

X100-4-37

UNIVERSIDAD LITERARIA DE OVIEDO

DISCURSO

LEIDO EN LA SOLEMNE APERTURA DEL

CURSO DE 1954-55

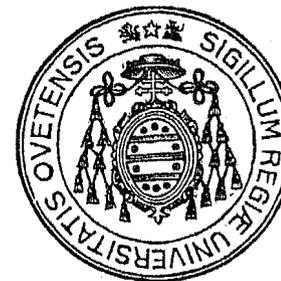
EN EL PARANINFO DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

POR EL

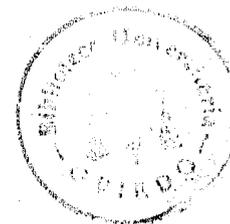
DR. D. JOSE MANUEL PERTIERRA PERTIERRA

CATEDRATICO DE QUIMICA ORGANICA

02752 1954



OVIEDO-IMPRESA LA CRUZ.
1954



R. 43.580

LA CONSERVACION DEL SUELO Y LA
GEOBIOQUIMICA DEL HAMBRE

Excmo. y Mgfc. Señor Rector.

Dignísimas autoridades.

Catedráticos y estudiantes.

La designación que recibimos para pronunciar en este solemne acto, el discurso de apertura del curso académico 1954-1955, llegó en un momento, tal vez demasiado rico en inquietudes y emociones, para que el cumplimiento de dicho cometido pueda resultar perfecto. Ni mis facultades, ni la ambición que siempre empequeñece lo que ya está conseguido, para exigir de nuevo algo más allá, están en consonancia con la importancia de esta sesión. Por dichas circunstancias deseo solicitar al propio tiempo que vuestra atención, la benevolencia para mi escrito.

Es este un momento solemne para el catedrático, que corona su esfuerzo en la vida académica en un acto, en

el que le corresponde representar a la Universidad ante las autoridades y estudiantes que nos honran con su asistencia en donde puede expresar con júbilo y públicamente el agradecimiento que siempre hay en todo pecho noble, hacia los maestros y profesores que han contribuido a forjar nuestro saber y para quienes tanta gratitud y hondo recuerdo, les somos deudores, porque en el ejercicio de la enseñanza, se suele poner algo más que el mero cumplimiento de un deber, se entrega todo lo que puede darse para el mejor cumplimiento de aquella misión, como en una vocación sacerdotal.

Para nosotros la emoción crece por haber vivido en estas aulas y claustros, muchas horas activas, desde aquellos lejanos días en que las frecuentamos como alumnos del Instituto de Segunda Enseñanza, que aquí tenía parte de sus locales, para pasar más tarde por las clases de la Facultad de Ciencias, a recibir de tan inolvidables profesores Sres. Frontera, Urios, Eguren, Galán, Jimeno, del Fresno, Melón, Espurz y Buylla, las enseñanzas y consejos, así como una amistosa relación que era permisible entonces, por lo poco numeroso de las promociones estudiantiles.

Esta situación anímica se intensifica a la hora de recordar los días transcurridos más tarde en esta Universidad, dedicados a la docencia como Ayudante de Clases Prácticas, como Profesor Auxiliar y de encargado de cáte-

dras y sobretodo a los muchos años en que la investigación científica, con su trabajo pleno de afanes y altos ideales, ocupaba nuestra inquieta actividad en el Instituto del Carbón que habíamos creado en el año 1928, como consecuencia de un artículo que publicamos en el ya fenecido diario ovetense, «El Carbayón», cuya idea fue recogida en el discurso de apertura del curso académico 1928-1929, por el Profesor Buylla.

En estas condiciones nada más lógico hubiera sido que elegir para el tema de esta disertación inaugural, la revisión de la labor efectuada durante trece años en el dominio de los combustibles sólidos y en la síntesis del petróleo partiendo de las hullas, en el Instituto del Carbón de la Universidad de Oviedo.

Aquí en el Instituto del Carbón de la Universidad de Oviedo, realizamos en el año 1929 las primeras experiencias de conversión casi íntegra de una hulla asturiana en petróleo, por hidrogenación a altas presiones. Ya en 1928 habíamos efectuado la síntesis de hidrocarburos líquidos partiendo del gas de agua por el método Fischer-Tropsch, trabajo de investigación que ocupa el tercer lugar en el orden cronológico de la bibliografía mundial, acerca de dicha síntesis. También se estudió por vez primera en España, la destilación del carbón a bajas temperaturas, con vacío y en otras condiciones. Se ensayaron los carbones de Hulleras del Turón y de Duro-Fel-

guera, desde el punto de vista de sus constituyentes macroscópicos, determinándose la influencia que sobre la cokización ejercen los mismos. Aquí fué descubierto un método para lograr la disolución casi total de la materia orgánica de los carbones, para facilitar su conversión en petróleo y en experiencias realizadas en Italia por nosotros, fué demostrada la viabilidad del método en su aplicación a los lignitos pobres de aquel país. Fué con los aparatos de hidrogenación que cuenta aun el Instituto del Carbón de la Universidad de Oviedo, donde se realizaron los ensayos de conversión del aceite de oliva en grasas sólidas, sustitutivas de diversas grasas importadas para las industrias alimenticias, experiencias que dieron origen a la creación en Oviedo, de la segunda fábrica española de endurecimiento de aceites, hoy día ya industria difundida por toda la península; pues son 29 el número de instalaciones registradas. Fué también en esta Universidad, donde efectuamos las primeras síntesis con gas de agua a elevadas presiones, para la obtención del Synthol de Fischer o el alcohol metílico de síntesis, así como otros alcoholes superiores. Aquí realizamos también unos ensayos que luego habríamos de continuar en la Universidad de Santiago de Compostela, acerca de la conversión de la celulosa en pentaacetato de glucosa y más tarde la transformación por hidrólisis de la madera, el aserrín y otros residuos agrícolas en soluciones azucaradas conteniendo

glucosa, fructosa y xilosas, tema que ahora en manos del Instituto Nacional de Industria, dará origen a una industria de gran transcendencia para la alimentación de los españoles.

Y varios temas más, que harían demasiado personal esta exposición, sin embargo necesaria, de una labor que hemos publicado en 87 trabajos aparecidos en revistas científicas y técnicas españolas y en varias revistas francesas e inglesas, así como en diversas comunicaciones a Congresos Internacionales de Carbones y de Petróleos.

Pero el tema de nuestro discurso, La Conservación del Suelo Agrícola y la Geobioquímica del Hambre, sí podemos extraerlo como una consecuencia insospechada, de los trabajos que efectuamos en el Instituto Nacional de Industria en Madrid, y en el Instituto del Carbón de la Universidad de Oviedo.

Pero antes hemos de cumplir con un grato deber de cortesía para los que han venido a incorporarse en el pasado curso académico a esta Universidad y de cordial recuerdo para los que nos abandonan.

Durante dicho periodo académico el catedrático de Derecho Natural y Filosofía del Derecho, D. Salvador Lissarrague Novoa causó baja por haber pasado a situación de excedente. Asimismo el catedrático de Derecho Civil dejó nuestra Universidad por haber sido nombrado en virtud de oposición para la segunda Cátedra de la

misma disciplina de la Universidad de Madrid. También causó baja en virtud de Orden Ministerial el Profesor Auxiliar de la Facultad de Veterinaria D. Manuel Rodríguez Tagarro.

La citada Facultad de Veterinaria acogió el alta del Profesor Adjunto D. Angel Sánchez Franco.

En el personal subalterno se produjeron las bajas de D. Adolfo Rodríguez por fallecimiento y de los porteros D. Angel de las Cuevas Silo y D. Angel Castro Lobo por traslados.

Los ritmos climáticos

Cuando se intentó por el Instituto Nacional de Industria (I. N. I.) la utilización de los 1000 millones de toneladas de lignito que hay enterradas en la provincia de Teruel, para la síntesis de combustibles líquidos por el método de Fischer-Tropsch, pronto se dedujo que la escasez de agua en dicha provincia, significaba una importante contrariedad.

Las provincias aragonesas ofrecen zonas de tremenda destrucción del suelo agrícola, con denudación del mismo que aparece como un paisaje típicamente lunar. La pregunta que nos hicimos como Consejero Técnico del Instituto Nacional de Industria, era la de si esta escasez de agua proviene de la existencia de años de pequeña precipitación o de si por el contrario es el aspecto del suelo agrícola, con tierras desnudas de toda vegetación o sin cubierta forestal lo que determina una escasa retención e

infiltración del agua por el suelo y como consecuencia la falta de corrientes de agua, por la excesiva escorrentía durante las lluvias.

El resultado de nuestro estudio fué la conclusión de que el tema de la Conservación del Suelo estaba en el año 1942 aún inédito en España. Ninguna revista técnica de agricultura, de montes o de caminos, había recogido antes de aquella fecha estudios acerca del Servicio de Conservación del Suelo, que ya desde el año 1936 existía en Estados Unidos de N. A. así como por entonces en veintinueve países más, que habían adoptado la legislación americana de ordenación de los cultivos agrícolas a los fines de conservación del suelo.

La lectura de numerosas publicaciones extranjeras acerca de los progresos de la ciencia agrícola y los adelantos de la bioquímica, así como de la nutrición humana, había llevado a nuestro ánimo la rotunda impresión de la transcendencia del tema, por su alto interés nacional. Porque conservar el suelo de España significa tanto, como defender a la Patria. Porque una nación que destruye su suelo, se destruye así misma. Y porque mantener la productividad agrícola al conservar el suelo, vale tanto como mantener la vitalidad de los españoles como pueblo saludable y biológicamente activo.

En cuanto se inicia la decadencia del suelo agrícola, con disminución de su fertilidad, comienzan las terribles deficiencias nutricionales de las plantas, ya que está suficientemente demostrado que la fertilidad del suelo agrícola in-

fluye sobre el contenido en elementos minerales y vitaminas de las cosechas y las deficiencias de estos elementos nutricionales ejercen a su vez, influjo sobre la salud humana.

Ed. le Danois en su obra «Le Rithme des Climats» París 1950, señala como por la periodicidad de las coincidencias orbitales del Sol, la Tierra y la Luna, así como por el influjo ejercido por otros planetas, los climas experimentan cambios rítmicos de periodicidad muy variada, pero observables de modo seguro los ciclos de 3 y de 7 años—los siete años de vacas gordas y de vacas flacas—así como el ciclo llamado de Brueckner de los 35 años, caracterizado en las lluvias y en el rendimiento de las cosechas.

La existencia de estos ritmos climáticos, con periodos de años fríos y húmedos o de años calurosos y secos, ha sido descubierta por nosotros al elaborar estadísticamente la casi totalidad de los datos pluviométricos y de temperatura registrados por 29 estaciones meteorológicas españolas cuyas observaciones se extienden entre los años 1862 hasta 1940, con un total de 836.000 observaciones.

Así demostramos por vez primera en España y por segunda vez en la literatura climatológica mundial, después de la observación efectuada por Kirner y recogida en el libro de A. Tannenhill «Drought» New York 1947, de que también en los Estados Unidos de N. A. existe desde el comienzo del actual siglo, una disminución en las cantidades de agua de lluvia.

De Madrid no se ha podido encontrar, sinó la copia de las observaciones de 1803, efectuadas en lo que actual-

mente es Observatorio Astronómico. Aunque con algunas faltas, existen observaciones pluviométricas a partir de 1841 o sea que para Madrid, se dispone de datos de más de un siglo. Por ello, la serie más larga de datos pluviométricos en España, es la del Observatorio de Marina de San Fernando, que inició sus registros en el año 1805, si bien presenta luego algunas lagunas, hasta que en el año 1835, se regularizan los registros. Más antigua que la de San Fernando, es la estación montada por los ingleses en Gibraltar, a fines del siglo XVIII y cuya creación se debe, indudablemente a la necesidad de medir con gran cuidado el agua de lluvia, única con que cuenta dicha plaza fuerte para su abastecimiento. Pero también se han perdido los datos recogidos en Gibraltar y no se conservan los mensuales, sino desde al año 1850, si bien de los anuales existen copias a partir de 1791.

Las dos estaciones portuguesas consideradas por nosotros comienzan sus observaciones en 1866, la de Coimbra y en 1856, la de Lisboa.

Los datos para el estudio de las variaciones climáticas proceden de cuatro clases diferentes de fuentes: Climatología geológica, o Paleoclimatología basada en deducciones con ayuda de las rocas; Geocronología climatológica; Climatología documental, basada en antiguos escritos y la Climatología, fundada en las observaciones actuales con aparatos científicos.

Así con ayuda de las capas de arcilla y cieno sedimentadas en las aguas tranquilas de algunos lagos, todos los

años, cuando estos lagos se hielan en su superficie, se han podido reconstruir las condiciones climáticas de los últimos 13.000 años.

El estudio de la cantidad de madera, los anillos de la madera, formada cada año en los árboles milenarios, como las secuoyas gigantes de California, ha permitido reconstruir el clima de los 3.000 últimos años en aquella zona del mundo.

Otras pruebas de los cambios climáticos, han quedado impresas en la sucesión de tipos de plantas existentes en las turberas y así los estudios efectuados en las turberas de Inglaterra, ha permitido averiguar las características climáticas de 11.000 años, antes de la era cristiana. Hecho curioso, ha sido la relación que se establece entre aquellas condiciones climáticas y las etapas de la cultura y el desarrollo social del hombre.

Otra fuente significativa desde el punto de vista de datos climáticos lo constituyen los cambios de nivel en los lagos y la situación de las viviendas lacustres en Suiza. Unos 2.400 años antes de Cristo, el nivel de los lagos en la Europa Central, era inferior al actual. Los mismos troncos fosilizados sobre los cuales construían sus viviendas o palofitos los hombres primitivos, han permitido averiguar por el mayor o menor espesor de sus capas anuales de madera, la sucesión rítmica de los cambios climáticos.

Nosotros hemos estudiado las ciento setenta capas de un pino gallego, así como las 520 capas de un cedro de Ketama (Marruecos) para observar y deducir de las series

de anillos delgados y espesos, la sucesión de años secos y húmedos respectivamente, en Galicia y en el Marruecos español.

Con ayuda de los datos estadísticos pluviométricos, puede afirmarse que la tendencia de las lluvias en la península ibérica es desde el año 1884, hacia la disminución, que continúa como todos pueden apreciar en los actuales años.

De igual modo, hemos deducido que la tendencia de la temperatura media en la península ibérica es al alza, desde el año 1888.

Los investigadores de ciclos climáticos han señalado claramente la existencia de ciclos en las precipitaciones acuosas, cuyos valores son de 3, 7, 21, 63 y 189 años, mediante las ya citadas capas de arcilla y cieno sedimentadas en las aguas tranquilas de los lagos y designadas como «varves». Otros ciclos más en esta serie de triple progresión son los de 567 y 1701 años.

El último máximo del ciclo de 1701 años, tuvo lugar en el año 1116, de nuestra era. Año de grandes lluvias, según los documentos históricos y como consecuencia de hambres y otras calamidades. El primer pico de este superciclo, fué en el año 2286 a. d. Cristo, en una época en que los niveles del río Nilo alcanzaban un promedio de unos 27 pies sobre el nivel actual.

El ciclo de los 189 años tuvo su último máximo en el año 1872, que fué el más húmedo de los registrados con aparatos científicos. Así, $1872 + (1872/2) = 1966$. Se de-

duce con la ayuda de este ciclo que su próximo mínimo de lluvias se producirá en el año 1966.

Y además coincide con el mínimo correspondiente al ciclo de los 1701 años, puesto que, $1116 + (1701/2) = 1966$.

Puede afirmarse a la luz del actual saber de la Climatología, que durante varios años antes y después del año 1966, se repetirán con frecuencia los años secos, que originarán en muchas zonas del mundo, una serie de sequías rigurosas, de gran transcendencia económica y política.

La producción de energía eléctrica con ayuda de las corrientes de agua se verá así disminuía, pero la ciencia moderna de desintegración atómica ofrece ya la solución mediante la obtención de energía eléctrica en las pilas atómicas, donde el tiempo que se engendra calor en la transmutación del uranio en plutonio, se produce este elemento básico para la construcción de bombas atómicas en cantidad ahora prácticamente ilimitada.

Volviendo a la mencionada provincia de Teruel, podemos afirmar que la sequedad que padece aquella, procede en efecto de los años secos que estamos sufriendo, pero que no puede resolverse todo con tan simplista explicación. Buena parte del fenómeno tiene su origen en la destrucción del suelo agrícola y es consecuencia de la acción o conducta del hombre.

La erosión del suelo agrícola

H. H. Bennet, director del Servicio de Conservación del Suelo de los Estados Unidos de N. A., en Washington



pudo ya en el año 1928 escribir acerca de «La relación geográfica de la erosión del suelo y su capacidad de producción», las proféticas palabras que luego veremos cumplidas, al decir: «el problema de la erosión incontenida es muy transcendental y sin duda continuará aumentando, si prevalece la actual inactividad frente al mismo. Ya miles de granjeros han abandonado sus predios marchando a la ciudad o hacia otras granjas a causa del empobrecimiento del suelo, por efecto de la erosión, causada por las aguas de escorrentía o los vientos. Gran parte de este éxodo tiene lugar, después que el suelo ha sido erosionado con barrancadas y la erosión en las zonas abandonadas agrícolamente crece más y más».

Estas ideas fueron escritas antes de establecerse en Estados Unidos las primeras estaciones experimentales para el estudio de la conservación del suelo y del agua en el mismo. Cuando fué completado en el año 1934 el primer informe acerca de la destrucción del suelo agrícola por la erosión («Soil Erosión: A critical problem in American Agriculture» Washington 1935) quedó señalada la enorme superficie de 200 millones de acres (80,9 millones de hectáreas) que habiendo sido fértiles, estaban abandonadas para el cultivo y dañadas considerablemente o arruinadas para cualquier uso agrícola inmediato debido a la erosión provocada principalmente por una explotación agrícola intensiva y agotadora con prácticas agrícolas irracionales y sin las necesarias rotaciones en los cultivos o por un pastoreo impropio por lo abusivo.

La erosión geológica, es un proceso tan viejo como la Tierra misma, pues se inició cuando las primeras corrientes

de aire y las primeras lluvias saturadas de oxígeno y de dióxido de carbono llegaron hasta las rocas. La erosión geológica ha tenido un gran papel en la formación del suelo agrícola, que permite la vida vegetal y que la Tierra sea habitable para el hombre.

