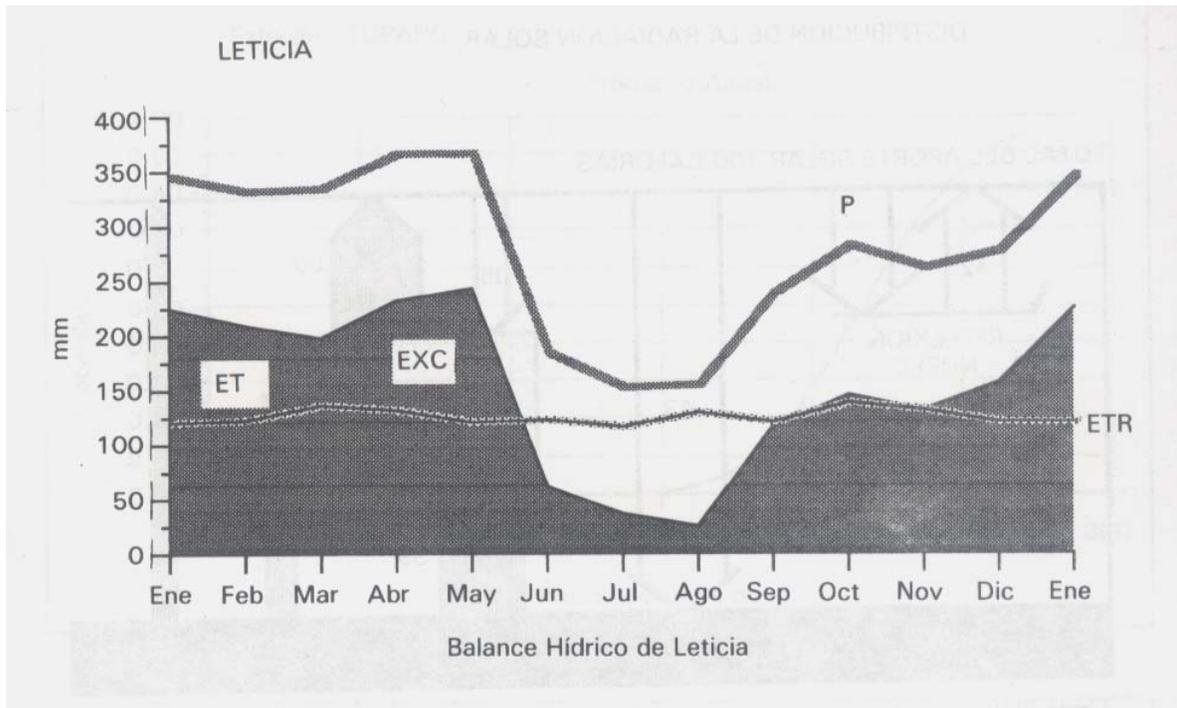


Figura 9

El Balance Energético y de Confort

Pueden no ser analizados, pero si el proyecto contempla o se contempla alguna forma de hábitat, su conocimiento puede ser muy útil, por ejemplo, complejos urbanísticos, turísticos, etc.

$$(M+W+) + C + R - EP - PI - E = 0$$

M = Cantidad de energía total consumida por un sujeto.

W = El trabajo mecánico hecho en energía.

C = El intercambio de calor por convección entre el sujeto y su ambiente.

R = El intercambio de calor por radiación entre el sujeto y el ambiente.

EP = El calor liberado por la evaporación pulmonar.

PI = La respiración

E = El intercambio de calor por evaporación.

Estos balances nos permiten conocer mejor los impactos primarios y secundarios que va a sufrir el clima en la parcela (Conrad, 1992).

Sería interesante profundizar en éste tipo de balances para tener un mejor conocimiento de las interrelaciones entre el clima tropical y el hombre.

Dificultades en la evaluación del impacto ambiental relacionadas con el clima

En primer lugar, la mesodimatología y, más específicamente la mesoclimatología urbana, es una ciencia todavía poco desarrollada; hay algunos modelos teóricos disponibles, pero son muy esquemáticos; la introducción de hipótesis realistas los vuelve complejos y poco operativos, y como la investigación fundamental es todavía embrionaria y puntual, constituye un freno para su desarrollo aplicado.

