

INSTITUCION WALDORF
PARA LA ADAPTACION EN MEXICO DE NUEVAS TECNICAS DE ENSEÑANZA
(ASOCIACION CIVIL EN FORMACION)

CAÑADA 220
MEXICO 20 D. F.

BOLETIN DE METODOLOGIA
para los presentes y futuros maestros Waldorf

No. 22

Noviembre de 1972

* * *

INDICE

Owen Barfield	: Sobre el alma racional
Dr. Rudolf Steiner	: La misión de la ira
Eulalia Guzmán	: La escuela del doctor Rudolph

GUION

para el estudio del presente BOLETÍN

Ya en varias ocasiones hemos insistido sobre la necesidad de adquirir una visión más abarcante del alma humana en su triple aspecto de sensible, racional y consciente. Esta visión será el precursor imprescindible de un mejor entendimiento de las almas nacionales de los diferentes pueblos y, concretamente, de la del nuestro propio. Este mejor entendimiento nos facilitará asimismo una comprensión, siquiera parcial, de cierta faceta de los eventos del día 8 del presente mes -día aciago en los anales de nuestra Escuela-: ¡los recios impulsos del alma sensible se impusieron sobre los todavía delicados del alma consciente!

En el No.15 de este BOLETIN, se incluyó un estudio de Owen Barfield sobre el alma consciente. Hoy presentamos, del mismo autor, una semblanza Sobre el alma racional. Para tener el terno completo, y por no existir ninguna disertación de Barfield sobre el alma sensible, agregamos la conferencia del Dr. Rudolf Steiner: La misión de la ira, que viene a llenar precisamente esta laguna.- Cabe mencionar que esta conferencia, a su vez, forma parte de una serie de tres conferencias (las otras dos de ellas no traducidas todavía) en que Steiner se ocupa de aquellos tres aspectos del alma: en "La misión de la verdad" se aclara la función del alma racional; y en "La misión de la devoción", la del alma consciente.

El relato de la Profra. Eulalia Guzmán, insigne historiadora mexicana, sobre La escuela del doctor Rudolph Steiner es, sin duda, una joya histórica. Al releer este relato en días pasados, quedé particularmente fascinado por la perspicacia con que doña Eulalia (como aquí le decimos de cariño) señala lo desacertado de la enseñanza primaria que enfoca prematuramente la facultad del razonamiento, pues el cultivo de esta facultad está en su justo sitio después de la pubertad. Este tema se tratará con mayor amplitud en el opúsculo de Willy Aeppli: Naturaleza del juicio y su cultivo, de próxima publicación. ¡Y pensar que estos conceptos ya se dieron a conocer en México en tiempos del Gral. Alvaro Obregón! ¡Qué diferente podría ser el panorama de la educación nacional, si se hubieran tenido en cuenta! En vez de ello, ahora, medio siglo después..... ¿dónde estamos?

La confección del presente BOLETIN se debe a la generosa colaboración de la Sra. Ana María Castro y de la Profra. María Solá de Sellarés, colaboración que agradecemos cumplidamente.

II

El próximo Boletín les traerá, como regalo de Navidad, el opúsculo de Goethe: "La provincia pedagógica", misma que sirve de base e inspiración a nuestro estimado colaborador, el Prof. Raúl Aguilar Millán, para su cursillo sobre "El pensamiento pedagógico de Goethe", parte permanente de nuestros "Cursos de Superación Profesional basados en el Método Waldorf".

México, D. F.
18 de noviembre de 1972

Calendario de Eventos:

- 23 de noviembre al 17 de diciembre:
Maestra Magdalene Sieglöch (Stuttgart)
Curso de Eurytmia y de Botánica
- 16 y 17 de diciembre:
Pastorelas de Oberufer (en idioma alemán)
- 29 de enero al 10 de febrero:
Maestra Sophia Walsh (Dornach)
Curso de Dicción artística
- 12 al 24 de febrero:
Prof. René Querido (Ginebra)
¿Cómo se enseña la historia?
¿Cómo se enseñan las lenguas extranjeras?
- 26 de febrero al 10 de marzo:
Maestro Maulsby Kimball (Nueva York)
Curso de actividades artísticas

Owen Barfield

SOBRE EL ALMA RACIONAL

He manifestado anteriormente que la gran euforia en sentimiento y entusiasmo que destacó el cambio del siglo XVIII al XIX, y que puede libremente enmarcarse en el Movimiento Romántico, nos ofrece actualmente un triste aspecto; además de que el creciente impulso hacia el autoconocimiento tiende a socavarlo, al 'explicar' el romanticismo. ~~Ha~~ insinuado que la Antroposofía es una auténtica solución al problema, al describir la como la 'ciencia del significado' y asimismo como 'el alma racional que le habla al alma consciente'.

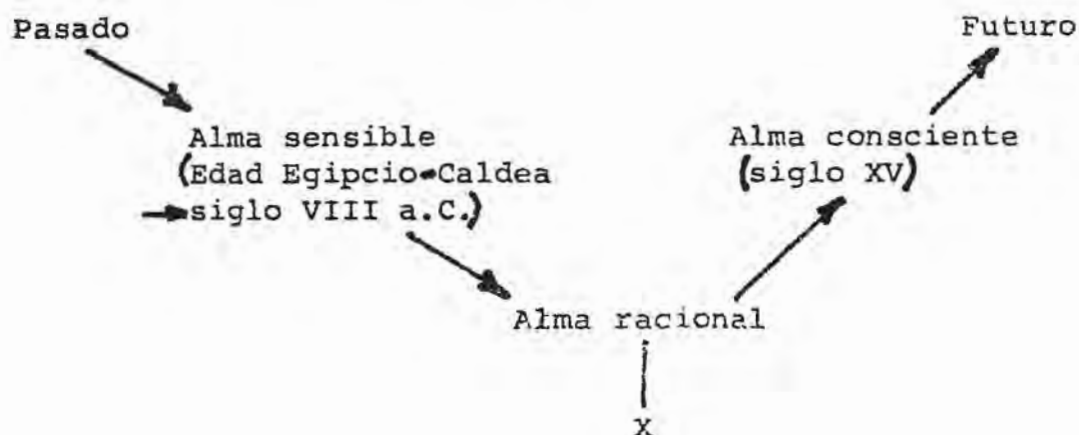
Es necesario intentar ahora aclarar la última afirmación. Digo 'intentar' porque la misma naturaleza del tema, presente una dificultad casi insuperable al tratar de describir o 'explicar' el alma racional desde dentro, es decir, desde el Yo mismo. Mas propio es vivir con cierta clase de pensamientos durante mucho tiempo, considerarlos de una y otra manera concentrarse en ellos y relacionarlos con nuevos fenómenos externos, y así continuar. De esta manera va creciendo, motu proprio la comprensión del vínculo Ego-alma racional.

Por ejemplo, uno puede reflexionar una y otra vez sobre algo curioso que penetra casi toda nuestra experiencia. Me refiero al hecho de que no es posible contemplar al mismo tiempo lo que uno es, ni experimentarlo en plena conciencia. En cierto sentido, hemos de estar fuera de la experiencia, haberla convertido en recuerdo, antes de poder darnos cuenta de naturaleza y significado objetivos. Los interesados en problemas de creación artística y crítica, tendrán fácil acceso a pensamientos de esta clase, asimismo comprensibles si partimos de nuestra vida emotiva como un todo. Con esta actitud, podemos pasar a meditar sobre los primeros versículos del Evangelio de San Juan y sentir cómo, según el autor, ese mismo hecho late en el corazón de todo lo creado. La luz, divino principio creador, estaba en el mundo, era, podríamos decir, el mundo, ya que por su medio todas las demás cosas se crearon, pero el mundo no la conoció, no tuvo conciencia de ella.

Recurriendo también a otro ejemplo, puede uno sumergirse en la íntegra naturaleza del pensamiento griego y experimentar como la más autoconsciente actitud intelectual socrática surge gradualmente de la mentalidad platónica más uni-

versalmente consciente, si bien ésta era más soñadora. Puede uno sentir el significado de un hecho histórico como el siguiente: por una parte, no entra en circulación el problema filosófico de la oposición entre 'subjetivo' y 'objetivo' hasta el tiempo de los Estoicos; y, por la otra, es en esta misma secta donde primero nos encontramos con una teoría del divino Logos. Los hombres empiezan a ser conscientes de un principio creador interno precisamente cuando empiezan a sentirse desprendidos de él.

Si iluminamos la historia con el conocimiento íntimo de esta clase de pensamientos, podremos captar el interno significado del esquema que figura en el capítulo sobre el Alma Consciente +]. Recuerde el lector los tres períodos cruciales y vea el diagrama a continuación .



El resultado es que uno comienza a adquirir confianza, y emana de la propia experiencia, el que algún extraordinario acontecimiento hubo de tener lugar en 'X'; algún don de poder procedente de los abismos; algo de vida y significado transferido del macrocosmos al microcosmos; algún misterio, digamos, de resurrección. Y surge entonces el interrogante, no tanto de creencia en los Evangelios, como "¿En qué forma ofrecen los Evangelios un relato lógico e iluminativo de un hecho como éste?".

En esta forma los problemas de fe, creencia

+] Véase BOLETIN DE METODOLOGIA No. 15

y conocimiento toman un cariz bastante diferente; y empezamos a percibir la verdadera naturaleza de la certidumbre, esa certidumbre de conocimiento que será muy distinta en la etapa del alma consciente de lo que fue en la del alma racional. Creo que todas las mentes, ya sean de tendencia científica o romántica, que, en algún sentido, se adelantan a su época, sienten esto instintivamente. El alma consciente sólo se siente autorizada a decir "yo sé", si está en condiciones de poder agregar "porque lo he experimentado".

Así la capacidad de afirmar 'yo sé lo que sucedió en el Gólgota' depende realmente de que el alma consciente lo haya experimentado. Experimentado, no sufrido, aunque haya en verdad acarreado algún sufrimiento. Es hoy día tristemente fácil escribir con superficialidad sobre el Cristo. Cualquiera tinterillo, que acaba de descubrir que la vida no es todo cerveza y goce, entra como tromba en cualquier parte para explicar que ha sido 'crucificado'; pero la experiencia a que yo me refiero - y me interesa poner énfasis en ello - es más bien mental que física. Y con esta afirmación no pretendo tratar con ligereza la emotividad, ni tampoco dejar de lado la supremacía que el aspecto moral ejerce tanto sobre el pensamiento como sobre la emoción, pero es imposible decirlo todo al mismo tiempo. En realidad, la decisión de imitar, tomada sin derivarla de alguna creencia o conocimiento, viene a ser, para el alma consciente, el momento típico de metanoia --arrepentimiento, o cambio de parecer +]. Una vez trascendido, las elecciones más inflexibles y permanentes de la voluntad son las que se originan, no en respuesta a la emoción, exhortación o mando, sino al conocimiento.

Antes de tomarse tales decisiones, los ojos han de haberse abierto, 'puesto en condiciones' la mente, y después se sentirá el corazón animado y fortalecido en medida siempre creciente por las circunstancias mismas, tanto por los éxitos como por los fracasos; por la felicidad como por el desaliento. Y se descubrirá que toda la creación se ha confabulado para satisfacerlos y sostenerlos.

