

LUIS RECALDE MARTINEZ  
CATEDRATICO DE FISIOLOGIA VEGETAL

400840  
MADE IN SPAIN

EVOLUCION Y TRANSCENDENCIA DE LOS  
CONOCIMIENTOS SOBRE LA NUTRICION  
DE LAS PLANTAS



DISCURSO DE APERTURA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA  
CURSO MCMLXXIII - MCMLXXIV

LUIS RECALDE MARTINEZ  
CATEDRATICO DE FISILOGIA VEGETAL

EVOLUCION Y TRANSCENDENCIA DE LOS  
CONOCIMIENTOS SOBRE LA NUTRICION  
DE LAS PLANTAS



DISCURSO DE APERTURA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA  
CURSO MCMLXXIII - MCMLXXIV

Handwritten notes on a small rectangular piece of paper, possibly a label or a note, containing the numbers 850 and 27.

EVOLUCION Y TRASCENDENCIA DE LOS CONOCIMIENTOS  
SOBRE LA NUTRICION DE LAS PLANTAS



LUIS RECALDE MARTINEZ  
CATEDRATICO DE FISILOGIA VEGETAL

3

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
N.º Documento <u>241769</u>
N.º Copia <u>241772</u>

**EVOLUCION Y TRANSCENDENCIA DE LOS  
CONOCIMIENTOS SOBRE LA NUTRICION  
DE LAS PLANTAS**



DISCURSO DE APERTURA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA  
CURSO MCMLXXIII - MCMLXXIV

Excmo. Sr. Rector Magnífico,  
Excmos. Ilmos. Sres.,  
Señoras, Señores,  
Alumnos Universitarios,

La especialización constituye una servidumbre insoslayable de toda actividad científica. La información acumulada, sobre cualquier tema, es tan extensa y el dominio de las técnicas necesarias para realizarlo, tan difícil, que el científico se ve obligado a replegarse dentro de los muros de su especialidad, cuya extensión se va reduciendo gradualmente a medida que progresa su conocimiento. Por imperativos de su diario quehacer, el especialista se ve aislado del sistema general de conocimientos cuya labor hace progresar. Se dá, así, la triste paradoja de que la Ciencia que ha sido parte integrante de la cultura de todos los tiempos, y de manera muy especial del nuestro, se convierte en un riesgo anticultural para los que la practican. Para eludir tan ingrata situación, cabe buscar la relación y trascendencia de una especialidad en los otros saberes y, particularmente, en el propio desarrollo del hombre a través del pasado y del futuro previsible.

Por la razón anterior, al serme encargada la lección inaugural del presente curso, elegí como tema la evolución de los conocimientos sobre la nutrición de las plantas, ya que algunos aspectos del mismo han constituido mi tarea —como investigador y docente— durante casi un tercio de siglo. Soy consciente, sin embargo, que el empeño supera ampliamente mis fuerzas y que no puedo invocar otra disculpa que no sea la de mi propia sinceridad.

EVOLUCION Y TRASCENDENCIA DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE LA NUTRICION DE LAS PLANTAS. Editado e impreso por el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada. Un. Gr. 47.73.34. Dep. leg. Gr. 314.1973. I.S.B.N. 84-600-5886-7. 500 ejempl. Printed in Spain.

## I. EL NACIMIENTO DE LA AGRICULTURA

El hombre es componente de sistemas políticos, sociales, económicos y culturales; pero de manera especial, permanente e irrenunciable, también lo es del sistema biológico que los ecólogos conocen con el nombre de comunidad y que equivale a todos los organismos vivos de cualquier especie que habitan un área determinada. Una comunidad, junto con su ambiente inerte, constituye un ecosistema. Las leyes que gobiernan los ecosistemas son inmutables y escapan por completo a la voluntad del hombre. Cuando una especie, por la causa que sea, deja de cumplirlas, el castigo es su destrucción. Así, han desaparecido de la faz de la Tierra innumerables especies de animales y plantas. La obediencia de los miembros de una comunidad, se debe a su rígida interdependencia. Un individuo no puede vivir aislado, ya que no existe solución de continuidad entre él y la comunidad de la que forma parte; de la misma forma que tampoco existe, entre la célula, el tejido, el órgano y el organismo que los integra. La vida se organiza en estructuras o sistemas de jerarquía creciente, que comenzando en la célula termina en la Biosfera.

El lazo más importante que liga los miembros de un ecosistema, es la interdependencia alimenticia, ya que en esta relación participan, no sólo los factores bióticos, sino los inertes del ambiente. Por ello, el capítulo más fascinante de la historia del hombre, es el que narra cómo fue capaz de modificar los equilibrios nutricionales de las comunidades biológicas en su propio beneficio; destruyendo ecosistemas naturales, exterminando especies de distinto interés e importancia, mientras protegía la exagerada proliferación de otras, que se adaptan al impulso transformador que el hombre imprime a la Biosfera. Pero esta transformación no se ha hecho sin riesgo de destruir equilibrios naturales importantísimos, y de producir una contaminación química y una destrucción física y biológica del ambiente, con el peligro de convertir la superficie de la tierra en una capa nauseabunda, donde la vida sea cada día más desagradable y más llena de toda suerte de peligros.

La dependencia alimenticia se establece sobre estratos bien diferenciados: el suelo, las plantas verdes, los animales y, finalmente, el hombre. Las plantas adquieren así una importancia primordial, no sólo por constituir el primer

eslabón de la cadena —la frontera entre sistema inerte y el biológico— sino por ser los únicos organismos capaces de captar la energía radiante del ambiente, que en enormes cantidades nos envía el sol.

El hombre, debido a su plasticidad alimenticia que le permite nutrirse de los más variados recursos, ha podido extenderse por toda la superficie de la Tierra, adaptándose a todos los climas e integrándose en las más variadas comunidades. Seguramente, la caza constituyó al principio su principal fuente de alimentación; progresivamente —con la invención de una serie de armas e instrumentos, con los que trata de paliar su falta de especialización— se convierte en el formidable cazador, lleno de habilidad y de recursos, que aún hoy podemos admirar en ciertas tribus primitivas. Posteriormente, va a transformarse en cazador especializado, que explota, pero al mismo tiempo protege la especie cazada. De esta gradual dependencia entre el cazador y su víctima, se desarrolla la ganadería; que obliga al hombre al nomadismo, en busca de pastos capaces de alimentar a la especie explotada. La forma primitiva de la explotación alimenticia de los vegetales fue la cosecha silvestre de una serie de plantas no sembradas. Toda una economía puede fundarse sobre la asociación natural del hombre y el vegetal, y su origen es probablemente tan antiguo como la humanidad; y simultáneo con la explotación de los animales en forma de caza o ganadería.

