

ENSAYO DE UN ESQUEMA EN TIEMPO Y ESPACIO DE LA VEGETACION Y EL MEDIO AMBIENTE EN EL NOROESTE DE SURAMERICA

Por THOMAS VAN DER HAMMEN

Es un hecho tal vez poco conocido, que en la atmósfera flota una gran cantidad de granos de polen, procedentes de las plantas que florecen en distintas épocas del año. En realidad cae una lluvia de polen, una lluvia de pequeños cuerpos de un tamaño de centésimas de milímetro, pero los que por su forma y procedencia tienen una gran variedad. Para poder verlos y determinarlos es necesario un microscopio con un aumento hasta de 1.000 veces. Así se entra en el mundo maravilloso de la Palinología, un mundo microscópico que no obstante abre la posibilidad de hacer grandes viajes de descubrimiento a través del pasado.

Toda la atmósfera de la tierra está, por así decirlo, cargada con granos de polen, producidos por la vegetación en los continentes y que continuamente descienden sobre toda la superficie terrestre. Directamente del aire o por vía acuática, los granos de polen pueden ser incorporados en sedimentos marinos, de lagunas, pantanos, ríos y hasta en los depósitos del fondo de los océanos. Naturalmente, que si hay cambios en la vegetación, también la lluvia de polen cambia, y por consiguiente la variedad de polen que en determinado momento queda encerrado en los sedimentos. La vegetación es como un instrumento muy sensible que reacciona inmediatamente a toda clase de cambios internos o externos, como por ejemplo la inmigración u origen de especies nuevas, cambios climáticos y cambios del nivel del agua subterránea o nivel del mar. Por lo tanto, podríamos decir que la vegetación tiene en la lluvia de polen una especie de mecanismo de auto-registro y que deja sus datos de clave en el sedimento. La tarea del polinólogo es traducir y descifrar esta clave. En primer lugar se puede *aislar* y *determinar* el polen de cada muestra de sedimento y calcular los porcentajes de cada una de las especies presentes. Representando gráficamente los porcentajes de los granos de polen presentes en cada una de una serie de muestras, y colocándolas una encima de otra en orden estratigráfico y luego conectando especie por especie, obtenemos un diagrama de polen. El diagrama de polen es como un registro medio descifrado de los cambios de la vegetación; mientras que los valores colocados en el eje horizontal son una función de las relaciones de la masa, en el eje vertical están colocados los valores en función del

tiempo; así podemos decir que llevamos la dimensión tiempo dentro de la vegetación, y por esto podríamos decir que un diagrama de polen da una imagen de tiempo y espacio de la vegetación, ya sea deformado y proyectado sobre un plano.

Quisiera intentar un esquema comprimido y descifrado de esta imagen en tiempo-espacio de la flora y vegetación en una región que es la que más quiero, es decir, la esquina noroccidental de Sur América. Para esto debemos volver la mirada muy lejos en la historia de la tierra y luego, paso a paso, regresar al presente. Una cosa quisiera aún decir antes de comenzar este viaje a través del tiempo. Si nosotros desde el punto de observación tomado en el espacio, retrocedemos, por así decirlo, la mirada y tratamos de captar el tiempo, los millones de años hasta los lejanos orígenes de la flora, entonces se nos encoge el tiempo por deformación en perspectiva hasta una tabla cronoestratigráfica sobre papel logarítmico. Solamente así estamos capacitados para captar lo sucedido durante este inimaginable espacio de tiempo, pero así también podemos ver más completa y claramente a medida que nos acercamos al tiempo presente.

