

Mucho verdor y pocos alimentos, el error de la feracidad de las regiones tropicales húmedas

WOLFGANG WEISCHET

Universidad de Friburgo, Rep. Federal de Alemania

El presente artículo corresponde al texto de una Conferencia dictada en la Pontificia Universidad Católica en julio de 1980 y que contó con el auspicio del Instituto Goethe de Santiago.

RESUMEN

Uno de los más discutidos y a la vez más agudos problemas de nuestro tiempo es la marcada diferencia en el estado de desarrollo socioeconómico entre las naciones industrializadas y los pueblos del llamado Tercer y Cuarto Mundo.

En la reciente denominación de este fenómeno como "el gradiente norte-sur en la tierra", se revela el hecho geográfico de que el estado de desarrollo relativamente más bajo se concentra en la zona de los países tropicales. Se denomina a este sector del mundo, a veces con cierta razón, como el cinturón de hambre de la tierra.

Las explicaciones de cómo se ha llegado a este contraste se basan en la opinión pública, exceptuando un determinado círculo de especialistas, exclusivamente en interpretaciones de las ciencias sociales. Sostienen que con un suficiente esfuerzo interno y un apoyo externo adicional se podría recuperar, en los países afectados, todo aquello que —sea por la causa que fuere— no se había realizado con anterioridad.

Los trópicos constituyen un sector del mundo difícil de desarrollar y sus habitantes han sido afectados por un handicap natural en el transcurso del desarrollo cultural de la humanidad. La exuberancia de las formaciones naturales conduce hacia una falsa estimación de los rendimientos de los suelos tropicales. La "shifting cultivation", ampliamente difundida, debe ser considerada como una respuesta óptima de la población tras el desmonte del bosque nativo tropical.

En este sentido se analiza la desventaja ecológica de los trópicos y poniendo de manifiesto con ello el fundamento geográfico natural del gradiente socioeconómico norte-sur, procurando hacerlo de modo concentrado, basado en los antecedentes sustantivos.

ZUSAMMENFASSUNG

Eines der meistdiskutierten und zugleich brisantesten Probleme unserer Zeit ist der krasse Unterschied im sozial-ökonomischen Entwicklungsstand zwischen den Industrienationen einerseits und den Ländern der sog. Dritten und Vierten Welt andererseits. In der neuerding für dieses Phänomen propagierten Schlagwortformulierung vom "Nord-Süd-Gefälle auf der Erde" kommt der geographische Tatbestand zum Ausdruck, dass der relativ niedrige Entwicklungsstand schwerpunktamässig im Gürtel der Tropenländer konzentriert ist. Man apostrophiert diesen Teil der Welt zuweilen sogar mit gewissem Recht als Hungergürtel der Erde.

Die Vorstellungen hinsichtlich der Ursachen dieses Gegensatzes, werden ausserhalb bestimmter Kreise von Fachleuten in der breiten Öffentlichkeit ganz ausschliesslich von den gesellschaftswissenschaftlichen Interpretationen des Problems beherrscht. Bei genügender Anstrengung im Innern und zusätzlicher Unterstützung von aussen könnte in den betreffenden Ländern nachgeholt werden, was bisher —aus welchen Gründen auch immer— versäumt wurde.

Im Gegensatz zu diesen weit verbreiteten Vorstellungen kann Weischet auf naturwissenschaftlicher Basis zeigen, dass die Tropen tatsächlich den schwierigen entwickelbaren Teil der Erde darstellen, und dass die Tropenbewohner innerhalb der Kulturentwicklung der Menschheit von je einem naturgegebenen Handicap unterworfen waren. Die Üppigkeit der natürlichen Vegetation, insbesondere des tropischen Regenwaldes hat zu einer falschen Einschätzung der Ertragsfähigkeit der Böden in den Tropen geführt. Die in weiten Teilen der Tropen übliche "shifting cultivation" muss als optimale Anpassung der Bevölkerung an die geringe Ertragsfähigkeit gerodeter Urwaldflächen angesehen werden.

Weischet ist es in überzeugender Weise gelungen, die ökologische Benachteiligung der Tropen aufzuzeigen und in konzentrierter Form die entscheidenden naturgeographischen Ursachen des sozio-ökonomischen Nord-Südgefälles darzulegen.

Planteamiento del problema

Uno de los problemas más fundamentales y probablemente más candentes en el mundo actual es la marcada diferencia existente en el estado del desarrollo socioeconómico entre las naciones industrializadas y las naciones del llamado Tercer

Mundo. Ultimamente se ha individualizado a este fenómeno con la formulación "Contraste norte sur" o bien "declive norte sur". Con esto se quiere expresar ciertamente de modo algo simplificado, pero en principio exacto, un hecho geográfico evidente, en el sentido de que los países con un estado de desarrollo social y económico relativa-

mente bajo se concentra, en su mayor parte, en la zona tropical.

Entre los numerosos síntomas del llamado subdesarrollo están: la deficiente producción agraria propia de los estados y la desolada situación alimenticia, aspectos que desempeñan un papel fundamental dentro de la problemática total. A este respecto los países tropicales forman un cinturón casi continuo, cerrado y figuran entre los que presentan peores condiciones de alimentación. Estos son los hechos que conocen casi todos los habitantes de los países extratropicales.

Igualmente normal y casi natural les parece, a muchas personas de países extratropicales, la idea de la feracidad de las regiones tropicales húmedas. Si combinamos los conocimientos sobre esta situación deficitaria de alimentos y el concepto de que en el fondo se trata de regiones feraces, podremos imaginar parcialmente por qué las sociedades de los países tropicales son caracterizadas con el adjetivo "subdesarrolladas". Son precisamente esta evaluación y caracterización las que han conducido a erróneas iniciativas teóricas de desarrollo y a una serie de proyectos fracasados, por valores de millones y millones de dólares.

Incluso entre los científicos, existía la idea generalizada de que las regiones húmedas tropicales eran tierras de enorme productividad potencial y base para una economía agraria progresista. ALBRECHT PENCK, uno de los geógrafos más destacados de los años 20 del presente siglo, calculaba una densidad demográfica potencial de 200 habitantes por kilómetro cuadrado para el ámbito de las regiones agrícolas en la zona tropical de las selvas húmedas, en comparación a una densidad de sólo 100 habitantes para las regiones boscosas extratropicales de Norteamérica o Europa. A comienzos de los años 70, HANS CARROL, especialista en Geografía Económica y excelente conocedor de Africa, calculó que sólo Africa tropical tenía una capacidad teórica de alimentación de por lo menos 3.000 millones de habitantes, es decir, 3/4 partes de la población actual del mundo. A finales de 1976 el célebre demógrafo y asesor de varios presidentes nortamericanos en cuestiones de población, ROGER REVELLE, era de la opinión de que con la moderna tecnología agrícola se podían producir, en alrededor de 4.200 millones de hectáreas de tierra cultivable de las zonas tropicales, tantos alimentos que la población del mundo podría crecer hasta 40.000 millones de habitantes, es decir, 10 veces más que el número actual de la humanidad. Sin duda que sería una fantástica alternativa siempre y cuando la suposición fuese cierta.

Por otra parte, científicos de las ciencias naturales y geocológicas han reunido en los últimos 20

años una gran cantidad de datos biológicos, hidrológicos, geoquímicos, pedológicos, mineralógicos, cristalográficos, ecológicos y geomorfológicos, que sugieren una minuciosa revisión de las ideas y concepciones concernientes a la feracidad de los trópicos. El problema consiste ahora en poner suficientemente en claro dichos conocimientos a un público amplio, no especialista, y demostrar las condiciones limitantes impuestas por la naturaleza a estas regiones, las cuales son imposibles de soslayar.

Desearía dirigir la atención de ustedes hacia una secuencia de razonamientos basados en informaciones fundamentales desde el punto de vista ecológico, a fin de llegar a conclusiones que tendrían que desembocar necesariamente en la siguiente tesis:

Superficie agrícola y densidad de población en el mundo tropical

Debido a la coincidencia de 3 factores que están condicionados por el clima, como el balance hídrico, la formación de suelos y configuración de la superficie terrestre, los espacios vitales de los trópicos están sometidos a una situación de desventaja en cuanto a la producción agrícola, si los comparamos con las regiones subtropicales y las latitudes moderadas. Esta situación desfavorable está impuesta por su propia naturaleza geográfica. Esta realidad es de tales dimensiones, que el problema llamado declive norte-sur en el mundo podría quedar explicado en todos sus fundamentos histórico-culturales a la luz de esta desventaja.

Comenzaremos con algunos datos cuantitativos para aclarar un poco más esta diferencia entre dificultades de alimentación y la supuesta feracidad de esas regiones.

La dimensión real del problema se visualiza solamente cuando se considera que en esos países el número de habitantes por kilómetro cuadrado de superficie cultivable es, por lo general, muy reducido en comparación con los que no tienen problemas de alimentación. De un mapa demográfico de Africa se puede colegir que las regiones de densidad demográfica relativamente alta se ubican lejos del Ecuador, en las regiones marginales tropicales, dicho más exactamente, en los países guineanos.