Sin embargo, todas estas formas de explotación, eran perfectamente compatibles con el mantenimiento de los equilibrios naturales entre los diferentes componentes de la comunidad biológica. El hombre no cambiaba de manera sustancial e irreversible los ecosistemas de los que formaba parte y, por ello, tampoco modificaba de forma radical su cultura; esto únicamente ocurre, cuando inventa una nueva técnica de explotación de la naturaleza: la Agricultura.

Muy imperfecta es la información que podemos obtener de la Historia —e incluso de la Prehistoria— sobre los comienzos de la vida agrícola. A falta de penetrar en su misterioso origen, podemos caracterizar aquellos periodos en que el hombre se apropió de las escasas especies vegetales que hicieron posibles las labores agrícolas y aseguraron cosechas suficientes para su alimentación. Fueron, con toda seguridad, periodos de gran dinamismo intelectual los que han conocido todas las civilizaciones rurales en el momento de su instalación.

El hombre alcanza durante el Pleistoceno el pleno desarrollo de su madurez mental y, con ella, el máximo nivel de civilización que le permite las condiciones del medio en que vive. Adquiere, incluso, cierta estabilidad económica al llegar —en las etapas del Paleolítico Superior— a la caza especializada; para la que es necesaria mayor capacidad de observación y actividad inteligente que la requerida en la recolección indiscriminada de cualquier tipo de alimento vegetal o animal, tal como la practicaban las hordas primitivas.

Al final de este periodo (el Pleistoceno), se producen cambios climáticos muy importantes que provocan profundas transformaciones del paisaje vegetal y de la distribución de los animales. Las masas glaciares retroceden en el hemisferio Norte, con lo que el espacio habitable se amplía, aunque al mismo tiempo se desarrollan espesos bosques que empujan a los rebaños de herbívoros hacia las praderas eurosiberianas en el borde de las regiones árticas. De igual forma, las zonas subtropicales —en un proceso gradual de desertización— concentran la vida humana y animal en la cuenca de los grandes ríos; donde la estabilización de la agricultura hará posible la génesis de las civilizaciones. La agricultura y la ganadería constituirán en lo sucesivo la base de una nueva economía, cuyas consecuencias serán trascendentales para el desarrollo de la civilización y la aparición de una nueva forma de vida humana. El laboreo de la tierra produce una tecnología peculiar, que no trata únicamente de obtener los alimentos necesarios, sino de acumular las reservas que aseguren el futuro. Así nace el concepto de riqueza ligado al de producción y, como consecuencia, la aparición de desigualdades entre las diversas sociedades y entre los hombres que forman una misma sociedad; lo que producirá tensiones que conducen con frecuencia a la guerra, fenómeno seguramente desconocido con anterioridad. La actividad agrícola liga al hombre a la tierra, y esta permanencia racionaliza el trabajo y acentúa su carácter colectivo. Las consecuencias de la *nueva economía* son tan extraordinarias que se habla —refiriéndose a ella— de la “revolución neolítica”. Tal concepto se impone al comparar, el largo camino recorrido por la Humanidad hasta llegar a este nivel, con el corto espacio de tiempo en que el hombre alcanza —dentro del mismo— las primeras Civilizaciones Históricas.

Pero si el proceso tuvo un rápido y trascendental desenlace, su gestión fue

extraordinariamente larga. Fueron las cosechas silvestres las que dieron al hombre las primeras nociones sobre la vida vegetal y, gracias a ellas, pudo hacer de las plantas sus aliadas y la fuente de su existencia. Al mismo tiempo, aprendió a conocer el influjo que el suelo, el agua, el clima, y toda una amplia constelación de factores, tienen sobre la nutrición y el crecimiento de las plantas. De igual forma, una buena parte de las gramináceas que constituyen el fondo agrícola y alimenticio de la Humanidad, fueron primeramente utilizadas en forma de cosecha silvestre y su selección tuvo por base el inmenso dominio que sobre estas especies habían conseguido los recolectores. Llegamos, así, a la conclusión de que la agricultura fue sólo posible por la acumulación del inmenso caudal de conocimientos, que el hombre había ido reuniendo en la época pre-agrícola; los que al transmitirse por tradición oral —a través de innumerables generaciones— llegaron a adquirir un grado elevado de eficacia práctica.

Si admitimos que en todo conocimiento práctico hay una etapa artesana, otra técnica y otra científica —que evolucionan sucesivamente, aunque conviviendo muchas veces en armonía— podemos llegar a la conclusión de que el periodo prehistórico de cosechas silvestres, fue el que gestó el conocimiento *artesano* sobre la nutrición de las plantas y sus relaciones con el suelo, el agua y la luz, como factores fundamentales. A la revolución neolítica —antes mencionada— la podemos identificar con el desarrollo de una *técnica* basada en un previo conocimiento artesano.

Naturalmente, el trabajo agrícola fue objeto de un lento perfeccionamiento, y sus técnicas actuales son el resultado de una milenaria experiencia que difiere mucho de sus formas iniciales. Sin duda alguna, éstas fueron los cultivos itinerantes, en que la agricultura se asocia de forma natural al nomadismo pastoril, practicando cultivos rápidos, casi fugitivos. Todavía podemos observar ejemplos actuales de ella en los cultivos que realizan durante el verano los montañeses en los altos valles a los que llevan a pastar el ganado en época estival; o en la agricultura de ciertos primitivos que viven en regiones ecuatoriales y tropicales, donde las lluvias abundantes y tibias determinan el lavado de los suelos provocando una rapidísima pérdida de su fertilidad. En climas húmedos y fríos, es el descenso considerable de la “nitrificación” el que conduce, en un tiempo más o menos largo, al obligado desplazamiento de los cultivos. Otra forma de los cultivos itinerantes fue en



El hombre alcanza durante el Pleistoceno el pleno desarrollo de su madurez mental y, con ella, el máximo nivel de civilización que le permite las condiciones del medio en que vive. Adquiere, incluso, cierta estabilidad económica al llegar —en las etapas del Paleolítico Superior— a la caza especializada; para la que es necesaria mayor capacidad de observación y actividad inteligente que la requerida en la recolección indiscriminada de cualquier tipo de alimento vegetal o animal, tal como la practicaban las hordas primitivas.