La historia de la flora y vegetación actual en Sur América tiene sus raíces profundas en el Cretáceo. En dicho periodo, hace unos ciento cuarenta millones de años, encontramos en el continente una flora muy rica en helechos, coníferas y otras gymnospermas; a lo largo de las costas existe una vegetación cuya especie dominante es la extinta *Classopollis*. Esa flora tiene todavía rasgos cosmopolitas y especies idénticas o semejantes se encuentran en Canadá, Europa y Australia. En este substrato de carácter cosmopolita comienzan a desarrollarse las dicotiledóneas. Los primeros pequeños granos de polen tricolpados del tipo dicotiledónea aparecen en el Cretáceo Inferior y en el Cretáceo Medio. En el Cretáceo Superior se hace presente una amplia flora de dicotiledóneas, dentro de las cuales las palmas y los helechos local y cuantitativamente pueden hacer un papel dominante. Desde este momento, hace unos 75 millones de años, el comienzo del Maestrichtiano, podemos seguir paso a paso la historia de la flora y vegetación, ya que disponemos de un gran número de diagramas de polen.

En el sitio donde ahora se levantan los Andes Septentrionales, había durante el Cretáceo Superior una extensa planicie baja, interrumpida por una serie de colinas e islas en el sitio que actualmente ocupa la Cordillera Central. En la flora de dicha planicie dominan, durante este período, como ya hemos dicho, las angiospermas. Los tipos de polen son, sin excepción, sencillos de forma y no es fácil determinar su posición en el sistema natural de las plantas. En los diagramas de polen de los sedimentos de las planicies bajas aparecen en sucesión periódica un número de asociaciones de polen que, posiblemente, son un reflejo de ciertos tipos de vegetación local. Así vemos que sucesivamente aparece una asociación en la cual domina el polen de palmas, una donde dominan ciertos helechos, una en la cual dominan pequeños granos de angiospermas tricolpados y tricolporados. El ritmo en la secuencia indica claramente una determinada sucesión de zonas de vegetación y hay toda clase de razones para decir que se trata de zonas de vegetación más o menos paralelas a la costa: un bosque de palmas, una vegetación con muchos helechos y un bosque probablemente con dicotiledóneas anemófilas. En el Maestrichtiano aparecen, con intervalos regulares, tres veces un máximo de polen de palmas (grupo de *Psilamonocolpites medius*). Hay indicaciones que corresponden al mismo tiempo con un cambio climático (cambios en la temperatura) y con un período relativamente corto de regresión. Lo curioso es que también corresponden con fases en las cuales aparecen una cantidad relativamente grande de tipos o especies nuevas.

La ya nombrada flora del Cretáceo Superior del norte de Sur América no tiene ya el carácter cosmopolita de la del Cretáceo Inferior. Así hay poca semejanza con la flora europea de dicho período. Aunque existe entonces un claro desarrollo propio en la flora de Sur América, hay todavía muchas afinidades con la flora del Cretáceo Superior de Africa Occidental. Hay la tentadora posibilidad de pensar aquí en la teoría del desplazamiento de los continentes, ya que hay también datos geológicos que parecen indicar que Sur América y Africa en dicho tiempo se encontraban menos distantes. Luego viene una primera revolución hace más de 70 millones de años. Es el principio del Terciario, el comienzo del Paleoceno. En la planicie baja comienzan lentamente a formarse filas de colinas por lo que núcleos de viejas rocas paleozoicas sufren un primer levantamiento y ya pronto las planicies bajas aparecen cubiertas con capas de arena, transportada por ríos que se originaron en las colinas recientemente formadas, pero por la continua tendencia descendente de las planicies bajas, continúan siendo todavía pantanosas.

Entre tanto, la vegetación sufre un cambio drástico. Aparecen muchos tipos y especies nuevas, mientras que nuevos grupos de plantas cambian las asociaciones y el aspecto de los tipos de vegetación. El comienzo del Paleoceno demuestra

un alto porcentaje de polen de palmas del tipo *Psilamonocolpites medius*, al mismo tiempo que dos nuevos grupos forman parte importante de la vegetación. El grupo de *Proxapertites* y el grupo las palmas *Mauritia*. El primero parece claramente pertenecer a un grupo extinguido, pero se encuentra fósil en otras partes en el trópico, y el segundo es un elemento típicamente suramericano. Dentro de las muchas especies nuevas que aparecen en la base del Paleoceno, hay varios tipos de polen que ya tiene una serie de adornos bastante complicados, en especial los de la familia de las Bombacáceas que aparece aquí por primera vez. Parece que el clima fue primordialmente algo más frío; por lo demás vemos presentarse sucesiones semejantes a las del Maestrichtiano ahora enriquecidas con los nuevos grupos de *Proxapertites* y *Mauritia*.