La acción erosiva de las lluvias

Aquí no consideramos esta erosión geológica, sino la llamada erosión acelerada, causada por los vientos y las aguas. Cuando se arranca la vegetación que cubre un suelo, bien sea por el cultivo mismo, recogida de la cosecha, destrucción por el fuego, el madereo o por un pastoreo excesivo, tiene lugar pronto la erosión acelerada del suelo, por la acción de las aguas de lluvia y por los vientos. La cantidad de suelo agrícola movido por el viento es pequeña en comparación con la arrancada por las aguas de escorrentía.

La Naturaleza requiere muchos miles de años para formar una capa de pequeño espesor de suelo agrícolamente laborable. Se ha señalado que un gramo de tierra exige unos cuatrocientos años para formarse y puede en cambio desaparecer arrastrado por las aguas en menos de un año. El fenómeno de la caída de las gotas de lluvia y sus efectos sobre el suelo no había sido estudiado, hasta que Ellisón obtuvo en 1942 fotografías ultrarrápidas para su estudio cuantitativo. El fenómeno no resulta ciertamente despreciable, cuando se considera que los impactos de las gotas de lluvia sobre un suelo desprovisto de vegetación o cubierta vegetal o arbórea, pueden remover má

de 200 (doscientas) toneladas de tierra por hectárea, lanzándolas al aire hasta una altura de 40 cm. y quedando el suelo de este modo preparado para su arrastre por las aguas de escorrentía.

La energía cinética de una simple gota de agua es proporcional al producto de su masa por el cuadrado de su velocidad. Los tamaños y las velocidades de las gotas de lluvia han sido investigados por varios estudiosos en los pasados cincuenta años. (J. O. Laws, Agric. Eng. 21, 431, 1940; Trans. Amer. Geophys. Unión. Parte III, 709, 1941; Nichols y Gray. Agric. Eng. 22, 341, 1941). La velocidad de caída de las gotas de lluvia suele ser de 30 Km./hora. Una capa de agua de 500 mm./año de espesor cayendo sobre una superficie de una hectárea significa por tanto unos 20 millones de Kgm.; una cantidad de energía realmente terrorífica. La energía dispada contra el suelo, puede medirse con ayuda de las cantidades de tierra salpicadas por las gotas.

Las experiencias efectuadas por Ellison, para conocer la forma de movimiento de aquellas masas de tierras removidas por las gotas de lluvias, señalan que en un suelo con 10 por 100 de pendiente, se observa que el desplazamiento de tierra hacia abajo, es tres veces mayor que hacia arriba.

El ciclo hidrológico

Para considerar la acción destructora de las aguas de lluvias sobre los suelos desnudos de vegetación, se hace preciso un estudio preliminar del ciclo hidrológico. Las

siguientes notas sobre este ciclo vienen a completar el mismo, puesto que tal como suele estar descrito en la mayoría de los libros, resulta imperfecto. En los libros se señala que el agua evaporada en los mares viene hacia los continentes, donde se precipita como lluvias o nieves. Luego una parte vuelve a los océanos en forma de corrientes superficiales de agua o también subterráneas, mientras que el resto se evapora de nuevo, volviendo a la atmósfera. Esta parte que vuelve a la atmósfera proviene principalmente de la evaporación directa desde la superficie del suelo y de la transpirada por las plantas. Pero de esta corriente de vapor de agua hacia la atmósfera, nada se suele indicar en aquellos libros, acerca de su fin o destino, porque hasta en años recientes no había podido ser aclarado.

Se conoce ahora, gracias a los sondeos constantes y de gran elevación que la Meteorología efectúa en beneficio de la navegación aérea, que las aguas evaporadas desde las lluvias al caer, de la transpiración de las plantas, y por evaporación desde los ríos y lagos, pasa a engrosar una corriente de masas de aire que se desplazan desde los continentes hacia los mares, para llenar el hueco que dejan las masas de aire que se mueven en sentido opuesto y que transportan la humedad del mar hacia los continentes.

Una medida precisa y cuantitativa de las diversas fases del ciclo hidrológico es muy difícil de obtener, a causa del gran número de elementos extremadamente variables que intervienen y que dependen fundamentalmente de la precipitación acuosa, que es un fenómeno apreriodico en el tiempo y en el espacio.

Existen en la bibliografía varios intentos para apreciar los valores de cada uno de los elementos que constituyen el ciclo hidrológico. E. N. Munns y otros («Watershed and related Forest influences. A National Plan for American Forestry» 73 d. Congress 1 Dic. 1933) evalúan entre 15 al 35 por 100 de la cantidad de agua caída, la que vuelve a la atmósfera, para una lluvia de verano en diferentes zonas forestales. R. Horton (U. S. Monthly Weather Rev. 47, 603, 1919) ha indicado que el 70 por 100 de las lluvias ligeras y el 24 por 100 de las lluvias intensas se pierden del mismo modo al caer sobre zonas forestales por efecto de la interceptación por las hojas. Las pérdidas por transpiración pueden ser importantes como las de interceptación sobre las hojas y otras partes de las plantas.

Se ha evaluado que del total de lluvias caídas en una zona, el 10 al 50 por ciento del agua que llega al suelo, es la que vuelve a los mares; que del 10 al 30 por 100 se evapora directamente desde el suelo y a través de las plantas que la interceptan y que del 40 al 60 por 100 llega al suelo mismo por infiltración o percolación y del cual una parte no despreciable es tomada por las plantas para la formación de la materia orgánica o vuelve de nuevo a la atmósfera por transpiración.

Se ha señalado que la mayor parte, 70 por 100 o más aún, de la precipitación total caída sobre una zona, provenía de la humedad evaporada desde las áreas inmediatas continentales y no del mar.

Brueckner. Die Bilanz des Kreislauf des Wassers auf der Erde «Geogr. Ztsch., 11, 436, 1905; Meyer A. F.» «The Elements of Hydrology» 2 ed. New York 1928.

«Rainfall Changes». Bull. Amer. Met. Soc. 17, 102, 1936. R. Zon. «Forests and Water in the Light of Scientific Investigation», Washington 1927.

La anterior conclusión provenía de varios cálculos clásicos, destinados a apreciar la precipitación total sobre la tierra, la cantidad de agua evaporada y la cantidad de agua vertida por los ríos en los mares desde las zonas continentales. (G. Wust. «Verdunstung und Niederschlag auf der Erde» Ges. Erdkunde Berlin Zschr. B. 1-2, 35, 1922).

Actualmente a la luz de los conocimientos meteorológicos, logrados por el sondeo profundo de la atmósfera, aquellas conclusiones no son enteramente exactas.

Ya hemos mencionado que la representación esquemática que ilustra el ciclo del agua en los diversos libros de Hidrología, la fase de evaporación está erróneamente interpretada y representada. La precipitación del agua en forma de lluvia sobre los mares está invariablemente omitida y se puede creer entonces que la humedad evaporada desde el suelo retorna solo a las zonas continentales en un posterior ciclo de precipitación acuosa. No se indica que la humedad evaporada desde el suelo vuelve al mar mediante el viento y las masas de aire situadas en las capas más superiores de la atmósfera.

Y sin embargo, lo cierto es que solo una pequeña parte de la humedad evaporada desde el suelo vuelve a caer en las zonas continentales, mientras que la mayor parte de la misma es llevada fuera de dichas zonas. De hecho, la humedad evaporada desde el suelo constituye la fuente más importante del vapor de agua que alimenta la

precipitación acuosa sobre los mares. Utilizando los cálculos de G. Wuest, en los que se admite que el 32 por 100 de la precipitación total sobre el continente retorna al mar por medio de los ríos y que el 68 por 100 restante vuelve a la atmósfera por evaporación desde el suelo y las plantas y considerando que las masas de aire devuelven al mar la mayor parte de dicha agua evaporada por el suelo, E. P. Brooks (The Influence of Forests on Rainfall and Run-off. Rev. Met. Soc. Quart. Journ. 54, 1-18, 1938) ha podido deducir que los dos tercios de la precipitación acuosa sobre el suelo provienen del agua evaporada en el mar. Para T. Savilla (Basic Principles of Water Behaviour. Upstream Engin. Conf. Washington D. C. Sep. 1936) que utiliza los datos de Kaminsky y Meinardus, recogidos en la siguiente tabla, la conclusión es, que solo el 33 al 37 por 100 de la precipitación total sobre el suelo proviene del vapor de agua desprendido por el mar.

T A B L A

Apreciaciones de la lluvia, caudal de los ríos y evaporación total en todos los continentes.

| Factores hidrológicos | Kaminsky Km. cúbicos | Meinardus Km. cúbicos |
|--|-------------------------|--------------------------|
| Precipitación sobre todos los países | 121.000 | 99.100 |
| Agua evaporada desde los océanos | 40.000 | 37.000 |
| Evaporación desde los suelos | 81.000 | 62.000 |

Estos valores se obtuvieron suponiendo que el total de aguas vertidas por los ríos iguales solamente a la can-

tidad de vapor de agua proporcionada por los océanos para su precipitación sobre los continentes.

La idea de que la fuente principal para la precipitación sobre los suelos proviene de la evaporación desde los mismos suelos continentales ha sido mantenida durante mucho tiempo. Pero antes de aceptar este hecho tan fundamental e importante de que la evaporación desde el suelo es la fuente de humedad que proporciona la parte principal de las precipitaciones acuosas continentales, es preciso considerar algunos fenómenos meteorológicos nuevos. Como señala R. Zon («The Relations of Forests in the Atlantic Plain to the Humidity of the Central States and the Pa Prairie Región» Soc. Amer. Forest Proc. 8, 35, 1913 y «Forests and Water in the Light of Scientific Investigations» 106 pag. Washington D. C. 1927) la principal fuente de humedad para la precipitación sobre los continentes, proviene de los mismos, principalmente de la transpiración desde los bosques y de la evaporación desde el suelo. La movilidad de las corrientes atmosféricas, ahora descubiertas, no permite mantener ya aquellas creencias. De acuerdo con las modernas ideas meteorológicas, la humedad evaporada desde el suelo y las plantas no pueden permanecer sobre las mismas zonas continentales. Los ejemplos conocidos tales como la lluvia en el mes de Febrero de 1936 en Vermont (Estados Unidos), lluvia con lodo que pudo demostrarse procedía de las grandes llanuras centrales de aquel país, donde tiene lugar una intensa destrucción del suelo desnudo por la acción erosiva de los vientos y que había sido transportada 1500 a 2000 kilómetros en 24—30 horas. Otro ejemplo es el

transporte alrededor de todo el mundo en el año 1883, del polvo volcánico procedente de la explosión del volcán Krakatoa, que demuestra también la gran movilidad de las masas de aire.

Este carácter emigratorio de las masas de aire destruye inmediatamente la hipótesis de que la precipitación acuosa, con humedad procedente de los mares, debe igualar necesariamente a la cantidad de agua devuelta por los ríos a los océanos.

Otro descubrimiento más importante logrado mediante el sondeo atmosférico ha sido el reciente de la sequedad del aire en la estratosfera. La humedad relativa desde el suelo hasta la base de la estratosfera varía entre 30 a 100 por 100; pero dentro de esta capa decrece rápidamente la humedad y a unos dos kilómetros hacia arriba de dicha zona tiene el valor de solo 1 por 100.

La altura a la que se inicia la estratosfera varía con la situación meteorológica de la atmósfera, siendo generalmente de 11 kilómetros y oscilando entre 8 y 16 kilómetros, según las masas de aire templado o frío respectivamente existentes bajo aquella zona.

La idea más persistente que se encuentra en la literatura sobre climatología y meteorología es la de que existe una relación directa entre la cantidad de precipitación acuosa en una zona y la masa de humedad contenida en la atmósfera. Mediante datos obtenidos por las estaciones de sondeo aerográficas esta idea no puede ahora ser demostrada como exacta, ni sostenida por más tiempo. De hecho, la concentración media de humedad en los niveles inferiores de la atmósfera, sobre zonas desérticas o

áridas, suele ser mayor que las halladas en zonas clasificadas como lluviosas o húmedas.

Análogamente el estudio de la profundidad alcanzada por el vapor de agua en la atmósfera reveló que no existe relación inmediata entre la precipitación y el contenido total de agua en la atmósfera. Así la profundidad total del vapor de agua atmosférico durante el verano excede en dos a diez veces el valor medio obtenido durante el invierno, mientras que la precipitación acuosa es paradójicamente mayor en invierno que durante el verano. La precipitación no puede achacarse a una mayor o menor cantidad de humedad atmosférica, porque intervienen otros factores meteorológicos necesarios para condensar y precipitar dicha humedad. La orientación geográfica de una zona, en el sistema general de circulación de la atmósfera, determina su carácter húmedo o seco, lo que además está unido a los efectos que ejercen sobre el clima los sistemas orográficos cercanos.

La errónea creencia de que los bosques aumentan la lluvia está relacionada estrechamente con la idea de que una retención artificial de las aguas de escorrentía en el suelo debe ayudar a aumentar la precipitación local e influir sobre las condiciones climáticas, al provocar una mayor concentración de humedad en la atmósfera por los efectos de la transpiración vegetal y la evaporación desde los suelos forestales más ricos en humus y por tanto en humedad.

Esta idea también está basada en la creencia de una posible relación directa entre la lluvia local y un aumento de la humedad atmosférica, la cual hemos visto ya, que es errónea.

La consideración del proceso de retorno de la precipitación acuosa continental lleva a las prácticas agrícolas de conservación del suelo a una posición del mayor interés, por cuanto ayudan a dominar las consecuencias de las excesivas, intensas o torrenciales lluvias, que provocan las grandes avenidas, inundaciones y la irregularidad de los regímenes hidrológicos.

Los regímenes hidrográficos españoles y la destrucción del suelo

El manto forestal o vegetal, cubriendo continuamente el suelo, así como las prácticas agrícolas ideadas para la conservación del agua en los suelos, constituyen los remedios más eficaces para regular el caudal de los ríos y evitar sus regímenes anormales.

Por su carácter torrencial, los ríos del Levante español así como muchos otros de la meseta castellana y de Andalucía, sólo pueden ser calificados de calamidades hidráulicas, según el «Anuario de la Metalurgia y de la Industria Eléctrica», 1945, Madrid. Los cursos de agua de régimen más irregular del suelo ibérico están situados en el Levante. La cuenca del Guadiana tiene características hidrográficas lamentables. La del Guadalquivir que ocupa gran parte de la región andaluza, no es de mejores características hidrográficas. La cuenca del Guadalquivir es la mayor de España. Ocupa una extensión de 68.382 kilómetros cuadrados. El régimen de este río es verdaderamente torrencial, con avenidas de 7.000 metros cúbicos por segundo, y en cambio, con estiajes de solo 7 m³ por

segundo. O sea, una relación de 1.000 a 1 entre el máximo y el mínimo. Como consecuencia de dicha torrencialidad, tiene lugar un enorme arrastre de tierras, que además de perderse para el suelo agrícola y la fertilidad del país, causan otros estragos tal como la variación y subida del lecho y cauce del río.

Un río de características verdaderamente irregulares está representado por un afluente del Duero: el río Esla. Durante las crecidas de los años 1909 y 1939, el Esla alcanzó un caudal de 5.000 m³ por segundo. En el año 1939, sostuvo durante dos días un caudal de más de 4.000 m³ por segundo. La irregularidad es tan notoria, que en verano el caudal del Esla desciende a menos de un m³ por segundo.

Resumiendo los datos acerca de los aforos por el Servicio Nacional con su red doronómica del Servicio Central Hidráulico, dados en su publicación anual titulada «Aforos-Regímenes de los ríos españoles», y de otros datos procedentes del Servicio de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, se tienen materiales de estudio para los años 1912 a 1939. En los volúmenes de Aforos, figuran engorrosas listas de estos y de alturas medias diarias de nivel acompañadas de gráficos, pero sin ninguna elaboración matemático-estadística de los mismos datos, sin ofrecer valores medios mensuales o anuales, ni curvas de frecuencias de tanto valor según las recientes publicaciones estadísticas para la previsión de la esorrentía de una cuenca hidrográfica y conteniendo incluso errores geográficos en los mapas, que da idea de la necesidad de un estudio por especialistas entusiastas.

Habida cuenta que el caudal relativo de una crecida disminuye al aumentar la superficie vertiente, son los ríos pirenaicos los que experimentan las crecidas más poderosas. Así el río Aragón en Caparrosa, tiene crecidas de 363 lts. por Km² de cuenca hidrográfica que tiene una superficie de 5.505 Km²; de 813 lts por Km² para el río Arga a su paso por Peralta con una cuenca hidrográfica de 2,581 Km² y de 800 lts. por Km² de crecida para el río Cinca al paso por el Grado con una superficie de cuenca hidrográfica de 2.078 Km².

Los ríos de las fachadas altamente lluviosas de la Península son los que siguen, a falta de datos para las crecidas de los ríos atlánticos y cantábricos, a los pirenaicos en potencia de crecidas. Así 677 lts. por Km² para 1.770 Km² de cuenca del Guadalhorce en El Chorro; 798 lts. por Km² para 625 Km². del Guadiaro en el Colmenar; 107 lts. por Km², para 6000 Km² de cuenca del Genil en Puente Genil.

Los ríos de la cuenca del Guadiana son los de crecidas de menor volumen. Así 9 lts. por Km² para los 1.010 Km² de cuenca del Ciguela en Quintanar; 37 lts. por Km² para los 47.500 Km² de cuenca del Guadiana en Puente de Palmas.

Las crecidas mayores, las experimentan el Ebro y el Tajo, seguidos por el Guadalquivir y luego con crecidas en menos de 1/3 de las de este, por el Duero y el Guadiana.

El valor extraordinario de 690 lts. por Km² para los 5.200 Km² de cuenca del Mijares en Villarreal, indica que los cursos mediterráneos de gran pendiente son capaces en

determinados casos, de crecidas equiparables y quizás hasta superiores a las pirenaicas.

La mayor o menor abundancia de agua en el caudal de un río, depende de la pluviosidad y de la fracción de agua que es evaporada o perdida para la circulación de superficie. Esto nos lleva a un coeficiente de escorrentía que es la altura en mm. de cantidad anual de lluvia escurrida supuesta uniformemente extendida sobre toda la cuenca y la altura de lluvia anual de agua precipitada. La diferencia entre la altura de lluvia y el índice de escorrentía representa la altura de lluvia substraída a la circulación y recibe el nombre de índice de evaporación.