La certidumbre de lo que constituye el hecho medular de la "Epoca del alma racional" sólo será posible, pues, cuando seamos conscientes, por recapitulación, por así decirlo, de ese Hecho. Pero la posibilidad depende de que hayamos re-expe-

+] véase "La forma de Hamlet" del mismo autor (no traducido).

rimentado como problema de la conciencia lo que una vez fue problema de la historia, problema de resurrección, en verdad, es el de establecimiento de un cordón umbilical viviente entre el macrocosmos y el microcosmos, para que la vida se deslizará de uno a otro. Es fácil así darse cuenta que este problema, recapitulado conscientemente, ha de ser el que corresponde a los 'subjetivo' y 'objetivo'. Y preguntemos: ¿cómo vive en mí el macrocosmos, el mundo 'exterior' a mí, para que realmente llegue a ser mi Yo, para que Sus poderosas energías algún día se conviertan en energías de mi voluntad?. ¿En qué forma es verdadera la imaginación?

El primer paso hacia la solución de este problema es el asir una correcta teoría del conocimiento, el camino para que la mente experimente hacia la certidumbre, en verdad la única que se presenta ante el alma consciente porque significa cruzar el umbral entre los mundos objetivo y subjetivo.

Nunca cristalizó el movimiento romántico en una propiamente teoría de conocimiento. En Inglaterra, exceptuando a Coleridge, no había casi ni el deseo hacia ella. En la Europa Central, la situación fue algo distinta: Goethe, yendo más allá del grupo de filósofos románticos, con conceptos tales como su 'exacta perceptiva fantasía' y todos sus trabajos científicos, inspiró la confianza inicial en la veracidad de la imaginación, llegando al umbral de una teoría del conocimiento. Y Steiner, en su 'Filosofía de la Libertad' llegó más allá, y la estableció firmemente en la tierra de promisión de la filosofía. Casi desde niño, había sentido Steiner que su tarea sería romper las barreras teóricas entre los mundos subjetivo y objetivo, y lo había logrado apenas llegó a los treinta años. Su trabajo subsecuente, fruto de su propio método del conocimiento, nos permite percibir, entre otras cosas, cuánto se esconde tras de ese en apariencia insignificante fenómeno, o sea, la divergencia que existe entre la orientación que tomó el impulso romántico al desarrollarse en Inglaterra y el de la Europa Central. Bernard Shaw, para describir el curso de toda evolución, recurre a la frase 'recapitulación condensada', principio que siempre encontramos en la médula de esa más grande y omniabarcante evolución del mundo y de la humanidad, descrita por Steiner como evolución de la conciencia. Así, los logros de los dos grandes períodos que precedieron al nuestro, el egipcio-caldeo y el greco-romano, se hallan en cierto sentido, proyectados actualmente, en distintas partes de Europa;

y podemos, en general, concebir las soleadas tierras mediterráneas al sur de los Alpes, como el hogar donde se desarrolló el alma sensible, mientras que el norte de los Alpes y el oeste de Rusia ha sido, particularmente, el del vehículo del alma racional. A las Islas Británicas les corresponde ser el centro del desenvolvimiento del alma consciente en su propia etapa +].

Es, pues, en la Europa Central donde encontramos el impulso instintivo de captar el significado de la vida lo que sale a relucir, no solamente en las altisonantes tendencias filosóficas, "Strömungen", sino en muchos detalles deliciosos. Nótese, por ejemplo, como a sus habitantes les gustan los vocablos 'significativo' y 'profundo' (tief). Basta recordar el esquema de la evolución descrita en artículos anteriores, con el alma racional en el vértice inferior, para ver cuán natural les es a los centroeuropeos el vago instinto de vivir sobre un negro abismo insondable, en el que creen han de encontrarse los 'profundos' significados que nos llaman la atención; abismo al que descendió Fausto para encontrar a las Madres, y en el que Goethe descubrió su Planta Primordial. Es este mismo abismo del que emergieron los freudianos su teoría de moda del Inconsciente.

O Mensch! Gib Acht:	¡Ten cuidado, oh hombre!
Was spricht die tiefe Mitternacht?	Qué te dice en su hondura la Media noche?
Ich schlief -- ich schlief!	Dormí, dormí.
Aus tiefem Traum bin ich erwacht!	Y de profundos sueños he despertado!
Die Welt ist tief, Und tiefer als der Tag gedacht;	Profundo es el mundo, Concebido más profundo que el día;
Tief ist ihr Weh -- Lust -- tiefer noch als Herzeleid!	Profundo es su dolor. Placer, más profundo que la pena del corazón.
Weh spricht: Vergeh!	Dice el dolor: ¡desvanécete!
Doch alle Lust will Ewigkeit--	Pero todo placer busca eternidad!

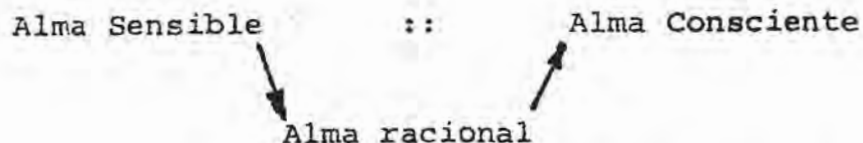
+] La única afirmación definitiva que hizo sobre este tema Steiner -que yo sepa-, es una conferencia en la que identificó Italia especialmente como la nación del alma sensible y Francia como la nación de alma racional y las naciones de la Europa Central como vehículos del Ego. Sin embargo, desde el punto de vista adoptado en el presente estudio, esto es, el de la Resurrección si así puedo llamarlo, particularmente es estrecha la relación entre el alma racional y el Ego: el alma racional, como forma el mismo Steiner la caracteriza en su 'Ciencia Oculta', puede simplemente designarse como el yo o el Ego, por parte de la naturaleza de éste, ya que, en cierto sentido, ella es el Yo, aunque todavía inconsciente de su ser espiritual.

Will tiefe, tiefe Ewigkeit.

Eternidad profunda, profunda...

Casi se puede afirmar que el Ego, en la Europa Central, vive siempre en el punto de encarnación, y que el alma racional es este punto: parece como si constantemente estuviera oscilando entre la vida y la muerte. Hállase así naturalmente adaptada a comprender el Misterio Juaniano de "la luz resplandeciendo en las tinieblas", el misterio de la resurrección, su enigma. Y es a la cultura de la Europa Central a la que hemos de dirigirnos los occidentales para encontrar un significado concreto de la vida, el corazón viviente de la naturaleza, el eterno Femenino.

En el occidente es tal nuestra situación que conforme aumenta nuestra autoconciencia, sentimos: allí está el mundo material, aquello que experimento como percepción sensoria y pensamiento ordinario, y aquí el 'Yo', misteriosa entidad - ¿ello es, en verdad? - sobre la que nunca sabré nada, y entre aquello y éste no existe conexión alguna. Alma sensible, Alma consciente. Lo mejor es saltar incansablemente de una a otra. Tan sólo cuando nos acercamos a lo fundamental de la cultura centroeuropea; tan sólo cuando nos introducimos en la amorosa oscuridad del alma racional, empieza a iluminarse en la experiencia consciente la conexión entre ambas, en realidad nosotros mismos.



Empezamos entonces a percibir otra relación entre los sentidos y la aguda autoconciencia del Ego, además de ese desdichado brincoteo de un lado a otro que caracteriza la vida intelectual moderna, pues empezamos entonces a comprender cómo reunir las a las dos de nuevo. Retornamos así a toda la riqueza y color del alma sensible, pero en tal forma que queda redimida: la percepción sensoria se ha convertido en percepción espiritual. He ahí precisamente la dramática selección que yace ante la Imagenación, como los románticos la entendían: o avanzar valerosamente y volverse clarividente - la clarividencia es una reunión parcial con el macrocosmos -, o quedarse rezagado, y lograr, en

trata de un concepto puramente matemático que, científicamente hablando, debe quedar completamente desvinculado de los objetos a los que, sin embargo, se aplica en la escuela, so pretexto de que la enseñanza ha de ser "adecuada al niño". En otras palabras: el niño "aprende" estos conceptos derivados de la Teoría de los Conjuntos, simplemente por pura creencia en base a la autoridad del maestro, y los repite mecánicamente. En la práctica, pues, se logra lo contrario de lo que se pretende en teoría: el niño se acostumbra a la pasividad intelectual, porque le faltan todavía las condiciones previas que le permitan embarcarse en la formación de conceptos. El resultado final en esa etapa de la educación del niño es que no se trasciende un atolondrado adivinar de palabras. Incluso los educandos de 5° año a quienes se les pregunta sobre la Teoría de los Conjuntos, admiten sin sonrojarse, que saben ingeniárselas mejor adivinando.

Sería triste tener que esperar toda una generación de estudiantes mal educados en el cálculo, en la lógica del pensar y en su autonomía, para despertar a las autoridades correspondientes. Estas habrían entonces aprendido el dicho popular de que no se debe poner la carreta frente al caballo.

La cuestión de a qué edad puede introducirse ventajosamente la matemática moderna, debe quedar pendiente hasta llegar a una solución unánime, no sólo de políticos de planeación cultural y de autores de libros de texto, sino también de todas las eminencias académicas y magistrales.

* * *

Para los lectores con orientación científica, citamos brevemente en qué forma Georg Cantor, creador de la Teoría de los Conjuntos, explicó el concepto de cardinalidad, angular en las matemáticas modernas: "Damos el nombre de cardinalidad del conjunto M , al concepto generalizado que surge cuando, por medio de nuestra inteligencia activa, se hace abstracción de sus diversos elementos m , así como del orden en que éstos se encuentran dados".

Para toda persona capaz de pensar lógicamente, será evidente que esta doble abstracción necesaria para la cabal comprensión del concepto, sólo puede ejecutarla un alumno con una potencia intelectual plenamente desarrollada. Quien pretenda sorprendernos diciendo que esta potencia puede adquirirse "jugando", manipulando infantilmente con cubitos a colores (¡de los que precisamente se debe hacer abstracción en la operación mental!), está, él mismo, renunciando a su mejor intelecto, y repitiendo simplemente conceptos científicos atolondradamente, y sin haberlos comprendido.

EL SUELO, ORGANISMO VIVIENTE

La Composición del suelo. La tierra laborable contiene sustancias minerales disueltas o no disueltas, agua, materia orgánica segregada de plantas vivas, y materia orgánica e inorgánica proveniente de la descomposición de raíces o de vegetales enteros. Además, está llena de seres vivos, tales como bacterias, lombrices, y larvas de insectos; igualmente se encuentran en ella ocasionalmente animales más evolucionados, cuyo trabajo contribuye a transformar el suelo, por ejemplo aflojándolo, y cuyos cuerpos en descomposición producen modificaciones químicas. El conjunto de todos estos factores, a los que debe añadirse el clima, los fenómenos atmosféricos anuales y diarios, así como la labranza del hombre, determina la fertilidad del suelo.