Después de tres secuencias de ciclos de sucesión, sigue una nueva revolución, hace unos 60 millones de años, al comenzar el Eoceno. Al mismo tiempo que un máximo de palmas *Psilamonocolpites*, aparecen de nuevo muchos tipos y grupos. Al poco tiempo tuvieron lugar movimientos importantes en esta región, por los cuales en la geosynclinal del Oriente Andino se manifestaron levantamientos locales, causando la sedimentación de paquetes de arena en las partes bajas. González, que estudió el Eoceno más en detalle, demuestra que también en dicho período hay una clara zona de la vegetación probablemente paralela a la costa. El llegó a la conclusión de que el grupo de polen de *Brevitricolpites* representa una especie de zona de manglares a lo largo de la costa. Detrás de esta seguían tierra adentro una zona de palmas *Mauritia*, seguida por un cinturón de palmas *Psilamonocolpites*. De la continua alternación del dominio de dichos grupos de polen en el diagrama se podría entonces deducir fluctuaciones del nivel del mar. Aquí tenemos dos observaciones importantes: en primer lugar transcurren las fluctuaciones de las zonas tal como en el Cretáceo Superior y el Paleoceno, cíclica o periódicamente; en segundo lugar, aparecen especies nuevas también aquí en especial, cuando se presentan los máximos del grupo de palmas *Psilamonocolpites*, es decir, durante los períodos de regresión, eventualmente más fríos.

El Eoceno Medio es también interesante porque aparecen aquí con frecuencia, por primera vez, un número de elementos que, tomados como grupo, pertenecen a una vegetación abierta, posiblemente de sabana. A ella corresponden en especial los pastos, *Jussiaea* y las *Malváceas*. El Eoceno Medio es interesante por más razones. Hay muchas indicaciones de movimientos y hiatos en los depósitos en la región Andina, mientras que, al lado norte del Escudo de la Guiana, parece que el mar se retiró mucho más al norte de su región de sedimentación en Guayana y Surinam. En las superficies así añadidas a la tierra firme, tenían ahora lugar procesos de formación de suelos, que conducían a la formación de los yacimientos de bauxita, de tanta impor-

tancia comercial. Se vuelve más interesante al saber que bauxita se formó también en el mismo periodo en otros sitios del mundo. Por lo demás hay indicaciones en muchas partes de que el clima era mucho más caliente que actualmente. Todos estos hechos en conjunto indican un clima extraordinario y acontecimientos excepcionales acaecidos en todo el mundo.

Hace unos cuarenta millones de años, en el Oligoceno, aparecen nuevamente un número de especies nuevas, y comienzan a aparecer en cantidades mayores las esporas, trilletes, estriados, que vienen a tomar parte en la sucesión cíclica. De nuevo hay una clara zonificación cíclica que va paralela con la aparición de especies nuevas. La interpretación de las zonas de vegetación se facilita ahora, ya que aparece *Rhizophora*, uno de los árboles más importantes en la formación vegetal del bosque de Mangrove, a lo largo de la costa y los estuarios. Especialmente en el Mioceno, es ahora más fácil poder fijar la aparición de familias y géneros recientes. Sin querer molestarles citando muchos nombres, quisiera hacer una excepción para la familia de las Compuestas, que aparece por primera vez a mitad del Mioceno: es un grupo relativamente joven y de desarrollo explosivo. En el periodo que acabo de nombrar hubo también movimientos que plegaron grandes partes de la cordillera y la levantaron, así que se originó un paisaje de montañas bajas y colinas, en tanto que la sedimentación se limitó principalmente a los valles inter-andinos.