Las variaciones de los dos índices y el coeficiente de escorrentía con las diversas condiciones de precipitación, temperatura, composición litológica del suelo, tapiz forestal, vegetal o herbáceo, sistemas de labores agrícolas, estación del año, influencias de sucesivas precipitaciones acuosas etc. determinan la escorrentía y sus variaciones regulares o irregulares.

La determinación de la pérdidas de suelo y agua por los campos en función de la clase de cultivos y de otras condiciones fué emprendida inicialmente por la Estación Experimental de Ithaca, New York, del Servicio de Conservación del Suelo de Washington en el año 1936. Para una parcela con pendiente del 20 por 100, cubierta de hierba, la pérdida de agua en forma de corrientes superficiales fué del 2 % del agua total precipitada. Para una parcela con pendiente del 27 por 100, cubierta de bosque la pérdida de agua en forma de corrientes superficiales fué del 5 por 100. Tanto en este caso como en el suelo her-

boso la pérdida de suelo es prácticamente nula. Para una parcela con 14 por 100 de pendiente plantada de patatas, la pérdida de agua en forma de corrientes superficiales representa el 88 por 100 del total de lluvia. La pérdida de tierra durante el período del 1 al 19 de Marzo de 1939 fué de 1.175 Kgs. por hectárea. Otras experiencias efectuadas en Ithaca, señalan que las pérdidas de tierras arrastradas por las aguas de lluvia debido a la acción erosiva de las gotas de agua de lluvia cayendo sobre terrenos deforestados o suelos desnudos de vegetación, pueden alcanzar en un terreno en pendiente del 16 por 100, hasta la impresionante cifra de 194,7 toneladas por hectárea y año.

Nuestras propias medidas del contenido en tierra arrastrada por los ríos más importantes de España, así como su análisis químico, nos señalan por ejemplo que el Ebro a su paso bajo el puente de Tortosa, llega a arrastrar hasta 20 toneladas de tierra por segundo, lo que supone que durante una de sus frecuentes avenidas, la cuenca de dicho río pierde varios millones de toneladas de tierra fértil por pertenecer a la capa más superficial donde tiene su asiento la numerosa flora y fauna microscópica que sostiene la fertilidad de un suelo.

La carencia de vegetación en la zona mediterránea en las partes superiores de las cuencas, tiene que ser relacionada con los regímenes irregulares de los ríos de la misma. Efectivamente toda la zona, está fuertemente desmontada, con las excepciones de la mancha forestal mediterránea de La Selva, la del Montseny y la cordillera prelitoral y del Litoral.

Para los derrames del nudo de San Juan, se consideran los tramos de los ríos que toman luego diversas direcciones, la atlántica o la mediterránea y dos de los cuales, el Tajo y el Júcar son dos grandes colectores. Comprende a dichos ríos Tajo, Júcar y además el Turia, Cabriel y Guadiela. Este núcleo, es una de las reservas aciculares mayores de la Península, pues alejado de los centros consumidores de madera y de acceso difícil, ha permitido dicho oasis entre extensas zonas desmontadas que han ido acercándose al mismo concéntricamente, remontando los valles de los ríos y denudando las regiones. Se conservan grandes masas de pinos en las cabeceras de dichos ríos. Por la parte occidental el desmonte ha adquirido a los páramos de La Alcarria en parte de la cuenca del Tajo y a toda La Alcarria terciaria, en las cuencas del Tajo y el Guadiela.

Para los ríos penibéticos y subpenibéticos, Guadalhorce, Guadiaro, Genil y Guadiana Menor, se dispone de afloramientos y ofrecen sus cuencas zonas de vegetación abundantes en el aspecto arbóreo, que disminuyen progresivamente hacia el Este, por la Sierra de Baza, Sierra de las Estancias y de Filabres en el sector oriental, del que se pasa a las peladas montañas de la región murciana y almeriense.

La necesidad de corrección en las cabeceras de los torrentes para la protección agrícola, ha llevado a reparar el daño multiseccular inflingido al suelo, con la repoblación de la Sierra Espuña y la cordillera Penibética, cubiertas en sus laderas de denso arbolado, así como las Sierra de Lujar y faldas meridionales de Sierra Nevada.

Para los ríos de la cordillera central, en el eje orográfico de la Meseta que se eleva en muchos puntos a alturas superiores a 2.000 mts. lo que confiere características muy particulares a sus derrames; la cordillera está por lo general bien poblada de especies arbóreas, de modo particular en la vertiente Norte, mientras que los escalones bajos de la vertiente Sur, menos húmedos que aquella, el desmonte ha sido intenso, de tal modo que los alrededores de Madrid, han sido verdaderamente desertizados.

El Somosierra, Guadarrama y las serranías de Avila, se hallan pobladas por extensos bosques de pinos, pero los suelos aparecen generalmente desprovistos de vegetación y la erosión es intensa.

En el caso de los ríos galaicos y cantábricos, que incluye a todos los afluentes derechos del Duero desde Pisuerga al mar, el sistema hidrográfico Miño Sil, los otros cursos que desde la desembocadura del Duero se extienden por el borde atlántico y cantábrico hasta el Bidasoa, gozan de elevada precipitación acuosa en sus cabeceras, por lo que el suelo presenta además abundante vegetación arbustiva y herbácea, que ayuda a la regularización de los ríos y determina por otro lado la parquedad en el arrastre de las tierras. La erosión del suelo no existe en el Norte de España o es mínima según las zonas, demostrándose la tesis aquí mantenida y que nosotros publicamos por vez primera en la bibliografía española, de la relación entre la cubierta forestal o la herbácea y la regularización así conseguida, sin necesidad de embalses costosos, de la esorrentía. Parte de los ríos norteños no presentan indicios de estiajes: El Ebro en Miranda, el Luna en La Magdale-

na, el Nalón en Puente Forcinas y el Miño en Puente Mator, ofrecen caudales mínimos que no alcanzan a 1/4 de su módulo.

La erosión del suelo y la vitalidad de los pueblos

La urgente necesidad de abordar en España el problema de la conservación del suelo, arranca de la impresionante cantidad de bibliografía que actualmente puede reunirse acerca de la estrecha dependencia que se establece entre la vitalidad de un suelo y la de los seres humanos que reciben alimentos procedentes del mismo. Estas nuevas ideas y conquistas de las ciencias del suelo y de la bioquímica, obligan a modificar la conducta del hombre frente al suelo, del cual proceden directa o indirectamente todos sus alimentos.

El suelo ya no es considerado como el solo depósito muerto de los materiales nutricios, puesto que interviene de modo activo en el proceso de absorción de dichos elementos por las plantas. El suelo se considera ahora como un ente viviente y perecedero.

En una revisión que contiene 206 citas bibliográficas de otros estudios y efectuada por «Soil Sci. Soc. Amer. Proceedings», acerca de la influencia del tipo de suelo y de los fertilizantes, sobre la composición química de los alimentos y cosechas, se llega a la sorprendente conclusión de que, del mismo modo que el hombre, también las plantas sufren un gran número de enfermedades y modificaciones vitales, a causa de las deficiencias en su

nutrición de un cierto número de elementos químicos tales como el calcio, boro, magnesio etc.

La importancia de gran número de elementos químicos en la nutrición humana, solo ha adquirido una posición realmente decisiva en años recientes, cuando los métodos analíticos espectrales y espectrofotométricos permitieron la caracterización y determinación cuantitativa de cantidades de los mismos del orden de las milésimas de milígramo.

Los animales y las plantas necesitan para su desarrollo y vida, cierta cantidad de elementos químicos. Los animales los toman de las plantas y estas a su vez desde los suelos. Todo empobrecimiento de elementos químicos asimilables o sea en forma iónica, existentes en los suelos y que pueden ser lavados desde estos por los fenómenos de erosión, significa una irreparable pérdida para la nutrición vegetal y como consecuencia para la nutrición animal y del hombre.

Así la planta es la gran intermediaria entre las rocas y la vida orgánica y con su ayuda ciertos elementos químicos resultan asimilados y disponibles para los animales y el hombre. Los constituyentes inorgánicos del suelo y también de la atmósfera, son tomados selectivamente por las plantas en forma de sustancias orgánicas complejas que posteriormente serán elaboradas por los animales para construir la carne, huesos y otros materiales estructurales.

Existe una gran diferencia entre la composición elemental del suelo y las plantas, así como entre éstas y los animales. Las plantas poseen la facultad de asimilar grandes cantidades de ciertos elementos químicos, sin consi-

deración a la proporción en que puedan hallarse dichos elementos o de su abundancia relativa en los suelos. Los animales presentan igual facultad, pero en un grado menos pronunciado. La capacidad de las plantas para absorber cantidades pequeñísimas de los elementos necesarios mientras que deján inafectados grandes cantidades de los elementos innecesarios, se puede comprender con el estudio de una alga marina *Laminaria* en cuyas cenizas se encuentra abundante potasio y muy poco sodio, aunque el agua del mar, contiene dichos elementos en proporción inversa. De igual modo las relaciones del calcio en los elementos minerales del suelo, plantas y el hombre son aproximadamente de 1:8:40, para el fósforo 1:140:200 y para el azufre de 1:30:130 respectivamente.

También resulta muy significativo que los dos elementos químicos abundantes en la corteza terrestre—silicio y aluminio—solo aparecen con trazas en los cuerpos del hombre y de los animales. Los animales requieren cantidades relativamente grandes de sodio y cloro, y solo trazas de iodo y de cobalto pero nunca se ha demostrado que estos elementos sean necesarios para la vida de las plantas. Por otro lado, el boro y el molibdeno son esenciales para las plantas, pero no para los animales.

En el momento actual, se han caracterizado 62 elementos químicos en las plantas, gran parte de los cuales se hallan en cantidades pequeñísimas. Hasta el año 1927, solo se habían descubierto 35 elementos químicos mediante el análisis de las plantas y de éstos, sólo 10 se consideraban como necesarios para el desarrollo de las mismas. Eran el carbono, hidrógeno, oxígeno, fósforo, potasio,

nitrógeno, azufre, calcio, hierro y magnesio. Ahora de aquellos 62 elementos caracterizados de las plantas, más de una tercera parte, se consideran como esenciales para la nutrición tanto de las plantas como del hombre. El análisis químico de las partes verdes de los vegetales, revela que en su composición intervienen esencialmente los cuatro elementos fundamentales de la materia orgánica—carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno—que representan hasta el 95 por 100 en peso de la materia seca, al lado de los elementos principales de las cenizas—fósforo, potasio, calcio, magnesio, silicio, aluminio y sodio, más el cloro y azufre. Los elementos llamados trazas u oligogénicos representan el 1 por 100 o menos del peso total.

El número de elementos químicos en una planta está determinado por su presencia en el suelo y en el aire. La cantidad o proporción depende de muchos factores: especies, edad y distribución de las raíces de la planta, naturaleza física y química del suelo, de la proporción y distribución de los elementos, de los métodos de cultivo y de las condiciones climáticas. Pero en un animal el factor más importante es simplemente el alimento que recibe, lo que determina esta distribución de elementos químicos necesarios a la misma vida. El hombre es así esclavo de sus alimentos, y como éstos dependen del entorno, de la composición químico-geológica de los suelos, con dificultad podemos escapar a esta servidumbre que nos impone el ambiente en que vivimos. Una autoridad en la ciencia del suelo, señaló ante los biólogos que la solución del antedicho problema, puede consistir en un mayor consumo de alimentos producidos en lugares muy dispersos, lo que

está de acuerdo con las ideas más modernas sustentadas por los especialistas en nutrición: la alimentación humana tiene que ser muy variada, dentro del orden diario exigido por la relación entre las proteínas del origen animal y de fuentes vegetales, de las grasas y aceites, de los hidratos de carbono, de las vitaminas y de los alimentos minerales cuyo conjunto sabiamente elegido conducen hoy al hombre a la realidad tanto tiempo soñada por él, la prolongación de la vida. La longevidad se sabe ahora, es el resultado de los dos únicos factores: la herencia y la nutrición. No podemos ciertamente elegir ya a nuestros antecesores, pero sin cuidar de nuestra perfecta nutrición, para proporcionar al organismo humano de todos aquellos elementos químicos y compuestos esenciales, necesarios a su desarrollo y constante recambio. Porque entre una de las consecuencias transcendentales de los estudios sobre la energía atómica, figura la producción de elementos químicos artificiales, de elementos isotopos radioactivos preparados artificialmente en las máquinas rompeátomos o ciclotrones en las pilas atómicas generadoras de calor y de energía eléctricas al mismo tiempo que del plutonio destinado a los fines militares de destrucción. Dichos isotopos radioactivos o elementos trazadores, señalan su presencia en cualquier lugar, merced a las radiaciones que constantemente emiten. De este modo, la ciencia moderna está utilizando dichos elementos para aclarar millares de reacciones químicas y de procesos que ocurren en el metabolismo del hombre. Y fué así como se ha llegado a esa conclusión sorprendente de que uno ya no es el mismo que fué, después de unos siete años. O sea que en estos siete años

hemos perdido casi todos los elementos químicos que constituyen nuestros cuerpos, renovándolos por igual cantidad de los mismos, que forzosamente hemos tenido que ingerir en los alimentos para substituir a los elementos excretados por la desasimilación. Ahora es cuando estamos más cerca de comprender aquello de que «come lo que quieras pero después de comer lo que debes».

Las deficiencias en elementos trazas u oligoelementos así como también en los elementos químicos macronutrientes, se reflejan en la disminución del rendimiento vital y en el desarrollo y cuando la deficiencia es extrema, aparecen anormalidades morfológicas. En ocasiones las cantidades de elementos químicos que por su deficiencia o falta pueden provocar verdaderos cataclismos biológicos, es tan solo de partes o décimas por millón (p. p. m.). Actualmente existen por lo menos veinte elementos vestigios, además del hierro, cobre y yodo en los tejidos animales y en la leche. Los de principal interés nutricional son: manganeso, cobalto, cinc, fluor, selenio, boro y aluminio.

Fijémonos tan sólo en uno de estos elementos para comprender cómo nuestra propia vida depende de algo tan insignificante desde un punto de vista aparente o desde el punto de vista del hombre de la calle, de una milésima de milígramo: en el elemento químico fluor.

Desde el hombre prehistórico al actual, todos los pueblos han conocido un mal: la caries dental, motivada por el ácido láctico producido por el *lactacidofilus* con ayuda de los residuos azucarados existentes en la boca después de las comidas. Solo algunos grupos humanos aislados no conocen la caries; entre ellos los esquimales. El

análisis químico de los dientes de esquimales reveló la presencia de una cantidad de fluor superior a la existente en los dientes con caries. Los esquimales grandes consumidores de pescado, que ingieren con espinas y fué en estas en donde se halló un elevado contenido de fluor origen del que existe en sus dientes. Por otro lado en algunas poblaciones de Estados Unidos fué descubierta una relación entre el contenido de fluor en las aguas potables y la frecuencia de una enfermedad dental endémica, la fluorosis dental o esmalte moteado. Para un agua con 0,7 partes de fluor por millón de agua la frecuencia de dientes moteados es de 1,7 por 100; con aguas de 4,4 p.p.m. de fluor, 97,6 por 100 de enfermos.

De aquí una serie de medidas a tomar: filtrado del agua potable demasiado rica en fluor a través de huesos molidos para empobrecerla en fluor, o por el contrario adición de una parte de fluor por millón de agua para proporcionar a los consumidores de dichas aguas potables en las ciudades, el fluor necesario para la defensa de sus dientes, al crear un medio bucal más aséptico donde no prolifera el microorganismo productor de la caries dental. Los fluoruros en cantidades mínimas, limitan la producción de ácidos por las bacterias de la boca.

El fluor se encuentra distribuido ampliamente en los suelos, rocas y aguas. Algunas rocas fosfáticas contienen hasta 4 por 100 de fluor. El fluor no ha sido hasta ahora demostrado que sea elemento esencial para la vida de las plantas. Las plantas toman el fluor desde los suelos en pequeñas cantidades y éstas aumentan con la riqueza de

fluor en el suelo. Las raíces están más afectadas que el resto de la planta en cuanto a concentración de fluor.

El arsénico, plomo y selenio son elementos químicos no esenciales para la vida de las plantas y animales y son venenos aun en pequeñas cantidades. Fijemos nuestra atención en todo lo que se conoce acerca de la acción del selenio en la vida orgánica. El selenio es el único elemento mineral el cual puede ser absorbido en cantidades suficientes por las plantas utilizadas en la alimentación y hacerlas peligrosamente tóxicas para los animales. El selenio, resulta tóxico para muchas plantas y algunas especies actuando como acumuladoras de selenio absorben cantidades superiores a las que ya son mortales para muchas plantas. El contenido medio de selenio en estas plantas acumuladoras, generalmente leguminosas del género *Astragalus*, es casi de 800 partes por millón llegando hasta 15.000 partes por millón.

Queden aquí estos ejemplos del complicado mecanismo que la ciencia moderna ha establecido para algo tan sencillo como era el de cultivar plantas y recoger cosechas. No solo tendremos que ocuparnos de las deficiencias nutritivas humanas, sino que para atajar el mal, habrá que examinar el tema desde sus comienzos, desde aquella situación en que las plantas sufren también sus deficiencias nutricionales, que más tarde van a repercutir sobre la salud y vitalidad de los pueblos. La determinación de las condiciones nutricionales de las cosechas se realiza mediante el diagnóstico visual de las hojas y también por el ensayo de los tejidos vegetales. (Wallace T. «The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants». Londres 1944). Así el color

amarillo o rojo púrpura de las hojas de la alfalfa, el crecimiento escaso de las plantas y el aborto de los brotes de las flores, indican una deficiencia de boro que se puede corregir por la adición de diez a veinte libras de borax por acre (11,2-22,3 Kg. por Ha.) de suelo, después de haber sido recogida la cosecha. Se consigue de este modo elevar el rendimiento de la producción. Lo sorprendente de estos fenómenos reside en su sensibilidad. Para muchas plantas, menos de 0,01 partes por millón de boro en el suelo puede causar síntomas de deficiencia, mientras que 1 parte por millón resulta ya tóxico. El boro ha sido caracterizado ahora con la ayuda de los métodos analíticos sensibilísimos en los tejidos de diversos animales domésticos así como en la leche y huevos, pero se conoce aún muy poco sobre su papel en la nutrición humana. Las técnicas para el hallazgo de deficiencias en la nutrición vegetal fueron ideadas en parte por el Laboratorio de Investigaciones Agrícolas en Long Asthon (Ann. Report. 1944).