Al final de este periodo (el Pleistoceno), se producen cambios climáticos muy importantes que provocan profundas transformaciones del paisaje vegetal y de la distribución de los animales. Las masas glaciares retroceden en el hemisferio Norte, con lo que el espacio habitable se amplía, aunque al mismo tiempo se desarrollan espesos bosques que empujan a los rebaños de herbívoros hacia las praderas eurosiberianas en el borde de las regiones árticas. De igual forma, las zonas subtropicales —en un proceso gradual de desertización— concentran la vida humana y animal en la cuenca de los grandes ríos; donde la estabilización de la agricultura hará posible la génesis de las civilizaciones. La agricultura y la ganadería constituirán en lo sucesivo la base de una nueva economía, cuyas consecuencias serán trascendentales para el desarrollo de la civilización y la aparición de una nueva forma de vida humana. El laboreo de la tierra produce una tecnología peculiar, que no trata únicamente de obtener los alimentos necesarios, sino de acumular las reservas que aseguren el futuro. Así nace el concepto de riqueza ligado al de producción y, como consecuencia, la aparición de desigualdades entre las diversas sociedades y entre los hombres que forman una misma sociedad; lo que producirá tensiones que conducen con frecuencia a la guerra, fenómeno seguramente desconocido con anterioridad. La actividad agrícola liga al hombre a la tierra, y esta permanencia racionaliza el trabajo y acentúa su carácter colectivo. Las consecuencias de la *nueva economía* son tan extraordinarias que se habla —refiriéndose a ella— de la “revolución neolítica”. Tal concepto se impone al comparar, el largo camino recorrido por la Humanidad hasta llegar a este nivel, con el corto espacio de tiempo en que el hombre alcanza —dentro del mismo— las primeras Civilizaciones Históricas.

Pero si el proceso tuvo un rápido y trascendental desenlace, su gestión fue

extraordinariamente larga. Fueron las cosechas silvestres las que dieron al hombre las primeras nociones sobre la vida vegetal y, gracias a ellas, pudo hacer de las plantas sus aliadas y la fuente de su existencia. Al mismo tiempo, aprendió a conocer el influjo que el suelo, el agua, el clima, y toda una amplia constelación de factores, tienen sobre la nutrición y el crecimiento de las plantas. De igual forma, una buena parte de las gramíneas que constituyen el fondo agrícola y alimenticio de la Humanidad, fueron primeramente utilizadas en forma de cosecha silvestre y su selección tuvo por base el inmenso dominio que sobre estas especies habían conseguido los recolectores. Llegamos, así, a la conclusión de que la agricultura fue sólo posible por la acumulación del inmenso caudal de conocimientos, que el hombre había ido reuniendo en la época pre-agrícola; los que al transmitirse por tradición oral —a través de innumerables generaciones— llegaron a adquirir un grado elevado de eficacia práctica.

Si admitimos que en todo conocimiento práctico hay una etapa artesana, otra técnica y otra científica —que evolucionan sucesivamente, aunque conviviendo muchas veces en armonía— podemos llegar a la conclusión de que el periodo prehistórico de cosechas silvestres, fue el que gestó el conocimiento *artesano* sobre la nutrición de las plantas y sus relaciones con el suelo, el agua y la luz, como factores fundamentales. A la revolución neolítica —antes mencionada— la podemos identificar con el desarrollo de una *técnica* basada en un previo conocimiento artesano.

Naturalmente, el trabajo agrícola fue objeto de un lento perfeccionamiento, y sus técnicas actuales son el resultado de una milenaria experiencia que difiere mucho de sus formas iniciales. Sin duda alguna, éstas fueron los cultivos itinerantes, en que la agricultura se asocia de forma natural al nomadismo pastoril, practicando cultivos rápidos, casi fugitivos. Todavía podemos observar ejemplos actuales de ella en los cultivos que realizan durante el verano los montañeses en los altos valles a los que llevan a pastar el ganado en época estival; o en la agricultura de ciertos primitivos que viven en regiones ecuatoriales y tropicales, donde las lluvias abundantes y tibias determinan el lavado de los suelos provocando una rapidísima pérdida de su fertilidad. En climas húmedos y fríos, es el descenso considerable de la “nitrificación” el que conduce, en un tiempo más o menos largo, al obligado desplazamiento de los cultivos. Otra forma de los cultivos itinerantes fue en

el pasado, y lo sigue siendo en la actualidad, los llamados cultivos sobre "cenizas"; en los que el fuego —al destruir el bosque y los matorrales— deja un suelo muy apto para el cultivo: libre de plantas competidoras y enriquecido en sus cualidades nutritivas por las cenizas resultantes del incendio. Gracias a estas prácticas, las montañas de la Europa Central y Meridional han permitido vivir a una población relativamente numerosa. Sin embargo, en la región Mediterránea, la deforestación originada en terrenos de elevada pendiente e intensa erosión —producida por las lluvias torrenciales de primavera y otoño— han conducido a la destrucción casi total del suelo o, en el mejor de los casos, a una vegetación degradada de escasísimo o nulo valor económico.

En resumen, el nomadismo agrícola determina unas condiciones demográficas especiales, propias de grupos humanos poco evolucionados desde el punto de vista político y social; las que corresponden a una etapa inicial del conocimiento de la nutrición vegetal por el hombre, y a un nivel bien definido de civilización.

Estas formas rudimentarias e inestables de agricultura fueron las que permitieron extender la revolución neolítica a una amplia zona, que va desde el Cáucaso al Egeo, y desde el Mar Negro a Egipto. Aunque en su progresión chocó con los espesos bosques que cubrían las tierras centro-europeas —que soportaban una población muy escasa acampada a la orilla de los ríos, donde practicaban la pesca y la recolección— muy pronto estos mismos pobladores, adoptan la tecnología de los colonos neolíticos y practican los cultivos itinerantes. La difusión de la nueva cultura en el quinto milenio, se extiende a través del mar por todas las zonas peri-mediterráneas de Occidente; y al final del milenio cuarto se ha impuesto en la mayor parte de los territorios europeos. Más al Norte, por encima del paralelo 60, la población prosigue manteniendo una exclusiva actividad cazadora que continúa la tradición de los viejos pueblos del Paleolítico Superior.