Cuando hace tal vez unos 7 millones de años comienza el Plioceno, encontramos en la región norte andina todavía un paisaje de colinas interrumpido por valles anchos y algo más profundos, el Valle del Magdalena y el Valle del Cauca. Las regiones costeras a lo largo del Océano Pacífico y el Mar Caribe, están en parte cubiertas con bosques de Mangrove. Al oriente de la cordillera en formación se extienden planos inmensurables con selvas y sabanas que pertenecen a las cuencas del Amazonas y el Orinoco. En toda la región se halla una flora muy parecida a la actual flora neotropical. Aún no existe conexión entre Norte y Sur América; el mar forma todavía una barrera entre estos dos continentes, que hace posible el desarrollo en aislamiento de la flora. En el sitio que ocupa la actual Cordillera Oriental se extienden de Norte a Sur un número de anchas cuencas sinclinales, donde se formaron localmente grandes lagunas. Allí fueron depositados sedimentos lacustres hasta de cien metros de espesor, en los que se encuentra una flora de polen tropical muy rica. La vegetación en esta región era todavía tropical, con selva pluvial, con morichales y en algunos sitios una vegetación de sabana. No se encontró ningún grano de polen de plantas de alta montaña en estos sedimentos de laguna.

Luego tuvo lugar uno de los acontecimientos más espectaculares en la historia de esta región, en al-

guna época del Plioceno Superior o Pleistoceno más bajo, quizás hace uno o dos millones de años. La parte norte de la Cordillera de los Andes comienza a elevarse lentamente, de una planicie tropical baja, montañas bajas, centenares y miles de metros hacia arriba, hasta que las cimas más altas llegan entre los 5.000 y 6.000 metros en la región de la nieve perpetua. ¿Cuánto duró este proceso? no lo sabemos; sólo que fue principalmente un movimiento vertical. Los sedimentos lacustres del Plioceno se encuentran prácticamente horizontales, sin plegamientos y con una superficie plana de terraza a alturas mayores de 2.500 metros en las orillas de la sabana de Bogotá. Las cuencas sinclinales cerradas y levantadas forman una serie de enormes lagos, que se extienden de Norte a Sur.

Durante y después del levantamiento de la cordillera se presentó una situación excepcional: En medio de la región de flora neotropical se había formado una faja de algunos centenares de kilómetros de ancha y miles de kilómetros de larga, con zonas climáticas totalmente diferentes. En la región tropical circundante no había especies de plantas que estuvieran adaptadas a estos climas. La larga faja de macizos montañosos de Norte a Sur interrumpidos por partes bajas, longitudinales o transversales, era y es aún como un archipiélago ecológico de climas fríos en un mar de selvas tropicales. Si pensamos que al mismo tiempo tuvo lugar el levantamiento del estrecho de Panamá, que produjo una conexión entre Norte y Sur América, podríamos también decir que a través del trópico se formó una especie de puente ecológico de clima frío, entre las floras de clima templado del hemisferio Norte y Sur; es decir, una conexión entre los reinos florísticos: Neotropical, Holártico y Antártico. Así comienzan entonces en la transición Plioceno - Pleistoceno un número interesante de procesos. Las montañas deben ser pobladas. Naturalmente los primeros recursos se hallaban en la flora local neotropical y comienza en muchos grupos un proceso, hablando geológicamente, de evolución y adaptación rápida. Además principia un proceso de migración. Elementos holárticos penetran desde el norte en la región neotropical: primero, más o menos hace un millón de años, *Myrica*, luego, hace unos 500.000 años, el Aliso (*Alnus*) y hace unos 150.000 años el roble (*Quercus*). Elementos antárticos penetran desde el sur, como por ejemplo *Gunnera*, una planta herbácea, y el árbol de flores blancas *Drimys*.

Solamente he dado algunos ejemplos. Pero el diagrama de polen de 200 metros de depósitos lacustres del Pleistoceno de la Altiplanicie de Bogotá, da una imagen impresionante de este proceso multiforme de poblamiento. En la parte baja de dicha sección, en el Pleistoceno Inferior, encontramos una flora todavía muy pobre, que contiene solamente una quincena de géneros comunes y productos de abundante polen. Arriba en la sección, en el Pleistoceno tardío y Holoceno, esta cifra se eleva a no menos de sesenta.