Todo cuanto se conoce en este dominio de la nutrición, por los elementos químicos en cantidades insignificantes o trazas de tan solo partes por millón, ha sido descubierto en los últimos veinticinco años a contar desde las dos famosas plagas o enfermedades carenciales: la escasez de cobalto en ciertos suelos de Nueva Zelanda y Australia y la acción tóxica ya mencionada del selenio en los estados de Dakota y Nebraska de los Estados Unidos de N. A.

La existencia de enfermedades carenciales en las ovejas y ganado vacuno caracterizado por la anemia es am-

plíamente conocida en todo el mundo. Los suelos que contienen menos de dos partes por millón de cobalto son generalmente zonas donde existe dicha enfermedad. Los animales sufren retrasos en su desarrollo, anemia y debilidad progresiva y en casos graves, quedan incapacitados para levantarse y mueren. La adición al suelo de soluciones de cobalto en los piensos de los animales evita la aparición de estos síntomas, producida por la deficiencia de dicho metal, cuyo papel en la nutrición animal era aún desconocido. Se conoce aún muy poco sobre el efecto del cobalto en la nutrición humana. Su principal misión aquí consiste en la activación de algunos sistemas enzimáticos y el de facilitar la formación de glóbulos rojos.

Análogos fenómenos han sido estudiados en Inglaterra, debidos al exceso en los pastos del metal molibdeno, que produce una severa diarrea y pérdida de peso en el ganado. El molibdeno aunque es esencial para el desarrollo de las plantas, ejerce un efecto tóxico en los animales por inhibir el papel normal del cobre. Aunque el cobre forma dos o más enzimas específicas, al combinarse con proteínas en las plantas — el tomate contiene hasta 22 partes por millón de cobre en el fruto — e interviene en la utilización del hierro, su papel químico en los tejidos animales no es aún bien conocido. Se recomiendan la pulverización del follaje con soluciones diluídas de sulfato de hierro ferroso o incluso para los árboles frutales, las inyecciones de sales de hierro, directamente a los tallos.

Estas inyecciones de sales minerales a los árboles y su utilidad es quizá el mejor síntoma de un progreso que por extraño y sorprendente que pueda parecer, es sin embargo

algo pálido ante otros temas científicos que pudieran mencionarse de la Biología moderna. Esto puede horrorizar a quienes deploran el empleo ya de tantos productos químicos para modificar el desarrollo natural de los cultivos, pero lo cierto es que existen deficiencias nutricionales en las plantas, tal como la deficiencia del hierro y lo que es aun más grave que estas repercuten sobre la salud y vitalidad del hombre.

Como entonces dejar de sentir alarma por ese inmenso caudal de elementos químicos en forma iónica o asimilable para las plantas, que la mayor parte de los ríos turbios de España llevan al mar. Nosotros hemos vivido este tema al efectuar los primeros análisis de las substancias contenidas en las aguas del Ebro. En la bibliografía química solo se encuentran publicaciones de muy pocos países que traten de este tema.

La erosión del suelo y la decadencia de las antiguas civilizaciones

Que la destrucción del suelo agrícola, la pérdida de su fertilidad por el arrastre de elementos químicos nutritivos por la acción de las aguas o del viento, conduce a la extinción de las naciones, no es una mera hipótesis de algo que pueda ocurrir en el futuro, lo demuestra la destrucción o anulación de diversos pueblos a lo largo de la Historia, que ya ha tenido lugar en el pasado, en los que la erosión del suelo fué el factor principal de la caída de aquellas civilizaciones e imperios, cuyas grandes ciudades,

ahora en ruinas o rodeadas por el desierto anuncian claramente lo que fueron entonces fértiles campiñas, capaces de proporcionar alimentos básicos a dichas aglomeraciones humanas, cosa ahora imposible.

Los desiertos del Norte de China, Persia, Mesopotamia y todo el Norte africano, señalan la misma trayectoria histórica de gradual agotamiento de los suelos, al aumentar la demanda ejercida sobre los mismos por las civilizaciones en auge, el crecimiento de la población humana y sobrepasar a su poder de recuperación de la fertilidad. La erosión del suelo sigue siempre a su agotamiento, provocado por una explotación demasiado intensiva, y por un pastoreo agotador y por el abandono de su cultivo, con prácticas agrícolas inadecuadas.

Lo que fueron lugares de origen de la civilización china, las fértiles regiones del Noroeste, aparecen ahora como un enorme campo de batalla carcomido por fuerzas más destructoras que las modernas máquinas de guerra. En vastísimas zonas el suelo antes profundo y fértil, ha desaparecido arrastrado hacia las llanuras de los valles, a los cauces de los ríos y finalmente hacia el mar, dejando desnudo el subsuelo poco fértil o la roca madre. El río Amarillo transporta anualmente más de dos mil quinientos millones de toneladas de tierras hacia el mar Amarillo, situado a varios cientos de kilómetros de los lugares donde tiene lugar la erosión del suelo y su destrucción. Las aguas de este río penetran muchos kilómetros dentro del mar teniendo a éste con sus tierras rojas, lo que da origen al nombre de mar Amarillo.

Cuando se considera que el suelo agrícola se ha for-

mado mediante un proceso de desintegración química y física de las rocas, de modo tan lento que puede señalarse un período de 400 años para la formación de un gramo de tierra y se estudia el ritmo tan acelerado de arrastre de suelos por las aguas de lluvias, una vez que se inicia la erosión al faltar toda cubierta forestal o herbácea protectora, con cifras de arrastre determinadas experimentalmente en América hasta de 180 toneladas de tierra por hectárea y año o valores de 24,3 toneladas por mes y hectárea de aportación de sólidos por el río Guadiana Menor, se puede fácilmente comprender de que una vez iniciada la erosión, la intensidad destructora del suelo agrícola excede a la velocidad o ritmo de su formación.

En Mesopotamia, el río Tigris, que hace siglos regaba y enriquecía el imperio babilónico y la Asiria, fluye ahora amenazador sobre un cauce o lecho levantado a causa de los sedimentos arrastrados desde los suelos en erosión de las laderas cercanas donde el hombre, buscando nuevos campos de cultivo para el trigo, cortó y deforestó los bosques primitivos. La consecuencia fue la formación de avenidas ingobernables que erosionando el suelo, cegó y arrasó las obras y canales de regadío y terminaron por asolar el país, ahora convertido en un desierto.

En Siria, pueden hallarse las mayores ruinas del mundo antiguo, tales como Baalbek y Jerash. Para un conservacionista del suelo, las ruinas más sorprendentes se encuentran en el cementerio formado por «las cien ciudades muertas». En una zona de casi 500.000 hectáreas en el norte de Siria, situada entre Aleppo, Antioquia y Hama, muestra allí la erosión su mejor triunfo. Se encuentran las

ruinas de villas y ciudades sobre las laderas, que han perdido varios metros de espesor del suelo primitivo. La prueba de esto se halla en la situación de los umbrales de las puertas, situadas ahora a varios metros sobre la roca desnuda.

La erosión logra su triunfo y extiende su espantosa destrucción sobre un paisaje primitivamente próspero, como puede juzgarse por las ruinas de las ciudades tan espléndidas como El Bare. En realidad estas ciudades están tan muertas como la tierra que las rodea y sin esperanza posible de resurrección por haber desaparecido, no solo el suelo, sino también el subsuelo. Estas ciudades no han muerto al ser enterradas como Pompeya, sino que la vida ha desaparecido de ellas al perder el suelo circundante, en un proceso irreversible de erosión. La tierra fué arrastrada por las aguas de lluvia, debido a prácticas agrícolas inadecuadas o por un excesivo pastoreo que destruyó la cubierta vegetal que protegía al suelo. Quedan aun pequeños huertos de tierras contenidas por los muros de los edificios arruinados o en los restos de las primitivas terrazas de cultivo, donde crecen olivos y viñedos que eran los cultivos mas importantes del país que enviaba abundante aceite y vino a la Roma Imperial y que señalan hoy que la muerte de aquellas tierras no puede ser achacada a las variaciones climáticas como se ha pretendido.

Otro ejemplo típico lo constituye la tierra de promisión de Palestina. Moisés hace tres mil años, prometía a sus seguidores (Biblia, Deuteronomio VIII, 79), «un país de arroyos, de agua, de fuentes y pozos; una tierra de trigo y cebada, de viñas, higueras y granados; una tierra de olivos y

miel de abejas.» Esta tierra de promisión, que nadaba en leche y miel, ha sido devastada por la erosión del suelo, en tal forma que este suelo ha sido lavado y arrastrado en mas de la mitad de su area total. «Palestina no podrá nunca ser restaurada a su condición original como tierra de promisión» dice W. C. Lowdermilk, del Soil Conservation Service de Washington, sin embargo, puede mejorar algo sobre su actual condición desértica, como lo demuestra el espléndido trabajo de las colonias judías allí establecidas, que laboran con técnicas agrícolas americanas, sobre el 5 por 100 del area total.

(W. C. Lowdermilk. «Palestine, land of promise. 1944).

Africa, la tierra que muere

El Norte de Africa, está cubierto de aterradoras ruinas de ciudades y villas, en otro tiempo opulentas y muy pobladas, así como de otras de la época romana. Un siglo después de la destrucción de Cartago, en el año 146 a. de C., Roma inició la colonización del Norte de Africa y estableció, en al correr del tiempo, varias ciudades importantes situadas en zonas trigueras y olivareras. Después de la invasión de Roma por los vándalos, su poder se debilitó y los bereberes capturaron algunas de aquellas ciudades hacia el año 430 a. de C. Luego fueron las invasiones de los árabes en el siglo XII, que por su carácter de nomadas y actividad pastoril, destruyen las tradiciones agrícolas. Todo el norte de Africa debió tener una agricultura próspera y perfeccionada en cuanto a las prácticas de conserva-

ción del suelo y del agua, de las que existen restos de grandiosas obras hidráulicas para el regadío. Al comienzo de la era cristiana, el Norte de Africa estaba poblado por nómadas. Strabon dice que en el interior del país, no existen mas que montañas y desiertos. Pomponius Mela contemporáneo del emperador Claudio, habla de las llanuras desérticas de la Numidia, pobladas por pastores nómadas. Pero un siglo más tarde estas mismas regiones se hallaban pobladas de cultivos y existían villas muy prósperas. El aspecto de las ruinas de Suffetula, de Thelepte, de Ammedara en Túnez, de Madaura, de Tjeveste, de Timgad, Lambese en Argelia, de Volibilis en Marruecos, lo atestiguan. El secreto de los romanos para desarrollar la agricultura, eran las obras de regadío y el cultivo del olivo. Este vergel del Norte de Africa, que según los primeros historiadores y geógrafos árabes testimonian, durante de la invasión musulmana del Norte de Africa, se «podía caminar a la sombra siguiendo una línea ininterrumpida de ciudades entre Trípoli y Tanger». La invasión árabe provocó la ruina del Norte de Africa. Toda esta región fué deforestada por acción del hombre y sus rebaños.

El sorprendente contraste entre la condición próspera y populosa del Norte de Africa en tiempos de Roma y su estado actual de decadencia, condujo a los primeros estudiosos, a la creencia de que un cambio climático adverso, de las condiciones meteorológicas era el responsable de la desaparición del granero de Roma. Pero las investigaciones de S. Gsell («Histoire ancienne de l' Afrique du Nord» y de E. F. Gantier («Sahara, the great desert») rechazan un cambio desfavorable de las condiciones climáticas desde la

época romana. La destrucción del suelo se inició con las grandes invasiones de los nómadas del desierto y el resto fué obra de las condiciones climáticas típicas del Mediterraneo. Generalmente caen intensas lluvias como tormentas, durante los meses de Octubre a Abril. El resto del año apenas hay lluvias y se alcanzan altas temperaturas que destruyen la escasa cubierta vegetal del suelo que hayan dejado los hambrientos rebaños de ovejas.

En el «Journal of the Royal African Society» Enero 1938, el profesor Strebbling señala la desecación progresiva de Africa por destrucción de la cubierta vegetal y el director de la famosa Estación Experimental Agrícola de Rothamsted, Inglaterra, Robinson especialista de la Ciencia del Suelo, ha señalado en una Memoria titulada «El desierto africano, obra del hombre» que el impedir la erosión o detenerla es un mal más fácil de prevenir que de curar y demuestra que la desecación de Africa se hace rápida al explotar inadecuadamente su suelo. Africa es un continente en trance de muerte. Los datos acumulados en las 550 páginas de la obra de Jean-Paul Harroy titulada «Afrique, terre qui meurt. La degradation des sols africains sous l' influence de la colonisation» ed. 1949, llenan de espanto al lector, ante la destrucción de suelos allí efectuada, tanto por los incivilizados indígenas como las explotaciones intensivas de los blancos. Es en este continente donde se halla el desierto más vasto de la Tierra. Onesime Reclus le atribuyó una superficie de 7,5 millones de kilómetros cuadrados. El valor medio de lluvia anual no excede de 150 mm. de agua, mientras que las temperaturas p. ej. en el oasis de Touat es normalmente de 50° C. En inwier-

no la temperatura desciende hasta 0° C. La temperatura propia del suelo, alcanza hasta 78°C lo que provoca una gran mortalidad de animales y vegetales, por ser además la humedad atmosférica muy débil, tan solo de 4 a 6 por ciento de humedad relativa. El desierto de Sahara avanza hacia el Sudán inglés y francés, a razón de 1.500 metros por año, sin ninguna posible contención.

En el Oeste africano hallamos el dominio del cultivo nómada. Después de miles de años los negros cultivan tierras de mediana calidad que se agotan rápidamente. Una vez que las abandonan se van un poco más lejos con sus cultivos, no sin antes destruir por el fuego el bosque o malezas. Estas prácticas agrícolas no han permitido nunca a los indígenas cubrir su hambre, pero el suelo se va destruyendo. Esta degradación del suelo, y su reducción de fertilidad es un fenómeno natural y lógico en los países donde se ignoran los abonos. La práctica de los incendios repetidos, en la estación seca, hace desaparecer todo vestigio de tapiz vegetal. J. P. Harroy, director de la Fundación de estudios agrícolas del Congo belga, ha denunciado además a los colonos europeos como causantes también del empobrecimiento rápido del Africa, con métodos que son aún más dañinos, que el nomadismo agrícola indígena.

En el Sur de Africa, la erosión ya fué señalada en los primeros años del actual siglo, sin haber sido comprendida. En el año 1919, un año de sequía desastrosa llevó a la creación de una Comisión de estudios, cuyo informe señaló que la cantidad anual de lluvia disminuía desde hace 50 años (Final Report, U. G. 49, (1923). La realidad, es

que la lluvia cayendo sobre terrenos denudados, quemados por los fuegos de las praderas y calcinados por el Sol, no puede ejercer los mismos efectos que cuando se precipita sobre suelos cubiertos por un tapiz vegetal. El poder de retención de aguas por los suelos degradados o desnudos, es mucho menor que para el mismo suelo cubierto de vegetación.

Pasando a las Américas, hallamos también en este continente muestras de una grandiosidad sorprendente de los temibles resultados de la erosión de los suelos y de su relación con la decadencia de las antiguas civilizaciones de los pueblos que habitaban aquellas regiones. Durante los primeros siglos de nuestra era, estaba organizado el imperio de los Mayas sobre las altas planicies de Guatemala. Estas llanuras eran cultivadas y regadas. Mas tarde el aumento de la población obligó a los Mayas a destruir los bosques que cubrían las laderas y terrenos en pendiente, tanto para poder utilizar la madera como para ampliar sus tierras de labor. Los resultados no se hicieron esperar. Las lluvias tropicales arrancaron sus tierras en las pendientes y los torrentes han transportado avalanchas de materiales arrancados a las montañas, hasta los valles donde cegaban los canales de regadío y recubrían las tierras con estériles. Las marismas y zonas pantanosas se poblaron de mosquitos que dispersaron a los Mayas atacados de paludismo y de fiebre amarilla. Este fué el primer fin del primer imperio de los Mayas, que hubieron de emigrar hacia el Yucatán, donde edificaron un segundo gran imperio. Sesenta años antes del desembarco de Cortés en México, el imperio de los Mayas fué destruído por los Aztecas. El bosque

tropical volvió a ocupar su puesto, destruyó las ciudades y ha ocultado sus ruinas durante varios siglos.

En el Perú, donde fueron domesticadas muchas de las plantas ahora cultivadas por el hombre, las tierras en pendiente eran cultivadas por los Incas y sus predecesores, adoptando métodos eficaces para la lucha contra la erosión. En el valle Pasticalla, actualmente cubierto por el bosque, fué cultivado en otros tiempos con ayuda de un sistema completo de terrazas (O. P. Cook. «Agriculture and Native Vegetation in Perú», Washington, Aca. Sci. Jour. 6, 284-293 (1916). Las terrazas incas y pre-incas son magníficas construcciones, con muros hasta de 15 metros de altura, con tierras transportadas a brazo para construir la terraza y en donde el agua de regadío, con ayuda de acueductos, pasaba de uno a otro piso de tal abanacado. La erosión acelerada fué causada según C. W. Cooke del United States Geological Survey, por la deforestación de las laderas que origina un aumento del agua de escorrentía, una mayor sedimentación y perturba los cultivos en las planicies y valles. Las investigaciones arqueológicas sostienen a la teoría de que la erosión progresiva y la sedimentación provocaron una gradual emigración de los mayas hacia el norte, según las tierras eran destruídas y abandonadas. La región que fué en otro tiempo floreciente agricolamente y con densa población, está ahora cubierta con impenetrables ciénagas y una densa jungla.

Se ha escrito en los Estados Unidos de Norteamérica, que los americanos han saqueado (pillaged) sus suelos. «Hemos cortado y quemado sin tino nuestros bosques. Mediante un pastoreo abusivo ha desaparecido la cubierta

protectora de cespéd.» «En zonas húmedas y secas hemos practicado formas de cultivo que facilitan la desintegración del suelo y la disminución de su fertilidad.» Este país de América, que lleva mas adelantada la tarea de conservación del suelo, ofreció después de un estudio estadístico efectuado en 1934, cifras tan sorprendentes como el hecho de que del area total nacional, el 14 por 100 de dicha superficie había perdido de tres cuartas partes al total de suelo arable; en el 42 por 100 de dicha superficie nacional se había perdido de una cuarta a tres cuartas partes del suelo y en el 30 por 100 restante (gran parte de la cual no es apta para fines agrícolas), no hubo erosión. El fenómeno afecta a todo el país, a los suelos algodoneros del Sur, con muy intensa erosión por las aguas, a la cuenca del Mississippi, en el centro-oeste semi-húmedo, con sus cultivos agrícolas en relieves ligeramente ondulados y a las grandes llanuras centrales dedicadas a la producción cereal y al pastoreo, donde tienen lugar la erosión del suelo por la acción de los vientos.