Sin embargo, también en estas regiones más pobladas, el número de habitantes que debe ser alimentado por el respectivo Estado es notablemente pequeño en comparación con las zonas subtropicales y extratropicales del Viejo Mundo. Las densidades demográficas son normalmente sólo de 10 a 20, a lo sumo de 20 a 40 habitantes por kilómetro cuadrado. Esto significa que ellas

presentan valores equivalentes a lo sumo, a 1/4 de las densidades que se alcanzan en Gran Bretaña o en la República Federal de Alemania, en superficies cultivables equivalentes. La diferencia radica en que estos últimos países se abastecen de todos los alimentos que realmente necesitan a partir de esta superficie.

En los países ecuatoriales de Africa, por ejemplo, Camerún, Gabón o las repúblicas del Congo, la densidad de población es de 2-5 habitantes por km², es decir, aún 10 a 15 veces menor que en los países guineanos.

Ambos hechos observados permiten concluir que la falta de superficies cultivables no puede constituir el motivo de la insuficiente producción agrícola.

Pero es necesario hacer notar también que en la misma zona tropical existen regiones —si bien es cierto limitadas— de elevadas densidades demográficas. Ruanda y Burundi, al oeste del lago Victoria en Africa Oriental —por su extensión los estados más pequeños de Africa—, tienen una densidad de 140 y 135 habitantes por km² respectivamente. Esta densidad media es la más elevada que se registra en Africa. También en la montaña del Camerún y en el delta del Níger existen comarcas agrícolas de gran densidad demográfica.

En el sur de Asia es notable el fuerte contraste entre las regiones agrarias extremadamente pobladas de Java que allí viven, sólo dedicados a la producción agrícola, entre 500 y más de 1000 habitantes por km² y las islas tropicales vecinas de Sumatra, Célebes o Borneo, muy escasamente pobladas y con densidades de entre 5 a 10 habitantes por km², pero con climas muy parecidos. En el subcontinente hindú tenemos que considerar las regiones de la meseta del Deccán, alejadas de las tierras bajas con cultivos de regadío. Aquí la relación entre hombre y superficie alimentaria es, en grandes sectores, no tan sustancialmente distinta de las condiciones observadas en las regiones extratropicales. En estas regiones se registraban, ya en los años 30 de este siglo, densidades de población rural fluctuantes entre 80 y 100 habitantes por km². Ahora bien, precisamente allí las catástrofes de hambrunas eran fenómenos frecuentes y conocidos por muchas generaciones.

En los trópicos sudamericanos las regiones agrícolas más densamente pobladas se encuentran o inmediatamente antes de la Cordillera de los Andes. En la parte oriental del continente, en Brasil, Venezuela y las Guayanas, las condiciones son muy semejantes a las de Africa. Vale decir, que las zonas más externas de los trópicos como los llanos del Orinoco y los campos del Brasil y más aún, la región problemática del noreste brasileño,

están mucho más pobladas que las áreas húmedas ecuatoriales a ambos lados del Amazonas.

La mayor o menor densidad de población agrícola se explicaba en tiempos pasados por las diferencias en los climas de las regiones. Pero esta situación no es valedera y se puede demostrar simplemente con el hecho de que también bajo el clima inhóspito de los trópicos tórridos y húmedos, existen regiones muy densamente pobladas, por ejemplo, Java o el delta del río Níger.

Resumiendo, en la búsqueda de la causa principal hay que considerar, por una parte, la escasa densidad demográfica en general y, por otra, el contraste con sectores aislados que muestran una densidad de población extremadamente alta.

Los trópicos siempre húmedos

Ahora bien, en lo que interesa dilucidar concentémonos en primer lugar, en los trópicos siempre húmedos, es decir, en las regiones naturales con selvas tropicales de verdor perenne.

Si bien es cierto que la exuberancia de la vegetación natural constituye la expresión visible de su fuerza productora vegetal, ella también puede documentarse numéricamente mediante cálculos fundados. RODIN y BASILWITSCH, de la Academia de Ciencias de Moscú, calculan la producción anual de biomasa en la pluviselva tropical en 32,5 toneladas por hectárea, frente a 13 toneladas por hectárea de los hayedos extratropicales, y 7 toneladas por hectárea en bosques de coníferas boreales. De igual manera la producción neta con 7,5 toneladas por hectárea en el bosque tropical húmedo es, aproximadamente, el doble que en las hayas extratropicales. ODIEM señala, haciendo un cálculo de calorías, una relación de 20.000 a 8.000 kilocalorías por metro cuadrado anual y LIETH llega a cifras similares. De manera que podemos partir de resultados plenamente asegurados, según los cuales, las fuerzas de producción de las formaciones naturales de la pluviselva tropical son el doble de intensas que las formaciones naturales de bosques en las latitudes moderadas.

Considerando el problema superficialmente, existe la tentación de una conclusión plausible y que se maneja incluso en los tiempos presentes: si los sistemas naturales, como ha quedado demostrado, presentan una fuerza de producción vegetal tan alta, los sistemas agrícolas artificiales, adecuadamente aplicados, deben comportarse de una manera semejante. Dado que en la realidad no es así, algo no se comporta de acuerdo a estas estimaciones en los métodos de explotación agrícola aplicados en los países tropicales.

Acostumbrados a la superioridad de los sistemas económicos extratropicales, los países industrializados sacan tal consecuencia como la conclusión más natural, pero no se les puede desestimar por esto. Sin embargo, este pensamiento es erróneo como trataré de demostrarlo a continuación.

—El cultivo alterno bosque-campo en los trópicos

En el análisis siguiente debemos enfrentarnos, en primer lugar, con los sistemas de explotación agraria practicados en las economías indígenas en las zonas de los trópicos húmedos. En una representación cartográfica a este respecto y correspondiente a Africa, MORGAN (1970) demuestra que en las tierras de cultivo sin regadío la "shifting cultivation" o su desarrollo el "cultivo alterno de bosque-campo" son absolutamente dominantes. Lo mismo se puede decir de las regiones tropicales de Sudamérica. Fijémonos, en una primera instancia, en las condiciones imperantes en Africa.

"Shifting cultivation" es, en principio, lo mismo que cultivo alterno de bosque-campo, sólo que se asocia a traslados episódicos de toda la explotación del campesino, de un lugar a otro. Para valorar críticamente este sistema, se deben aclarar primero sus prácticas aplicadas y en, segundo lugar, las consecuencias agroeconómicas y agrogeográficas decisivas que pueda tener.

La documentación cuantitativa más exacta al respecto ha sido suministrada por PIERRE DE SCHLIPPE, basada en una experiencia práctica prolongada entre agricultores de este tipo en Asande, en la región fronteriza entre el Congo nororiental y el Sudán meridional. Las condiciones imperantes son características y representativas de la "shifting cultivation" en general.

En el caso de la explotación Payguyo (1949) la actividad agraria comienza limpiando la extensión de selva o bosque, generalmente de 1/4 a 1/2 hectárea. Esta superficie se seca, se tala y se quema. Entre los tocones que quedan y los restos, medio calcinados de gruesos troncos, se entierra la semilla de un cereal (en la actualidad generalmente es maíz). El grano se introduce aproximadamente 5 cm. en la tierra que se ha formado bajo la selva, que es porosa y rica en mantillos. Quemando la vegetación natural, queda en la superficie una respetable cantidad de sustancias nutritivas vegetales en forma de carbonatos o fosfatos.

Poco antes o después de la cosecha de los cereales y tras limpiar adecuadamente el terreno de maleza, el campesino siembra variedades de tubérculos y plantas bianuales o trianuales, por lo general, mandioca y bananas, respectivamente. Gran parte de estos tubérculos fueron recolectados

en la cosecha siguiente, la del año 1950, en tanto que el resto, junto con las bananas, quedó para el tercer período de cultivo.

En general, ya después de este tercer período de cultivo, pero a más tardar después del cuarto, el terreno citado debe ser abandonado, dejándolo, en este caso en 1951, a merced de las matas secundarias que se reproducen espontáneamente. Durante varios años la parcela queda en barbecho. El motivo para abandonar la parcela tan pronto es que los rendimientos en los 3 ó 4 períodos de recolección han disminuido de tal forma que no resulta rentable seguir cultivando el mismo terreno, como lo han demostrado varios autores en diferentes regiones. A fin de asegurar un abastecimiento permanente en el sistema descrito, el campesino debe realizar el mismo trabajo 2 ó 3 veces a la vez, en parcelas distintas y con un retardamiento de un período de cosecha. Tras una serie de años en este cultivo alterno campo-selva, el campesino vuelve a la primera parcela cuyos límites se han borrado entre tanto, debido a la invasión de la vegetación secundaria.

SCHLIPPE califica a todo este procedimiento como de pseudorrotación. Con el correr de los años no se puede evitar que, incluso en las primeras cosechas en las parcelas recién quemadas, los rendimientos sean cada vez peores y que tras dos o tres períodos de rotación, la totalidad de las tierras cultivadas resulten tan poco productivas que los campesinos se vean obligados a abandonar la explotación y los terrenos cultivados y trasladarse a otro lugar. De este "shift away" recibe el nombre todo este sistema de explotación.