Substancias minerales. La roca, hecha de mineral puro y completamente compacto, como en la alta montaña, es estéril. El calor, la helada y la lluvia hacen su superficie porosa y menos compacta; entonces la vida puede comenzar a establecerse en ella. Esta descomposición atmosférica termina por generar una capa superficial. Cuanto más intensa y repetida es su acción, tanto más fértil se vuelve esta capa. Este fenómeno se produce, por lo demás, tanto sobre cualquier superficie cultivada como sobre la roca; en invierno, la helada y la lluvia resquebrajan y parten el suelo; en verano, los rayos del sol y el calor intensifican sus cambios químicos (bacterias, etc.). El trabajo de los agentes atmosféricos puede llegar hasta el punto en que, habiendo arrastrado el agua toda materia soluble, se sedimentan por separado las diferentes sustancias constitutivas del suelo: la arena y la arcilla de los minerales eruptivos, forman así terrenos de aluviones, a contraste de los terrenos formados por degradación de toda clase de minerales eruptivos y silicatos, o de margales que se forman de las calizas. Las diferentes especies de rocas dan sustancias más o menos sensibles a la intemperie; la lava, de origen volcánico, es, a causa del proceso ígneo que ha sufrido, de distinta naturaleza que las micacitas de los países escandinavos, por ejemplo. Ella se desmenuza rápidamente transformándose en polvo fértil, mientras que el esquisto es más resistente y nunca proporciona más que una delgada capa cultivable. La caliza resiste particularmente la acción destructiva de la intemperie, y se recubre solamente de una capa muy fina de resistente marga. Hacia el sur, son las transformaciones químicas, sobre todo la oxidación, las que se hacen más intensas bajo la acción del sol. Allí a menudo es la falta de agua la que impide al suelo volverse fértil.

En los calurosos climas tropicales, la erosión de las rocas y la formación de humus procede de manera distinta a como sucede en las zonas de heladas invernales. Por doquiera que el suelo está cubierto y hay abundancia de lluvias, la formación de humus y la fijación de nitrógeno es más rápida y más poderosa que en los climas fríos: la degradación de las rocas procede a mayor velocidad. Tan pronto como termina el manto vegetal que cubre el suelo, se acelera también la destrucción del humus: los fenómenos de erosión se propagan con pasmosa rapidez, y la mayor solubilidad de las sustancias materiales propicia la rápida desintegración. En los latifundios tropicales se recurre a menudo a dejar que el terreno, después de una o dos cosechas (por ejemplo, los cultivos de tabaco en Indonesia), vuelva a tupirse de selva virgen, para volver a desmontarlo después de un intervalo de 7 a 11 años. Claro está que esto no es posible para el pequeño agricultor que, en las regiones densamente pobladas, tiene que subsistir de lo que le produce un tercio de hectárea.

Los suelos fríos y húmedos del Norte se oponen a la erosión y a la génesis del humus. En Alaska, se ha observado un curioso fenómeno sobre un terreno pérmico de origen glacial: se observó una fijación de nitrógeno particularmente intensa y la formación de nitratos. El autor examinó muestras de este suelo: presentaba las más altas proporciones en nitratos que jamás se hayan observado. Aún no se conoce claramente la explicación de este fenómeno, pero parece que existen en Alaska microorganismos fijadores de nitrógeno cuya actividad sobrepasa la normal. Estos suelos están sin nieve sólo de dos a cuatro meses; la helada contribuye después a conservar las sustancias orgánicas adquiridas; por otra parte, estos suelos no están sujetos a intensa explotación.

Cada suelo representa, pues, un diferente grado de desintegración según su origen geológico y su edad. A eso viene a intervenir la acción de los fenómenos orgánicos. Las plantas y los cadáveres de animales en descomposición, dan finalmente el humus.

Formación del humus.	La consistencia y la cantidad de este humus son los que determinan la fertilidad del suelo. En efecto, no todas las sustancias orgánicas contenidas en el suelo forman necesariamente humus, e, incluso, no siempre son capaces de formarlo. Alrededor del 40% de los constituyentes orgánicos del suelo están emparentados con el humus. Su contenido en sustancias coloidales solubles es relativamente reducido: menos del 1% en general, incluso en un suelo de las regiones templadas, rico en materias orgánicas e intensamente cultivado. Según el clima y la manera como se trabaja el suelo, las sustancias inorgánicas se disgregan de modo muy diferente; la
----------------------	---

diferencia es todavía mayor cuando se trata de materias orgánicas. Si el suelo está muy aireado, muy recalentado, muy seco, y muy expuesto a los rayos solares, los ingredientes orgánicos se descomponen rápidamente para dar, en resúmenes cuentas, ácido carbónico, amoníaco o nitrógeno, y agua. Estos elementos están, pues, perdidos para el ciclo de la vida agrícola. Un suelo con la superficie compacta, húmeda, fría, bajo un cielo perpetuamente nublado, impregnado de agua, con drenaje insuficiente, da origen a un humus rico en carbono, pero pobre en oxígeno, que se va acidificando más y más para transformarse anaeróbicamente en turba. Este suelo es, desde luego, rico en sustancias orgánicas; pero éstas son demasiado ácidas, demasiado compactas, y en tal estado no pueden utilizarse. Es una masa muerta, inutilizable para el campesino; falta el humus neutro coloidal.

Señalémoslo, aún no se ha fijado la fórmula química exacta del humus. A decir verdad, es una mezcla de productos en descomposición, más o menos ricos en carbono, nitrógeno y oxígeno. Muy importante, pues, es el estado en que se encuentra este humus. El grado de descomposición de las sustancias orgánicas que lo constituyen, el estado físico-químico del suelo, determinan su valor.

Análisis de los suelos	Como ya lo hemos dicho, los suelos con tasa elevada de sustancias orgánicas (por encima del 2%) tienen un comporta- miento bioquímico completamente distinto del de los suelos con tasa baja (por debajo del 1,5%). Los análisis usuales de los suelos son completamente inadecuados y, cuando la proporción en humus es grande, encubren la realidad.
---------------------------	--

En este dominio, se han cometido los más graves errores en el transcurso de los últimos decenios. El suelo es una estructura orgánica; siempre debiera tenerse esto en cuenta. Además, hay variaciones estacionales en la posibilidad de utilización, por las plantas, de las sustancias minerales y de la vida del suelo. Esta vida no se halla completamente paralizada, sin duda, más que durante una helada intensa y prolongada; porque hemos observado una cierta actividad de los Actinomicetes a -3°C . La sequía paraliza más rápidamente la vida del suelo. En ambos casos, hay células y esporas que sobreviven. El máximo de la actividad, en las regiones húmedas y cálidas del hemisferio norte, se ubica en Mayo y Junio, luego hay otro máximo menos pronunciado en Septiembre y Octubre; en las regiones más cálidas, se constata un nuevo máximo en Noviembre. Hay menos actividad durante los meses de julio, agosto y septiembre, principalmente cuando son meses secos y cálidos, y otro mínimo se ubica en enero-febrero.

En consecuencia, la solubilidad y la disponibilidad de las sustancias varían según un ritmo estacional, puesto que estas propiedades dependen de la vida del suelo. Un

mismo terreno presentará pues, al análisis, cifras muy diferentes según que se esté en marzo, en mayo o en octubre. Pero, ¿se han tenido alguna vez en cuenta estas diferencias? Cuando se quiere trabajar seriamente, no se tiene derecho a comparar entre sí los análisis de dos suelos, si no han sido efectuados en la misma época del año. Así, en los desiertos de California, se observa una floración exuberante al comienzo de la primavera, y después ya no crece nada durante el resto del año. Un análisis del suelo, efectuado en la época de las flores, producirá la ilusión de un suelo mejor del que es; en cambio, si el análisis se hace durante la sequía, revelará carencias que se creerán permanentes cuando, en realidad, son transitorias. Hay, pues, que discernir los valores relativos de los valores absolutos.

Pero ¿dónde se encuentran, en la literatura especializada, indicaciones de fluctuaciones estacionales? El problema de las estaciones se sobreañade a las variaciones inherentes a los actuales métodos de análisis, especialmente al método por extracción, cuya variación es algunas veces superior al 200%. Otra causa de error proviene de que las muestras de suelo se desecan y almacenan largo tiempo, y eso las transforma. Se reconocieron abiertamente estas dificultades, en un congreso de agrónomos americanos, y se las examinó sin ideas preconcebidas. Algunos de los más reputados expertos declararon que es un absurdo continuar haciendo análisis con los métodos actualmente existentes y que, si se persiste, es únicamente para responder a las demandas del público.

"¿Cuánto cobráis por un análisis?" preguntó alguien al Profesor Truog, de Wisconsin.- "50 centavos", respondió él.- "¡Pero eso no es posible, un análisis cuesta por lo menos 4 ó 5 dólares!" - "Sí", dijo Truog, "pero no determinamos más que la acidez (el pH) y el porcentaje de cal. Después, preguntamos al campesino si la alfalfa crece en su predio. Si contesta afirmativamente, le declaramos que su suelo es suficientemente rico en sustancias nutritivas." "Eso, en verdad, ¡podéis hacerlo por 50 centavos!...."

En Alemania, se practica mucho el método de análisis Neubauer, que es más biológico, pero que también encierra una grave fuente de error: las condiciones de solubilidad en la región de las raíces (rizósfera) son muy diferentes según que se haga el análisis durante la germinación (o un comienzo de crecimiento), o que se lo haga cuando las plantas son adultas. Hace 20 ó 25 años, los adversarios del método biodinámico preguntaban frecuentemente, si los resultados obtenidos en nuestras granjas satisfacían al método Neubauer. Pero hoy está demostrado que tales análisis son incapaces de determinar las condiciones biológicas del suelo. Por esto, uno se sirve muy a menudo de criterios erróneos.

"Ver cómo eso crece" ¡es muchas veces un criterio más justo que proposiciones doctrinales!(1)

En el "Manual de la ciencia de los suelos" de Blank, se encuentran importantes observaciones concernientes al problema del humus. Citaremos a A. Rippel, "Microbiología del suelo": "Se ha difundido la convicción de que las sustancias humínicas, de tanta importancia práctica para la agricultura, sólo pueden conservarse en cantidad suficiente, si se suministra al suelo abonos orgánicos; de ahí el valor de estos frente al empleo exclusivo de abono mineral artificial". H. Engel demuestra que el humus desaparece más rápidamente en presencia de potasio y ácido fosfórico (F. Scheffer et P. Schachtschabel, "Fenómenos fisicoquímicos en el suelo"): "El suelo es un sistema coloidal dinámico que obedece a las leyes de la química coloidal, y que está dotado de las mismas facultades que, por ejemplo, la planta viva; allí se encuentran fenómenos comparables, o incluso idénticos, a los que se desenvuelven en las partes funcionales de un organismo vivo." Más adelante, A. Rippel escribe: "Se puede en verdad deducir de ello, que las cosechas debidas al abono mineral no nitrogenado son relativamente altos y no tienden a bajar, pero se comprueba que eso es siempre y en todas partes un efecto del potasio. Cuando éste falta, las cosechas son bajas. Por consiguiente, no se le puede atribuir ninguna acción de importancia, a una fijación de nitrógeno. O.V. Metzen no encuentra relación entre la fijación de nitrógeno y el rendimiento sino en ciertos casos especiales. Así pues, nuestras concepciones sobre la economía del nitrógeno en el suelo, continúan siendo las mismas que en el pasado. Unicamente mediante el estiércol de establo y los demás abonos orgánicos se puede elevar, a la larga, el rendimiento de un suelo; la conservación del humus del suelo juega allí un papel decisivo. (Subrayado por E.P.). Algunas publicaciones concernientes a ensayos agrícolas prolongados, han venido en apoyo de esta opinión".