Desde el comienzo del Pleistoceno, pero más tarde más clara y diferenciada, podemos ver ahora en la parte norte de los Andes, la aparición de una zonificación de la vegetación. Esta zonificación es vertical en primer lugar, producida por el hecho que podríamos sintetizar así: mientras más alto, más frío. El límite altitudinal del bosque está generalmente entre los 3.300 y 4.000 metros de altura; encima de este límite se extiende la vegetación abierta del páramo andino; debajo del límite del bosque encontramos el bosque montano-andino. Las diferencias locales en precipitación y nubosidad causan también una zonificación horizontal; así existe dentro de la zona del bosque andino, un bosque húmedo con muchos robles, un bosque más seco con mucho encenillo y hasta, a la sombra de las lluvias, una vegetación xerophytica con muchos cactus.

Volvemos ahora a considerar, teniendo en cuenta los conocimientos el diagrama de polen de 200 metros de sedimento de laguna de la altiplanicie de Bogotá, pero ahora en especial los cambios cuantitativos en la lluvia de polen que acaecieron en el transcurso del Pleistoceno. Así tenemos que llegar a la conclusión que la vegetación muchas veces cambió profundamente. Intervalos con hasta 90% de gramos de polen de pastos y plantas de páramo alternan regularmente con intervalos en los cuales aparecen hasta un 90% de granos de polen de elementos de bosque. No queda duda de que aquí tenemos un marcado reflejo de los movimientos del límite arbóreo. Con la ayuda de los conocimientos sobre la lluvia de polen en la actualidad en esta región podemos demostrar que estos movimientos quedan en el orden de 1.000 metros de descenso del límite altitudinal del bosque y probablemente más. Por lo menos en 10 períodos sucesivos la altiplanicie de Bogotá se encontraba en una zona de páramo abierto. Determinación de edad, con ayuda del carbón radiactivo, de la parte superior del diagrama, prueba que el último de dichos períodos de páramo corresponde a la última época glacial en el hemisferio Norte y por lo tanto poseemos un registro continuo y único de las épocas glaciales e interglaciales del Pleistoceno. Además de las fluctuaciones de la temperatura media anual, que queda en un orden de 7 grados centígrados, podemos también constatar cambios en la humedad.

Porque es así como durante las fases relativamente calientes, los interglaciales, el enorme lago de Bogotá se desecó en parte, dando lugar a la formación de pantanos, en los cuales se formaba la turba. Así es como llegamos a la conclusión de que los interglaciales eran, a esa altura, también interpluviales o por lo menos períodos más secos con menos precipitación. Esto lo vemos claramente otra vez demostrado en el Pleistoceno Superior, después de la inmigración del roble, pues al comparar las fluctuaciones del polen del roble con los de otros árboles, vemos que el bosque nublado de roble se extendía alrededor de la altiplanicie du-

rante las fases más frías y que, durante las fases más calientes, fue reemplazado en su mayoría por un bosque montano seco.

Durante la época glacial el límite de las nieves fue, naturalmente, descendiendo drásticamente, dando lugar a la formación y aumento de los glaciares. Muchas morenas terminales de la última glaciación se han conservado muy bien a una altura entre los 4.500 y los 2.600 metros. Los glaciares descendieron hasta la proximidad de las grandes lagunas del altiplano, y a lo largo o dentro de dichas lagunas también fueron depositados grandes abanicos de gruesos depósitos fluvioglaciares. Viendo todo en conjunto comprendemos que la época glacial produjo en la cordillera cambios drásticos y extraordinarios.

Veamos ahora qué sucedía en la planicie tropical. En el valle interandino y tropical del Magdalena encontramos abanicos gigantes que fueron construidos por los ríos procedentes de las cordilleras Central y Oriental y que están enlazados con las terrazas del río Magdalena. Ellos son señas claramente reconocidas de que la glaciación y mayor precipitación se hacen valer, aquí también, por lo menos indirectamente. Sabemos que la flora se enriqueció entonces con nuevos elementos pero sabemos aún muy poco sobre cambios en la vegetación. De las sabanas del interior de Sur América poseemos algunos conocimientos de un diagrama de polen del Rupununi en la Guayana. Por este diagrama sabemos que allí durante la última glaciación se extendió notablemente el bosque de sabana mientras que durante el Holoceno dominaba la sabana abierta. Esto podría indicar un clima más húmedo durante el tardiglacial. Pero los datos son todavía demasiado escasos para poder generalizar.