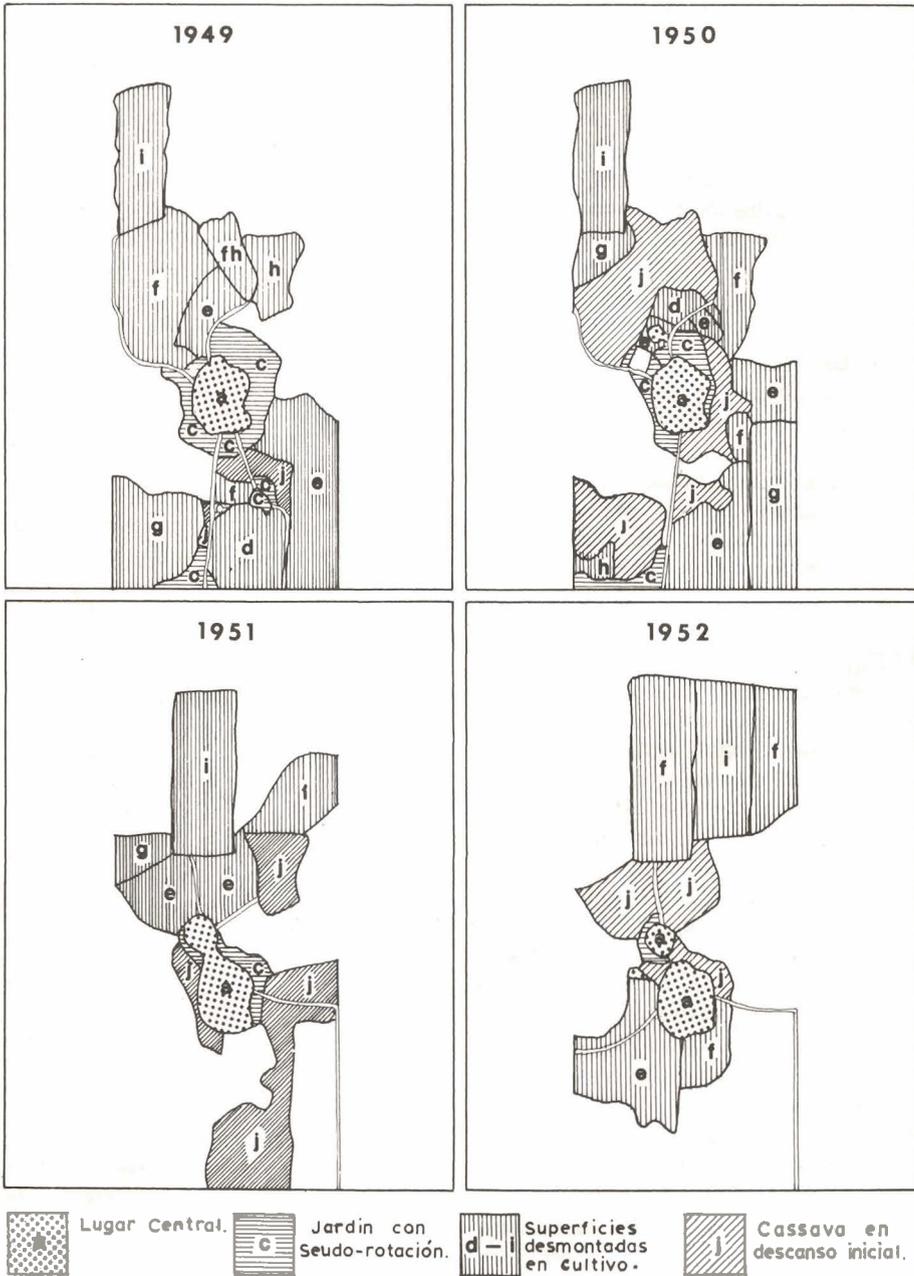
De lo escrito anteriormente se derivan dos consecuencias evidentes:

1. La "shifting cultivation" exige mucha extensión. Se necesitan terrenos varias veces más extensos —por unidad de empresa agrícola— que un sistema de explotación en un terreno permanente de cultivo.
2. Conduce a una devastación permanente de las selvas naturales y al final, suministra formaciones secundarias o matorral intercalado con extensiones cultivadas relativamente pequeñas.

Como consecuencia general podremos decir entonces que en las regiones de "shifting cultivation", tan sólo puede subsistir una población muy escasa en base a la agricultura.

Para explicar por qué predomina esta forma de explotación a pesar de esta desventaja en amplias zonas tropicales, HODDER 1973 y otros autores opinan que la "shifting cultivation" ofrece una relación especialmente favorable de despliegue de trabajo y de rendimiento. Para producir una determinada cantidad de alimentos hay que invertir menos trabajo que con los métodos de cultivo permanente.

PAYGUYO



El argumento de la economía de trabajo no es valedero y ello se puede demostrar, revisando con exactitud el calendario laboral de estos campesinos como lo ha hecho SCHLIPPE. Del análisis se desprende que el despliegue de trabajo dedicado solamente al desmonte y limpieza exige aproximadamente 1/3 de la labor total, teniéndose que considerar aún que no se trata aquí de esfuerzos para mejorar sistemáticamente el suelo como la base de producción. Se trata más bien de un auténtico trabajo de Sísifo. En definitiva, todo el trabajo que se invierte a lo largo de los años tiene como único resultado final, el que el terreno es de peor calidad que al comienzo. Por mi parte no puedo imaginar que semejantes esfuerzos lo hacen seres humanos inteligentes por propia voluntad, sino más bien pienso que ellos están obligados a ello. En esencia, esta situación tampoco cambia en el cultivo alterno selva-campo que es en cierta medida una progresión de la shifting cultivation, en la que, no obstante, no hay traslado de la explotación.

Sumando todas estas características, es decir, la exagerada superficie, la escasez de rendimiento y la irracionalidad del trabajo, no es de extrañar que tanto la "shifting cultivation" como el cultivo alterno selva-campo, constituyan un verdadero nudo ciego para todos aquellos que se ocupan de la alimentación de la humanidad. Expertos de la F.A.O. lo han formulado con estas palabras: "Shifting cultivation in the humid tropical countries is the greatest obstacle to the immediate increase of agricultural production".

Desde hace tiempo se pregunta por qué la "shifting cultivation" o el cultivo alterno selva-campo, a pesar de sus manifiestas desventajas, está teniendo una aplicación tan extendida en los trópicos. El tenor de las respuestas por parte de las ciencias económicas y sociales, dominantes en la opinión pública, es, si lo reducimos a un breve denominador común, que la "shifting cultivation" constituye una forma pionera de la agricultura. Constituye, por así decirlo, la expresión de una determinada fase de evolución de la técnica agraria. La misma forma la practicaron también los sistemas de explotación agrícola más productivos de las regiones extratropicales en los inicios de su historia. Significa una insuficiencia lamentable, pero capaz de ser superada con el progreso de las condiciones socioeconómicas en los trópicos.

Frente a estos argumentos uno se pregunta, como persona crítica que considera a los habitantes de los trópicos tan inteligentes como a los habitantes de las regiones extratropicales: ¿Por qué sigue predominando en los trópicos un sistema de explotación, que en las zonas subtropicales y de latitudes moderadas ha sido superado ya hace unos

500 años?; más aún, ¿por qué las ayudas al desarrollo a lo largo de decenios a lo sumo han operado en correcciones locales, pero en ningún cambio de carácter esencial y fundamental?, ¿y por qué al menos no se ha conseguido comprender las posibilidades de cambio?

Frente al fracaso de numerosos intentos de desarrollo socioeconómico y técnico-agrario inspirado en las regiones extratropicales, resulta obligada la pregunta: ¿Qué se puede adelantar si la persistencia del cultivo alterno selva-campo, mayor obstáculo de progreso económico-agrario, no es sólo una consecuencia de las condiciones socioeconómicas o subdesarrolladas, sino que se debe a un imperativo de especiales condiciones naturales que no son conocidas en las regiones extratropicales?

Trataré, a continuación, de demostrar a ustedes que existe esta obligación que se impone por las características particulares de la naturaleza en esas regiones.

—Necesidad de una diferenciación ecológica en los trópicos mismos

Hasta épocas muy recientes, en general, se hablaba de los trópicos entendiéndolos como zonas cálidas y húmedas. Sin embargo, un examen más exacto de los factores ecológicamente importantes en el balance hídrico, en los procesos de formación del suelo y en la geomorfología de la superficie terrestre, exigen una diferenciación dentro de los trópicos. Lo decisivo al respecto es la subclasificación higroclimática. Podemos aceptar como un hecho generalmente conocido que, desde las regiones ecuatoriales hacia los trópicos exteriores, la duración y la intensidad de la estación lluviosa disminuyen. Allí, donde se registran precipitaciones medias anuales de 400 a 500 milímetros distribuidas en una estación lluviosa de 4 a 5 meses, se encuentra el límite polar del cultivo de secano. Es importante añadir, además, que con la disminución de la pluviosidad total anual aumenta la variabilidad e inseguridad de un año a otro.