En el año 1933, fué creado en los Estados Unidos de N. A, el Servicio de Erosión de los Suelos (Soil Erosion Service) actualmente denominado Servicio de Conservación de los Suelos (The Soil Conservation Service) Mediante la Taylor Grazing Act, quedó organizado dicho Servicio y en el año 1935 fué presentado un Informe a la Junta Nacional de Recursos Naturales, bajo el título de «La erosión del suelo. Un problema crítico de la agricultura de Estados Unidos. (Soil Erosion. A critical problem in American Agriculture, U. S. Gov. Print. Off. Washington D. C. 1935).

La ley básica de la conservación de los suelos fué sancionada por el Congreso Federal en el año 1935. Publicación n.º 46 del Congreso. (A Act to provide for the protection of land resources against soil erosion and for other purposes.) Esta ley nacional para la protección del suelo agrícola contra la erosión, está fundamentada en la comprobación del desgaste acelerado del suelo y de los recursos hidráulicos de las regiones agrícolas pastoriles y forestales de todo el país. La erosión fué declarada en ella como una amenaza nacional y se discuten y dictan normas generales para conservar y mejorar la fertilidad del suelo, dirigir la explotación de las tierras y su conservación así como para disminuir el uso agotador y anticientífico de las mismas.

La erosión del suelo de España

Actualmente la Química del Suelo y en especial la Bacteriología y la Bioquímica, han contribuído a resolver los intrincados problemas relacionados con la fertilidad del suelo y del crecimiento de las plantas.

En el caso de España, la conservación del suelo y de su capacidad productora por mantenimiento de su fertilidad, debe ser considerada ahora de nuevo como una responsabilidad nacional, ante el hecho demostrado por la Química del Suelo, de ser este un medio viviente y perecedero. Viviente, por la enorme cantidad de microorganismos que habitan en cada gramo de tierra, para sostener su fertilidad, y perecedero, porque dicho «habitat»—flora y

fauna—es muy sensible a las variaciones de las condiciones de humedad, temperatura, acidez o p_{H} , cantidades de oxígeno y de dióxido de carbono, etc.

Existen en España gran número de personas para las cuales estas ideas de la destrucción constante del suelo nacional, son recibidas con escepticismo, seguros al parecer, pero sin ninguna prueba experimental, de que nada semejante debe ocurrir en nuestro fértil país. Desechando ideas fijadas, podemos afirmar que el conocimiento acerca de los suelos de España, desde el punto de vista de su fertilidad y de su capacidad productora agrícola, han variado en el curso del tiempo entre opiniones y afirmaciones tan extremas, que resultan desconcertantes al ser examinadas en conjunto. Desde aquel vergel cantado por San Isidoro de Sevilla, hasta los pesimistas de la decadencia nacional.

De la superficie total de España corresponde un 41 por 100 al suelo forestal o montes. Un 25 por 100 del territorio patrio se halla ahora yermo e estéril, lo que hace cada vez mas evidente la necesidad de una legislación básica para la conservación del suelo y de su ordenación desde el punto de vista agrícola, forestal o de pastoreo (1).

Como si España estuviera predestinada a un eterno

(1) J. M. Pertierra.—Anales del Instituto de Edafología. 5, Vol II, Nov. 1946.
Metalurgia y Electricidad. Febrero 1942.
Agricultura. Febrero 1947, Agosto 1948, Marzo y Abril 1949.
Revista de Obras Públicas. Octubre 1949.
Montes. Enero-Febrero 1947.
Ibérica. 12, Agosto 1950.
El Cultivador Moderno. Mayo 1942.
«La Vanguardia» de Barcelona. 19 Octubre 1949.
J. Andreu Lázaro.—«Defensa del Suelo Agrícola». Madrid 1945.

guerrear, los primitivos pobladores íberos han visto turbada su paz por las invasiones de los celtas, los fenicios, los griegos, los cartagineses, los romanos, los visigodos; después vinieron los árabes. Luego ocurrió la Reconquista y cada vez hubo mayor merma del tapiz forestal, que al decir de Estrabón cubría el solar hispano. Las selvas se convirtieron en páramos y los montes en peladas superficies, donde los rebaños de ovejas y cabras contribuyen a la destrucción del suelo.

Sin embargo, aun perduraba algo de dicha frondosidad en la época del Cid. En la Sierra de Miedes, una de las que separan las cuencas del Duero y del Tajo, había según el Cantar del Mío Cid «una selva maravillosa e grande.» Hoy no la hallaría Ruy Díaz, pues dicha sierra está estéril y erosionada.

El robredo de Corpes, donde los menguados infantes de Carrión afrentan a las princesas, era en su tiempo otra selva gigantesca. «Actualmente—dice Menéndez Pidal—no es más que un páramo reseco, donde el arado desentierra algún grueso tacón, único resto del viejo arbolado.»

Y en el libro de Alfonso XI, «La Montería» se dá una relación de abundantes montes de caza. Esta relación asombra a cuantos conocedores de los parajes en ella descritos, solo pueden encontrar en los días que corremos yermos estériles, campos de soledad y eriales infecundos.

¿Puede imaginar hoy persona alguna, que en tierras de Salamanca existan osos? Pues en dicho libro se consignaban hasta 17 sierras en que tales plantigrados habitaban durante todo el año. Las condiciones climáticas no podían ser entonces las que actualmente padecen en dichas regiones

de donde procede el dicho popular de «cuatro meses de invierno y el resto de infierno». En los campos abulenses se topaban jabalíes y osos. Se citan 24 frondas abundantes en tales animales. Y así sucesivamente se catalogan los bosques de Burgos, Segovia, Badajoz, Madrid, etc., señalándonos la enorme densidad de su arbolado.

Sin bosques o montes bajos o sin cubierta vegetal herbácea, se desagregan las tierras. Un pastoreo abusivo de cabras y ovejas que en manadas apretadas destruyen a su paso el césped protector del suelo, contribuyen a dicha destrucción pues sus pezuñas penetran en los suelos removiéndolos. Las cabras tiene además preferencia por los brotes tiernos de los árboles jóvenes y destrozan el arbolado allí donde pastan.

España, el segundo país de Europa después de Suiza en montañas, presenta a lo largo de sus colinas, laderas con tremendos síntomas de destrucción de su suelo, en forma de torrenteras, paisaje lunar de Aragón y Andalucía, en las ramblas de toda la costa y vertiente mediterránea y en sus montes desnudos de vegetación por los anuales fuegos esterilizadores de la flora microbiana, que sostiene al suelo.

En la destrucción del suelo de España ha intervenido una organización formada por las Hermandades de Ganaderos, las Mestas, con el fin de contener pretendidas invasiones de la agricultura en los terrenos destinados al pastoreo. Tuvo su gran poderío hacia el siglo XV. Los rebaños de ovejas se movían hacia el Norte en verano, y hacia el Sur en invierno, sobre terrenos escasamente poblados y en ocasiones arrasados por las invasiones moriscas. En la



época de los Reyes Católicos, la industria de la lana representaba un saneado ingreso para la Corona y el país y dichos reyes protegieron las Mestas. Los campos fueron sometidos a un pastoreo excesivo y agotador; los bosques, quemados para proporcionar nuevos campos de forrajes y los árboles jóvenes usados sus follajes para alimentos de los ganados en las épocas de penuria, así como su madera como combustible a los grupos trashumantes. Y se inició así un ciclo de codicia y abuso del suelo, que provocó la erosión acelerada del mismo. Las Mestas, ejerció durante mucho tiempo gran influencia política y pudo continuar la ruina de grandes zonas de España. La misma clase de emigración de rebaños, produjo también estragos en el Sur de Italia, y en Túnez. Pero en España, a esta situación debe añadirse la destrucción de toda vegetación con incendios originados por la necesidad de mantener durante los siglos de la Reconquista una zona sin vida entre los bandos contendientes.

La casi totalidad de la cuenca mediterránea, es un país de barrancos, de aguas turbias en los ríos, en cuanto llevan un caudal apreciable producto de las partículas impalpables de arcilla, arena y materia orgánica que las aguas arrancan a las tierras de labor. Así el pueblo de Najera, se ha quedado mas bajo que el cauce del río y tiene que defenderse con murallas de piedra, para librarse de las inundaciones.

En las cercanías de Toledo, se ven olivares que han perdido su suelo y tienen el subsuelo al descubierto, el cual presenta numerosas ramificaciones marcadas por las aguas de escorrentía. En Mora, los olivares situados en la-

deras con fuerte pendiente, han perdido toda la tierra dejando suelos pedregosos. Saliendo de Madrid por la carretera de La Coruña, los sembrados de cereales y algarrobas, presentan los efectos de la erosión con hondas barrancadas y en los montes se ven extensiones francamente erosionadas. Lo impresionante del paisaje de los alrededores de Madrid, no es su austeridad, sino la pobreza por la carencia de vida, producto de la erosión.

Es típico el caso de Malaga. Los montes vecinos formaban en el pasado siglo una zona de viñedos, que la filoxera aparecida en 1878, arrasó en una extensión de 18.000 hectareas en poco tiempo. Al no repoblarse entonces los viñedos, con especies resistentes de vides americanas y ser abandonados los terrenos, el agua comenzó a ejercer su acción erosiva, arrastrando y arruinando los abancales o terrazas y abriendo barrancos cada vez mayores y ramificados, por donde las aguas se llevaron la tierra al río, cuyo cauce cegándose contribuyó a las famosas inundaciones de trágico recuerdo.

La amplia deforestación y la pérdida de cubierta herbácea que han sufrido las tierras en pendiente de España, determinan a su vez la fuerte erosión del suelo y los elevados coeficientes de escorrentía en las cuencas hidrográficas de los ríos, ahora de régimen torrencial e irregular. Porque todo se fundamenta en las siguientes cifras. Del agua caída sobre un suelo cubierto de vegetación solo el 20 por 100 aproximadamente pasa a formar corrientes de agua superficiales, que cuando alcanzan velocidades superiores a los 60 cm. ejercen una acción erosiva. El resto de aquel porcentaje, son aguas evaporadas y sobretudo aguas.

infiltradas en los suelos y almacenadas por tanto en el propio suelo. Por el contrario, del agua caída sobre un suelo desnudo de vegetación el 80 por 100 pasa a formar parte de aquellas corrientes superficiales erosivas, por disminución tan espectacular de la capacidad de infiltración del agua en los terrenos. Los planes tan costosos de Obras Públicas, que desde comienzos de siglo tienden a la normalización de los regímenes hidráulicos tan irregulares de los ríos españoles mediante la retención de las aguas de las riadas y avenidas en los pantanos, representan aun en sus resultados algo insignificante, por cuanto tratan de resolver un problema sin atacarlo en su verdadero origen. El problema de regularizar dentro de lo posible las cuencas hidrológicas irregulares, tiene que ser enfocado desde el punto de vista de la conservación del suelo en las cabecezas de las propias cuencas, ya que la pérdida de la estructura del suelo provoca aquella falta de retención, así como las sequías y estiajes intensos.

La superficie del país que cuenta con regadío incluyendo aquellas zonas en las que el sistema de riegos no ha alcanzado aun toda su perfección, los riegos eventuales y los barbechos regables comprendían según las estadísticas del año 1935, a la superficie total de 1.963.582 hectáreas, que referidas a la total del territorio nacional—50 millones de hectáreas—representan tan solo el 3,90 por 100 del mismo como superficie regable.

Se ha hecho urgente la necesidad de introducir en España las prácticas conservacionistas del suelo, porque esta ordenación incluye también el control de los arrastres de tierras por las aguas. Estas tierras arrastradas por las aguas

vienen a destruir esas costosas obras de los embalses. En la obra de los señores Gómez Navarro y Aracil titulada «Saltos de Agua». Vol. II dichos ingenieros de Caminos mencionan que en el embalse de Cueva Forada, el sedimento de tierra tenía un espesor de 13 metros. Los pantanos construídos hace ya varios siglos en Almansa, Tibi, Elche, etcétera han perdido totalmente su capacidad de embalse por sedimentación de tierras en los mismos o aterramiento en sus colas y al lado de la presa. Los pantanos de Mencia, Muel y otros están convertidos en prados o huertas. Los pantanos de Valdeinfierno y de Almonacid están completamente rellenos de tierras.

Igualmente ocurre en Norteamérica en las zonas de intensa erosión del suelo. Por ésto, las prácticas agrícolas obligatoriamente exigidas a los agricultores de una determinada cuenca hidrográfica, una vez que el Servicio de Conservación del Suelo de Washington dictamina que dicha zona se encuentra en erosión acelerada, sirven para regularizar los ríos, por su misión de retardar la escorrentía, al favorecer la infiltración de las aguas en las tierras, aumentar esta capacidad de infiltración y evitar o disminuir la erosión de los suelos, donde tiene lugar la formación de las grandes avenidas. Ya en la ley original creadora del Soil Conservation Service. (Public. núm. 46, 74 th Congress 1935) se declara que ha de ser política del organismo la de procurar el control y prevenir la erosión del suelo, para preservar de este modo las riquezas y recursos naturales, regularizar los ríos evitando el aterramiento de los pantanos y la mantener la navegabilidad de los ríos y canales.

Vemos así, que la regularización de los ríos, no es tarea separada del programa de conservación del suelo y del agua.

No existe por tanto ningún conflicto, entre los que mantienen el criterio de la necesidad de grandes obras hidráulicas, que contengan las avenidas, para la regularización de los ríos, en las cuencas hidrográficas fuertemente erosionadas durante varios siglos, y el criterio moderno de la urgente aplicación de las prácticas agrícolas conservacionistas, recomendadas para la retención del agua por infiltración en el subsuelo y la conservación de los suelos. Ni una sola de estas medidas proporcionará la máxima protección posible en cualquier parte de una cuenca hidrográfica, ni un sencillo tratamiento del suelo conducirá a la adecuada protección de todas sus zonas.

Un pantano proporciona una protección completa al valle hasta cierta distancia aguas abajo, para todas las crecidas, excepto aquellas excepcionales. Pero la cuenca hidrográfica aguas arriba deberá recibir un tratamiento adecuado que conduzca a un control de la escorrentía. Este tratamiento es necesario para disminuir los daños causados por las avenidas aguas arriba del embalse, a lo largo de los pequeños afluentes que provocan daños en los valles de gran pendiente que exceden frecuentemente, al perjuicio provocado a lo largo del curso principal que lleva el agua recogida en la totalidad de la cuenca. Por otro lado, el tratamiento adecuado de la cuenca hidrográfica aguas arriba del embalse es sobre todo, el mejor medio de disminuir la sedimentación en el curso del río principal y por esto, el modo de asegurar una larga vida a los embalses. Ade-

más, almacenar agua en los propios suelos y retardar su escorrentía contribuye a elevar la eficacia de cuantas medidas se efectúen para la regularización de los ríos.

Es frecuente la observación de cómo el agua de lluvia fluye clara o casi transparente desde los campos cubiertos de hierba. Por el contrario el agua nunca fluirá clara desde un suelo no protegido por una cubierta vegetal, forestal o herbacea o sea desnudo y en pendiente. El agua será cenagosa y el cieno estará formado por el suelo lavado. Los análisis químicos nos han revelado que el material lavado desde los campos por las aguas de escorrentía posee, en un caso, 4,7 veces mayor cantidad de materia orgánica, 5,0 veces más nitrógeno y 3,1 veces más fosfatos y 1,4 más potasa, que el suelo de donde procede la erosión. En los campos de trigo, una vez recogidas las cosechas y dejados desnudos de toda vegetación, por un pastoreo abusivo, las pérdidas de agua alcanzan valores de 2,5 a 50 por 100 y las de suelo llegan hasta 84,2 toneladas por hectárea y año.

Uno de los medios más eficaces para restituir materia orgánica a los suelos lo constituye la formación de una cubierta de hierbas. Por esto, tiene que abrirse camino entre los españoles una idea que expusimos ya hace quince años: la repoblación forestal no lo es todo, sino va acompañada de la repoblación herbacea, sobre la cual existe mucho material publicado en América, y casi desconocido en las revistas técnicas españolas. La materia orgánica tiene un gran interés en relación con la Mecánica del Suelo, pues desarrolla la tendencia del mismo a poseer una estructura granular. El suelo granular, es más abierto y es-

ponjoso que los suelos compactos y densos, condición aquélla que ayuda a la infiltración de las aguas de lluvia y a la circulación de la humedad y del aire, necesaria para la expulsión del dióxido de carbono formado en el suelo y producido por la vida orgánica de los millones de seres que pueblan los mismos. W. L. Mac Atee («Chemical Humus and the Soil», de Donald P. Hopkins) ha estimado en 3 millones el número de seres animales que pueblan una hectárea de bosque y en 34 millones el que habita en una hectárea de prado. El dato más interesante acerca de esta flora y fauna microbiana que interesa resaltar en relación con la erosión y la fertilidad del suelo, es el que se refiere a la profundidad a que suele extenderse dicho «habitat», el cual solo alcanza a 15 o 20 centímetros desde la superficie del suelo.

Si recordamos aquellas impresionantes cifras de varias toneladas de tierra arrancadas anualmente por el agua, a una hectárea de suelo en erosión, puede comprenderse la transcendencia que para la continuidad de una agricultura prospera, la producción de cosechas ricas en elementos minerales y vitaminas, significa tal destrucción.

En algunos países europeos (Suecia y Finlandia) se viene desde casi comienzos de siglo, estudiando la composición química de las aguas de sus ríos. La cantidad total de materiales inorgánicos llevada al mar, por los ríos de Finlandia en un año, fué de 1,89. 10⁶ metros cúbicos, lo que corresponde a una capa de suelo de 0,0056 mm. de espesor extendida sobre toda Finlandia. Durante los pasados 9.000 años ha desaparecido en aquel país una capa de 5,1 centímetros de espesor de suelo.

En Finlandia la masa total de sólidos llevada al mar durante un año por los ríos, fué en 10⁵ toneladas métricas de: materia orgánica 26,0; materia inorgánica 28,4; Sílice 8,89; Alumina y óxido de hierro 1,92; Calcio 4,01; Magnesia 1,96; Potasio 154; Sodio 1,87; Fósforo 0,089; Sulfatos 4,78; Cloro 1,89 y Nitrógeno 0,63.