El paso del cultivo itinerante —tal como lo practicaba el hombre neolítico— al permanente, es sin duda uno de los grandes hechos de la historia humana; ya que la sedentariedad de los cultivos se asocia necesariamente a la de los hombres que los practican; así, surgen transformaciones rotundas en la organización política y social y se crea una nueva cultura que conocemos

con el nombre de Civilización. Cuando el historiador Toynbee, se plantea el origen de las civilizaciones, reconoce que éstas son un fenómeno muy reciente —de hace poco más de 6000 años— y que su génesis puede filiarse con siete civilizaciones primitivas que carecen de precedentes: la Civilización Sumérica, en el valle del Tigris-Eúfrates; la Egipcia, en el valle del Nilo; la Indica, en el valle del Indo; la de Shang, en el valle del río Amarillo; la Minoica, en Creta; la Maya, en la selva tropical centro-americana; y la Andina, en el altiplano peruano. Para un biólogo, resulta evidente que todas ellas surgieron alrededor de un tránsito histórico singular: la aparición de la Agricultura Permanente. A las cuatro primeras, pertenece una agricultura de regadío en la que la fertilidad del suelo era periódicamente renovada por las avenidas fluviales; las dos últimas se distinguen, por la "apropiación" de dos plantas singulares: la patata y el maíz. Pero no existe fijación posible de los cultivos sin un profundo conocimiento —aunque sólo sea empírico— de las actitudes del suelo y el clima. Por ello, no sólo fue la "incitación" del medio la que creó las primeras Civilizaciones Históricas, sino la posibilidad de una "respuesta" apropiada por la posesión de un adecuado caudal de conocimientos. Saber acumulado pacientemente por el hombre primitivo a través de miles de años, durante los que practicó la recolección y el cultivo itinerante de los vegetales.

En efecto, el cultivo rompe una serie de finísimos equilibrios que se establecen entre la vegetación y el suelo; cuando éste se rotura, se origina un conjunto de transformaciones que conducen a la disminución de su fertilidad. Así, la estructura se deteriora, con lo que la porosidad disminuye, y con ello el acceso del aire y del agua a la raíz; la materia orgánica se oxida, con lo que descienden las posibilidades de vida en el suelo y se deterioran sus características fisicoquímicas. De nuevo, debe alcanzarse el equilibrio —entre el suelo y la vegetación, entre el hombre y su ecosistema— en condiciones profundamente alteradas. Sólo cuando se consigue restablecer este equilibrio nutricional entre el suelo, la planta, los animales domésticos y el hombre, el nuevo tipo de sociedad perdura y la civilización progresa; cuando tal equilibrio fracasa, su economía declina y con ella la sociedad y la cultura dependientes.

Pero la fertilidad o capacidad nutritiva de un suelo, no es una cualidad estática, sino dinámica, lo que permite que el paso del tiempo la restaure.

Esto llevó a los agricultores a la invención de los barbechos; esas vacaciones del suelo, que no son solamente reposo, sino también reconstrucción. Durante ellas, el suelo se cubre de vegetación herbácea que le convierte casi en una pradera que —al ser pastada por el ganado y abonada por éste— incrementa su provisión de materia orgánica; lo que también se logra al ser enterradas las plantas espontáneas por la labor del arado. En fín, los barbechos tienen el mismo valor de un abonado y, a veces, de un riego.

Esta técnica de cultivo —en forma de ciclo bienal— cubría las tierras del Mediodía Europeo. Es la vieja alternativa mediterránea, practicada por griegos y romanos, y cuyos rastros históricos encontramos en Homero y Hesiodo. Labor cantada por Píndaro y Virgilio, y sus principios establecidos por Catón, Varrón y Columela. Sin embargo, su origen seguramente se remonta a periodos mucho más lejanos que aquéllos en los que se nos ofrecen sus primeros testimonios. El gran responsable de los barbechos bienales es el clima, con un periodo de sequía estival, en el que la desaparición brutal de las lluvias es acompañada por fuertes calores.

El equilibrio precario que, en estas condiciones, consigue la nutrición de las plantas cultivadas, conforma totalmente el paisaje campesino y la vida de sus gentes. Un sistema de producción en que cada parcela suministra cosecha sólo un año de cada dos, necesita espacio; de aquí la búsqueda incesante de nuevos suelos agrícolas en un ámbito en donde los buenos suelos se hallan dispersos generalmente en islotes de escasa extensión. La degradación forestal es frecuentemente la consecuencia de estas insuficiencias naturales en la producción de alimentos; y como resultado: la erosión, que en las zonas de elevada pendiente ha dejado enormes extensiones de roca estéril. Para luchar contra ella, el hombre mediterráneo, en una labor titánica de siglos, ha construído, sobre muros de piedra, campos de bancales que rompen las pendientes de los empinados valles. Se trata de obtener superficies horizontales, de espesor suficiente, al mismo tiempo que de retener el agua de lluvia.

La generalización del barbecho ha tenido consecuencias profundas en áreas aparentemente muy alejadas de la agricultura. Así, por ejemplo, los periodos de ocio que obligaban al campesino a buscar recursos complementarios en pequeñas industrias practicadas a domicilio (artesanía); o las migraciones

temporales impuestas por la pobreza de un sistema fundado en el periódico reposo de los campos; o el cultivo de árboles frutales plantados en los lindes de los campos y a lo largo de los caminos, que constituían una especie de seguro contra las deficiencias de la producción cerealista. La visión de una economía campesina formada por pequeñas haciendas con múltiples cultivos, muestran claramente la debilidad de los usos comunales que, por el contrario, son los ejes de los sistemas agrícolas del Norte de Europa. El policultivo meridional es demasiado variado para admitir otras normas que no sean las de la libertad. ¿Será ésta la causa del fuerte individualismo que presentan los pueblos mediterráneos? ¿No serán los usos rurales los que expresan y conservan unos hábitos que no proceden de una inclinación innata, ni siquiera histórica? Las instituciones no habrían hecho nada más que consagrar los usos nacidos de las condiciones naturales, y no han intervenido sino cuando tales usos se habían convertido en costumbres.