Lo anterior encuentra una expresión fisionómica en la sucesión de las zonas de vegetación condicionadas por el clima. Se trata de una secuencia que va desde la pluviselva tropical siempre verde, pasando luego por los bosques húmedos semicaducifolios o bien las sabanas húmedas con bosques de hojas caducas o bien sabanas secas con verdor dependiente de las lluvias y, finalmente, las sabanas con matorrales de plantas espinosas, llegando luego a los semidesiertos y desiertos. En esta sucesión climática puede situarse el límite polar del cultivo de secano, en la frontera que media entre las sabanas secas y las sabanas con matorrales espinosos.

Si incluimos en esta sucesión regional las numerosas informaciones sobre el período normal de cultivo y barbecho en el sistema de "shifting cultivation", nos encontramos frente al hecho notable que la explotación más intensa de los terrenos corresponde a las zonas secas de las sabanas africanas.

Un resultado similar se obtiene si se analiza la representación cartográfica de las superficies explotadas por la agricultura indígena. También aquí la mayor concentración se encuentra en el ámbito de las sabanas secas. Es decir, precisamente allí donde la cantidad de lluvias es insuficiente e insegura, la superficie de explotación agrícola es mucho mayor que en los trópicos siempre húmedos. Llama la atención la clara concentración de las superficies explotadas en las proximidades inmediatas al límite de aridez.

De estos hechos se pueden extraer las siguientes consecuencias:

Si el clima, uno de los factores de producción, no ofrece condiciones óptimas hay que buscar los motivos de esta extraña distribución en la otra base natural de la producción, vale decir, en el suelo. Los tipos zonales de suelos condicionados por el clima, como nos lo ofrecen GANSSEN y HADRICH, por ejemplo, muestra la amplia correlación de éstos con las zonas climáticas de vegetación. El ámbito de la pluviselva está dominado por suelos más o menos marcadamente ferralíticos. La región en la que se extienden las sabanas secas se halla en una zona de suelos fersialíticos. Avanzando hacia las sabanas de matorrales de espinos, los suelos se van transformando en suelos esteparios parduscos o pardo rojizo. La sabana húmeda se encuentra en el ámbito de transición entre los suelos ferralíticos de la región de selvas y los suelos fersialíticos de las sabanas secas.

Estos términos técnicos tal vez les resulten extraños, y posiblemente, tampoco les digan gran cosa. Lo mismo sucedería con cualquiera otra nomenclatura empleada para la misma diferenciación pedológica. Se trata de nombres científicos para sistemas naturales complicados. Sin embargo, para la deducción siguiente no interesa tanto la nomenclatura, sino que lo importante es mostrar los mecanismos ecológicamente decisivos dentro de estos sistemas.

—Características edafológicas de las regiones tropicales

De las variadas características y calidades de un suelo son muy pocos los que desempeñan un papel decisivo en el sistema ecológico. En el sentido de factores limitantes se pueden distinguir, en esencia, solamente tres. Estos son: las reservas de minerales

primarios, el contenido de sustancias orgánicas y la capacidad de intercambio de cationes.

Se entiende por reserva de minerales primarios al residuo de fragmentos minerales de la roca madre y que quedan en el llamado esqueleto del suelo, tras la meteorización física y química de la roca. Constituyen la reserva y fuente de los cationes nutritivos que son los elementos indispensables para el crecimiento de las plantas, como lo son el calcio, magnesio, potasio, sodio o hierro.

La sustancia orgánica se compone de los residuos de desintegración de la materia vegetal o animal. Esta desintegración se desarrolla en dos etapas: primero, en la unificación y segundo, en el estado final que es el de la mineralización. En el proceso de mineralización, las sustancias nutritivas anorgánicas contenidas en la materia orgánica, son liberadas de reciclaje y pueden ser nuevamente incluidas en la circulación nutritiva de las plantas vivientes. En la humificación se forman diversos ácidos húmicos. Estos constan de moléculas gigantes meta-estables que constituyen, por su parte, uno de los dos portadores significativos de la tercera calidad decisiva del suelo, a saber, la capacidad de intercambio de cationes.

Se entiende por capacidad de intercambio la aptitud que tiene un suelo para almacenar, transitoriamente, los elementos nutritivos en forma de cationes mediante su adición a determinados componentes del suelo. Posteriormente, ellos son cedidos, en el curso del tiempo, a la solución del suelo o bien a las raíces alimentadoras de las plantas.

Esta capacidad de intercambio tiene una importancia tan vital, ya que en los climas húmedos en los que las precipitaciones son mayores que en la evaporación, el agua del suelo y los elementos nutritivos disueltos en ella están sujetos a una permanente filtración determinada por la gravedad. Para el crecimiento de las plantas este es un proceso muy desfavorable. Este fenómeno puede ser sólo contrarrestado, si en el suelo existen sustancias a las cuales se puedan adicionar los cationes nutritivos y ser así protegidos, contra la erosión o el lavado del terreno.

Es probable que el hombre esté en condiciones de manipular todas las posibles peculiaridades del suelo en interés de una mejor producción agrícola. A este respecto pertenecen todas aquellas propiedades asociadas a la textura del suelo que aquí no son mencionadas. Sin embargo, el contenido de mineral portador de las sustancias nutritivas de las plantas no puede ser incrementado. Esta capacidad determina qué es lo que un suelo puede fijar por unidad de peso, es decir, del máximo que puede disponer un colectivo digital afincado en el suelo en cuestión. Los volúmenes de fertilizantes artifi-

ciales que sobrepasan la capacidad de intercambio del suelo, son transportados sin aprovecharse por las lluvias y la infiltración, y aparecen luego como materias indeseadas en arroyos y ríos. Así, para el agricultor y para la producción de las plantas, resultan totalmente inútiles.

La capacidad de intercambio catiónico en el terreno está materialmente unida, por una parte a los ya citados ácidos húmicos y por la otra, al contenido de minerales arcillosos.

Es necesario que nos detengamos y nos ocupemos más de cerca, del papel que desempeñan los minerales arcillosos en el proceso de intercambio catiónico. Uno de los adelantos decisivos para una mejor comprensión de la función ecológica del suelo la proporcionó, en los dos últimos decenios, el conocimiento de la arcilla componente del suelo, que antes estaba definido sólo de acuerdo al criterio granulométrico que tiene, además, las siguientes características:

1) Que está constituida por microcristales que sólo son sintetizados en el curso del proceso de meteorización química y de formación del suelo.

2) Existen diferentes minerales arcillosos desde el punto de vista cristalográfico que se traducen en propiedades físicas y químicas del suelo sumamente diversas.

3) La génesis de los minerales arcillosos, aparte de una cierta dependencia de la composición química de la roca madre y del drenaje del terreno topográficamente condicionado, está determinada por factores climáticos.

En el ulterior desarrollo de nuestra argumentación nos interesan sobre todo dos aspectos:

—Qué diferencias existen entre los diversos minerales arcillosos en relación a la capacidad de intercambio catiónico y

—Qué aspecto exacto ofrece la dependencia del clima en la síntesis de minerales arcillosos en el suelo.

En la práctica esto significa lo siguiente: Imaginémonos dos tipos de suelos diferentes con el mismo volumen y porcentaje de arcilla. Uno ha de contener como mineral arcilloso caolinita y el otro clorita. Ambos terrenos son abastecidos hasta el máximo de su capacidad con fertilizantes artificiales. En el cultivo posterior, las plantas en los terrenos de illita y clorita disponen de 3 ó 4 veces más sustancias nutritivas que en los terrenos de caolinita. Tratándose de los suelos con montmorillonitas el contenido de elementos nutritivos es todavía mayor.

Este experimento imaginativo demuestra que esta diferencia tiene considerables consecuencias para cualquier tipo de cultivos.

De hecho existen y son consecuencia de la estrecha dependencia que el clima tiene, en las síntesis de los diferentes minerales arcillosos.

Para comprender mejor los motivos hay que mencionar brevemente las diferencias cristalográficas más esenciales que existen entre los numerosos minerales arcillosos. Los minerales arcillosos son cristales laminares. En principio están formados por una estructura de tetraédrica de silicón y estratos octaédrico de hidróxido de aluminio. La ligazón dentro del cristal se realiza mediante fuerzas eléctricas activantes en los elementos constitutivos. En el estado de equilibrio las unidades positivas y negativas de carga eléctrica son iguales. El cristal presenta un equilibrio eléctrico perfecto, sin embargo, cuando no están en equilibrio quedan libres energías de combinación en diferentes lugares del mineral. Es decir, existen valencias libres. En estas valencias pueden entonces adicionarse y absorberse cationes de sustancias nutritivas. En cierto modo quedan sujetos allí temporalmente. Son liberadas mediante iones de hidrógeno que parten de las raíces de las plantas o de ácidos y que con su gran energía, por así decirlo, hacen saltar los cationes de sustancias nutritivas de su punto de absorción. Estos iones de hidrógeno ocupan el lugar que tenían los cationes volviendo estos últimos a la solución del suelo desde la cual las raíces de las plantas los absorben.