El humus.

Entendemos por humus, en el sentido estricto de la palabra, la sustancia orgánica del suelo, cuando ha sido bien digerida por medio de procesos biológicos. Ejercen influencia sobre estos procesos no sólo la oxidación y la reducción, sino también los microorganismos que viven en el suelo: bacterias, hongos, lombrices, otros pequeños animales, algas y, principalmente, enzimas secretadas por estos organismos, así como por las raíces de las plantas. Por último, debe señalarse la acción de ácidos orgánicos que las raíces ponen en circulación. En las proximidades de las raíces de ciertas especies vegetales, se establece una intensa actividad bioquímica y biológica, que decrece en las proximidades de otras especies. El rejuego de todos estos factores, sobre todo en la rizósfera, remata, en el caso favorable, en un humus estable, coloidal y neutro o casi neutro, y en los peores, en

Se tiene, por otra parte, el hábito de evaluar en 2250 Ton. el peso por hectárea de la capa de tierra arable, de superficie medida sobre una profundidad de 12 cm. (incluidos los productos elaborados por las lombrices y los microorganismos).

En estas condiciones, el contenido de las sustancias orgánicas vivas o elaboradas en un año alcanza aproximadamente el 0,275% (del peso total del suelo hasta la profundidad considerada). Dado que los suelos de cultivo contienen una cantidad de sustancias orgánicas (destinada a alimentar los gusanos y microorganismos) que varía de 0,5 a 6% (del peso total de la tierra arable), y que las cifras anteriormente mencionadas (concernientes al peso de los organismos vivos) representan el límite superior, es decir, que se han determinado en campos que contienen un promedio de 3% de materia orgánica (promedio entre 0,5 y 6%), la producción de materia húmica en el suelo es del orden de 67,5 Ton. por hectárea, o sea de 10 u 11 veces el peso de los organismos vivientes que la han producido. Este resultado denota un enorme metabolismo e índice de rendimiento, de los que puede sacar provecho el agricultor, si lo desea y si sabe hacerlo.

Franz Dreidax, uno de los pioneros de la agricultura biodinámica, propuso, hace ya unos veinte años, esta imagen: una vaca vive sobre un prado, allí pace y suministra estiércol. Pero hay otra "vaca" que vive bajo la superficie del prado y que también trabaja en fertilizar la tierra. Las cifras citadas precedentemente permiten estimar concretamente el resultado de este trabajo. En verdad, en un suelo sano, esta segunda "vaca" ¡es más grande y más poderosa de lo que podría ser cualquier animal!, y obra más eficazmente que todas las medidas prácticas que puede adoptar un agricultor deseoso de mejorar su suelo. Utilizar consciente y prácticamente esta actividad viviente, es uno de los principales objetivos del método biodinámico y la mayor revolución que haya sobrevenido en el dominio agrícola, desde los descubrimientos de Liebig.

¿Porqué se horripilan tan frecuentemente todavía, en los medios especializados, por este conocimiento? El autor de este libro no alcanza a comprenderlo. El que el campesino rehuse colocar estos hechos en la primera fila de sus preocupaciones, sólo puede obedecer a su ignorancia y su unilateral orientación antibiológica.

Volvamos a la cuestión del contenido del suelo arable en sustancia orgánica global. Hemos dicho que generalmente oscila entre 0,5% y 5% por hectárea, o sea entre 11.250 y 112.500 Kgs. por hectárea. Raras son las tierras que contienen más de un 6%. Se encuentran las tasas más elevadas

en los jardines donde el humus abunda y en los suelos vírgenes de la Pradera norteamericana; también se las ha observado, en Europa, en pastizales y céspedes. Pero durante estos análisis, a menudo no fue posible eliminar completamente los delicados fragmentos de raíces. Aquí no nos referimos al suelo de las turberas y de los bosques; solamente nos referimos a los suelos cultivados.

Para un suelo que contiene 0,5% de sustancia orgánica, un aporte de estiércol de establo o de abono de compost, a razón de 25 toneladas por hectárea, es macizo.

Para un suelo que contiene 3% de esta misma sustancia (67.500 Kg. por hectárea), la propia vida del suelo es el factor principal de la génesis de humus por lo que el aporte de estiércol o de compost debe reducirse a poco menos de un tercio de la cantidad normal indicada anteriormente.

Para un suelo que contiene 5% de sustancia orgánica, un cuarto de la normal basta, la vida del suelo se encarga entonces del resto del trabajo. ¡Abonar el suelo no es lo mismo en todas las circunstancias!

En efecto, cuando la tasa orgánica es baja, las plantas cultivadas sacan sus nutrientes del suelo mineralizado y del abono; entonces la génesis del humus, si se efectúa, es lenta. En cambio, cuando la tasa orgánica es alta, las plantas, sacan sus alimentos de las reservas orgánicas del suelo y también, en menor medida, de las soluciones minerales que en él se encuentran. Hasta me atrevería a decir, de buen grado, que la teoría de Liebig sigue siendo cierta para los suelos con tasa orgánica baja. Pero son totalmente distintas las condiciones, para las tasas fuertes. No olvidemos que los suelos con tasa orgánica débil, son suelos mineralizados: las condiciones de solubilidad, la disponibilidad y la absorción de las sustancias minerales, son allí completamente distintas de las de un suelo con tasa orgánica fuerte. En consecuencia, para hacer a un suelo duraderamente fértil, lo primero que debe hacerse es elevar su tasa de sustancia orgánica. Entonces, el suelo queda preservado contra los inconvenientes físicos que son inseparables de una tasa orgánica débil: carencias, pérdidas por lavado y otras, incrustación de la superficie y aparición de estructuras desfavorables.

Según nuestras propias observaciones, el punto crítico se sitúa en 1,5% de sustancias orgánicas. Por debajo de este umbral, la fertilidad del suelo se halla amenazada, los síntomas de deficiencias minerales se manifiestan en forma drástica, la erosión se convierte en un peligro perpetuo. Por encima de dicho valor límite, los suelos se vuelven más estables, y cuando se llega al 2%, ya se puede hablar de un suelo orgánico lo bastante vivo para proporcionar duraderamente buenos rendimientos. El autor se siente tentado a

admitir que la teoría de Liebig es cierta por debajo del 1,5%. Pero para tasas superiores, plantea esta cuestión: ¿Porqué mantenerse indefinidamente en un nivel mínimo de fertilidad, que obliga a hacer continuos subsidios, cuando desarrollando la vida del suelo, se vería abrirse un verdadero cuerno de abundancia? Se puede "hacer crecer" esta vida del suelo y no comprar nada. Esto se ha confirmado en las granjas que el autor ha dirigido o asesorado durante largos períodos. ¡Es muy posible que el químico agrícola se lo tome a mal! Pero, el banquero que ha facilitado créditos al campesino y a quien se le reembolsa con el rendimiento de sus tierras, es de otro parecer.... Cuidar, favorecer la vida del suelo, es pues económico a largo plazo. La ecuación es simple: en lugar de comprar sustancias minerales, uno paga sus deudas! También aquí se verifica un principio al que nos hemos suscrito hace mucho años: lo que es biológicamente justo, es económicamente ventajoso. ¡Qué alivio para el campesino que ha luchado, durante años, contra un nivel mínimo de existencia, cuando llega a un equilibrio vivo y estable de sus suelos, que lo hace independiente, y ello sin haber empleado más productos que los de la propia granja! Estas consideraciones ilustran la diferencia concreta que existe entre 1% y 3% de sustancia orgánica.

Se ha hablado mucho de cultivos exhaustivos, de fenómenos de carencias, de ley del mínimo, etc. De manera unilateral, aunque exigida por los hechos, se dirigía toda la atención sobre las sustancias minerales; se veía sobre todo la carencia de fosfatos, potasio y nitrógeno. Sólo en decenios recientes se descubrieron otras carencias: las concernientes a los oligoelementos. La fórmula mineral N.P.K. (nitrógeno, fósforo, potasio) que se ha practicado durante largos años, no tenía en cuenta estos "vestigios". Además, no prestaba atención a las carencias biológicas, a la falta de humus. La ley del mínimo enseña que la sustancia (y nosotros como biólogos, añadiremos: el proceso vivo) que existe al nivel mínimo, determina el crecimiento de la planta. Aplicando unilateralmente la teoría del abono mineral, se han relegado a segundo plano los factores biológicos. Resultado: fenómenos de deficiencia orgánica y una modificación nefasta de la estructura física de los suelos. Ya es tiempo de intervenir y de remediar las carencias. Con ello, la teoría de los constituyentes minerales de la planta conserva todo su valor, pero es necesario volver a colocarla en su justo lugar, dentro de la economía general de la naturaleza.

Antes de la Segunda Guerra, había pocos sabios que se consagraban al estudio del humus. Nombremos, honrando su valerosa actitud, al Profesor polonés B. Niklewski y al agrónomo gubernamental holandés J.O. Cleveringa, así como al Proferos Hudig (Escuela Superior de Agricultura de Wageningen). Existía además, el grupo todavía reducido de los agricultores biodinámicos, frecuentemente atacados, ridicu-

lizados y mal comprendidos, que se arriesgaban valientemente en la práctica. Hoy, al menos en Occidente y en la mancomunidad británica, las concepciones biodinámicas se han afianzado ampliamente, así como en círculos científicos alemanes, desgraciadamente todavía demasiado raros.

Niklewski estudio el papel del humus coloidal neutro que sólo puede conservarse proporcionando al suelo estiércol de establo o compost, uno y otro bien corrompidos. La reacción neutra o casi neutra del suelo favorece el desarrollo de las bacterias fijadoras de nitrógeno (azotobacterias, Nitrosomonas, etc.) y de los hongos productores de humus (actinomicetes, Streptomicetes).

La estructura coloidal del humus favorece la absorción del agua de sustancias minerales y de enzimas. Tanto éstas, como también el cal y el amoníaco, se hallan retenidos en una forma en que permanecen disponibles a las raíces vegetales, a la vez que impide el lavado por las lluvias. Este humus coloidal neutro que se conserva cuando el suelo tiene una buena proporción en cal, con un pH comprendido entre 6 y 7, puede retener hasta dos veces y media su peso en agua. La estructura grumosa del suelo se mejora gracias a la actividad de los Actinomicetes y de las bacterias. Otros microorganismos suministran el tan importante ácido carbónico del suelo. Las célebres tierras negras del Middlewest norteamericano y de Ucrania, son las más ricas del mundo en humus coloidal neutro. En Ucrania, se ha mostrado desde 1911 que estas tierras se forman de modo puramente natural, cuando hay un equilibrio entre las cantidades de agua que caen del cielo y las que se evaporan. Más tarde se descubrió que el 80% de su elevado contenido en bacterias son azotobacterias (fijadoras de nitrógeno). De acuerdo a nuestras investigaciones, un suelo que calificamos pobre en humus contiene de 50 a 150 millones de bacterias aerobias por gramo; un suelo medianamente fértil contiene 250 a 350 millones; un suelo fértil, 400 a 500 millones, y los mejores suelos, 800 millones. De este número, es muy importante tener en cuenta el porcentaje de Actinomicetes y Streptomicetes, porque participan en la génesis del humus, y su frecuencia puede proporcionar datos sobre el estado en que se halla esta génesis. Encontramos que los suelos poseen un 2% o menos de Actino y de Streptomicetes y otras del mismo grupo (cifra que representa su porcentaje sobre el número global de la población bacteriana aerobia), son suelos con insuficiente génesis de humus; un 5%, ya es normal y suficiente. Para los buenos suelos con fuerte producción de humus, se encuentra, en ocasiones, hasta un 20% de estos organismos.