A lo largo de las costas del Caribe y del Pacífico la influencia sobre la vegetación de los bajos niveles marinos de origen glacial, fue indudablemente muy grande. Lo podemos ver muy claramente en los diagramas de polen de las regiones costeras de Guayana y Surinam. Durante la época glacial, el nivel del mar era, por lo menos, 70 metros más bajo que el nivel actual y por lo tanto la zona de los manglares se encontraba mucho más al norte de la línea de la costa actual. El descenso del nivel del mar también hizo que las planicies costeras interglaciales fueran cortadas profundamente por los ríos, de tal manera que se formaban mesetas relativamente altas de suelo arcilloso con un desagüe deficiente, sobre las cuales, como por ejemplo en la Guayana, se pudo desarrollar un cinturón de sabanas. En la costa norte de Colombia y en el zócalo continental de la costa norte de Sur América en general, se presentan localmente gruesos sedimentos marinos del Pleistoceno. Un detallado estudio palinológico de estas secciones nos podría, posiblemente, enseñar mucho sobre las variaciones que sufrió la vegetación tropical durante las épocas glaciares. Una investigación relativamente superficial demostró que el descenso de las zonas

de vegetación en el interior andino está perfectamente registrado en estos sedimentos por máximas claras del polen del aliso y otras plantas de montaña y que con toda probabilidad, fueron transportados principalmente por los ríos. Este hecho abre en realidad extraordinarias perspectivas para correlación de los cambios en la flora tropical con las de la alta montaña, ya que ambos se podrían descifrar de un solo diagrama de polen.

Aunque es muy interesante continuar con este tema, debemos ocuparnos ahora con la última fase importante en la historia de la vegetación de este país. En el período entre 14.000 y 10.000 años antes del presente, es decir, el Tardiglacial, la temperatura media anual aumenta rápidamente. Los glaciares se retiran hasta los valles altos. El clima es más frío que el actual pero más húmedo en general y por esto el bosque montano húmedo de los robledales tiene todavía una extensión grande, en tanto que el límite del bosque algunas veces no es inferior a su nivel actual y, tal vez, en algunos sitios más alto. La historia de la vegetación en el Tardiglacial es relativamente bien conocida, ya que poseemos un número razonable de diagramas de polen. Hay tres interestadiales relativamente calientes, de los cuales fue determinada la edad por medio del carbono 14. Estas determinaciones de edad indican que dichos interestadiales sincronizan con los de Europa, como el interestadial de Susacá, el interestadial de Bölling y el interestadial de Alleröd. Durante el interestadial de Alleröd el límite altitudinal del bosque subió hasta 3.200 metros de altura y extensiones grandes de la cordillera oriental, que durante decenas de miles de años estuvieron cubiertas por vegetación de páramo abierto, estaban entonces ya cubiertas por bosques espesos. Hace aproximadamente 11.000 años que tuvo lugar una especie de catástrofe. De pronto el clima se volvió más frío, los glaciares se extendieron de nuevo y el límite del bosque se bajó drásticamente. Por esto muere entonces la parte alta del bosque montano en esta región y parece que este bosque muerto era una presa fácil de los incendios naturales, ya que en los suelos oscuros de los sedimentos del Tardiglacial en el lado occidental de la cuenca de Bogotá, encontramos mucho carbón vegetal que, determinado con carbón radiactivo, dio una fecha de 10.850 años antes del presente. Es un hecho muy curioso que carbón vegetal de la misma edad más o menos, se haya encontrado en suelos de Alleröd en varias partes de Europa y ahora también en los Estados Unidos. Voy a darles solamente dos ejemplos: Uchelo en Holanda, 10.850 años, Lahnersite en New México 10.940 años. Debemos aceptar estos hechos como una prueba impresionante de la contemporaneidad universal de ciertos cambios climáticos y de los fenómenos relacionados con ellos.