El total de cuerpos sólidos llevados al suelo por las precipitaciones acuosas y las nieves, que lavan la atmósfera de polvo, ha sido de Kg. / Kilómetro cuadrado y en el orden antes dado de: 2.740, 3.170, 291, 139, 199, 131, 243, 183, 8,6, 416, 576, 587. Y para toda Finlandia en 10⁶ Kilogramos/año son respectivamente: 925, 1.070, 98, 44, 67, 44, 83, 62, 2,9, 140, 194 y 197. Estos valores están de acuerdo en general, con los observados en otros países. El cálculo de los elementos nutricionales de los vegetales, perdidos en toda Finlandia, expresados en Kg / Kilómetro cuadrado, son en el orden antes dado de: 5.000, 5.300, 440, 100, 300, 210, 360, 17, 1.000, +15 y +400. En general las masas separadas son mayores que las adicionadas a los suelos por las precipitaciones, pero la masa de nitrógeno dada en tres veces la separada, exceso que es utilizado por la vegetación. Resulta así, que casi un tercio del total de sólidos llevados por los ríos es reemplazado por los materiales adicionados en las precipitaciones acuosas. Deduce P. J. Viro en «Metsatieteellinen Tutkimuslaitak», Helsinki, 42, N°1, 51, (1953) que el suelo está perdiendo gradualmente su fertilidad, pero que el proceso es muy lento en Finlandia.

O. Arrhenius (Tellus 4, 307-10 (1952) que ha estudiado para Suecia el contenido en elementos químicos de las

aguas de sus ríos, estima que la denudación química, llega en aquel país a 20 millones de toneladas/año o sea 500 Kilos/hectárea.

H. H. Bennet jefe del Servicio de Conservación del suelo de Washington señala en su obra «Our Soil can be Saved» que la destrucción del suelo puede resultar además de la acción erosiva de las aguas que separan la capa laborable con destrucción de su estructura, también por efecto de la extracción de los elementos químicos fertilizantes de las plantas con las cosechas a un ritmo no compensado, por la disgregación de las rocas engendradoras del suelo. Así en Estados Unidos de N. A., las cosechas toman cada año del suelo: 12.600.000 toneladas de nitrógeno, 25.200.000 toneladas de potasio, 1.200.000 toneladas de materia orgánica.

Nuestros antepasados creyeron indudablemente que los suelos fértiles eran inagotables y sin límites productores de cosechas.

En la batalla contra la erosión de los suelos, ha resultado de sorprendente utilidad un grupo de leguminosas, entre ellas las Lespedezas perennes y la planta japonesa Kudzu (*Pueraria thumbergiana*) especialmente apta para retener el suelo en los lugares con declive y proporcionar una excelente cosecha de forraje, más rica en proteínas que la alfalfa. Al mismo tiempo mejora los suelos por enriquecerlos en nitrógeno y materia orgánica. Hemos introducido por vez primera en España dicha semilla de procedencia americana y se está aclimatando en varios lugares.

Por esto, hoy se habla ya de repoblaciones herbáceas y se instalan en América, viveros para la producción de se-

millas pratenses y la aclimatación de hierbas forrajera y conservadoras de los suelos.

La conservación del suelo y la salud de los españoles

Los conservacionistas del suelo disponen actualmente de una serie de resultados que permiten sostener sin posible controversia la existencia de una relación cierta entre la destrucción del suelo por la acción erosiva de las aguas en forma de escorrentía y el estado de salud de un pueblo, su grado de perfecta nutrición y por tanto de su vitalidad.

El primer dato a señalar aquí es el siguiente: los elementos químicos minerales existentes en el suelo, en estado iónico o sea asimilable por las plantas, solo representan el 10 por 100 del contenido total de dichos elementos. Por tanto, toda pérdida, por pequeña o insignificante que pueda parecer de dichos elementos químicos minerales, repercute en el estado de fertilidad del suelo.

El segundo dato recientemente hallado por Sheldon, Blue y Albrecht en la Universidad de Missouri U. S. A. señala que el contenido en aminoácidos de las plantas forrajeras tales como la alfa fa, la soja y otras, varía con la composición química inorgánica del substrato sobre el cual se desarrollan. Cuando falta el azufre asimilable en el suelo, la planta no sintetiza el aminoácido metionina, que es esencial para la vida y que el hombre no siendo capaz de sintetizarlo biológicamente, tiene que tomarlo de las proteínas sintetizadas por las plantas. De otro aminoácido esen-

cial para la vida, el triptofano, su contenido en las plantas es proporcional a la cantidad de boro disponible en los suelos y sin embargo gran número de suelos padecen deficiencias de este elemento químico, que suele afectar a las cosechas de tubérculos, mangos y remolacha. Por tanto, toda pérdida de azufre, boro, calcio, sodio, potasio, hierro, etc., en forma iónica desde un suelo, arrastrado por las aguas significa una disminución del contenido en aminoácidos de los forrajes y su deficiencia en la ración recibida por los animales. Esta deficiencia se traduce luego en deficiencias nutritivas en los alimentos que produce el animal y que consume el hombre.

Hofmann y Nigemann («Brauwissenschaft», 41, 1954) han hallado que solo dosis masivas de abonos nitrogenados, provocan el aumento del porcentaje de proteínas y proteinasas en la cebada. Aplicando un abono completo con potasa, se disminuye la cantidad de proteínas y fermentos proteolíticos en las cosechas de cebada, en comparación a la aplicación de abono nitrogenado y fosfatado. La elección del abono, es de interés para la calidad de una cosecha.

La Geobioquímica del hambre

Comida de hoy, gestos y palabras de mañana
Proverbio eslavo

«Las Historias de la Humanidad que poseemos, son por lo general historias de las clases superiores». Esta lamentación de Thomas R. Malthus a fines del siglo XVIII,

ha sido expuesta también por muchos otros escritores. La Historia no recoge los hechos relacionados con la vida ordinaria y las intereses comunes de los individuos y debería hacerlo así, por que todas las cosas tienen su importancia, pero en diverso grado, como la tienen los banquetes de Luculo, las magnificencias del Rey Sol, los acontecimientos políticos y las guerras, aparte de los enredos familiares entre las casas reinantes, pero hoy sería de mayor valor para estudiar el desarrollo de la humanidad, disponer de gran número de datos históricos relacionados por ejemplo con algo aparentemente tan vulgar y sin transcendencia, como es el tema de la alimentación.

Este tema de la alimentación y la falta de alimentos, es uno de los que más escasos escritos ha merecido hasta que en años recientes, la escasez y deficiencias a que se vieron sometidas las poblaciones europeas en ocasión de las dos últimas guerras mundiales, motivó el desarrollo con gran ímpetu de los estudios acerca de la nutrición. Porque en estos tiempos el progreso de las ciencias biológicas ha venido a señalar con toda la seriedad científica que el hombre aún no sabe alimentarse, que su propio instinto no le basta para salvarse y elegir de modo juicioso y conveniente a su salud y longevidad, los alimentos y de que por otro lado no se trata tan solo de alimentarse, sino más bien y mejor de nutrirse, quedando así desde ahora bien diferenciados los conceptos de alimentación y de nutrición, que no son equivalentes.

El número de libros antiguos que tratan del hambre es pequeño y están dispersos en diversas bibliotecas extranjeras. Por el método de fotocopias ha sido posible reunir

parte de los datos aquí condensados, para trazar un panorama de los tiempos pasados y establecer la evolución natural del progreso humanos en este dominio. Es imposible leer estos libros, sin deducir que pertenecen a un mundo que era muy diferente de todo lo que hallamos ahora en las naciones civilizadas. La vida, cuando escaseaban los alimentos por las malas condiciones climáticas o dificultades de transporte era infinitamente más dura de lo que es actualmente para nosotros y no obstante como regla general los escritores de aquellas épocas no se muestran conmovidos, ni tienen espíritu de queja o rebeldía, ya que les era imposible establecer comparaciones. La piedad que sentimos por los desheredados de la fortuna, crea en nuestros días grandes empresas para disminuir el sufrimiento humano y esto era algo difícil de concebir en los tiempos antiguos.

Un mundo con escasez de todo, donde inevitablemente muchos debían de morir de pobreza, hambres y enfermedades de las ahora conocidas como enfermedades carenciales, no creaba una situación de piedad y de ayuda a los necesitados. La caridad y compasión por los pobres es uno de los más bellos frutos de la religión cristiana.

Jules Michelet dice en su «Historia del siglo XIX», que la situación de Francia en 1793, con sus crecientes miserias acumuladas de siglo en siglo: no podrá nunca ser comprendida, hasta que se haya escrito un libro terrible acerca de la Historia del Hambre, el cual no solo arrojará luz sobre los movimientos históricos sino que comprobaría que todos los pueblos han pasado por estas calamidades. Fué el hambre, lo que precipitó a la Revolución francesa de

1789. Hoy día, es el hambre la causa fundamental de las revueltas de los asiáticos contra la dominación colonial y económica de las potencias europeas y esta revuelta no podrá ser detenida con los cañones.

La palabra hambre, tal como se emplea aquí debe ser definida ante todo con precisión. En el pasado, se la utilizaba para señalar la falta de una alimentación adecuada para la satisfacción del apetito. En los muertos por hambre, se incluían tan solo aquellos individuos que fallecían de inanición completa. Actualmente el término hambre tiene otra significación, ya que se señala además la falta de uno cualquiera de los cuarenta elementos nutricionales indispensables para salvaguardar la salud. La ausencia de uno solo de cualquiera de dichos elementos causa una muerte no inmediata pero sí prematura, como resultado de una enfermedad carencial a pesar de que dicha deficiencia no provoca forzosamente la inanición del individuo.

La falta completa de alimentos, tal como sucede durante los períodos de hambre en la India y China, ha sido siempre una importante causa de mortalidad. Pero durante las pasadas décadas los avances de la Bioquímica han venido a señalar que este número de víctimas del hambre es pequeño, aun siendo del orden de los millones, si se les compara con el número de aquellas personas a las cuales un régimen alimenticio insuficiente o irracional para mantenerlas en buen estado de salud o libres de estados carenciales, les ha hecho mas vulnerables a las enfermedades infecciosas o de la nutrición. Cuando la palabra hambre, viene aplicada según este sentido, una evaluación realizada por la F A O (Organización de las Naciones Unidas pa-

ra la Alimentación y la Agricultura (World Food Survey, Washington 1946), ha señalado que dos tercios de la población del mundo (2.400 millones de habitantes, $2/3 = 1.733$ millones) sufren hambre. Un comité americano ha elevado recientemente aquella cifra hasta la proporción del 85 por 100.

Las situaciones de escasez de alimentos, pobreza, hambres, pestes y calamidades de todo género atacaban a los pueblos de Europa y de otros continentes, los cuales aun hoy día sufren períodos de penuria realmente trágicos. De los pueblos europeos ha quedado mención en diversos escritos de aquellos tiempos calamitosos.

En un estudio de William Farr «*Journal of the Royal Statistical Soc.*» IX, 159, 1846, menciona que durante los siglos XI y XII se registran en Inglaterra un período de hambre cada 14 años por término medio y el pueblo sufrió años de hambre en los 207 años. Para el siglo XIII aparece la misma proporción de hambres. En conjunto los períodos de escasez desminuyeron durante los tres siglos siguientes; pero el término medio desde el año 1201 a 1600, fué el mismo ya mencionado de unos 10 años de hambre durante cada siglo.

El interés continuo y permanente de la humanidad lo ha polarizado el alimento y en otros libros antiguos se habla de los esfuerzos de todo género en muchos casos inútiles, que se efectuaban para conseguir mas alimentos. Mencionaremos los libros de Cornelius Waldeford «*The Famines of the World: Past and Present.*» 1878. El libro de Shomas Short. «*General Chronological History of the Air Weather*», que anota los períodos de hambre y carestía

en relación con los cambios climáticos. Se pueden hallar en estos libros expresiones como las siguientes: «En el año 1521, Inglaterra padeció de hambre y mortalidad. El trigo se vendía a 20 chelines el quintal cuando su precio era en 1438, de 4 chelines. El hambre en aquellos días no representaba solo privaciones sino la muerte, como hace notar Luchairs en «*La societe francaise au temps de Philippe-Auguste*». París 1909, cuando dice «los ricos, también los poderosos sufrían el hambre; en cuanto a las multitudes de pobres, ellos morían de hambre».

En uno de los libros de Antoine Augustin Parmantier, agrónomo francés (1737-1813) «*Recherches sur les Vegetaux nourissants*». París 1781, y traducido en Inglaterra en 1783, con un prólogo del traductor que describe las condiciones alimenticias de Inglaterra en la época diciendo: «En el período actual de escasez y carestía de los alimentos, cuando las gentes del pueblo ha sido incitada al descontento y al tumulto por las desgracias que han caído sobre ellos, y por la perspectiva de nuevas desgracias y miserias, aún más acentuadas... incumbe a todo hombre el proponer públicamente todo lo que crea indicado para evitar o aliviar estas calamidades».

Es curioso observar cómo un error histórico puede ser mantenido tanto tiempo. Concretamente nos referimos a la introducción de la patata en Europa, achacada al francés Parmantier. Como es bien sabido la patata es indígena de Sudamérica. Los exploradores españoles de Perú y Chile la conocieron e introdujeron en España. Posiblemente existan dos corrientes para su introducción en Europa: España e Inglaterra.

Las frecuentes y graves crisis de escasez e incluso de hambre que se habían sentido en Francia, convirtieron a las investigaciones de Parmantier en objeto de la más grande importancia nacional. Veinte años antes de las guerras de Napoleón, Inglaterra al igual que muchos países europeos pasaba penuria por falta de alimentos.

Las expresiones como la escrita por Giovanni Battista Segui, en su libro «Carestía e Fame», Bolonia, 1602, cuando dice «Ningún hombre puede ser tan perverso e inhumano que cuando vea languidecer a otros hombres en la calle, cayéndose de hambre, no sienta dolor en su corazón» son relativamente raras en los escritos antiguos. Uno puede creer que la miseria sufrida por el hombre debiera estar reflejada en cada página escrita, pero no es ciertamente así. La historia de la humanidad ha sido desde sus comienzos la historia de la lucha que sostiene para obtener su alimento cotidiano. Parece por tanto difícil de explicar y sobre todo de comprender, este hecho singular; el hombre, este animal racional que ha librado tantas batallas para dominar a las fuerzas de la naturaleza y que ha terminado por proclamarse a sí mismo dueño y señor de la creación, no ha obtenido aun una victoria decisiva en su lucha para la subsistencia. Basta para hacer esta segura afirmación contemplar el largo período de luchas durante centenares de millares de años, desde que el hombre prehistórico deja de alimentarse solamente de caza, pesca y de frutas silvestres y se hace agricultor, hasta nuestros días, en que de un modo exacto se afirma por la FAO que el 75 por 100 de la población del mundo vive en un estado permanente de hambre y de que varios millones de se-

res humanos, no encuentran los recursos necesarios para escapar a la más terrible de las calamidades sociales, el hambre agotadora.

Cabe preguntar si esta calamidad del hambre es un fenómeno inherente a la naturaleza misma de la vida humana, una contingencia irreparable como la misma muerte o por el contrario si el hambre es una plaga social creada por la conducta propia del hombre. Sin duda alguna, este tema es nuevo y por tanto difícil de esbozar o de plantear. Constituye una cuestión delicada por sus consecuencias sociales y políticas y hasta hace pocos años ha sido un tema tabou, para nuestra civilización, una especie de tema prohibido o al menos poco recomendable para una discusión pública.

Sin embargo, hay que señalar la aparición de algunos trabajos serios que han atraído la atención del mundo sobre el clásico dilema: producción de alimentos y aumento de la población mundial, buscando al propio tiempo una explicación y una solución. Citaremos las obras de: Lord John Boby Orr «The Role of Food in Postwar Reconstruction». Montreal 1943; Imre Ferenczi. «L'Optimum Synthetic de peuplement», 1938; Franck Boudreau «Nutrition as a World Problem» y algunos otros realizados con verdadero espíritu científico y tan objetivos como los estudios de la FAO.

Fué Disraeli quien señaló, que la salud del pueblo constituye la principal misión del Gobierno y hasta ahora nadie le ha contradecido. El problema del hambre es tan viejo como la misma humanidad. Boudha afirmó que «el hambre y el amor, constituyen el germen de toda la historia

humana». Schiller escribió «el hambre y el amor, dirigen el mundo». Pero apenas se ha escrito acerca del fenómeno hambre en todas sus manifestaciones anímicas y biológicas hasta nuestros días, en que fué roto aquel tabou, que mantuvo a este tema como algo impuro o escabroso, al cual no debía hacerse alusión. Y sin embargo, veremos aquí cómo una multitud de hechos y desgracias humanas productos del hambre, son superiores en importancia a los que han provocado las guerras y las epidemias en conjunto.

Para disipar cualquier duda posible en este cambio brusco de ideas fijas y mantenidas intangibles durante tantos siglos, lo que va en contra del principio básico de toda investigación científica, ya que ésta no puede admitir limitaciones para el pensamiento humano, por ser este mecanismo la base de todo progreso, en relación con la primacía indiscutible de las destrucciones provocadas por el hambre, en su interpretación moderna de carencias de elementos o principios nutricionales, bastará poner de relieve que es el hambre el fenómeno que constituye la causa más efectiva y constante de las guerras. (P. Soroki, «Man and Society in Calamity», New York 1942).

El hambre es indiscutiblemente la fuente más fecunda de las calamidades humanas y nuestra civilización no puede continuar apartando los ojos, en vez de enfrentarse con su triste realidad. Diversos factores han determinado esta campaña de silencio alrededor del hambre. La primera obedece a un principio moral, ya que siendo un instinto primario, se presenta como algo chocante al pensamiento del hombre civilizado y racionalista que busca el predominio de la razón sobre los instintos. Considerado el ins-

tinto como cosa animal, se pretende negar la potencia creadora de los instintos y ahogarlos, del mismo modo que ocurría con los impulsos sexuales, hasta que un genio creador como Freud, hizo saltar ante el asombro de la ciencia oficial y de la moral, el tabou que cubría la potencia creadora de lo sexual al aclarar su dominio sobre la conciencia.