Por el contrario, en la Europa Septentrional se estableció un sistema menos pobre que el de la rotación bienal; ya que la sucesión de los cultivos tenía un ritmo de tres años. La rotación trienal se encontraba asociada con derecho de usos comunes; la alternativa se hacía en bloque y en las tierras, con las cosechas levantadas, los rebaños encontraban su sustento. Surge, así, una serie de servidumbres colectivas, en las que se ha creído reconocer un origen pastoril, cuya antigüedad se hace remontar hasta los antiguos germanos.

Estos fueron los antecedentes de los sistemas de siembra llamados “intensivos”, que dependen de una renovación regular de la fertilidad del suelo mediante una alternativa de cultivos, capaz de sostenerla e incluso aumentarla. Los cultivos intensivos representan la revolución agrícola de los dos últimos siglos y tienen como antecedentes dos ejemplos que constituyen sendas victorias del esfuerzo y la inteligencia del hombre en la conquista de la Naturaleza.

Uno de estos ejemplos puede encontrarse en la agricultura desarrollada sobre la llanura flamenca. Los suelos de Flandes no tienen riqueza natural; están constituídos a menudo por arenas, más o menos mullidas o espesas, pero siempre permeables; por lo que sufren fácilmente la sequía —aún en un clima húmedo— y se calientan rápidamente por el sol, para enfriarse aún con mayor rapidez por la noche, lo que perjudica las raíces de las plantas. A



cierta profundidad, la arena se hace compacta, retiene el agua, y la falta de permeabilidad perjudica las cosechas. Por último, tales suelos arenosos son extremadamente pobres en elementos nutritivos. En otros lugares, el suelo está formado por arcilla de una tenacidad increíble que —empapada por el agua— hace extraordinariamente difícil su labranza. Por si fuera poco, el viento sopla permanentemente y con violencia, obligando a proteger los sembrados con setos; la temperatura es baja en la mayor parte del año y la luz escasa.

Pues bien, este país tan mediocrementemente dotado por la naturaleza, llegó a ser en el pasado —y lo sigue siendo en la actualidad— uno de los que han adquirido mayor reputación de riqueza agrícola; y esto como exclusiva consecuencia del trabajo del hombre. Desde muy antiguo —por su situación geográfica y facilidades para el comercio— se ha visto a los hombres apilarse sobre esta tierra ingrata, lo que les ha obligado a buscar recursos alimenticios realizando una labor agrícola prodigiosa. Así ha creado pequeñas explotaciones cultivadas como jardines, enmendadas y abonadas de mil maneras diferentes; removiendo, mullendo, saneando y aireando el suelo en una labor continúa que destruye las plantas competidoras y favorece las transformaciones químicas que sostienen la fertilidad, Flandes pudo mostrar —en plena Edad Media— el espectáculo insólito de una agricultura en plena evolución.

El ejemplo Chino —en el otro extremo del viejo Continente— resulta curiosamente semejante. La antigua China no fue un país de fácil explotación. La llanura de “los nueve ríos” —tenía muchos más de nueve—, y toda la región situada entre el río Azul y Amarillo era una red de corrientes fluviales que se perdían en pantanos, constituyendo un suelo anfibio, incultivable y casi inhabitable. Sin embargo, cuando el fuego hizo retroceder las hierbas invasoras y se impuso disciplina a las aguas, toda esta inmensa región se convirtió en un país de extraordinaria riqueza agrícola, que ha permitido durante miles de años alimentar la densidad de población más elevada del Planeta. Gracias a una labor sin reposo, la tierra avaramente distribuída, ha permitido durante siglos la subsistencia de familias siempre superabundantes y siempre acechadas por el hambre. Por ello, la Civilización China es una civilización vegetal, ya que descansa sobre la alimentación vegetariana, perfectamente programada para no reclamar la

de productos animales. Su experiencia milenaria, ha demostrado que el animal y los alimentos que produce, son un lujo que no puede permitirse una sociedad superpoblada. Es ésta una lección que los pueblos de Occidente tendrán que aprender —tal vez en breve plazo— reduciendo la ganadería a los rumiantes, que son los únicos que por su especial fisiología no compiten con el hombre. Otra lección que tendrán que aprender de los campesinos chinos, es a no despilfarrar la Naturaleza, devolviendo al suelo cualquier resto orgánico que pueda sostener su fertilidad.

Estos dos ejemplos vienen a demostrar que son el trabajo y la inteligencia los factores multiplicadores más importantes de la producción agrícola; y que en sistemas de producción como éstos, la tierra ya no reposa ni se fatiga, porque el trabajo del hombre le asegura una perpetua fecundidad.

## II. LA CIENCIA DE LA NUTRICION VEGETAL

Asombra el enorme caudal de conocimientos útiles que el hombre había acumulado al iniciarse la etapa científica de la Nutrición de las Plantas. Sobre un extenso conjunto de conocimientos empíricos, se había establecido, en muchas regiones, una agricultura intensiva, creadora de la prosperidad económica que permitiría la Revolución Industrial, cuyas consecuencias sociales, políticas y culturales caracterizan la época en que vivimos. Sin embargo, hasta finales del siglo XVII, no encontramos los primeros balbuceos de esta rama de la Fisiología Vegetal. Los sabios griegos, aparte de algunas intuiciones geniales, contribuyeron muy poco en este capítulo de la ciencia; y los latinos, aunque se interesaron muy eficazmente por los aspectos prácticos de la agricultura, carecieron del espíritu científico necesario para buscar las causas de los fenómenos que describían. Por otra parte, la general aceptación de la filosofía de Aristóteles —que separaba claramente la función nutritiva de la actividad vital de la planta— constituyó un obstáculo casi insuperable. Es mucho más tarde cuando se realizan los primeros experimentos por Van Helmont (1577-1644) y Boyle (1627-1691) y Leonardo de Vinci (1452-1519), y sólo para deducir la verdad parcial de que el principal alimento de las plantas es el agua; uno de los cuatro elementos de los que se consideraba derivada, por transmutación, la materia

constitutiva de animales y plantas. A pesar de que durante todo el siglo XVIII y la mitad del XIX se acumulan los resultados de una creciente experimentación, no fue posible alcanzar una explicación satisfactoria de la fotosíntesis ni de la nutrición mineral, hasta que abandonadas las teorías del flogisto y la transmutación, Lavoisier (1743-1794) establece las leyes fundamentales de la química. Usando éstas, Saussure (1767-1845) es el primero en ofrecer hechos y conclusiones indiscutibles de que la materia constitutiva de las plantas deriva del agua y del anhídrido carbónico del aire, mientras que las sustancias minerales proceden del suelo.