La segunda laguna es la existencia de datos disponibles; por una parte, es excepcional que se disponga de datos, sobre todo para realizar los estudios de la paroxis dimática y por otra, casi siempre los estudios de evaluación de impacto ambiental, se contentan con el valor medio, lo cual hace muy difícil prever la acción del clima.

Por otra parte, cuando existen los datos, no concuerdan con el sitio mismo y es difícil satisfacer esta necesidad, ya que la mayoría de aparatos se adaptan mal a la mesoclimatología; sin embargo, es posible recoger los datos por medio de estaciones automáticas y proceder a una extrapolación con las estaciones sinópticas más próximas y representativas y crear, por medio de las técnicas estadísticas, muestras de medidas para el sitio dado.

Conclusiones

El clima tiene variaciones tanto en tiempo como en espacio, por lo tanto, un desajuste en este fenómeno, puede afectar, no sólo a un país sino al mundo. Es bien conocido por todos el descenso térmico (40 - 50) a principios de nuestra era, lo cual originó las últimas glaciaciones.

Los problemas de orden socioeconómico que se generan por el desconocimiento de las condiciones climáticas y, obviamente, por su mínimo control y aprovechamiento, especialmente, sobre los recursos hídricos, los cuales, no sólo afectan el aspecto de la producción de energía sino también, algo más importante, como la fuente de agua para el consumo humano.

Así, la buena administración del agua disponible, es decir, el control de las cuencas, utilización, de calendarios para efectuar riego, la lucha contra la contaminación del agua, la defensa contra las inundaciones y sequías y el agua como medio de evacuación de desechos, etc., nos lleva a la planificación de drenajes, a reducir la evapotranspiración en estanques, y/o estimulación de precipitaciones mediante la reforestación, siembra de nubes, etc.

Existe un gran potencial para utilizar el clima, en el mejoramiento y rendimientos de la producción agrícola y pesquera. La predicción de cosechas, con base en el clima, nos provee de una herramienta eficaz en la planificación y minimización del impacto del clima en la producción alimenticia, por cuanto se puede atender a tiempo los déficit o los excesos de producción.

La energía es otro renglón muy susceptible al clima. Hay que tener en cuenta dos factores; la demanda en sí y la producción de energía, tanto hídrica como no convencional (energía solar y eólica). Por ejemplo, una variación en la precipitación, trae consecuencias graves en la producción hidroeléctrica.

El clima afecta varios sectores de la economía nacional trayendo consecuencias sobre el mercado, la balanza de pagos, el empleo, etc. Estos efectos son muy variados y complejos y en muchos casos traen consecuencias indirectas muy difíciles de cuantificar, como es el caso del manejo cafetero y su relación con las heladas del Brasil, así como el desequilibrio económico generado por las anomalías climáticas ocasionadas por el Fenómeno del Niño, que afectan, primordialmente, los países de la costa pacífica.

Por lo tanto, se deben superar todas las dificultades que presenta el evaluar el impacto climático; todo proyecto debe incluirlo, pues, es una herramienta preciosa para tener en cuenta y así evitar, sobre todo, una rápida destrucción del medio.

BIBLIOGRAFIA

ANDRESS EN, A. Calcul de l' évapotranspiration Potentielle en Milieu Tropical. (Tesis). Strashourg. Francia. 1992.

BOIS, PH. Contribution a l' analyse et a la Prevision de Variables Hydrométéorologiques These Dócteur d' Etat. Inshtut National Polytechnique de Grenoble, Francia, 1996.

CLIMATIC CHANCE. Secretaría de la OMM. Ginebra, 1980.

CONRAD, V. Methods in Clymatology. Harvard University Press, 1991.

DEMANCEOT, J. Les Melieux Naiurel du Globe Masson. Collection Céographie. Paris. 1976.

DUVIGNEAUD, P. La Synthése Ecologique. Paris. 1984.

ESCOURROU, G. Climat et Environnement. Masson, 1987.

JENNY, 11. FactorofSoil hn-mation. McGraw hill. New York, 1990.

OSTER, R. Les Precipitations en Colombie (thésés).
Universite de Dijon. 1978.

REEHL. H. Tropical Meteorology Mc. Craw Hill Back Company N.Y. 1992.

SCHREIDER I. Les Limites de l' Adaptabilité Humaine. La Recherche, 19, 47, 62, 1989.

TROJER, H. El Tiempo Reinante en Colombia, Boletín Técnico Cenecafé, 1957