Uno se podría preguntar ahora ¿qué sabemos de la presencia del hombre en el norte de Sur América? Se han hallado los esqueletos de muchos mastodontes, pero, ¿existían también ya cazadores

paleoindios? Artefactos fechados como Tardiglacial, como las famosas puntas de flecha Folsom y Clovis, se han encontrado en muchos sitios en los Estados Unidos. También está comprobada la presencia de hombres hacia el final de esta misma época en el extremo meridional de Sur América. Necesariamente los cazadores paleoindios viniendo del norte, tuvieron que seguir el mismo camino que habían seguido anteriormente muchas plantas y animales, la ruta de migración vía el estrecho de Panamá y por Colombia. Las primeras pruebas de su presencia en Colombia se hallaron ya en ricos yacimientos de artefactos de piedra en abrigos bajo roca en la Sabana de Bogotá, fechados con radiocarbono entre 12.400 y 8.000 años antes del presente. Todos estos hechos parecen prometer mucho para futuras investigaciones. Aquí se presentan también muchos interrogantes: ¿Cómo fue la adaptación de esos cazadores a los climas tan diferentes como los de la alta montaña y las planicies tropicales? ¿Existía el hombre ya antes del Tardiglacial? Un complejo de artefactos, los así llamados, de pre-proyectil, que se han encontrado en la superficie en diferentes lugares, podrían ser, eventualmente, una base para sostener esta posibilidad.

Aunque estos problemas son muy interesantes, tendremos que seguir ahora nuestra historia de la vegetación por el último período de 10.000 años que nos separa todavía del presente, el Holoceno. A pesar de que el clima en el principio del Holoceno es todavía relativamente frío, existen ya indicaciones claras de una mejoría. Mientras que el nivel del mar sube rápidamente e invade las antiguas planicies costeras, se puede constatar en la cordillera un importante ascenso del límite altitudinal del bosque. Alrededor de 7.000 años antes de Cristo el límite del bosque montano seco en la cordillera de Bogotá sobrepasa la curva de nivel de 3.000 metros. La primera posición alta del límite altitudinal del bosque es alcanzada poco después de 5.500 años antes de Cristo, interrumpido por un período corto de descenso poco anterior a 3.000 años antes de Cristo. Es en el período comprendido entre 3.000 y 1.000 años antes de Cristo cuando el límite del bosque alcanza su posición más alta. Eso se ve igualmente claro en los diagramas de polen de la Sierra Nevada de Santa Marta y de la Sierra Nevada del Cocuy. Hay indicaciones de que este límite del bosque se debe haber encontrado localmente hasta 500 metros encima del actual, lo que significaría un ascenso de la temperatura media anual de 3 grados centígrados. Es sorprendente que valores comparables fueron hallados para este mismo período, el Subboreal, en Los Alpes.

Luego, poco después del año 1000 antes de Cristo, comienza un empeoramiento del clima; hay un nuevo descenso de las temperaturas medias anuales; el límite del bosque desciende nuevamente más o menos hasta su posición actual y la fuerte extensión de las turberas de *Sphagnum* en la alta montaña arriba de los 3.300 metros indica que el clima allá se vuelve más húmedo. En la altiplanicie

de Bogotá. donde ahora los pantanos toman el lugar de la anterior laguna, podemos ver en los diagramas de polen, una alternación de dos asociaciones: un bosque de Aliso (*Alnetum*) y un bosque de *Myrica* (*Myricetum*). Como el primero crece en suelos húmedos y el segundo en condiciones más secas, parece lógico suponer que se trata aquí de períodos de mayor o menor precipitación. Los datos de radio-carbono demuestran que la alternación seco-húmedo debe corresponder aproximadamente, con los períodos europeos Boreal-Atlántico, Subboreal y Subatlántico. En los diagramas de polen del Holoceno, de sedimentos de laguna de alta montaña y de la planicie tropical, se conoce ahora también la existencia de un número de períodos secos más cortos y fechados por el método de radio-carbono. Uno de estos períodos secos se localizó al principio de nuestra era y otro alrededor de A.D. 1250; ambas fechas se vuelven a encontrar repetidamente en la historia climática de diferentes continentes.