La evidente e indiscutible intervención del suelo en la nutrición de las plantas, fue explicada —hasta bien entrado el siglo XIX— por la existencia en él de un llamado “principio de vegetación” cuya identidad dió origen a muchas controversias. Por analogía con la alimentación de los animales, y por el hecho, repetidamente comprobado, de que la adición de estiércol restaura y conserva la fertilidad del suelo, se llegó a la conclusión de que las plantas extraían su carbón y otros nutrientes del humus contenido en el suelo. Así lo enseñaban —siguiendo a Wallerius (1761)— Von Thaer (1809) y Davy (1813), autores de los dos tratados de agricultura más populares en su tiempo; y lo respaldaba con su gran autoridad el químico Berzelius (1838). Sin embargo, un estudio realmente experimental del suelo, no se inicia hasta que Boussingault (1802-1887) efectúa sus célebres ensayos en Alsacia. Pesando y analizando los abonos utilizados y la cosecha obtenida, demostró que el estiércol no satisfacía las necesidades del cultivo, y que materiales de otras procedencias —aire, lluvia y suelo— eran utilizados por las plantas. No obstante, no se hicieron descubrimientos importantes, ni siquiera se tomó interés por estas cuestiones, hasta la famosa comunicación de Liebig (1840) a la British Association sobre la situación de la Química Orgánica y sus aplicaciones a la Agricultura y a la Fisiología. En ella, desdeñaba a los fitofisiólogos de su tiempo por adherirse —a pesar de las pruebas acumuladas— a la teoría de que las plantas obtenían su carbono del suelo y no del aire. Los sarcasmos y la autoridad de Liebig, hicieron lo que no había logrado la experimentación y la lógica de Saussure y Boussingault: acabar con la teoría del humus, que ya nadie se atrevió en lo sucesivo a defender.

Para Liebig, las plantas tenían una fuente inagotable de carbono en el aire, y la función del humus no era otra que regenerarla. Respecto al nitrógeno,

admitía que podía provenir del suelo, del estiércol o del aire. No obstante, el más importante de sus postulados fue la afirmación de que el suelo únicamente puede conservar su fertilidad si se le restituye, bajo la forma de abonos, las sustancias minerales y el nitrógeno que ha extraído el cultivo; formulando la famosa ley del “retorno”, fundamento del empleo de los abonos artificiales. Más tarde dió a conocer la popularísima ley del “mínimo”, que gobierna todos los procesos fisiológicos de animales y plantas y que ha sido reelaborada, ampliada y modificada por numerosos autores —Blackman (1905), Mitscherlich (1909), Willcox (1937), Homes (1961)— en un esfuerzo continuado de establecer una relación cuantitativa entre la nutrición y la cosecha.

Pero los trabajos de Liebig fueron importantes, no sólo por sus aciertos, sino también por sus errores; ya que estimularon un extenso abanico de investigaciones que trataban de comprobar o rebatir sus ideas. Así, se iniciaron los grandes experimentos de campo de la Estación Experimental de Rothamsted —conducidos por Lawes y Gilbert— que después de más de un siglo todavía están en marcha; y que permitieron demostrar que los efectos beneficiosos del barbecho se deben a que aumentan la cantidad de puede mantenerse —por lo menos durante bastante años— por medio de los abonos artificiales. Los abonos artificiales propuestos por Liebig, después de su fracaso inicial, triunfarían de forma tan completa que han desarrollado una de las ramas más poderosas de la industria química, y que harían, andando el tiempo, que la producción agrícola de cualquier nación sea directamente proporcional al consumo de fertilizantes artificiales.

No obstante el conjunto de pruebas que se acumulan durante todo el siglo XIX sobre la importancia del suelo en la nutrición de las plantas, el estudio científico de éste, y el nacimiento de la Edafología como disciplina científica, se retrasan hasta el final del siglo XIX y principios del XX. Es en esta época, cuando se comprende el carácter dinámico y polifásico del suelo; cuando se descubre que los suelos son mineralógicamente más heterogéneos que las rocas de donde proceden y que existen diversos factores que intervienen en su génesis y desarrollo; cuando se valora la importancia del cambio iónico entre el agua y los coloides del suelo; cuando, por último, se concibe como un sistema dinámico y continuo el constituido por la planta y el suelo en que vive enraizada. Además, en esta época —gracias a las

investigaciones de Berthelot (1892), Winogradsky (1893), Beijerinck (1901) y Hellriegel (1897), entre otros— se descubre que el suelo está habitado por una serie de organismos microscópicos —bacterias, algas y hongos— que gozan de la importantísima capacidad de fijar el nitrógeno de la atmósfera y liberar el que en forma de moléculas complejas llega al suelo, formando restos orgánicos de diversa procedencia. Se aclara así, el origen del nitrógeno que las plantas cultivadas utilizan en su nutrición.

Siendo la nutrición el proceso de captación de los materiales del medio y su integración en el sistema viviente, la aceptación de la teoría atómica, planteaba un problema fundamental: averiguar qué elementos eran esenciales para la estructura y funcionamiento del vegetal, y cuales no. Si la más importante tarea de los químicos del siglo XIX fue el descubrimiento de los elementos químicos, paralelamente, la de los nutriólogos fue completar la lista de los elementos biogénicos; lo que adquiere importancia, no sólo en los campos afines de la Fisiología Animal y la Bioquímica, sino en las aplicaciones prácticas de la Agricultura. Para la solución de este problema, fue necesario idear una metodología adecuada y —ya que el suelo constituía un medio nutritivo demasiado complejo— se recurrió al empleo de soluciones nutritivas de composición perfectamente controlada. Aunque fueron varios los científicos del siglo XVII y XVIII que utilizaron en sus experimentos “los cultivos sin suelo”, no fue hasta mediados del XIX, cuando los progresos de la química permitieron la preparación de soluciones salinas de composición perfectamente conocida. Se demostró —casi simultáneamente por Sachs y Knop (1860)— la esencialidad de siete elementos nutritivos: nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio e hierro. Esta lista iba a permanecer prácticamente sin cambio hasta que —en la primera mitad del presente siglo— se añadieron otros elementos minerales sólo necesarios en pequeñas cantidades. Por otro lado, esta misma técnica ha sido empleada desde entonces para determinar las necesidades óptimas de la nutrición mineral, y establecer las relaciones que ligan la concentración de un nutriente con el crecimiento y, por tanto, con la producción o cosecha de la planta.