Por consiguiente, la capacidad de intercambio dependen de las valencias libres existentes entre una cierta cantidad de determinados minerales arcillosos. Cuanto más complicados y menos perfectamente estructurados se hallen los minerales arcillosos, tanto mayor es su capacidad de intercambio.

Ahora bien, en principio existen dos grupos de minerales arcillosos: los trilaminares y bilaminares.

Al primer grupo pertenecen todos, excepto la caolinita. Su principio estructural consiste en que un estrato octaédrico de aluminio está combinado a ambos lados con un estrato tetraédrico de silicio,

TABLA NO 1

	Grupo de minerales arcillosos	Capacidad de intercambio catiónico m val/100 g.
		Caroll and Starkey (1964)
		Ganssen (1965) Bunting (1969)
	Valores Medios	
Caolinitas	5	3 - 15
Illitas	20	10 - 40
Cloritas		10 - 40
Montmorillonitas	80	60 - 150

respectivamente. En el mineral bilaminar caolinita, falta una de las laminillas tetraédricas de silicio.

Esta diferencia, en principio, casi meramente formal, tiene una trascendental implicancia que tendremos ocasión de ver en relación con la dependencia climática a que está sometida la síntesis de minerales arcillosos.

Constituye una realidad bien conocida que los suelos en los trópicos húmedos son especialmente profundos, no siendo extraño que alcancen más de 10 metros de espesor. Están constituidos casi únicamente por arcilla, limo y arena que contienen muy pocos componentes de grava y que tienen un contenido relativamente bajo de humus. Desde los años 30 se sabe que el manto de meteorización sobre rocas madre petrográficamente similares ofrece en los trópicos húmedos una composición química totalmente diferente que en las zonas extratropicales. En Gran Bretaña, por ejemplo, la relación proporcional de los principales componentes químicos en el manto de meteorización de un basalto dolomítico, no se diferencia mucho de la que presenta la roca madre. Por el contrario, en la formación de la tierra roja tropical, por ejemplo, en la costa Malabar, que es un caso extremo, faltan, aparte de todas las sustancias químicas que podrán interesar, las sustancias nutritivas vegetales, casi la totalidad del sílice (SiO_2). Este proceso de pérdida de las sustancias nutritivas es conocido por el nombre de deslavado, y el de la desintegración del sílice como el de desilificación. Los procesos que ocasionan uno u otro resultado, fueron calificados de meteorización sialítica en las zonas extratropicales húmedas y meteorización alítica en los trópicos húmedos.

En este punto podrán ustedes ver la primera correlación con los tipos de suelos tropicales previamente mencionados. Los suelos ferralíticos son los de meteorización alítica, los fersialíticos son los de meteorización sialítica, es decir, donde todavía no ha tenido lugar una desilificación efectiva.

Ahora bien, la aplicación de la microscopía electrónica en los últimos 20 años para analizar la sustancia arcillosa, fue la que permitió conocer sobre qué componentes del suelo se manifiesta la desilificación y qué diferencias importantes de la propiedad del material traen consigo. Entretanto un gran número de análisis químicos y mineralógicos de suelos en diversos lugares del mundo, han permitido conocer que existe una diferencia fundamental en el contenido de minerales arcillosos entre los suelos de las diferentes regiones climáticas. En las costas tropicales de Malabar, por ejemplo, la fracción de arcilla en el suelo está dominada por el mineral bilaminar caolinita. En los demás casos se añade el mineral hidróxido de

hierro goetita y un poco de illita. Dado que la caolinita posee una capacidad de intercambio muy baja, los valores de ésta en el suelo son, por consiguiente, también muy bajos. En comparación los suelos fersialíticos a los que pertenecen, por ejemplo, los suelos pardos de las estepas, así como la tierra roja del mar Mediterráneo, contienen una capacidad cada vez mayor de minerales arcillosos trilaminares, especialmente una proporción relativamente alta de montmorillonitas. La capacidad de intercambio en los suelos tiene que ser en consecuencia considerablemente mayor que en los trópicos húmedos. En los climas húmedos de las latitudes moderadas dominan absolutamente las illitas y las cloritas.

Resumamos las consecuencias que lo anterior implica, en forma de un experimento imaginativo. Imaginémos una hectárea de terrenos de meteorización sobre un fundamento de gneis separadamente en los trópicos húmedos, en el sur de Nigeria o al borde de la cuenca del Congo, y en las zonas extratropicales húmedas, en Europa Central o Norteamérica. En ambos casos el suelo es trabajado mediante el cultivo mecánico hasta alcanzar un grado óptimo. Luego se entierra una semilla de frutos alimenticios, por ejemplo, maíz. Los campesinos reciben tantos fertilizantes artificiales como deseen para producir una cosecha lo más abundante posible. En los suelos extratropicales los minerales arcillosos, clorita e illita, fijan una cierta cantidad de elementos nutritivos procedentes de los fertilizantes. Por el contrario, en los suelos de caolinita de los trópicos, el suelo almacena, a lo sumo, un tercio o un cuarto de dicha cantidad. Es decir, en este segundo caso, las plantas cultivadas disponen de una cantidad considerablemente menor de sustancias nutritivas, donde la proporción de minerales empleados que sobrepasó esta capacidad del suelo desapareció sin ser aprovechada. Las consecuencias son evidentes.

—Sustancias nutritivas y capacidad de intercambio de los suelos tropicales

El resultado más importante de las consideraciones precedentes es que los suelos bajo las pluviselvas tropicales no sólo son deslavados, es decir, pobres en elementos nutritivos, sino también poseen como caolisoles que son, una capacidad de intercambio extremadamente reducida.

De ser así, nos interesa, entonces, saber para nuestras explicaciones ecológicas dónde están localizadas las sustancias nutritivas y capacidades de intercambio todavía existentes en el suelo bajo de las selvas tropicales. Evaluaciones microestratigráficas realizadas por VON BAAREN, por ejemplo, muestran con toda claridad valores varias veces

mayores de cationes intercambiables en los primeros 15 cm. de los suelos en comparación con las capas más profundas. Pruebas realizadas por SOM-BROEK en la Amazonia permiten deducir que la capacidad de intercambio apenas varía con el incremento del contenido de arcilla (los valores oscilan entre 2 y 4 m/val/100 g.). Esta capacidad crece, en cambio, rápidamente con el material de origen orgánico (hasta 30-40 m/val con 3 a 40% de contenido de carbono). De esto se puede deducir que tanto los cationes intercambiables realmente existentes como también la capacidad potencial de intercambio de sustancias nutritivas artificiales y naturales en los suelos de los trópicos húmedos, están ligados primero, a unos pocos centímetros próximos a la superficie del suelo y segundo, ante todo, están en relación con la presencia de sustancias húmicas.

Tomando en consideración las intensas precipitaciones que se producen en los trópicos húmedos y además la localización de esta capacidad de intercambio en los primeros centímetros de los suelos, nos encontramos frente a un grave peligro de erosión, es decir, la pérdida de sustancias nutritivas debido al agua que corre por la superficie. SIOLI, FITTKAU, KLINGE y colaboradores, del Instituto Max Planck de Hidrobiología y Ecología de los Trópicos, han sometido a prueba el ejemplo mediante el análisis químico de ríos amazónicos. El resultado fue primero sorprendente, pero se adapta perfectamente a un nexo ecológico concluyente.

Ellos pudieron demostrar que en el ámbito de las cuencas vírgenes de los ríos, es decir, en regiones no perturbadas por el hombre, el agua de los arroyos y ríos casi no presenta contenido alguno de sustancias minerales nutritivas. SIOLI lo ha expresado, un tanto exageradamente, con estas palabras: "El agua de los ríos autóctonos claros y negros tiene considerablemente más semejanza con el agua pura de las lluvias que con el agua fluvial de las zonas extratropicales". De acuerdo con recientes mediciones se puede suponer, en casos extremos como la cuenca del río Negro, que el contenido de sustancias nutritivas de las lluvias es a menudo considerablemente mayor que el de las aguas del río.

Hay que excluir específicamente a los llamados ríos blancos. Estos no son ríos propiamente autóctonos, porque ellos reciben la carga suspendida del lavado del suelo en los terrenos montañosos, fuera de las tierras bajas tropicales. En cambio todos los llamados ríos claros y negros no contienen casi ningún elemento nutritivo procedente del manto de meteorización. Esto significa que no tiene lugar ninguna erosión de cationes en las regiones de la selva virgen no tocadas por las actividades del hombre. La explicación de este

hecho, a primera vista extraño, es todavía más reciente que los conocimientos sobre la estructura y las propiedades de los minerales arcillosos. Procede de botánicos y ecólogos por el descubrimiento de las llamadas micorrizas y la simbiosis mutua entre aquéllas y los árboles de la pluviselva tropical.