La evolución y el progreso del pensamiento biológico científico, se manifiesta claramente en un estudio del Profesor F. Lylo Wynd (Michigan Agriculture College). Este artículo, de verdadera trascendencia, apareció bajo el título

"Feed the Soil" en la revista "Science" del 4 de abril de 1952.

El Profesor Wynd escribe: "Hay una ruptura cada vez más manifiesta, entre los objetivos de la industria de los abonos químicos y los objetivos que se fundan en los resultados del estudio de las propiedades del suelo. En su avance, la industria de los abonos químicos se desligó de la ciencia biológica, y ahora toma una dirección inconciliable con los resultados de las investigaciones. El núcleo del problema es saber qué es realmente el abono, cómo y con qué propósito conviene servirse de él. Los científicos del suelo consideran el suelo como un complejo en continuo cambio, y en equilibrio biológico. Los productos de este complejo dinámico, engendran el alimento de la planta". Wynd declara a continuación que no corresponde a la verdad la enseñanza generalmente difundida, a saber, que el abono químico, las sustancias minerales, son el alimento de la planta. El agricultor es la víctima de este malentendido. "Numerosos agricultores inteligentes se preguntan por qué tantos investigadores están ocupados, a costa del Estado, en estudiar estas cuestiones, cuando todos los comerciantes de abonos químicos diagnostican gratuitamente sus problemas y les proporcionan la "alimentación" necesaria a sus plantas, bien empaquetada y con instructivo."

"La ciencia de los suelos y la fisiología vegetal tienen la tarea de enseñarle al agricultor, que el alimento de las plantas forma parte del complejo coloidal y dinámico-biológico del suelo, y que las plantas sacan su alimentación de este complejo organismo, por decirlo así, sólo con la autorización del suelo".

Nuestra opinión se funda sobre dos propiedades esenciales del suelo. En primer lugar, el suelo tiene una vida biológica. En segundo lugar, sus propiedades coloidales determinan la liberación del alimento necesario para las plantas...." "El estado de las sustancias nutritivas del suelo, depende de la actividad de microorganismos vivos... El suelo está vivo... El suelo no es suelo mientras no esté vivo... Ningún aporte, por grande que sea, de sustancias nutritivas químicas mezcladas a partículas de roca finamente trituradas, podría crear el equivalente de un suelo fértil".

Incluso declara Wynd, que el único punto de vista realista, es que primeramente debe alimentarse la vida del suelo mediante el abono y creando en él sanas condiciones de existencia biológica, pues es la vida del suelo la que pondrá en libertad los elementos de los que podrán apoderarse las raíces. "¡Feed your soil and you feed your plants!" (¡Alimenta tu suelo, y alimentarás tus plantas!). Pero esto fue dicho en 1952, y el autor de este libro no había esperado esta fecha para poner en ejecución los primeros principios indicados por R. Steiner ¡desde 1922!: "Abonar es vitalizar el suelo".

Sales. Es bien evidente que no se puede alimentar organismos vivos dándoles sales, ni estimular de ese modo su actividad. De lo contrario, ¡las plantas, los animales y los hombres podrían vivir exclusivamente de sales! El abono orgánico a base de estiércol o de compost es, por consiguiente, el verdadero alimento del suelo vivo. Se puede y se debe indudablemente, tener en cuenta el porcentaje N.P.K. de los abonos orgánicos, pero él no es más que una fracción de un todo.

Arcilla. En este complejo mineral-orgánico, la arcilla o la greda (silicato coloidal de aluminio) desempeña su particular función mediadora. Wynd escribe: "La arcilla es la parte más importante de la estructura mineral inorgánica de los suelos. ¡Eso no quiere decir que cuanto más arcilla haya, tanto mejor sera! Pero la arcilla debe estar presente en cantidad considerable, para que el suelo pueda llegar a ser fértil." Rudolf Steiner había dicho ya en 1924 que la arcilla, en el suelo, "es un mediador entre los contrarios."

"Las necesidades del suelo en alimentos son relativamente grandes", continúa Wynd. (¡Recuérdese aquella "vaca" que vive bajo la superficie del prado, y que pesa varias toneladas por hectárea!) "Estas necesidades son particularmente grandes cuando se ha cuidado mal el suelo, o cuando ha sido lavado por el agua pluvial. Para conseguir del mismo fertilidad a largo plazo, es preciso en primer lugar pensar en las condiciones biológicas y en el estado coloidal; en segundo lugar solamente, en las necesidades específicas de tal o cual cultivo..... No hay otro método fructífero para alimentar las plantas, que estimular primero la vida del suelo, porque las plantas no pueden sacar de éste sino lo que ella las "autoriza" a sustraer".

Recordemos quién es el que habla: el Profesor Wynd de la Escuela Superior de Agricultura de Michigan: "Diviérte a menudo al agrólogo (experto del estudio de los suelos) escuchar a un campesino quejarse de que ha enterrado tantos y tantos kilos de fosfato y no ha obtenido ninguna apreciable elevación de rendimiento. El agrólogo sonríe entonces con satisfacción un poco pedante... La concepción imperante, absurda y deplorable, no reconoce la necesidad de alimentar el suelo y no piensa sino en alimentos directos de las plantas. Esta concepción es errónea y además, a la larga, no económica. Si se persiste mucho tiempo en esta práctica, ella conducirá inevitablemente a destruir los suelos cultivables; obligará al agricultor a hacer aportes cada vez más masivos de los supuestos alimentos destinados a las plantas. Resultado: ¡un deterioro progresivamente grave de los suelos! Estas prácticas están en contradicción con la agricultura sana, en contradicción con los principios de la conser-

vacación de los suelos; son, pues, antisociales y antipatrióticas. El prolongado uso de abonos minerales conducirá a la progresiva disminución de la fertilidad de la tierra."

La actitud del Profesor Wynd es valiente y progresista. No se puede decir que proceda de un prejuicio de no conformismo o de un amateurismo, ni de nada de este género. El mismo Wynd dice que los hechos lo han obligado a estas conclusiones; los hechos dan tanto peso a la tesis orgánica y la convierten en temible adversario, porque sus pronósticos han quedado plenamente confirmados.

He aquí, en breve, la situación como la ve el autor de este libro: disminución del contenido de los suelos en humus; deterioro de la estructura grumosa; incrustación superficial; formación, bajo las tierras labradas, de capas más o menos duras, a menudo impermeables al agua. De ahí: trastornos de la circulación y acortamiento de las raíces, principalmente entre las leguminosas de raíces profundas y en las praderas; compacidad y aparición de turba; aumento de la acidez de suelo a consecuencia de la insuficiente aireación, y encenegamiento de las estructuras finas. Todos estos fenómenos conciernen al estado físico de los suelos.

Cales En lo concerniente a sus propiedades químicas, se observa que, a pesar de un aporte siempre creciente de abono mineral, no se obtiene una elevación proporcional de los rendimientos por hectárea. Ciertos abonos minerales acarrean incluso graves inconvenientes, por ejemplo la excesiva dotación de cal. "¡La cal enriquece al padre y empobrece al hijo!" Los oligoelementos son precipitados, fijados, o escurecidos, lo que ocasiona serios fenómenos de deficiencia, especialmente en el cultivo intensivo de frutas y leguminosas, así como fatiga del suelo.

Aquí, quisiéramos introducir una noción nueva, la de la erosión y del lavado en sentido vertical; estas pérdidas se agregan a las que ocasionan la erosión y el lavado en sentido horizontal. Las sustancias húmicas ácidas pueden filtrarse y escurrirse hacia la profundidad del suelo; es el bien conocido fenómeno de los "podsoles". Cuando se crean en profundidad del estratos de humus ácido, detienen la penetración de las raíces. Görbing ha preconizado un análisis de los suelos "con la pala"; aunque muchos se sonrieran de ella, es un medio eficaz para explorar las capas profundas superpuestas. Todo agricultor, si tiene dudas, debería hacer de este modo zanjaz para examinar el "perfil" geológico de sus tierras. Descubrirá frecuentemente que los abonos minerales con los que ha colmado su suelo durante los últimos decenios, fueron arrastrados por las aguas a gran profundidad y allí reposan tranquilamente, ¡fuera del alcance de las raíces!

Cal, fosfatos, potasio, forman así estratos profundos e inútiles. ¡El dinero gastado en fertilizantes duerme así bajo la tierra, convertido en capital muerto! Es a veces posible recuperar estos elementos perdidos y volverlos a movilizar, mediante plantas de arraigamiento profundo, o ablandando el subsuelo. Si el nivel de agua subterránea es alto y si hay recia circulación, los fenómenos son menos pronunciados. Este es el caso, por ejemplo, de Holanda, donde el abono artificial causa, aparentemente, menos estragos que en otras partes. Pero cuando los terrenos se desecan y el nivel de agua baja como ocurre muy a menudo en los EE. UU., los daños se muestran con particular evidencia.

Recientemente se ha observado en el Estado de Nueva York que, durante varios años, fue excesivo el abono con fosfatos, especialmente en las granjas lecheras que cuentan con abundante abastecimiento de estiércol. Después de eso, la Escuela Superior de Agricultura Cornell aconsejó de repente reducir a 34 Kgs. por hectárea el aporte de fosfatos, siendo así que, anteriormente, se había creído que eran necesarios 300 Kgs. o más.

Las opiniones cambian en lo que concierne a la solubilidad y disponibilidad de las sustancias minerales. Se exige de los fabricantes que produzcan abonos solubles, es decir disponibles. El agricultor compra, pues, abonos de determinada fórmula N.P.K. donde están indicados los porcentajes de sustancias minerales disponibles, por ejemplo 10% de nitrógeno (generalmente bajo forma de amoníaco o nitratos), 10% de fosfato (generalmente superfosfato), y 10% de potasio (generalmente sales de potasio). Se escribe esta fórmula: 10-10-10. Las proporciones pueden variar mucho. Pero se plantea una pregunta: ¿permanecen solubles en el suelo estas sustancias? Sobre este asunto se han hecho investigaciones que han llevado años, con fósforo radioactivo en el Instituto Experimental Estatal de Beltsville, Md (EE.UU.). Se pudo comprobar que, en general, solamente del 2 al 10% del abono fosfatado es absorbido por las raíces, y en aislados casos, el 20%. El resto, o sea la mayor parte del abono, se fija en el suelo. Dicho de otro modo, para 48 Kgs. de fosfato, que corresponden a 300 Kgs. de superfosfato (proporción 16%), hay sólo 4.8 Kgs. de fosfato disponible y el resto queda inutilizado. El que este resto se vuelva o no disponible a la postre, o desaparezca por lavado, depende enteramente de la vida del suelo y de su humus.