En los últimos 50 años, la evolución de los conocimientos sobre la nutrición de las plantas ha adquirido un ritmo acelerado, centrándose, sobre todo, en ciertos puntos de primordial importancia. Uno de ellos, la intervención en pequeñas cantidades, de ciertos elementos esenciales, conocidos con el

nombre de microelementos o micronutrientes; descubrimiento que tuvo repercusión inmediata en Bioquímica, al demostrarse su intervención específica en determinados sistemas enzimáticos fundamentales para la vida de la planta y de los animales. Otra fecunda línea de investigación, ha constituido el estudio de los mecanismos selectivos y específicos por los que la raíz de la planta absorbe e incorpora los elementos químicos del suelo, haciendo de tal incorporación un proceso extraordinariamente organizado con gasto de energía respiratoria. La existencia de “transportadores” específicos ha permitido explicar un conjunto de hechos contradictorios, como los que representan las interacciones —antagónicas o sinérgicas— en la absorción, transporte y utilización de los elementos minerales. Por último, los progresos de la Bioquímica Vegetal, han proporcionado también un cuadro más amplio y detallado de la nutrición de la planta en el nivel molecular.

### III. LAS POSIBILIDADES FUTURAS DE LA EXPLOTACION DEL SISTEMA SUELO-PLANTA

Una vez examinados el pasado y el presente de esta parcela del conocimiento que denominamos Nutrición Vegetal, cabe reflexionar sobre su futuro, su importancia en el desarrollo humano y en el de las otras ramas del conocimiento científico. Sin embargo, cualquier consideración del futuro implica una valoración del presente; de sus aciertos, reales o imaginarios, y de sus errores, siempre reales. Precisamente, las peculiaridades de nuestro tiempo hacen que esta reflexión adquiera una importancia vital. A partir del Renacimiento, la Humanidad inicia un proceso extraordinariamente dinámico que repercute en todos los ámbitos de la vida. La investigación sistemática y continuada de la naturaleza y la aplicación técnica de sus resultados, han mejorado las condiciones humanas de existencia de forma increíble, pero, al mismo tiempo, han sustituido una forma de vida característicamente estática por otra de un dinamismo fundamental. Esto representa una multiplicación acelerada de ideas y conocimientos; de deseos y posibilidades; de actividades y profesiones; y —lo que es más importante— un crecimiento exponencial de la población. Nos encontramos, como en los viejos tiempos de la revolución neolítica, con una crisis dinámica de origen cultural. Pero, tanto la Ciencia

como la Técnica son ambiguamente neutrales. Si se las abandona a su propio crecimiento continúan su camino y, al mismo tiempo que inundan de bienes materiales al hombre, se convierten en una peligrosa amenaza capaz de destruirlo. Es el crecimiento cultural de la Humanidad el que empuja al hombre hacia nuevos horizontes cada vez más amplios, y el que crea los problemas, dificultades y tensiones, con los que tendrá que enfrentarse en un futuro muy próximo. Nos encontramos en una fantástica encrucijada cuyas características son la incertidumbre, la ambigüedad y la complejidad. Muchos tienen la sensación de ser arrastrados por una corriente impetuosa que no saben a donde les dirige, ni si podrán zafarse de ella en caso de que la dirección resulte equivocada. El futuro, que en otros tiempos era meta de esperanzas y tema de promesas, se ha convertido en objeto de análisis y planificación científica; por lo que se están previendo los peligros que para la Humanidad encierra un crecimiento económico y tecnológico ilimitado, sin más ley que la competencia y la lucha por una situación mejor que la de los demás hombres. Si la aceleración en la industrialización, la contaminación, y el agotamiento de los recursos mundiales continúa al ritmo actual, los límites del crecimiento se alcanzarán antes de un siglo y lo más probable será un rápido declive posterior, tanto de la población como de la capacidad industrial y agrícola.

Entre todas estas limitaciones hay una sobresaliente e insoslayable que, por su naturaleza biológica, interesa por igual a todos los hombres: el problema de la alimentación de la Humanidad en el futuro. A este respecto, hay que destacar por su urgencia: los 25 años que aproximadamente nos separan del año 2000. En este período deberá resolverse un problema superlativo: el aumento del número de hombres que vivirán sobre la Tierra y que deberán ser alimentados por ella. Si volvemos los ojos al pasado, la urgencia no puede ser más evidente. En los tiempos de Cristo, se necesitaron mil años para que la población mundial se duplicara; en la Edad Media, sólo fueron necesarios quinientos; en el último siglo, cien; y, finalmente, de aquí al año 2000, bastará poco menos de treinta años para que la Humanidad se duplique ampliamente. Ahora bien, ¿cómo podrán obtenerse alimentos para tantos seres humanos? La respuesta actual es desoladora. Según la FAO, en el año 1966 la población mundial aumentó en un millón de habitantes cada seis días, mientras que la producción —también mundial— de alimentos no experimentó cambio alguno.

Sin embargo, un cálculo global como el anterior, posee escaso valor para comprender la situación. En efecto, existen enormes diferencias entre las distintas áreas en relación con las velocidades de crecimiento de la población y de la producción de alimentos. Así, podemos delimitar tres zonas distintas. A la primera podríamos denominarla “zona de la esperanza”, ya que desde hace bastante tiempo la producción de alimentos crece de forma más rápida que la población, y es muy previsible que este ritmo se acentúe en el futuro; en la segunda, que podríamos llamar “zona del equilibrio”, la producción de alimentos y la población crecen al mismo ritmo o, por lo menos, lo harán en un futuro inmediato; por último, la tercera, es la “zona trágica”, en la que —desde hace ya tiempo— la producción de alimentos crece mucho más lentamente que la de personas a las que hay que alimentar. Pero estas diferencias no descansan sobre un desigual reparto de los bienes naturales, sino sobre una distribución muy desequilibrada de los recursos culturales, achacable a causas pretéritas y que resulta muy difícil remediar en el presente.