Micorrizas son hongos que crecen en torno de las raíces que alimentan a los árboles tropicales y extratropicales. Viven con los árboles en simbiosis, es decir, se aportan servicios recíprocos. Los hongos reciben de los árboles los productos procedentes de la fotosíntesis y los ayudan a su vez a asegurar su extracción de sustancias nutritivas de los suelos. La función principal consiste en que los hongos actúan como trampas para los nutrientes, es decir, como trampas vivas de los elementos nutritivos. Estas investigaciones modernas han contribuido decididamente a solucionar la aparente contradicción existente entre la fuerza productiva, extraordinariamente potente y plenamente visible de las selvas naturales tropicales, y la debilidad de los sistemas agrarios, fenómeno que también ha sido igualmente demostrado.

En la selva tropical virgen la producción de biomasa funciona en un ciclo nutritivo cerrado. Del total de sustancias nutritivas más de 3/4 partes del carbono y más de la mitad del nitrógeno, así como también una parte sustancial del fósforo, potasio, calcio y magnesio se encuentran en el sistema suelo-vegetación. El suelo mismo contiene solamente una parte minúscula del total de elementos nutritivos. Debido al deslavado pluvial o a la humificación y mineralización de la sustancia orgánica, vuelven al suelo los elementos nutritivos contenidos en la biomasa. Una vez en el suelo, éstos son absorbidos en las capas superiores por estas trampas nutrientes que corresponden a las micorrizas. De tal forma los elementos no pueden ser lavados por el agua ni en la superficie ni en el suelo mismo. Desde las micorrizas los elementos nutritivos vuelven a la biomasa sobre la tierra.

En la pluviselva tropical se puede tener una producción neta complementaria tan grande, porque la pérdida de sustancias nutritivas es minimizada debido al ciclo cerrado protegido contra la erosión. Además hay un aporte adicional de pequeñas cantidades de nuevas sustancias nutrientes desde afuera, que ingresan a través del agua pluvial o también en menor cantidad, proveniente de la meteorización en las capas más profundas del terreno. De esta forma la producción de biomasa funciona como sistema ecológico en forma permanente durante todo el año, sin tener grandes pérdidas, pero siempre y cuando la selva se mantenga virgen, es decir, que no sea tocada por el hombre.

Si la selva es talada o quemada, entonces se rompe este ciclo en un punto decisivo. En primer lugar la sustancia de humus acumulada en la superficie, que tiene una gran capacidad de intercambio, queda destruida directamente por la quema. Por otro lado, el sistema queda desprovisto del socio vital en esta combinación de mutualismo. Las micorrizas pierden el suministro de productos de fotosíntesis y, por consiguiente, mueren tras la quema de la selva.

Con las sustancias quemadas del humus, el suelo pierde el soporte de su capacidad de intercambio, porque al desaparecer las micorrizas no hay trampas naturales de los nutrientes. Ambos fenómenos tienen como consecuencia que la erosión intensifique notablemente la pérdida de elementos nutritivos y degrade el suelo.

Por todo lo anterior, resulta obvio que el cultivo alterno matorral-campo, aparte de su excesiva necesidad de superficie de trabajo y de trabajo mismo, desata o conlleva otra característica muy peligrosa. Este sistema constituye un verdadero derroche de las reservas nutritivas existentes en un sistema cerrado vegetación-suelo. Debemos considerar que gran parte de las cenizas que quedan en la superficie tras la quema, es arrastrada por las aguas. De esta forma a través del procedimiento de preparación de las parcelas cultivables ellas pierden, durante este período, los elementos nutritivos que le van a ser posteriormente tan necesarios para el cultivo de las plantas.

—Regiones de bosques naturales de las latitudes templadas

En las regiones de bosques naturales de las latitudes templadas, la situación es totalmente distinta. En el ecosistema extratropical bosque-suelo, la mayoría de las reservas totales de elementos nutritivos se encuentra en la parte física del sistema, o sea, en el suelo. Estos permanecen intactos aunque el bosque haya sido eliminado a través de los procedimientos de roce y quema. Es así como los cultivos de plantas alimenticias pueden comenzar por beneficiarse en una reserva relativamente abundante de sustancias nutritivas. Una vez que se presente el progresivo desgaste del suelo por el cultivo permanente que haga necesario el tratamiento con abonos o fertilizantes, se manifiesta la segunda ventaja de los suelos extratropicales. Esta característica favorable es el contenido de arcillas trilaminares del grupo de la illita y clorita, que son minerales que tienen una capacidad relativamente alta de intercambio. Esta aptitud de intercambio de los suelos pardos en Europa es del orden de 20 a 35 m/val/100 grs. frente a sólo 5 y 9 m/val/100 grs. que es la de los terrenos

ferralíticos de los trópicos húmedos. De esta forma, debido a esta mayor capacidad de intercambio, una fertilización de suelos extratropicales resulta considerablemente más efectiva que una realizada en suelos tropicales.

Debido a que hasta en la actualidad esta condición de intercambio no puede ser manipulada a través de medios agrotécnicos, carece de éxito cualquier tipo de uso de fertilizantes industriales en los suelos ferralíticos tropicales. Es así como TONDEUR sacó la conclusión, fundada en numerosos experimentos de campo en la región del Congo hace ya bastantes años, de que las plantas de cultivo en los trópicos húmedos no presentan reacción económicamente positiva al aporte de fertilizantes artificiales solubles.

La documentación precedente nos permite resumir, en consecuencia, que los terrenos ferralíticos de los trópicos húmedos son considerablemente menos favorables para la producción de alimentos, en forma de monocultivos de cereales o plantas tuberosas, que los suelos ferralíticos extratropicales. Más aún, podemos decir que la existencia de la "shifting cultivation" o del cultivo alterno matorral-campo, no es el resultado de una incapacidad humana por una menor experiencia en economía agrícola, sino que es la resultante de aptitudes naturales. Estas exigencias son pobreza de elementos nutritivos y carencia de capacidad de intercambio en los suelos. Es así como a la luz de las condiciones edafológicas descritas, hay que considerar al cultivo alterno matorral-campo como una adaptación óptima, sean cuales fueren las desventajas correlativas anteriormente expuestas.

Analicemos a continuación un caso o aquellos casos excepcionales que están constituidos por las regiones de los trópicos húmedos donde se practican cultivos duraderos y donde viven aglomeraciones demográficas notables. La explicación brota del mismo tipo de argumentación que hemos empleado para el caso normal de los terrenos ferralíticos. De tal forma estos casos excepcionales vendrán a confirmar la regla general.

Las excepciones se presentan, en primer lugar, en regiones donde los suelos disponen de aportes periódicos de minerales primarios que, con la meteorización rápida, pueden suministrar nuevos elementos nutritivos. Este aporte se realiza en las regiones de volcanismo activo donde la arena y el polvo volcánico, producto de las erupciones, constituyen un fertilizante mineral muy apreciado. En tales regiones el subsuelo está compuesto, a menudo, por jóvenes volcanitas básicas, de por sí muy ricas en elementos nutritivos. En este caso se suman la meteorización en la base y el abono mineral volcánico, de modo que se forman terrenos con alto contenido en sustancias nutritivas y

con minerales edafológica preferencial. Esto explica el hecho que se ha realizado una transición del cultivo alterno matorral-campo al cultivo permanente. Ejemplos de estos casos son las regiones de Ruanda y Burundi, en el Africa oriental. Especialmente instructiva a este respecto es la yuxtaposición de la isla volcánica de Java, de extrema densidad demográfica, y las islas no volcánicas de Sumatra y Borneo, muy poco pobladas.

La otra posibilidad de abono mineral la constituyen los ríos blancos. Cuando suben las aguas de estos ríos se deposita sobre los terrenos inundados el material mineral que arrastran sus aguas en suspensión. El efecto se observa claramente en la estructura estratigráfica de las orillas de los ríos blancos en las regiones del Congo y el Amazonas. Resulta muy característico y llamativo que a menudo se encuentren a lo largo de estas orillas asentamientos basados en cultivos permanentes. Las riberas aparecen como arterias de concentración demográfica relativamente elevadas, en un ámbito de la selva escasamente poblado.

En segundo término tenemos que en regiones de relieve más pronunciado se produce una mayor aglomeración de población que en las llanuras tropicales. Es cierto que en muchas partes de estas regiones escarpadas se ve la erosión del suelo, hecho apreciado generalmente como señal de un comportamiento ruinoso de la población agrícola. Sin embargo, una visión más diferenciada del fenómeno de la erosión permite ver que él también puede ser considerado como un factor integral dentro de un ecosistema especial. A consecuencia del lavado de los estratos superiores del suelo, empobrecidos en elementos nutritivos, se deja expuesta la sustancia fresca del subsuelo que queda afecta a una posterior meteorización. Esto asegura, a los llamados suelos esqueléticos de las montañas, un contenido relativamente elevado de sustancia mineral residual y, con ello, una reserva de sustancia nutritiva considerablemente mayor que en los terrenos meteorizados más profundos de las tierras llanas. De tal manera podemos decir que la erosión del suelo no debe de ser evaluada necesariamente y en todos los casos como una desventaja para la agricultura. Resulta interesante observar que las regiones con suelos esqueléticos de las montañas tropicales, se presentan más pobladas que las llanuras y colinas con el manto ferralítico al pie de las cordilleras.