Existen bacterias del suelo que solubilizan los fosfatos, así como ciertos constituyentes de las rocas. Estos elementos minerales se vuelven entonces preciosos factores para la edificación de la sustancia vegetal, especialmente de las albúminas y de las enzimas. Entonces, una parte de los compuestos fosfatados y potásicos se presenta bajo forma orgánica. Pero no se detectan mediante los procedimientos de extracción, ni mediante los reactivos de sustancias minerales disponibles; son solamente accesibles a las reacciones

enzimáticas de las raíces y de la rizósfera. Así, algunos suelos en que los análisis habituales no revelan ninguna disponibilidad de estos elementos minerales, de suerte que se los declara deficientes, los contienen en cantidad suficiente para asegurar la actividad biológica. El bioquímico debe entonces emplear otros métodos de análisis, que den mejor cuenta de la realidad. Por ejemplo, el análisis de las mismas plantas, y más particularmente de las hojas, puede permitir decidir si un suelo es o no carente.

Según las investigaciones realizadas por Paulus, químico suizo, la atmósfera también contiene ácido fosfórico impalpable. Principalmente en invierno, se mezcla al suelo en cantidades mensurables, bajo la acción de la intemperie, especialmente de la nieve.

Los análisis practicados en la granja agrícola del autor, en el sur del Estado de Nueva York, descubrieron importantes cantidades de nitrato en verano, sobre todo durante los aguaceros, e importantes cantidades de magnesio en la lluvia de invierno o la nieve.

Aún no se ha estudiado, pero se lo debería hacer, cómo y en qué medida el trabajo de los microorganismos en la atmósfera puede ser una fuente de ácido fosfórico para el suelo, como ocurre con el nitrógeno. De todos modos conocemos experiencias, practicadas en institutos científicos renombrados, que demuestran que, sobre superficies extensas e intensivamente cultivadas, no se observó ninguna disminución del ácido fosfórico, aunque no se haya renovado su provisión mediante aportes exteriores. En cambio, se ha constatado que la proporción de ácido fosfórico de un mismo suelo está sometida a variaciones estacionales: lo que probaría que se trata de un fenómeno orgánico importante del dominio de los infinitamente pequeños. La nota al calce fue redactada en 1937; las nuevas explicaciones que acabamos de hacer en esta reedición, y otras numerosas comunicaciones, prueban que nuestras opiniones y pronósticos eran acertados (1). La cuestión del ácido fosfórico nos parece, pues, que forma parte del estudio del humus, más bien que de las sustancias inorgánicas del suelo, y es por eso que merece que nos ocupemos aquí de ella.

Las lombrices. En las regiones templadas, el más importante productor de humus es la lombriz. Digiere mezclándolos desechos orgánicos y partículas minerales, excretando humus. Los agujeros y las galerías que horada en el suelo, contribuyen a la vez al drenaje y aereación de éste. En un suelo virgen, es el agente natural de la fertilidad, y termina por aligerar y acrear incluso terrenos compactos. En compensación, el humus que produce restituye a los terrenos demasiado ligeros la propiedad de retener el agua y la de impedirles que se sequen al ser lavados excesivamente. No hay, pues, que asombrarse de

que ya en el siglo XIX, Charles Darwin haya consagrado todo un volumen a la fertilización por medio de la lombriz. "Sin ella, no hay tierra cultivable." Muchos otros se han tratado más tarde. Se estima en 250 y hasta 350 Kgs. por hectárea, la cantidad de lombrices que contiene un suelo cultivable y bien cuidado. La presencia de lombrices en cantidad suficiente, es para el campesino el síntoma visible de una actividad biológica normal. El no se sirve del microscopio; se atiene a este barómetro de la fertilidad de su suelo.

Destrucción de la vida en el suelo. Toda medida que tienda a paralizar la vida del suelo, a expulsar las lombrices y las bacterias, es un crimen contra la vitalidad. Allí reside el gran peligro de toda fertilización no balanceada, en particular el uso excesivo de abonos minerales que aumentan la proporción de sales solubles como la potasa o el sulfato de amonio, o de sustancias cáusticas como la "Nitro-phoska", o incluso el riego con sustancias venenosas como el arsenio o las preparaciones a base de plomo así como con los productos más recientes tales como el D.D.T., medidas todas que destruyen los microorganismos o paralizan su actividad. Se ha podido encontrar D.D.T. en el suelo, en cantidades mensurables hasta el 75% de la dosis primitiva, siete años después de habérselo esparcido. Habrá que hacer investigaciones a este respecto, para saber hasta qué punto perduran los estragos. Se ha advertido, por ejemplo, que las hojas rociadas con D.D.T. no son tocadas por las lombrices durante dos meses. En cambio, se ha comprobado que la Rotenona y el Piretro no provocan perjuicios duraderos. Los terrenos demasiado cargados de abonos químicos, o los huertos irrigados con grandes cantidades de tales líquidos, tienen un suelo completamente privado de actividad biológica. Hemos visto viñedos, rociados durante años con sulfato de cobre y cal, que ya no contenían ni una sola lombriz: o sea privados de toda capacidad para la formación de humus. Cuando se agota la reserva de humus, se transforma la naturaleza del suelo; su estructura mineralizada recuerda más las condiciones puramente químicas creadas artificialmente en un laboratorio, que las relaciones naturales entre el suelo y las plantas. La ley del mínimo, encontrada y plenamente justificada entre los muros de los laboratorios, en un sistema cerrado, limitado por las paredes de la vasija, se aplica a la naturaleza: "Las sustancias minerales que una cosecha quita al suelo, deben serle restituidas por los abonos".

Ocurriría así en la naturaleza si ésta estuviese compuesta únicamente de una mezcla inanimada de materias minerales. Los métodos modernos de cultivo intensivo, el empleo excesivo o desequilibrado de los abonos químicos, han creado condiciones tales que las cualidades puramente físico-químicas del suelo se han hecho predominantes, mientras que, a la inversa, su actividad orgánica ha disminuido.

La mineralización del suelo se manifiesta exteriormente por la desaparición de las lombrices y la formación en la superficie de una costra que se pulveriza bajo la acción de la sequía. Este último fenómeno debería ser para el campesino el "barómetro" que anuncia la "tempestad".

El aspecto de un suelo biológicamente sano es muy diferente. Cuando el surco de invierno, que ha sufrido la helada y la lluvia, muestra en primavera, en tiempo húmedo, una superficie porosa, desigual, irregular, o cuando una tierra gradada permanece, después de la lluvia, porosa, ligera, desmenuzable, o también cuando en verano, después de un largo período de sequía, ninguna capa superficial es compacta -o por lo menos es muy delgada- y cuando el suelo se hiende en mil pequeñas resquebrajaduras, entonces puede decirse que la tierra posee toda su actividad biológica. Diremos que suelos de este género son elásticos: no solamente a causa de la impresión de ligereza, de flexibilidad, que se experimenta pisándolo, sino más aún a causa de la capacidad de resistencia que demuestran contra las influencias nocivas de toda especie (faltas cometidas en la rotación de cultivos, y en el trabajo del suelo, por ejemplo, si se ha gradado una tierra demasiado húmeda), y principalmente a causa del modo como se comportan con el agua. Es necesario, en efecto, que el agua, alimento indispensable para todos los vegetales (puesto que forma del 40 al 80% de sus sustancias, y aún más algunas veces) pueda fijarla el suelo sin inundarse. Uno de los más importantes signos de la vitalidad de un suelo, es su poder de absorción del agua: una lluvia de verano, un aguacero repentino, debe ser absorbido en el instante en que cae y desaparecer como en una esponja. Si se forman charcos persistentes, incluso en período de lluvia, cuando el sistema de drenaje funciona bien, es que algo en el suelo ya no es normal.

La pradera
norteamericana.

Un ejemplo impresionante de esta tesis me fue proporcionado durante una visita a la Escuela de Agricultura de la Universidad del Estado de Missouri. Una extensión de suelo reservada para las experiencias se había dividido, 70 años antes, en dos partes: la primera, que no se tocó, permaneció en el estado de pradera virgen; la segunda era cultivada según todas las reglas del cultivo intensivo moderno. Resultado: el suelo de la pradera virgen, aunque constituido por una arcilla espesa, marrón oscura, era tan elástico y poroso que un palo podía hundirse en él sin esfuerzo hasta unos 50 centímetros de profundidad. El agua de lluvia desaparecía en él instantáneamente. Todavía hoy, 20 años después de la extracción de las muestras, se puede hacer con cualquiera de ellas la siguiente experiencia: se coloca una partícula de tierra en un tubo de ensayo y se la recubre con agua. El líquido es absorbido enseguida; ni una gota permanece en la superficie y la tierra forma una masa húmeda, homogénea. Cuando ha tenido tiempo de secarse, puede repetirse la experien-

cia a discreción. El suelo de la segunda parte del terreno a que nos referimos, se había vuelto, por el contrario, tan duro, que el palo solamente se hundía algunos centímetros; el agua de lluvia se estancaba en los surcos y, allí donde el terreno iba en pendiente, corría formando arroyos y comenzando ese terrible trabajo de erosión tan temido en los EE.UU. Los terrenos mineralizados están mucho más expuestos que los demás al peligro de ser lavados por las lluvias o, al contrario, de sufrir sequías. La facultad de retener el agua es, en efecto, tan importante para el suelo como el poder absorberla.

Mineralización. El terreno sufre mineralización cuando su estructura física y orgánica se halla trastocada. Más adelante nos referiremos a la influencia que aquí puede tener la manera cómo se trabaja el suelo. Son bien conocidos los efectos de los abonos químicos sobre el crecimiento de las plantas; aumentan la cosecha, producen plantas gruesas y tupidas; particularmente en el caso de los abonos nitrogenados. En razón de estos efectos, el campesino los emplea de buen grado, puesto que, en apariencia, le dan cosechas más abundantes. La ciencia popularizada le atribuye, además, el mérito de reemplazar ciertos elementos que le hacen falta al suelo. El campesino, no obstante, comprueba dos cosas:

- a) Para mantener la cifra de la cosecha, ha de aumentar año tras año la cantidad de abonos químicos en uso;
- b) La estructura del suelo cambia y presenta una tendencia al endurecimiento y a la formación de costra.

Los Institutos de agronomía y las escuelas de agricultura guardan silencio sobre este fenómeno, conocido sin embargo por la mayoría de los agricultores. Hablan largamente con toda tranquilidad de los dichos efectos de los abonos, y del aumento de las cosechas, pero nunca de la alteración del suelo. Los terrenos piloto de que se sirven para sus experiencias comparadas ¿ya se habrán alterado tanto que este cambio pase inadvertido? En las obras científicas se encuentra, por aquí y por allá, alguna pequeña referencia a este respecto: "Los abonos químicos -se dice- deben mezclarse en proporciones que varían y que deben estar estrictamente adaptadas a la naturaleza del suelo tal como resulte el análisis químico." Pero como, en la mayoría de los casos, un campo no tiene en todas sus partes la misma composición, teóricamente la mezcla debiera variar con cada filón del terreno (lo que haría muy difícil el empleo de los abonos, en particular para los terrenos de aluviones). Los especialistas mismos reconocen que aunque ésta es una necesidad teórica, la cosa es prácticamente imposible de realizar. Uno se atiene, pues, a un término medio, arriesgando aquí y

allá pequeños errores. Por otra parte, ¿hay siempre, al lado del mayordomo agrícola, un químico que haya estudiado especialmente este particular suelo?