El tabou del hambre se mantiene quizás por otras razones más poderosas que los prejuicios de orden moral, como son las razones enraizadas en los intereses económicos, que han contribuido a suprimir del panorama intelectual moderno el examen del fenómeno del hambre y sus consecuencias. No ha sido considerada la producción de alimentos en otro sentido, que el de los intereses financieros y no como una cuestión del más alto interés social, para el bienestar de la colectividad.

Estos factores llevan a la humanidad hacia situaciones tan trágicas como la horrible tragedia de China, en donde durante el siglo XIX perecieron de hambre más de 100 millones de seres humanos. (Elisee Reclus, «Nouvelle Géographie Universelle», 1875-1894) o la India, en donde más de 20 millones de vidas humanas fueron destruidas por el hambre durante los 30 últimos años del siglo pasado.

En la literatura occidental europea ligada al patrimonio intelectual de nuestra cultura, no faltan los escritores modernos que han hecho salir a la luz las negruras de este mundo subterráneo del hambre y la miseria. Citemos a Kunt Hamsun (Suecia) Panait Istrati (Rumania), Felekov y A. Neverov que narran con dramática intensidad el hambre terrible en Rusia. George Fink en Berlín. John Stein-

beck que cuenta la triste historia de una familia que muere de hambre en medio de una de las regiones más ricas del país más rico del mundo, Estados Unidos de N. A. Pero éstas fueron voces perdidas en el desierto de la indiferencia.

Han sido la ciencia y la técnica occidentales, que conscientes de su importancia para mejorar las condiciones de vida de las multitudes famélicas han aplicado enormes esfuerzos, al estudio y resolución de sus problemas, las que inician el camino de resolución que sin duda había quedado abandonado. Valga como punto de referencia la mención del hecho de que cuando las tropas aliadas reconquistaron Europa central en 1945, y alcanzaron los espantosos ambientes de los campos de concentración con millares de seres humanos agotados, «la ciencia moderna de la nutrición, a pesar de sus enormes progresos, ignoraba cómo se podía hacer revivir a aquellos moribundos hambrientos» dice, en una revelación sensacional el especialista inglés en nutrición humana Jack Drummond, en su obra «Problems of Malnutrition and Starvation during the War» 1950. Y el sabio inglés añade: «He aquí traducido de la manera más elocuente hasta qué punto nos hemos desinteresado de la raza humana, en su totalidad». La alimentación de aquellos seres de los campos de concentración, mediante la administración por vía bucal de alimentos predigeridos y en los casos más graves mediante inyecciones de aminoácidos, provocó resultados catastróficos con agravación de los edemas del hambre e intolerancia de los alimentos. Más tarde, fué descubierto que el mejor me-

dio de alimentar a dichos desgraciados, era la con leche descremada.

La antigua Sociedad de las Naciones, de Ginebra, unió a sus temas de permanente acción, el estudio de la alimentación de los pueblos, iniciando bajo los cuidados de su Organización de la Higiene, encuestas en diversos países y publicando una serie de excelentes Memorias sobre dicho tema. De entonces, es conocido por aquellos estudios realizados con rigor científico, el hecho de que en diversas regiones del mundo habitado por unos 2/3 de la humanidad, ésta vive en un régimen permanente de hambre. La demostración más efectiva de que nos hallamos en un período de evolución de ideas, que contribuyen a crear una conciencia universal frente a los problemas del hambre, fué realizada por la Conferencia sobre la Alimentación reunida en el año 1943 en Hot Springs U. S. A. convocada por las Naciones Unidas para tratar de los problemas fundamentales de la alimentación humana. Allí 44 naciones, expusieron por boca de sus técnicos y hombres de ciencias, las condiciones reales de la alimentación en sus respectivos pueblos y propusieron las medidas que pueden conjurar en las poblaciones mal alimentadas o hambrientas, las características de inferioridad antropológica, con elevados índices de mortalidad y de enfermedades carenciales tales como el beri-beri, pelagra, escorbuto, xeroftalmia, raquitismo, osteomalacia, bocio endémico, anemias, etc., y la penuria orgánica y falta de vitalidad por la falta global o específica de uno o varios de los elementos nutricionales indispensables a la nutrición perfecta humana. Dicha reunión puso de manifiesto algo que ya un filósofo español de

profundo pensamiento, Ortega y Gasset, había señalado. El progreso formidable de todas las ramas de las Ciencias Naturales ha venido a fragmentar la cultura humana; cada especialista de una ciencia profundiza en su grano de arena, penetrando en éste microcosmos con una gran ignorancia y hasta con indiferencia, para todo lo que pasa a su alrededor, que no sea otra cosa que su campo de especialidad. Como consecuencia de esta falta de cultura general y de miopía política de estos componentes especializados de las Universidades de Europa y América, la civilización de los especialistas ha creado, afirma Ortega y Gasset (El Libro de las Misiones), un modo de enseñanza universitaria que es responsable de la formación de los «nuevos bárbaros; hombres sin cesar más sabios y sin cesar más incultos».

Cuando se estudia bajo una base científica sólida, la idea de si el hambre es un fenómeno natural, la conclusión es negativa como resulta de los siguientes datos estadísticos: los mares ocupan el 71 por 100 de la superficie total de la Tierra; el 29 por 100 restante representa la superficie sólida habitable. Esta última supone 63,8 millones de kilómetros cuadrados, que están cubiertas en un 30 por 100 de bosques, 20 por 100 de llanuras y 18 por 100 de relieves montañosos así como por un 33 por 100 de suelos desérticos sea de los tipos ecuatoriales o polares. Según evaluaciones de R. Salter y H. Schantz («Conservation of renewables resources» del Departamento de Agricultura de U. S. A.), 28 millones de kilómetros cuadrados o sea casi la mitad de la superficie sólida del mundo es apto para un modo cualquiera de cultivos agrícolas. La Tierra ofrece al trabajo del hombre para cubrir sus necesidades

alimenticias casi 16 millas de millones de acres por lo que corresponde dada la actual población del mundo casi ocho acres por individuo (34.373 m.²). Según cálculos de especialistas en agricultura y de la moderna ciencia de la nutrición, son precisos dos acres (8.094 m.²) de terreno por persona para suministrar los alimentos indispensables a un régimen nutritivo racional o sea cuatro veces menos superficie de suelo de lo que actualmente ofrece la naturaleza.

Aun otro argumento contra la teoría del hambre como fenómeno natural: la superficie actualmente cultivada por el hombre en todo el mundo no ha alcanzado aún el 13 por 100 de la disponible o posibilidades naturales de la Tierra.

Así que tenemos que desarrollar el presente estudio, sobre la base de que el hambre es un producto de la conducta del hombre y de la repartición defectuosa, ya que como afirma Boudreau «hemos logrado más fácilmente aumentar la producción de alimentos, que el repartirlos de manera adecuada». «Ni el hambre ni la guerra, obedecen a leyes naturales, pues en realidad son hechos de la conducta del hombre». Del 50 por 100 de los suelos susceptibles de cultivo, solamente un 10 por 100 se encuentran en producción quedando así 40 por 100 para ser utilizados en la lucha contra el hambre. Además la producción actual por hectárea en la mayor parte del mundo puede ser aumentada mediante el empleo de métodos agrícolas racionales.

El hambre ofrece el aspecto de un fenómeno muy variable que va desde el conjunto más negro e impresionante del hambre total con síntomas de completa inanición, que

convierte sus víctimas en espectros vivientes hasta el tipo más discreto del hambre específica o carencia de algún elemento nutricional que actúa de manera más solapada y oculta. Entre la inanición aguda demoledora y la deficiencia crónica insidiosa existe toda una gama de tipos de hambre que atacan a la humanidad en algún momento con resultados insólitos o espectaculares.

Unos ejemplos tomados de la bibliografía bioquímica, ilustran y centran esta disertación. En China, los períodos de hambre crónica son tan frecuentes, que el país es conocido en todo el mundo como «el país del hambre». Merced a un cuidadoso estudio histórico efectuado en la Universidad de Tonkín, se ha comprobado que en 2.000 años, los chinos han sufrido 1.829 períodos de gran hambre (W. Mallory. «China, Land of Famine», Amer. Geog. Soc. 1928) con millones de individuos muertos de hambre.

Los alimentos proporcionan al organismo humano los elementos necesarios para mantener la vitalidad de sus células y para la conservación y recambio de los componentes de aquellas ya que en un período máximo de siete años casi todos los elementos químicos constituyentes de nuestros propios organismos se renuevan. Es decir que los átomos, calcio y fósforo de nuestros dientes y huesos, no son hoy los mismos que eran hace siete años. Hemos excretado dichos fósforo y calcio, que han sido reemplazados por nuevos átomos, los cuales ha sido preciso ingerirlos en cantidades adecuadas formando parte de los alimentos. Si los alimentos no fueran otra cosa que una fuente de energía para el ser humano, éste podría vivir sobre la base de una sola clase de alimentos, como creía Hipócrates. Pero los

alimentos tienen además que proporcionar y en forma de calidad y cantidad adecuada, todas aquellas múltiples sustancias que sirven de recambio a la compleja arquitectura humana. Por esto, un especialista de la nutrición el Doctor H. Sherman de la Universidad de Columbia, concreta en la siguiente regla la necesaria elección de los alimentos: «Come lo que quieras, pero después de lo que diariamente debes ingerir».

El número de las carencias alimenticias es muy considerable ya que comprende las carencias que pertenecen a los grandes grupos carenciales de hambres de proteínas, hambres de elementos minerales y hambres de vitaminas, cuya revisión esquemática vamos a intentar a continuación.

Mientras que los períodos de hambre aguda tan frecuentes como dejamos dicho en la Edad Media, van siendo cada vez más raros en Europa, los casos de hambre específica o estados carenciales, se han vuelto más frecuentes y de mayor gravedad. Este tipo de hambre oculta constituye una calamidad para los grupos humanos más civilizados y se explica con diversas causas. En primer lugar la monotonía alimenticia del hombre civilizado, con sus hábitos de nutrición basados en un corto número de sustancias alimenticias. Mientras que el hombre primitivo disponía para su nutrición de una variedad infinita de plantas y de animales salvajes, el hombre civilizado reúne a un pequeño número, como señala Max Sorre en «Les Fondements de la Geographie Humaine», I. Les Fondements Biologiques. 1947.

Aunque existen casi dos millones de especies conocidas de animales, solamente cincuenta especies han sido do-

mesticadas por el hombre y contribuyen a su alimentación. De las 350.000 especies de vegetales existentes en todo el mundo, tan solo unas 600 son cultivadas por el hombre. El ser humano civilizado ha concretado así su régimen alimenticio a un número muy pequeño de las variedades que pueblan la Tierra. Y ya queda dicho en la primera parte, al tratar de la Conservación del Suelo, cuanta es la dependencia de la composición química de las plantas de la que posee el suelo y de la especie vegetal considerada, lo que establece una dependencia o esclavitud sobre el hombre del medio geológico y geográfico que le rodea.

Un estudio de P. Gourou, «Les pays tropicaux», 1947, acerca de las poblaciones primitivas de las Costa de Oro, señala como los habitantes de una pequeña comunidad en esta pequeña región africana, utilizan para su alimentación unas 114 especies de frutas, 46 especies de granos de leguminosas, y 40 especies de legumbres. Comparando esta variedad de alimentos naturales utilizada por un grupo humano, con el número reducido de alimentos que entran en el régimen habitual de cualquier grupo europeo o americano, el contraste resulta bien señalado. Esta limitación del número de alimentos empleados por los pueblos civilizados es una consecuencia directa de la imposibilidad de proporcionar una gran variedad de productos alimenticios a las grandes concentraciones demográficas de las zonas industriales. Nadie puede hacerse una idea completa de lo que para la vitalidad del pueblo alemán significan los huertos familiares que rodean las ciudades industriales del Ruhr, sin antes haberlos conocido personalmente y con detalles.

El hombre civilizado ha ido sacrificando poco a poco,

la variedad a la cantidad. Cuando la alimentación varía de un día a otro, las deficiencias específicas de un día pueden quedar compensadas al día siguiente, mientras que con una alimentación de constante monotonía, las deficiencias se consolidan y acentúan en el tiempo. (L. Rondoni y H. Simonnet «Les doneés et les inconnues du probleme alimentaire», 1927).

Otro factor que agrava las carencias específicas en los grupos humanos civilizados se origina en el empleo cada vez más generalizado de alimentos concentrados, purificados y refinados o en conserva. Los alimentos concentrados que contienen altos porcentajes de principios energéticos—hidratos de carbono y grasas—proceden de plantas, pero son en general más pobres en sales minerales y en principios vitamínicos que las semillas de las especies salvajes no cultivadas.

Culterra R. (L' alimentazione nei suoi principi biologici e nella sue prospettive economico-sociale. IRES. Palermo 1953), señala la necesidad de dar al hombre una verdadera educación alimenticia, a fin de que su nutrición por los alimentos ingeridos, pueda tener en cuenta la evolución fisiológica derivada del constante progreso de la Bioquímica.

En el continente africano y en el extremo Oriente, así como en zonas menos civilizadas, hallamos aun semillas alimenticias, cuyo contenido en sales y vitaminas es mucho más elevado que las semillas de los cereales que sirven de base alimenticia a la mayor parte de la humanidad. Esto permite explicar la escasez de carencias alimenticias en algunas poblaciones primitivas, que están aisladas de todo

contacto con la civilización a pesar de que no disponen de una alimentación cuantitativamente suficiente en sus regímenes. Cuando estos pueblos primitivos toman contacto con los grupos blancos, el valor de su alimentación decrece, como observa Bigwood y Trolli («Alimentation au Congo Belge, la Science de l'Alimentation», París, 1927).

Otro factor que interviene en el hambre específica de los pueblos civilizados está representado por la pérdida de buena parte de su capacidad instintiva. Mientras que el animal busca de un modo instintivo, un principio alimenticio determinado para poder corregir una deficiencia específica, el hombre civilizado tiene dormido ese instinto de nutrición, hasta el punto de que no puede discernir lo que su organismo tiene como necesidad para vivir normalmente. Los especialistas bioquímicos de la nutrición, afirman no ser cierto aquello de que el instinto salva al hombre, al menos en materia nutricional. Tienen que ser los análisis químicos precisos, los que ayuden al hombre civilizado a encauzar su apetito, señalándole, por ejemplo, que el agua potable que consume, no tiene fluor y como consecuencia de esto aparece la caries en sus dientes. El apetito del hombre civilizado, es más bien de orden psíquico y tiende más hacia el placer de comer, que a la satisfacción de la necesidad corporal de una perfecta nutrición y intercambio de elementos químicos. La gallina que siente cierta deficiencia en calcio durante el período de puesta, busca a este elemento mineral picoteando la cal de las paredes o partículas calizas del suelo. Los gatos que están alimentados como animales de lujo con un régimen mal equilibrado, se escapan a los jardines para cazar pequeñas bes-

tias a fin de roer sus huesos, para obtener el calcio que les falta. Los perros de lujo, abandonan su alimento de galletas, para pacer como hervíboros, empujados por el instinto que les orienta hacia una alimentación más rica en sales minerales y vitaminas.

También el hombre posee este instinto que le ayuda en su hambre específica. Así las poblaciones primitivas del Africa ecuatorial y regiones tropicales de América del Sur, que sufren una deficiencia de hierro a causa de su mala alimentación y de las fiebres tropicales que les destruye los globulos rojos, buscan un suplemento de este metal comiendo tierra. Este fenómeno de geofagia, no es otra cosa que un acto instintivo de defensa contra la falta específica de hierro. Los esquimales, comen los huesos menos robustos y las espinas del pescado e incluyen en su régimen alimenticio a los excrementos del caribu y el contenido del estómago de los animales que cazan, pues el hambre específica de sales minerales y de vitaminas les obliga a buscar estos alimentos de apariencia tan poco exquisita.

El hambre de proteínas

Las proteínas constituyen un alimento esencial para el protoplasma vivo. Solo las plantas son capaces de realizar este milagro químico, de sintetizar moléculas de composición tan compleja como los aminoácidos partiendo para ello del dióxido de carbono, del agua y de los nitritos del suelo agrícola. Por tanto, el hombre y los animales dependen siempre del mundo vegetal para su propia existencia,

El hombre solo puede existir allí donde se encuentra la vida vegetal. Lucien Lebvre («La Terre et l' evolution humaine», 1922) señala que el límite de la superficie ocupada por el hombre en los desiertos polares, no está condicionada como parece a primera vista por la existencia del reno, que le sirve de alimento, sino por la presencia de líquenes y de hierbas que alimentan al reno. Los vegetales representan el enlace entre la vida humana y el medio físico y suelo del que proceden directa o indirectamente todos nuestros alimentos. De aquí la conclusión que hemos alcanzado al estudiar la Conservación del Suelo, de la importancia que para la vitalidad de un pueblo tiene la existencia de una cubierta herbácea permanente sobre aquellos suelos. La acción directa del clima sobre el hombre tiene un efecto relativamente secundario, porque éste ha sabido escapar a su influjo por medio del progreso técnico, que le proporciona vestidos adecuados y hogares confortables. Pero el clima y el suelo, condicionan de un modo indirecto sobre los grupos humanos a través de su influjo sobre los recursos vegetales.

Las proteínas de las carnes, pescados, leche, huevos, etcétera, están formadas dentro de una amplísima variedad, tan solo con 28 aminoácidos constituyentes fundamentales reagrupados en gran variedad de modos. De aquí que cada especie animal o vegetal posea proteínas características tan distintas en su estructura química. El valor biológico de una proteína depende de su riqueza en ciertos aminoácidos, que los estudios modernos principalmente de C. Rosen, demuestran que por lo menos diez de dichos aminoácidos, son absolutamente indispensables para la nu-

trición humana siendo necesarios unos para el crecimiento y otros para la salud del adulto. Pero no todas las proteínas contienen estos aminoácidos esenciales. En general, se les encuentra reunidos en las proteínas de origen animal, en la carne, leche y huevos, llamadas por esto proteínas completas o de calidad. Por el contrario, las proteínas de origen vegetal, de las leguminosas y otros frutos vegetales, están casi siempre desprovistas de uno o varios aminoácidos. Son proteínas incompletas. Por tanto, el hombre para vivir normal y saludablemente tiene necesidad de incorporar a su régimen dietético una cierta proporción ineludible de proteínas de origen animal. Los especialistas en nutrición aconsejan que la mitad de la ración diaria de proteínas, que es de 70 gr., deberá ser de origen animal. Como los alimentos que proporcionan estas proteínas completas en aminoácidos esenciales para la vida, son las más caras, no suele alcanzarse aquella proporción ideal. Las clases sociales de menor poder adquisitivo o las más ignorantes en cuanto a buenos hábitos alimenticios, no suelen consumir la cantidad de proteínas considerada como tradicional. Por esta razón, las deficiencias proteicas son las más generalizadas en todo el mundo y demuestran la afirmación antes hecha de que el ser humano rodeado hoy de tanto progreso mecánico, aún no sabe nutrirse.