De los antecedentes expuestos se concluye que las regiones tropicales que tienen una gran proporción de superficie montañosa resultan ser, en definitiva, áreas preferenciales de actividad agrícola. De tal manera que los suelos esqueléticos de las montañas y las llanuras fluviales con las correspondientes sedimentaciones ofrecen mejores condi-

ciones de producción que peneplanicies extendidas, cubiertas con mantos profundos de meteorización alítica, como es el caso en Africa. De esta manera no puede llamar la atención que se concentren casi dos tercios de la población de los trópicos de la parte asiática en elevadas cordilleras, llanuras fluviales y regiones volcánicas.

Por consiguiente, podemos constatar en general que las situaciones excepcionales en los trópicos húmedos se pueden entender con la misma serie de causalidades y razonamientos que ya se han empleado para las amplias superficies.

El problema en los trópicos de humedad alterna

Los antecedentes hasta ahora expuestos se han referido en su totalidad a los trópicos interiores siempre húmedos, con sus caolisoles de gran intensidad ferralítica. A continuación hemos de considerar el cambio zonal de los tipos de suelos en correlación con el correspondiente cambio climático.

Con la disminución de las lluvias y el período húmedo, disminuye también el efecto de la hidrólisis. Como consecuencia de esto, la meteorización química es menor y el contenido de sustancias minerales primarias es mayor en los suelos. Además la desilificación es considerablemente menor con la consecuencia de que en la sustancia arcillosa crece la proporción de minerales arcillosos trilaminares de mayor capacidad de intercambio, a costa de una disminución de la caolinita. Así se forman los terrenos fersialíticos que se extienden en el ámbito de las sabanas secas. Debido a su mayor contenido de minerales primarios residuales de la más elevada capacidad de intercambio, los suelos sobre rocas madres equivalentes presentan una feracidad potencial considerablemente mayor que en terrenos ferralíticos de las regiones de la pluvielva.

Sobre esta base es posible comprender la afirmación propuesta anteriormente en el sentido de que la proporción de la superficie cultivada en las regiones de sabana seca es mayor que en las regiones tropicales húmedas. Por consiguiente, en la zona de transición de la selva tropical a la sabana seca los factores naturales, calidad del suelo y la oferta climática de agua, se comportan de manera opuesta. Donde las condiciones hídricas son óptimas, son mínimas las condiciones del suelo para el cultivo duradero. Donde los terrenos son potencialmente más feraces, su aprovechamiento es especialmente obstaculizado por la inseguridad de las precipitaciones.

Si la mayor proporción total de tierras dedicadas a la agricultura se encuentra en el ámbito de

sabanas secas próximas a la barrera polar del cultivo, como hemos demostrado al comienzo, hay que concluir que los campesinos aprecian más la calidad de los terrenos en vez de la seguridad climática.

Esto es precisamente lo que hace más terrible las catástrofes relacionadas a las oscilaciones climáticas de plazo intermedio que han sido comprobadas en estas regiones. Durante la fase relativamente húmeda los 7 años —las vacas gordas de las que ya habla la biblia— la frontera del cultivo es adelantada cada vez más hacia el sentido de las sabanas, donde predomina la escasa vegetación arbustiva. Este avance de la frontera del cultivo se debe al crecimiento de la población. Durante 10 a 15 años esto tiene un desarrollo adecuado. La población aumenta al igual que el ganado. Pero cuando se inicia el cambio a la fase seca (los 7 años de las vacas flacas) las consecuencias son catastróficas. Las cosechas resultan insuficientes para la población que ha crecido y la masa de animales arruina el resto de la vegetación natural. Los efectos que ello acarrea son los acontecimientos que hemos conocido en los últimos 10 años, por ejemplo, en la zona del Sahel.

Así, pues, la sabana seca con su suelo potencialmente fértil muestra sus límites naturales desde dos puntos de vista:

- 1) normal restricción anual del cultivo debido a la breve época de lluvias, y
- 2) pérdidas cíclicamente repetidas con las consiguientes catástrofes de hambrunas.

La solución sería la transición al regadío artificial. Para ello habría que construir represas para almacenar las aguas que caen durante la época húmeda de las lluvias y que corren sin ser utilizadas. Sin embargo, llama la atención que en los trópicos semihúmedos o semiáridos de África existen poquísimas instalaciones de esta índole, mientras que en las regiones subtropicales semiáridas del norte de África el número de represas es muy considerable.

Si nos preguntamos el porqué de esta situación, tocamos otro aspecto de la problemática geográfica natural de las condiciones ambientales tropicales, esta vez regionalizada en las zonas semiáridas. La variedad de problemas que están incidiendo en este aspecto se puede demostrar de la manera más impresionante con el ejemplo de la meseta de Deccan en la India. El sector nororiental de esta meseta presenta un fundamento geológico compuesto por basaltos de dolomita, relativamente rico en minerales con alto contenido de elementos nutritivos. Son características las tierras negras tropicales de gran feracidad, los llamados "black cotton soils" conocidos en todo el mundo. Aquí tampoco se practica ya un cultivo alterno matorral

campo. Todo lo contrario, la región entera se ha convertido en un campo abierto y con cultivo permanente. La densidad de población rural es de 100 a 120 habitantes, por km², siendo extremadamente elevada para las regiones agrícolas tropicales. Desde el punto de vista térmico sería posible un cultivo permanente durante todo el año. Pero dado que las lluvias monzónicas están limitadas a 4 ó 6 meses, los campos tienen que quedar en barbecho en los meses de sequía. En esta época hace falta el agua que durante el monzón fluyó hacia el mar, sin poder haber sido aprovechada.

La presión impuesta por la densidad demográfica y el peligro de las sequías habían hecho urgente y necesaria la introducción de sistemas de riego, desde hace ya varias generaciones. Un análisis estadístico realizado por ROUVE, en 1965, muestra que de las 40 represas entonces existentes en la meseta del Deccan, sólo 11 habían sido construidas antes de 1951 y 26 después de este año.

Naturalmente uno se pregunta por qué no se realizaron antes de 1951, puesto que desde hace siglos existe la necesidad; o también por qué hasta la Segunda Guerra Mundial se conformaban los habitantes de esas regiones solamente con los abundantes depósitos menores llamados "tanks". Tratando de responder a estas interrogantes, quisiera señalar que por lo menos uno de los motivos decisivos radica en la especial forma del relieve, que es característica de las regiones tropicales semiáridas en general.

En la geomorfología moderna las regiones tropicales semiáridas son llamadas zonas marginales tropicales con excesiva formación de penneplancies. Así las denominó BUDEL. ¿Qué quiere decir esto?

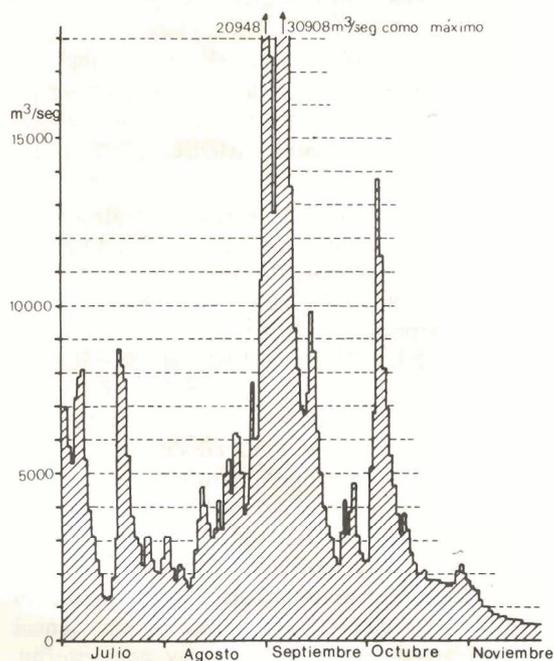
Los habitantes de las regiones extratropicales consideran totalmente natural que los valles de todos los grandes ríos, fluyan encajonados en el cuerpo de las montañas. En la Europa central, por ejemplo, es posible recorrer, en un barco a través del Rin, desde Holanda hasta el alto Rin o Basilea, en Suiza, por el cañón del río que corre encajonado en las montañas rhenanas. Esta realidad la traspasamos como una cosa natural para las demás regiones del mundo. Pero esto es un error. En el sector alto y oriental de Deccan la mayoría de los ríos no fluyen por valles tal como la gente de los países extratropicales se imagina, es decir, encajonados en depresiones alargadas más o menos angostas. Por el contrario, lo hacen en cuencas extremadamente amplias y de muy poca profundidad. Los ríos corren sobre las laderas de las cumbres en vez de estar encajonados en el cuerpo de la montaña, incluso ocurre si se sobrepasan los 1000 metros de altura. LOUIS califica a estos

valles como valles de cuenca llana. Entretanto los geomorfólogos están en condiciones de demostrar que tales valles de cuenca llana, son característicos de las regiones tropicales semiáridas y que allí, los ríos sólo abren auténticos valles en situaciones geológicas muy singulares.