Comienzo de la acidificación. En las regiones donde se dispone de suficiente cantidad de agua en todas sus formas: humedad atmosférica, capa subterránea, lluvia, etc., las dificultades no aparecen en primer plano. La acción armonizante, regularizante y disolvente del agua restablece el equilibrio normal entre las sales contenidas en el suelo. En Holanda, por ejemplo, los efectos nocivos de los abonos químicos no aparecen sino mucho más lentamente o mucho más tarde que en otras partes, porque la importancia y la circulación constante de las capas de agua restablecen continuamente el equilibrio comprometido. Pero ¿qué ocurre en otras regiones, durante un verano seco, bajo un clima árido? La superficie del suelo se endurece y forma una costra; mas eso no es todo, se producen otros fenómenos: se ven formarse en el campo pequeños islotes menos fértiles, que se extienden de año en año y se multiplican, principalmente durante los períodos de sequía. Se atribuye su formación a los llamados ácidos de intercambio libres, es decir, a silicatos insolubles o difícilmente solubles, que se forman por intercambio con los silicatos contenidos en el suelo. Estas sustancias han de considerarse perdidos para el ciclo agrícola, y no vuelven a ser asimilables sino después de una larga "cura" orgánica.

Una explicación. Cuando uno trata de explicarse estos fenómenos, un pensamiento se impone: conforme a las leyes de la físico-química (ley de la acción de las masas), siempre existe un equilibrio entre las diferentes sales de una misma solución. Si se añade a una mezcla de sales difícilmente solubles una sal muy soluble, ésta tiende a impedir la disolución de aquéllas. Se separan por precipitación (Ley de Gibbs). Se aprovecha con frecuencia este fenómeno en la química industrial, por ejemplo para extraer por precipitación con la ayuda de cloruro de sodio, los colorantes orgánicos. El líquido del suelo contiene una mezcla de sales: silicatos difícilmente solubles, otras sales y silicatos más solubles resultantes de la erosión, sales fácilmente solubles, en particular las de potasa, aún otras que provienen de partículas orgánicas, etc. Si se les agrega las sales de abonos, muy solubles por naturaleza, se destruye el equilibrio en provecho de estas últimas y en detrimento de los silicatos poco solubles. Es decir, que la erosión y la desintegración de los elementos que constituyen el suelo se encuentran amenguados, y, en ciertos casos, imposibilitados en el suelo. Las plantas ya no tienen acceso más que a las sales solubles de los abonos para alimentarse, y reaccionan, en efecto, visiblemente a su presencia o a su ausencia. ¡Por consiguiente, el químico tenía razón! A este complejo pertenece también el problema de los amortiguadores químicos.

Aportes de elementos fertilizadores. Sí, pero el biólogo considera el asunto con muy diferente mentalidad. Para él, la tierra es una reserva natural.

Salvo allí donde no se encuentra sino arena, rocas intactas, sin agua, ella siempre contiene una mezcla de sales más o menos compleja, silicatos, zeolitas, aluminatos, etc. Es una finca natural que basta con trocar utilizable, con hacerla entrar en el ciclo de intercambio de sustancias. Es cuestión, no de eliminar las sales, sino de abrir el suelo, de vivificarlo. Los fenómenos orgánicos, que la luz, el aire, las intemperies, los microorganismos y el humus provocan en el suelo, son los agentes activos de la "desmineralización" y hacen vivir a la tierra; abren a la vida de ésta una reserva generosa. Las sustancias que una cosecha extrae del suelo se compensan con la acción solubilizante de las intemperies. Por el trabajo del hombre, por el del viento y de la lluvia, nuevas porciones de tierra se ofrecen cada año a la vida de las plantas. Basta con atenderlas, con "organizarlas" en el sentido propio de la palabra. Se estima que en la Europa Central, el viento, la lluvia y el trabajo del hombre gastan 1 milímetro de la superficie de los campos por año. En compensación, los terrenos de aluviones suben constantemente (un sistema natural de excelente drenaje favorece los del delta del Nilo). Cada año se ara y se grada. Es decir que las capas inferiores, todavía intactas, conceden todos los años 1 milímetro de tierra virgen al cultivo. Lo importante, es preparar a esta nueva reserva para entrar en el ciclo de la vida vegetal. Para una capa nueva de 1 milímetro de profundidad, se obtiene una masa de aproximadamente 15000 kilos por hectárea de tierra virgen. Hasta en los terrenos pobres, ésa es una cantidad suficiente para asegurar la renovación necesaria de la potasa y, sobre todo, del ácido fosfórico, que, en un suelo normal, es elaborado por los microorganismos, y puede después combinarse con diferentes sales bajo formas muy variadas (por ejemplo, con la cal), que van hasta los productos insolubles y no aprovechables.

Estos hechos son los que distinguen el suelo en estado natural, de las condiciones de laboratorio. Si a ellos se agregan los aportes eventuales de sustancias minerales en el transcurso del año, traídos por el viento y la lluvia, puede apreciarse cuán poco cerrado es el ciclo de la vida del suelo. Lo que debe hacerse, es mantener la vida de este ciclo natural con los métodos empleados, y no "eliminarla" a ella también. Entre los aportes eventuales de que hablamos, ha de contarse también la cantidad de sales que la lluvia precipita en el suelo, y el transporte de polvo de origen orgánico y mineral.

Polvos y Tovaneras.

Los abastecedores naturales de polvo son más numerosos de lo que generalmente se cree. Existen, por ejemplo, las erupciones volcánicas. La célebre erupción del Krakatao proyectó al espacio masas de polvo, cuya presencia en la atmósfera

todavía se comprobaba treinta años más tarde; en los primeros años que sucedieron a la erupción, formaron densas nubes que seguían la rotación de la tierra. Se conocían igualmente las cenizas del Vesubio que cubrieron Herculano y Pompeya con una capa muy alta, y cuyos vestigios se encontraron hasta en Asia Menor. Hicieron al suelo extremadamente fértil. Más recientemente, la erupción de un volcán en la América del Sur proyectó masas de polvo que perturbaron la atmósfera hasta Europa. Se ha calculado que las cantidades de polvo impalpable, "invisible", que llegan a Europa procedente del Sahara, forman en cien años un depósito de 5 milímetros. En los Estados del Mediooeste americano, las grandes tolvaneras transportaron 2 ó 3 centímetros de la pradera occidental a la depresión del Mississippi. Las tempestades de polvo que se repitieron durante varios años, transportaron 850 millones de toneladas de polvo por año a una distancia de más de 2000 Kilómetros.

La célebre lluvia de polvo del mes de febrero de 1901, que se extendió sobre una superficie de 435.000 Km² viniendo del Sahara, trajo a Europa 2 millones de toneladas y a Africa 1.6 millones. Un año después, una segunda lluvia de polvo proveniente de las Islas Canarias, depositó en Inglaterra y en Europa Occidental alrededor de 10 millones de toneladas. La lluvia hace caer este polvo sobre el suelo, o bien lo retienen y absorben las capas húmedas y los vegetales. En China, los depósitos de loess, que los vientos trajeron, alcanzan a veces un espesor de varios cientos de metros. Forman los más fértiles terrenos. Las masas de polvo depositadas en el Mediooeste norteamericano tienen una composición análoga a estos loess. Passarge refiere esto (1): La tierra negra del sur de Rusia alcanza su más alta perfección en el loess, indudablemente porque el loess favorece el desarrollo de las plantas esteparias, y porque su porosidad lo hace particularmente apto para absorber las sustancias constitutivas del humus." Parece que la tierra negra de Marruecos es también una tierra negra análoga al loess. Según Th. Fischer, los vientos del sur transportan polvo de las estepas hacia la vertiente occidental del Atlas, y la vegetación o el rocío (cuya formación es muy abundante durante la noche) retienen este polvo. El amontonamiento de polvo y las plantas en descomposición dan origen a esta tierra negra tan extraordinariamente fértil.

El polvo y las cenizas volcánicas, agentes de fertilización.

Estas masas contienen de 25 a 34% de materia orgánica y son particularmente ricas en potasa: 1 a 4% (6.9% en el polvo volcánico); constituyen, por lo tanto, un verdadero abono extraído del aire. El polvo volcánico ha determinado la fertilidad de las plantaciones de América Central y de las islas de la Sonda. "Los vientos que traen el polvo, y con él la fertilidad, son bienvenidos para el campesino chino del Yang-Tsé,

como para el granjero de las grandes praderas y de las estepas selváticas de los EE.UU. (salvo, claro está, en la época de las grandes catástrofes causadas por los huracanes de arena). El Dr. Treitz, finalmente, atrajo la atención sobre la importancia capital del fino polvo que cae sobre el suelo todos los años, y enunció dos principios: 1o. este polvo reemplaza las sales solubles y las bases absorbidas (cal, hierro, potasa, etc); 2o. aporta "vacunas" que estimulan la vitalidad del suelo. Braun, Blanquet y Jenny demostraron que el suelo de los pastos alpinos se forma principalmente bajo la influencia del polvo de rocas que proviene de las montañas circundantes (anualmente deposita de 1,4 hasta 1,85 kg. por metro cuadrado). Además: "Los altos pantanos se componen de musgos turbosos de diferentes especies... La proporción de agua es muy reducida, pero la ceniza de turba contiene también partículas minerales, sobre todo arena arcillosa, magnesia, yeso, óxido de hierro, así como algunos álcalis, ácido fosfórico y cloro. Una buena parte de estas sustancias solamente el viento las puede haber traído a estos musgos de los pantanos. Esta cantidad no es de ningún modo despreciable, puesto que la turba seca contiene en término medio un 10% de sustancias minerales."

El polvo y el hollín.

También las regiones menos favorecidas reciben abonos del aire. En los distritos industriales, caen al mes sobre una hectárea de tierra de 280 a 370 Kg. de hollín y de polvo, de los cuales, aproximadamente una buena tercera parte se compone de hollín y carbono. Pero si examinamos las sustancias que se infiltran en el suelo disueltas por el agua de la lluvia, advertimos que las cifras son aún superiores. Se encuentra, por ejemplo, el ácido carbónico, tan importante, del que el suelo alemán, entre otros, recibe anualmente un millón de toneladas por medio de la lluvia. En las cercanías del mar, el viento y la lluvia llevan sales. Primero el yodo, muy finamente distribuido, pero muy activo, del que 100 m³ de aire contienen .25 de miligramo. Luego el cloro, en cantidades importantes: cerca de la costa de Inglaterra un litro de agua de lluvia contiene alrededor de 55 miligramos; más al interior se registran 2.2 mg. de cloro. También el aire trae a las comarcas alemanas un "abono" a base de cloruros en la proporción de 16 Kg. por hectárea. En ciertas regiones tropicales, esta proporción puede elevarse hasta 37, 68 y aun 200 Kg. (en Ceylán) por hectárea, a causa de una mayor evaporación del agua de mar.