Cuando el antropólogo italiano A. Nicefero («Anthropologie delle classi povere», 1908) efectuó sus famosos estudios de antropología de las clases pobres, halló que los niños de estas clases, eran siempre más retrasados mental y físicamente que los niños de las clases acomodadas y cultas, demostrando así objetivamente por vez primera, los

efectos biológicos del hambre parcial o deficiencias de proteínas de calidad. En efecto, el retraso en el crecimiento y en el aumento de peso de los individuos, constituye la primera manifestación de la carencia proteica. El hambre de proteínas, se origina tanto por un consumo total de proteínas inferior al mínimo saludable, como por la falta de aminoácidos esenciales para la vida en dicha dieta. Los estudios acerca de las deficiencias proteicas en todo el mundo, confirman la influencia degradante de dichas deficiencias sobre algunos caracteres antropológicos, que hasta ahora se consideraban como productos exclusivos de la herencia racial, mientras que actualmente se sabe, dependen en gran parte del medio ambiente y del tipo de alimentación que este medio proporciona. Mc Kay, fué el primero en estudiar la relación entre los diferentes tipos de regímenes alimenticios y las características físicas de los grupos hindues. Mc Carrisón demostró de modo decisivo que la superioridad en cuanto a constitución física del grupo Sikhs que habita en el Norte de la India, en comparación al grupo Madrassi que ocupa el Sur de dicho país, proviene de la mejor alimentación de los primeros, más rica en proteínas, por utilizar libres de prejuicios religiosos, la carne, leche y sus derivados, mientras que los Madrassi tienen una alimentación exclusivamente vegetal.

Lord John Orr y Gilkes, estudiaron un fenómeno análogo en Africa Oriental, utilizando dos tribus de Kenya: los Quiquiui y los Massai. Los primeros son agricultores y se alimentan con cereales, tubérculos y legumbres (proteínas vegetales) mientras que los segundos son ganaderos y consumen carnes, leche y sangre de bueyes, a los que san-

gran periódicamente. Estos dos grupos humanos que viven próximos, en un medio natural similar con iguales condiciones climáticas, difieren sin embargo en sus caracteres antropológicos. Los hombres Massai son por término medio siete centímetros más altos y pesan siete kilos más que los Quiquiui.

Que el peso medio de un chino, que se estima en 55 Kg. y el de un europeo en 63 Kg., es un hecho que se debe al hambre del primero, más bien que a un carácter antropológico de las razas. Porque en los chinos y japoneses que emigran a Norteamérica y adoptan los hábitos alimenticios de este país, se observa a la tercera generación, los sorprendentes hechos siguientes: aumento de talla, mejor inteligencia e incluso menor obluicidad de sus ojos.

El efecto de las dietas pobres en proteínas sobre las funciones del cuerpo humano han sido estudiadas recientemente por Hisato Ioshimura (Chem. Abst. 8.352, 1954), quien señala las deterioraciones provocadas por una dieta conteniendo solo 25 gr. de proteínas por día durante cuatro semanas, cuando la ración de proteínas debe de ser de 70 gr. / día. Los síntomas son: anemia, hipoproteinemia y leucopenia, disminución del proteínas en el suero sanguíneo por deficiencia en albumina y gamma-globulina. El peso del cuerpo fluctúa debido a la aparición de edemas, causados por la disminución de la excreción urinaria, la cual se enriquece en urobilinógeno, aun en el primer período, debido probablemente a la disfunción del hígado.

Lo más interesante del hambre específica de proteínas

es la disminución de la actividad mental y física del ser humano.

Observando el mapa de la Tierra, se deduce que en la banda de tierras situadas entre las líneas de los trópicos, se incluyen a los individuos de talla corta, a los pueblos cuya alimentación casi exclusivamente vegetal, porque los suelos y el clima tropicales no son favorables a la ganadería y como consecuencia a la producción de proteínas de origen animal. Hacen excepción en esta zona tropical aquellos pueblos, negros sudaneses, pastores del Alto Nilo, los habitantes de Ponjab en la India, que escapan al hambre de proteínas por ser ganaderos.

No solamente influye el hambre de proteínas sobre el aspecto físico del ser humano; existen otras degradaciones, siendo la más grave la gran disminución de su resistencia orgánica a las enfermedades infecciosas.

Como punto crucial de nuestro estudio, tenemos que recoger los datos estadísticos que vienen a demostrar un hecho contrario a toda razón lógica. No es la sobrepoblación del mundo, la que crea el hambre en ciertas regiones, sino que es el hambre la que origina esta sobrepoblación. Si el hambre es causa de la muerte y decadencia, cabría esperar que resulte poco propicia para provocar un aumento excesivo de la natalidad. Pero en realidad, basta estudiar a los tres países considerados como superpobladados: China, India y Japón, que son además países hambrientos, países donde cuanto más el hambre asola algunas regiones, más aumenta el número de habitantes. Slonaker (Amer. J. Physiol, 1925-1928) observó que cuanto mayor es la dosis de proteínas, menor es el índice de natalidad,

si bien grandes dosis de proteínas permiten garantizar una raza más sólida y un mínimo de mortalidad. Los grupos humanos de mayor fecundidad—Formosa, coeficiente de natalidad 45,6, Malasia 39,7, India 33,0, Japón 27,0—disponen de las dietas mínimas de proteínas de origen animal—4,7, 7,5, 8,7 y 9,7 gr / día para aquellos países respectivamente, mientras que estos valores son en Australia, Estados Unidos y Suecia de 18,0, 17,9 y 15,0 para los coeficientes de natalidad y de 59,9, 61,4 y 62,6 gr / día de proteínas respectivamente.

Ya un proverbio de la América Hispana, asegura que «La mesa del pobre es escasa, pero fecundo el lecho del mísero».

El hambre de los elementos minerales

Durante muchos años se creyó que los únicos componentes dietéticos eran las proteínas, las grasas y los azúcares, dándose poca importancia al agua y a los elementos inorgánicos. Más tarde, las vitaminas se agregaron consideradas como elementos nutricionales esenciales y no como una medicina. Pero en años recientes, los elementos minerales han alcanzado gran relieve como participantes en casi todos los procesos metabólicos del organismo. En el cuerpo humano han sido caracterizados hasta ahora 60 elementos químicos de los 93 conocidos.

Un grupo de hambre específica muy extendido en el ser humano es el producido por las deficiencias alimenticias de ciertos principios minerales. La importancia de las

sales minerales en la alimentación humana y animal es tan grande, como la de los alimentos energéticos o del mínimo vital de proteínas. Un individuo adulto pierde diariamente por transpiración 450 cc. de agua. En los días calurosos o regiones ecuatoriales el calor fuerza al individuo a eliminar frecuentemente hasta 10 litros de sudor por día. Y se produce una enorme pérdida de cloruro sódico procedente del plasma, ya que dicho sudor contiene dos o tres gramos de sal por litro. Dicha pérdida es difícilmente compensada por un régimen alimenticio. Entonces disminuye la concentración de sodio en sangre y líquidos humorales, llegándose a un estado de depresión nerviosa y de intensa fatiga muscular. (Josue de Castro. «La alimentación en los Trópicos», México, 1946).

Cuando un régimen alimenticio no contiene una cierta dosis de calcio o de hierro, puede arrastrar al individuo a grandes perturbaciones. La importancia de las sales minerales en el metabolismo, se debe al gran número de funciones que dichos elementos químicos han de cumplir en el mecanismo vital. El contenido en elementos minerales de un dado alimento suele ser extremadamente variable, ya que la composición química propia, está condicionada por múltiples factores y en especial el tipo de suelo, su composición y los caracteres geológicos. Ciertos suelos significan por su pobreza o riqueza en determinados elementos químicos en forma asimilable, factores naturales del hambre específica de dichos elementos o de procesos de intoxicación respectivamente.

En el año 1931, el Departamento de Agricultura de Washington halló que el elemento químico selenio, era res-

ponsable de la toxicidad de ciertos trigos cultivados en South Dakota (W. O. Robinson, Ind. Eng. Chem 28, 736, 1916; Byers H. S., U. S. Dep. Agr. Techn. Bull. 482, 1935). El selenio era tomado por la planta desde el suelo que contiene pizarras seleníferas. El selenio puede hallarse prácticamente en casi todos los suelos. En un trigo español hallamos 0,4 p. p. m. que es un valor medio.

Los suelos negros extremadamente fértiles de las regiones templadas y húmedas contienen en principio mucho calcio y fósforo. Pero en general son pobres en iodo. Por esto existe bocio en las montañas de la cordillera cantábrica.

El suelo actúa así por medio de los alimentos de una manera decisiva sobre la salud y capacidad vital de los grupos humanos, esclavos por esta relación, del ambiente geográfico y geológico que les rodea.

En los casos de empobrecimiento regional progresivo de los suelos, como consecuencia de la erosión, por prácticas agrícolas inadecuadas e irracionales, los alimentos producidos en aquellos suelos pierden poco a poco su valor nutricional completo y pueden llevar al grupo humano local hacia su degeneración. El Prof. Hoston de la Universidad de Harvard, estudiando los esqueletos de los indios Pecos, que en otro tiempo habitaron las llanuras occidentales de Estados Unidos de N. A., ha deducido que en el espacio de 1.000 años, disminuyeron progresivamente de estatura, al tiempo que las deformaciones oseas y las caries dentales fueron aumentando. Atribuye la decadencia biológica de este grupo humano, al empobrecimiento progre-

sivo de la pequeña capa de 10 a 15 centímetros de suelo fértil de las tierras que habitaron.

Las carencias minerales más frecuentes son de hierro, calcio, sodio y iodo. El calcio es el elemento mineral más abundante en el cuerpo humano (1.170 gr.) y el principal componente del esqueleto y dientes. La necesidad diaria de calcio del individuo adulto es de 1 gramo por día.

La repartición tan irregular del calcio en los suelos de diferente tipo y el hecho de que solo algunos alimentos tales como la leche, clara de huevo, y ciertos vegetales, constituyan las fuentes naturales abundantes de calcio para la alimentación humana, determina que las carencias de calcio sean las más frecuentes. La falta de calcio es uno de los fenómenos más universales del hambre específica. Sus principales consecuencias son: raquitismo e osteomalacia, retardo en el crecimiento, y caries dental, males terribles que llevan a las razas hacia estados de inferioridad y aún de degeneración completa.

El hambre de vitaminas

La más variada y más amplia de todas las deficiencias en el mundo, la constituye el hambre específica de las vitaminas. En compensación, esta carencia nutricional es la mejor estudiada y conocida ya desde el año 1897, en que Eijkman provocó la aparición de la polineuritis en los pájaros alimentados con arroz descorticado.

No podemos escribir aquí un tratado completo acerca de las vitaminas con los síntomas característicos de avita-

minosis y el estudio detallado de cada una de las veintitantas vitaminas ahora conocidas. Pero se puede señalar con innumerables pruebas que la falta o escasez de vitaminas ocasiona no solamente enfermedades típicas como la xeroftalmia, el beri-beri, la pelagra, el escorbuto, el raquitismo, etc., sino también en estados mal definidos, perturbaciones oscuras que traducen un hambre latente o oculta.

Solo un pequeño número de vitaminas ofrecen una significación social y su deficiencia es responsable de los males que acompañan colectivamente a las masas humanas. Son las vitaminas A, B₁, B₂, C, D, E y G.

La multitud de ciegos que mendigaban en las ciudades europeas en la Edad Media eran en gran parte originados por el hambre de vitamina A, que asolaba frecuentemente a Europa. Esta correlación entre la ceguera y el hambre ya había sido establecida mucho antes de descubrirse la existencia de las vitaminas. Así un médico irlandés Ermet, señaló que en su país después del hambre de 1848, el número de ciegos había pasado de 13.000 a 46.000 (Prentice E. Parmelee, «Hunger and History» 1939). Este tipo de hambre específica ha disminuido en Europa, pero en otras regiones del Extremo Oriente y América Hispana el mal continúa exigiendo un fuerte tributo. W. Aykroyd («Human Nutrition and Diet», 1937) que estudió la alimentación en la India, afirma que la keratomalacia continúa desarrollándose en las castas inferiores por su mala alimentación.

En el año 1735 el médico español Gaspar Casal de la corte del rey Felipe V, describió con minuciosidad los sig-

nos clínicos de un mal terrible llamado mal de la rosa, porque uno de sus síntomas es la aparición de manchas rojas sobre la piel de los enfermos. Esta enfermedad era frecuente entre las clases pobres y fué Casal quien dió su descripción por vez primera. La estudió aquí en Asturias, donde era endémica, y existe aún en Italia, Rumania y otros países siendo conocida como pelagra, lépra de Asturias o escorbuto alpino.

Otra manifestación del hambre específica que durante muchos siglos ha martirizado a la humanidad es el escorbuto, ya descrito por Hipócrates. En el curso de uno de los viajes de Colón, en los primeros años del siglo XVI un grupo de marineros portugueses atacados gravemente de escorbuto, solicitaron ser abandonados en una isla para morir en paz. Dejadlos allí se alimentaron de hojas, de frutas silvestres y varios meses más tarde cuando el barco pasó por aquellos parajes, apercibió las señales que se hacían desde tierra. Los marineros portugueses se hallaban llenos de vida, cuando se les creía muertos. La isla recibe hoy el nombre de Curaçao, a causa de este episodio. Curaçao significa en portugués, curación. La falta de vitamina D, se manifiesta en dos enfermedades típicas de carencia: el raquitismo y la osteomalacia. Con solo tomar de la Bioquímica de Kameron, la afirmación que hace de que en Londres el 80 por 100 de los niños sufren de raquitismo infantil en el primer año de su vida, queda dada la impresión cierta de la amplia difusión de esta carencia o hambre de vitamina D. El raquitismo es la enfermedad infantil caracterizada por la desviación de los huesos largos, en especial las tibias y deformación de los huesos del cráneo,

que toma un desarrollo anormal y por la anemia y la fatiga habitual. La osteomalacia es la forma del raquitismo de los adultos. En 1660 el médico inglés Gilson, dió la primera descripción completa de la enfermedad tan generalizada en Inglaterra que fué conocida luego como «mal de los ingleses». En realidad el raquitismo no es privilegio de los ingleses. En 1921 los especialistas americanos Hess y Unger, señalan que los síntomas de raquitismo aparecen en los dos tercios de los niños de New York en diversos grados y que en los grupos negros e italianos neoyorquinos alcanza prácticamente a todos los niños. Antes de la primera guerra mundial afirma el Dr. W. Aykroyd dos tercios de los niños de París, eran raquíticos.

Ante estos datos nadie puede extrañarse que los estudios y avances de la nueva Ciencia de la Nutrición hayan sido espectaculares y que sus resultados sean tomados en consideración por la ciencia universal. En América se incorpora al pan de cada día, las vitaminas del grupo B, así como también se refuerza la leche mediante adiciones de vitaminas de varias clases. Ya en 1935 Willams consideró la necesidad de enriquecer el pan blanco con la vitamina B₁ o tiamina, ya que la escasez de la misma determina cambios en la conducta psíquica del individuo, su irritabilidad y poca eficacia en su trabajo. Por esto dicha vitamina se llama en Estados Unidos de N. A. «la vitamina moral».

Cuando diariamente conocemos el progreso químico y biológico del mundo científico a través de las revistas que llegan a nuestra Universidad, se hace difícil la elección de aquellos conocimientos que puedan ser utilizados para establecer una síntesis de la situación actual en el do-

minio de la nutrición humana y sus consecuencias para la longevidad, porque la mente se encuentra solicitada hacia temas muy diversos y atrayentes. Dejaré concluida esta tarea, que nos hemos impuesto de relacionar la necesidad de introducir en España los conocimientos y prácticas agrícolas destinados a la Conservación del Suelo Agrícola y la de los conocimientos fundamentales modernos acerca de la Nutrición Humana, así como la mutua dependencia de ambos temas, eligiendo casi al azar, y de la revista suiza «Schweiz. med. Wochschr. 82, 1025-27, 1952, un estudio acerca de la avitaminosis en dicho país, en relación con las determinaciones a efectuar por el Laboratorio químico. En dicho trabajo S. Bisaz, señala los niveles en sangre y en la orina de las diversas vitaminas, tanto para personas normales y enfermos. La eliminación normal en orina queda establecida en: 0,1-0,3 de tiamina; 0,1-1,2 de riboflavina; 0,6-2,3 de niacinamida y 3-12 de N-metilnicotinamida; 2,5-35 de ácido pantoténico y más de 10 miligramos por día de ácido ascórbico o vitamina C. Los niveles normales en sangre son de: vitamina A 225 I. U.; caroteno 135 micras; vitamina E 1,3 mg / 100 cc. de suero; vitamina C más de 0,7 mg. y niacinamida 0,6-0,7 mg / 100 cc. de sangre total.

Hagamos resaltar que solo el análisis químico de la cantidad de vitaminas excretadas, permite denunciar las deficiencias carenciales de las mismas en su estado latente, así como el tipo de terapia requerido. Este control del estado carencial de los estudiantes, se efectúa ya en varios países, y en él se incluyen principalmente las clases infantiles, en edad escolar. Así el contenido normal de vitamina

C ó vitamina antiinfecciosa en el plasma sanguíneo de los niños es en miligramos por 100 de: 0,57 en Otoño, 0,31 en Febrero, 0,16 en Primavera y tan solo de 0,11 en Verano.

Si toda la vida de un ser humano, así como su vitalidad y vigor físico y mental, su resistencia a las enfermedades infecciosas y aun más, su longevidad, dependen de estas cantidades casi imponderables de vitaminas, de algunos elementos minerales y de la calidad de las proteínas que forman parte de su ración alimenticia diaria, creemos que no podrá ser negada la importancia de la misión que corresponde ahora a los químicos, quienes mediante métodos analíticos físico-químicos de elevada precisión, vienen obligados a señalar las carencias nutricionales en el beneficio máximo de la raza, del pueblo español y de la continuidad de España como nación próspera.

Oviedo, agosto, 1954.