No es difícil imaginarse la dimensión que una represa tendría que tener si se construyera a través de un valle semejante.

Naturalmente los técnicos buscan las condiciones topográficas más favorables. Un ejemplo notable lo constituye la represa de Hirakud, en el río Mahanadi, al este de la meseta del Deccan. Posee una altura máxima de 64 metros y en el centro tiene un muro de concreto de 4,5 kilómetros de longitud que está flanqueado a ambos lados por diques de otros 22 kilómetros de largo en total. En esta represa se han enterrado más de un millón de metros cúbicos de concreto y en los terraplanes de tierra se hallan 17 millones de metros cúbicos de barro y piedras consolidada. En total, 2 millones de carga de camión calculando a 10 toneladas cada una.

CAUDAL DEL RIO MAHANADI EN BARAMUL



(Water Yearbook,
N. Delhi 1960)

Gran parte de las dificultades para realizar un proyecto de esta índole pueden ser superadas por una sociedad que disponga de medios técnicos muy simples, con períodos de tiempo largos para la construcción. Sin embargo, esto no vale para la última fase de construcción de una represa semejante. El río Mahanadi, al iniciarse las lluvias monzónicas tropicales, crece regularmente en pocos días de unos cientos de metros cúbicos al impresionante caudal de 20 mil o 30 mil metros cúbicos por segundo. En comparación, la crecida más grande que se ha registrado en el río más grande de Europa central, el Rhin, tan sólo ascendió a 12 mil metros cúbicos por segundo.

La consecuencia de lo anterior es obvia. Tales represas, con las proporciones imponentes ya citadas, deben ser construidas en un río que cada año destruye todos los trabajos realizados, si no se logra concluir en el plazo de un trimestre, la parte final de la represa. Lograrlo solamente es posible mediante una impresionante tecnología de transporte tal como la desarrollada en los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial, y que se aplica desde 1950 en todos los grandes trabajos de movimientos de tierra en el mundo entero.

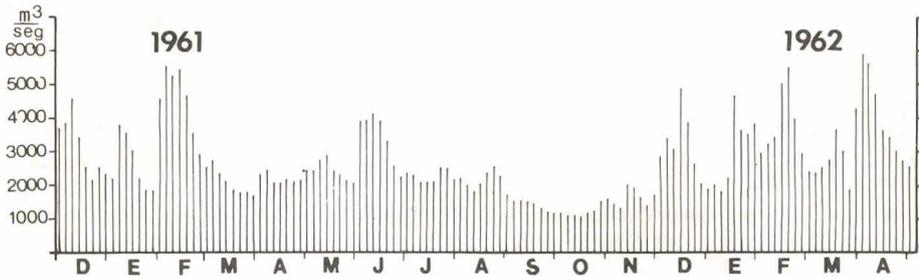
El resultado de todos estos esfuerzos en el caso de la represa de Hirakud es un lago de 750 kms. cuadrados de superficie. La masa de agua útil no llega a 6 millones de metros cúbicos. La superficie regada es sólo 3 veces mayor a la del lago mismo. En definitiva, una relación poco favorable entre costos y beneficios.

No obstante, si bien la represa de Hikorud constituye un ejemplo especialmente impresionante, ella no representa una excepción. Se pueden calcular para los diversos períodos en la meseta de Deccan los valores medios de las represas. En todo caso resultan siempre varias veces mayores que las represas necesarias en las zonas extratropicales y subtropicales. A mi parecer, una sociedad en desarrollo preindustrial no podría llevarlas a cabo en ríos que estén afectos a las crecidas monzónicas señaladas.

En la meseta de Deccan fue posible superar rápidamente el estado del cultivo altermo bosque-campo debido a las condiciones favorables del terreno. Sin embargo, la transición del cultivo permanente a cultivo de regadío, fue sólo posible en superficies relativamente limitadas, donde se aprovechaban las aguas almacenadas en pequeños estanques.

En zonas subtropicales, por ejemplo, en las regiones que rodean el Mediterráneo europeo, resulta considerablemente más fácil construir instalaciones para represar las aguas y asegurar un sistema de regadío artificial porque: 1) los subtropicos disponen de valles propiamente encajonados en el zócalo montañoso, y 2) las precipita-

CAUDAL DEL RIO RHIN EN REES



(Dt. Gewässerk Jahrbuch
Mainz 1964 y 1965)

ciones son en total menos intensas. Corresponden a la época invernal y caen en las montañas en forma de nieve lo que implica un régimen de desagüe más moderado. Los valles angostos y las pocas avenidas de agua constituyen una ventaja decisiva cuando se tiene que construir una represa con niveles técnicos muy simples. Es por esta razón que a las antiguas culturas del ámbito del Mediterráneo les fue relativamente fácil y posible crear formas de regadío.

—Conclusiones:

Resumiendo podemos sacar las siguientes conclusiones:

1) En las zonas tropicales siempre húmedas el cultivo alterno selva-campo constituye la posibilidad óptima, ecológicamente hablando, de aprovechamiento agrícola en áreas de gran extensión. Una agricultura en superficies amplias, población agraria relativamente baja, un trabajo de Sísifo, vale decir, poco rendimiento para la intensa labor constituyen los resultados. Es un obstáculo para la producción agrícola y que radica en la naturaleza misma. Además, no podrá negarse que en el pasado fue igualmente un obstáculo para el progreso cultural de esta región.

2) En el ámbito de los trópicos exteriores semiáridos es posible el paso hacia el cultivo permanente y con ello a un aprovechamiento más intenso,

siempre y cuando el agua para el cultivo sea suficiente. Ahora bien, debido a la contraposición natural de las condiciones climáticas hídricas y las peculiaridades del suelo, los terrenos potencialmente feraces experimentan grandes dificultades debido a la brevedad de la época de lluvia y a la inseguridad de éstas. Tales condiciones climáticas limitan año a año, drásticamente, el tiempo destinado al cultivo y como consecuencia de las oscilaciones climáticas a plazo medio, conducen, incluso en nuestro tiempo, a catástrofes de hambres con las espantosas secuelas que han tenido y siguen teniendo para la evolución demográfica de esas regiones.

3) El paso para asegurar e incrementar la producción mediante el riego artificial, con todas las posibilidades para el desarrollo de la sociedad, tan sólo se puede llevar a cabo con una tecnología que sólo existe desde mediados de nuestro siglo y además, generada en sociedades industrializadas altamente desarrolladas. En la conocida obra de Bauer y Yamey. "Economics of underdeveloped countries" se lee que el creador no dividió el mundo en dos sectores, de manera que la parte más desarrollada contase con más fuentes naturales que la subdesarrollada. Mientras tanto, experiencias ecológicas han mostrado claramente que de hecho creó dos sectores diversos. Uno mucho más fácil de desarrollar y otro, en el que siempre han resultado y siguen resultando más difíciles las medidas aplicadas para alcanzar el desarrollo.

Entre las muchísimas otras desigualdades del mundo existe también ésta, una de las más agravantes y de mayor carga por sus problemas recurrentes. El tiempo apremia para que tomemos nota de esta realidad y saquemos las oportunas consecuencias, que permitan, en un futuro cercano, beneficiar a los que hoy están perjudicados.

BIBLIOGRAFIA SUMARIA

- BUDEL, J.: *Das natürliche System der Geomorphologie, mit kritischen Gängen zum Formenschatz der Tropen*. Würzburger Geogr. Arbeiten, H. 34, Würzburg 1971.
- FITTKAU, H.: *Remarks on limnology of Central-Amazon rain-forest streams*. Verh. Int. Verein Limnologie XV, 1964, p. 1094.
- GANNSEN y HADRICH: *Atlas zur Bodenkunde*. Mannheim, 1965.
- HODDER, C.: *Economic Development in the Tropics*. Methuen, London, 1973.
- LIETH, H.: *Versuch einer kartographischen Darstellung der Produktivität der Pflanzendecke auf der Erde*. Geograph. Taschenbuch 1964/65, Wiesbaden 1964, pp. 72-80.
- LOUIS, H.: *Allgemeine Geomorphologie*. Gruyter, Berlin, 1968.
- MORGAN, W. B.: *Peasant Agriculture in tropical Africa*. En: *Environment and Land Use in Africa*. Ed.: M.F. Thomas / G.W. Whittington Methuen, London 1969, pp. 241-272.
- PENCK, A.: *Das Hauptproblem der physischen Anthropogeographie*. Sitzungsber. der Preuss. Ak.d.Wiss., Phys.-Math. Kl., 24, 1924, pp. 249-257.
- DE SCHLIPPE, P.: *P.: Shifting cultivation in Africa*. London, 1956.
- SIOLI, H.: *Über Natur und Mensch im brasilianischen Amazonasgebiet*. Erdkunde, 10, 1956; pp. 89-109.
- TOONDEUR, F.: *L'agriculture nomade*. FAO, Paris, 1956.
- WEISCHET, W.: *Die ökologische Benachteiligung der Tropen*. Teubner, Stuttgart, 1977.