Acido fosfórico y sulfúrico en la lluvia y en la nieve.

Cuando se estudia la procedencia de otras sustancias necesarias para la alimentación de las plantas, se percibe con asombro que la lluvia también las hace caer en considerables cantidades sobre el suelo. Incluso se observa que el ácido nítrico y otros compues-

tos a base de nitrógeno tienen una especie de afinidad con la lluvia; el ácido fosfórico la tiene con la nieve. No carece de importancia para el agricultor tener conocimiento de estos fenómenos. Pues en su apuro de conservarle al suelo los elementos nutritivos que este perdió, como se dice, frecuentemente recurre a los abonos químicos (cuya acción es a veces dudosa) porque ignora lo que la naturaleza le aporta "por sí misma". En Inglaterra, por ejemplo, la lluvia hace caer anualmente 4,3 Kg. por hectárea de compuestos nitrogenados; en el norte de Francia hasta 10. La cantidad anual de ácido sulfúrico así traída, se midió en diferentes sitios: en Giessen, traía consigo 100 a 120 kilos por hectárea; en Colonia, 250 a 400 kilos; en Duisburgo, 250 a 700 kilos. ¡Verdaderamente ése es un aporte de abono sulfatado digno de tenerse en cuenta!

La tierra, en realidad, jamás debería carecer de oligoelementos, porque éstos los proporciona la desintegración de las rocas. Sólo la arena ligera, los aluviones y los suelos calcáreos pueden, naturalmente, carecer de ellos. Además, ha de recordarse que los oligoelementos existen en las precipitaciones y hasta en la humedad del aire y en los desperdicios vegetales de la preparación de compost. La carencia de oligoelementos es, la mayor parte de las veces, relativa, y resulta de un desequilibrio mineral. Dejemos hablar al célebre Profesor Firman Bear de la Universidad de Rutgers: "La atmósfera es una posible fuente de oligoelementos, especialmente en los lugares que lindan con centros industriales.... Las cantidades que se han encontrado eran lo bastante importantes como para interesar a la práctica agrícola."

En otro tiempo, debimos sufrir algunos ataques de Firman Bear contra el método de agricultura biodinámico. Pero más tarde hemos encontrado en él a uno de los mas lúcidos expertos científicos: cuando se ha cometido un error, sabe reconocerlo francamente y rectificarlo. El autor quiere testimoniarsu gran respeto hacia esta eminente personalidad.

Bajo el título "The wrong turn" (El falso viraje) (Journal of Soil and Water Conservation, vol. 6, No. 2, abril 1951), Firman Bear escribe, entre otras cosas: "Considerables superficies de tierra se han atiborrado de tal modo de fosfatos comerciales y de potasa, que ya no pueden reaccionar a nuevos aportes de estos elementos.... Estas circunstancias (F. Bear se refiere al abono verde, de la cubierta del suelo y de los recursos orgánicos en general) demuestran que es necesario, no solamente aumentar la sustancia orgánica, sino también diversificarla, ya se trate de abono verde o de la cubierta del suelo. Ciertas malezas suministran un importante aporte de elementos poco frecuentes en el suelo. Se podría incluso pensar en cultivarlas para obtener, por ejemplo, zinc movilizable."

"Cuando los abonos verdes y las cubiertas del suelo se entierran mediante el arado, proporcionan a las bacterias del suelo alimentos preciosos, y estos microbios liberan entonces, en gran cantidad, todos los elementos minerales útiles, incluso el nitrógeno..."

"La industria de los fertilizantes químicos representa, desde el punto de vista del hombre, la más importante evolución química que el mundo haya conocido. El abono artificial debería poder preservar a la humanidad contra todas las carencias posibles, hasta en los siglos futuros. Pero, por sí sólo, nunca cubrirá las necesidades de los suelos cultivados, sean cuales fueren las cantidades esparcidas. Es preciso que el suelo reciba para su alimentación, dosis de sustancia orgánica mucho más grandes que las constituidas por los residuos de raíces y los restos de plantas. En consecuencia, se le tiene que suministrar estiércol de establo o mezclas seleccionadas, bien preparadas. Y esto será tanto mejor, si, además, llegamos a poner a punto un procedimiento de utilización agrícola de los detritos urbanos. A mi criterio, debiéramos apoyar todos los esfuerzos que se hacen para evitar las pérdidas orgánicas. Puede resultar remunerador transformar los detritos orgánicos de las ciudades para provecho de las regiones de cultivo intensivo."
(Subrayado por F. Bear)

"En lugar de mirar con malos ojos los entusiastas ensayos de los agricultores "orgánicos", que intentan elaborar abonos biológicos, la industria de los fertilizantes químicos haría bien en interesarse ella misma por estos problemas. Es, por lo demás, urgente considerar la utilización de los detritos urbanos."

He ahí lo que escribe un sabio universitario que, no ha mucho, contribuyó considerablemente a la promoción de los abonos químicos en los EE.UU., pero siempre mantuvo un espíritu abierto para los reales problemas del suelo. Fue presidente de los gremios especializados más famosos y del "Departamento de investigaciones sobre los suelos" en la Universidad Rutgers.

Polvos cósmicos
y meteoros.

Conviene mencionar una última fuente de aportes atmosféricos, a saber lo que se denomina el polvo cósmico y los meteoritos. También de allí, llegan año tras año a la tierra sustancias en considerables cantidades y se depositan en el suelo. Un perpetuo cambio se efectúa entre el Universo y la tierra. Aquí se trata de volúmenes y de pesos de materia importantes, como por ejemplo para los meteoros cuyos trozos dispersos llegan a alcanzar millares de kilogramos. Además, hay que contar con el fino polvo de los aerolitos atomizados. La cantidad de este polvo cósmico varía entre 10 y 100 millones de kilos por año. Este aporte puede ser lo bastante importante como para provocar la formación de ciertas tierras rojas en el fondo de los mares.

Procesos naturales y experiencias de laboratorio. Al referir estos hechos, no tenemos la pretensión de sostener que todo lo que es necesario para la tierra le es aportado por el aire y que, como consecuencia, cualquier otro abono carece de importancia. Una buena dotación con abono a base de estiércol de establo ha sido y sigue siendo la mejor base para una agricultura sana. Los hechos que acabamos de mencionar tienen solamente por objetivo mostrar que existen aun otros factores activos, aparte del "balance de nutrientes". Las relaciones entre el suelo y la planta en la naturaleza, están sometidas a procesos más complejos que los que pueden producirse en el laboratorio dentro de tubos de ensayo. Desarrollar nuestros conocimientos bajo este aspecto, se ha convertido en necesidad vital. Debemos aprender a comprender y a reconocer la importancia de estos procesos biológicos en la naturaleza. Por otra parte, las plantas mismas acumulan ciertas sustancias y las introducen en el suelo. Ello será expuesto en detalle más adelante, a propósito de la nutrición de las plantas.

Variaciones debidas a las intemperies. Además, no olvidemos que, con el variable curso de las intemperies, cada año "trabaja" diferentemente en la transformación del suelo (se lo advierte en el color del surco al fin del invierno, que no es el mismo todos los años), y que los vegetales son la causa o la ocasión de una serie de fenómenos y de metamorfosis variados. Resulta de las consideraciones precedentes y, además, por el hecho de que la planta hunde sus raíces en el suelo y provoca allí una serie de procesos y transformaciones, que una conclusión se impone con insistencia: la tierra arable es un organismo vivo, un ser en y para sí mismo, en el conjunto de sus procesos.

Límite de la productividad del suelo. Por ser un organismo, la tierra arable posee cierta envergadura de sus fenómenos vitales. Cuando se fuerza una máquina, ella se detiene, se rompe y se vuelve inutilizable sin ser capaz jamás de repararse por sí misma. Un ser vivo aguante durante cierto tiempo una carga excesiva. Un animal de tiro, por ejemplo, puede realizar momentáneamente un gran esfuerzo y, después, reparará sus fuerzas; si se lo exige demasiado durante muy largo tiempo, se debilita y sus descendientes degenerarán. Mas esta debilidad no siempre se percibe directamente. Y cuando se manifiesta, es generalmente demasiado tarde para remediarla. Para un buen observador, es más fácil prevenir una enfermedad que curar un organismo ya afectado, ya minado parcial o completamente. Lo mismo pasa con el suelo; también él tiene una reserva de fuerzas naturales, a la cual corresponde un gasto normal de trabajo. El arte del agricultor consiste en primer término, en reconocer la capacidad de esta reserva. Si exige de un campo una cosecha que excede sus fuerzas y en vista de la cual dé a la tierra abono en gran cantidad, como por un latigazo, soportará

quizás este exceso durante cierto tiempo. Pero inevitablemente, se producirán trastornos más tarde, que serán tanto más difíciles de curar cuanto más tiempo hayan durado. Es, pues, de importancia capital para el campesino darse cuenta exactamente del poder de producción de su tierra. Para obtener de ella cada año la máxima cosecha que de este modo ha establecido, es necesario que la ame, como ama su caballo o sus vacas, que le prodigue constantes cuidados. Todo su trabajo ha de estar dominado por esta misma preocupación, sea que se trate de arar, de gradar, de escoger las semillas o de distribuir el abono.

El justo
equilibrio.

La vitalidad del suelo, al igual que la del ganado o del hombre, no podría resolverse en una fórmula matemática. Todos los jockeys saben que la rapidez de su caballo, la longitud de sus saltos, su resistencia, no dependen solamente de la alimentación que viene recibiendo. Indudablemente, ésta le otorga al cuerpo una base, un fundamento indispensable. Pero las proteínas o la cal que contiene, no aumentarán la extensión de sus saltos en la proporción en que se le suministraron. Los caballos mejor alimentados no son los más resistentes. Desgraciadamente se ha considerado muy a menudo a la vaca como problema de aritmética: ha de absorber tantos kilos de proteínas, y tantos de materiales minerales, a fin de producir tantos litros de leche. La vaca, a decir verdad, se conforma durante cierto tiempo con esta fórmula; pero más adelante, cierto día, uno se asombra de comprobar la debilidad de la cría, los estreptococos y los abortos, fenómenos que no se saben explicar. Similarmente, y en mayor grado todavía, se adquirió el hábito de considerar al suelo como una ecuación de sustancias nutritivas. Esta ecuación podría, en verdad, establecerse, y sería justa a condición de que se hagan figurar en ella todos los factores constituyentes. Es falsa si se la escribe así: naturaleza del suelo + abonos agregados = suelo + cosecha.

Desde el punto de vista de la vitalidad del suelo no ha de olvidarse que:

Poder de producción y fertilidad natural son función de: naturaleza del suelo; abono, su cantidad y su calidad; labranza del suelo; rotación de cultivos; clima, condiciones meteorológicas; selección de los granos, su calidad y su cosecha; malezas; microflora, condición de humus, diversas condiciones ambientales.

Todos estos elementos son tan importantes unos como otros, en la ecuación o balance de nutrientes.

¿Que debe hacer el agricultor para cumplir con todo, y para conservarle a este ser vivo, como granja cerrada en sí y autosuficiente, la vitalidad necesaria?