La presencia del hombre es de nuevo notable desde 3.000 años antes de Cristo. En este tiempo aparece en la costa norte de Colombia la primera cerámica todavía muy primitiva. La arcilla utilizada para las vasijas se mezclaba con fibras de plantas. Esta así llamada cerámica de Puerto Hormiga, encontrada por Reichel Dolmatoff, es la cerámica más antigua de todo el continente, que luego se propagó desde Colombia por las costas del mar Caribe. Este principio de la cerámica coincide aproximadamente con el comienzo del cultivo sistemático de raíces como la yuca; alrededor de 1.000 años antes de Cristo comienza en la América del Sur el cultivo del maíz, indudablemente introducido desde Mesoamérica. Simultáneamente con este cultivo aparece un complejo cultural completamente diferente y además son notables ciertas influencias culturales de Mesoamérica y a veces también del Perú. Ese cultivo del maíz abre, por fin, la posibilidad de una vida sedentaria más estable en pueblos, con mucho tiempo libre y formas de organización y sistemas religiosos más complejos. En los primeros siglos del primer milenio antes de Cristo, la cultura del maíz se extiende rápidamente por grandes regiones de los Andes, donde el hombre tuvo que adaptarse a circunstancias ecológicas muy diferentes. Y con eso comienza una influencia cada vez más grande del hombre sobre la vegetación. En un sedimento de laguna de la Cordillera Oriental (Laguna de los Bobos, Departamento de Boyacá) se encontró frecuentemente polen de maíz. Datos de radio-carbono demuestran que la curva de maíz principia algunos

siglos antes del principio de nuestra era y termina alrededor de 1.250 A. D.; lo que además es la fecha de uno de los períodos secos que acabo de mencionar. El diagrama demuestra poco antes de esta fecha también un fuerte ascenso de la curva de polen de *Dodonaea*, un arbusto que parece extenderse mucho bajo la influencia del hombre, en vegetaciones secundarias y sobre suelos erodados. También en la sabana de Bogotá se pudo establecer un aumento de *Dodonaea*, desde aproximadamente 1.200, mientras que el mismo fenómeno se presenta en casi todos los diagramas del Holoceno de la cordillera. Aparentemente tenemos aquí un indicador claro de la medida de influencia que los indios agricultores tenían sobre el bosque. Desde el año 1.250, aproximadamente, se extienden también en el oriente seco de la sabana de Bogotá el Llantén (*Plantago*) que reemplaza en el diagrama de polen las gramíneas. Esto también se debe indudablemente a influencias humanas.

Viendo estos datos en conjunto podemos decir que hay una interrelación notable entre cambios de clima y el principio o la rápida extensión de las culturas indígenas. Las fechas son, en lo que a esto se refiere, en verdad, muy sugestivas: 3.000 años antes de Cristo, 1.000 hasta 700 antes de Cristo y A. D. 1.250.

Después de 1.000 años antes de Cristo el hombre principia a ejercer su influencia cada vez más grande sobre la vegetación, pero propiamente su acción no toma formas alarmantes sino después de la venida de los conquistadores, a comienzos del siglo XVI. Deforestación y erosión de suelos, toman entonces en la cordillera un carácter tan grave que hay que temer que si no se toman medidas a tiempo, la vegetación tendrá que terminar su historia finalmente, aquí también, en cautiverio, es decir, dentro de los cercados de los reservados naturales. Pero hasta este punto afortunadamente no se ha llegado aún. Todavía nos podemos perder en las extensas selvas, sabanas, bosques montanos y páramos. Este hecho, junto con la posición especial que Colombia ocupa sobre la ruta panamericana de migración de plantas, animales y del hombre, y junto con su extraordinaria diversidad ecológica, hacen de nuestro país una región ideal para investigaciones de ciencias naturales en el trópico. Creo que desde este punto de vista esta región es inigualable, por lo menos, en el Hemisferio Occidental.

Y con esto quiero terminar este ensayo de un esquema en tiempo y espacio de la vegetación en el Noroeste de Sur América.