En la parte afortunada de la Tierra —que está constituida por Europa Occidental, Norteamérica, Australia, Nueva Zelanda y un par de territorios asiáticos— desde hace siglos no aumenta la superficie cultivada, sino que por el contrario disminuye. Tal ha ocurrido en Norteamérica desde hace treinta años y empieza a ocurrir, aunque lentamente, en Europa. Probablemente España seguirá, en la presente década, el mismo camino. El hecho se debe a que se han puesto en cultivo todas las tierras susceptibles de ello, y anualmente se pierde parte de esta superficie en la construcción de áreas urbanas, industriales, vías de comunicación, etc. Paradójicamente, estos resultados se han conseguido disminuyendo drásticamente el número de personas dedicadas directamente a la producción de alimentos. En Norteamérica, por ejemplo, los doce millones de agricultores que existían en 1920 han quedado reducidos en la actualidad a seis; en Alemania Occidental, se ha conseguido en un breve tiempo disminuir en dos millones y medio la mano de obra dedicada a la agricultura; y, finalmente, en los países asociados al Mercado Común, se calcula en ocho millones de personas la reducción que deberá sufrir el sector agrícola en los próximos años. La prosperidad económica sin precedentes en la historia del mundo, que gozan —desde el final de la última Guerra Mundial— los países de esta zona, descansa sobre el

gran milagro de producir más alimentos que consume su población que, aunque moderadamente, sigue todavía aumentando.

En la segunda área —a la que pertenecen los dos bloques de países comunistas que tienen por capitalidad Moscú y Pekín— se ha conseguido equilibrar el crecimiento de la población y la producción de alimentos. Tanto Rusia como China, han tenido que comprar en los últimos años cantidades no despreciables de alimentos al mundo Occidental para cubrir sus necesidades; sin embargo, en estos países es más fácil ajustar la cifra del crecimiento demográfico que en los en vías de desarrollo; y, por otra parte, existen aún considerables reservas de terreno potencialmente cultivable y posibilidades de intensificar la producción, en especial, mediante el regadío. Por tanto, podemos admitir que —en el futuro— la producción de alimentos de esta zona crecerá en la misma medida que las necesidades de sus consumidores.

A la tercera zona —la trágica zona del hambre— pertenecen mil millones de seres humanos que habitan en el bloque de los países en vías de desarrollo. En ellos, la producción de alimentos sigue —y ha seguido en el pasado— la predominante tendencia a crecer con mayor lentitud que la cifra de población; y existe el pavoroso peligro de que esta alarmante evolución prosiga aún durante mucho tiempo. Para ganarle la batalla al hambre, habría que conseguir a finales del siglo XX —en que la población mundial se habrá duplicado— no sólo duplicar, sino triplicar, la producción de alimentos; ya que una proporción aterradora de hombres viven en esta parte del Globo en situación de verdadera inanición o, al menos, en un estado de insuficiencia alimenticia, debido a la falta de proteínas. Sin embargo, las posibilidades de producción de alimentos —a escala mundial— no están teóricamente agotadas, aunque su explotación presente ventajas y dificultades de grado variable. Tales reservas pueden ser clasificadas en cuatro grupos.

El primero lo constituye la posibilidad de extender la superficie cultivada en la actualidad. De los trece millones de hectáreas que ocupa la tierra firme, sólo un poco más de la décima parte —unos mil quinientos millones— se cultivan y aunque una parte considerable de ella es de imposible utilización —por estar constituida por desiertos, montañas rocosas o cubiertas por el hielo— podría duplicarse sin dificultad la superficie cultivada, si se roturan

las selvas y junglas tropicales; lo que es posible, tanto en razón del clima, como de la configuración del terreno. No obstante, la utilización de esta reserva de alimentos presenta tales dificultades de tipo técnico y económico que hace muy problemática su explotación hasta los comienzos del próximo siglo; ya que el hombre ha empezado por roturar los suelos más ricos y de más económica producción; lo que restan son áreas marginales, cuya puesta en cultivo requiere una inversión de capital considerable. Sólo cuando la Humanidad, debido a necesidades inaplazables, esté dispuesta a pagar un elevado precio, podrá esta reserva entrar en servicio. Por ello, hay quien piensa que hasta el próximo milenio —si para entonces la población mundial supera los 6.500 millones de habitantes— no tendremos necesidad de explotarla, ya que existen otras más asequibles.

En efecto, existe una segunda posibilidad mucho más factible y real: la de duplicar e incluso triplicar el rendimiento —por unidad de superficie— de la tierra actualmente cultivada. Precisamente es en aquellas regiones dominadas por el hambre donde esta posibilidad puede lograrse con menor esfuerzo; lo que no quiere decir que el problema sea fácil, sino únicamente que tiene solución, como lo demuestran unos cuantos hechos que vamos a citar a continuación.

Tenemos, por ejemplo, las enormes diferencias de rendimiento que separan las tres zonas antes mencionadas. Mientras en la zona afortunada el trigo produce 3 ó 4 Tm/Ha, en la del hambre su rendimiento normal es cuatro veces menor; mientras el maíz produce en Estados Unidos un rendimiento medio de 5 Tm/Ha —e incluso algunos agricultores progresivos obtienen 8 ó 9— existen territorios africanos en que se cosecha menos de 1 Tm/Ha; por último, mientras que la cosecha de arroz en el Japón produce rendimientos de 5 Tm/Ha, y en España incluso de 6, grandes zonas del continente asiático —pertenecientes a la zona del hambre— sólo consiguen la tercera o la cuarta parte de los rendimientos anteriores.

Si de los valores medios pasamos a los máximos, las diferencias son aún mayores. Cualquier Estación Experimental, tiene la experiencia de que las cosechas obtenidas en sus campos de ensayo, son, por lo menos, el doble de las que obtiene el agricultor. La más antigua del mundo, la de Rothamsted en Inglaterra, consigue cosechas de trigo de 8.000 Kg/Ha, mientras que la media



nacional no excede de 4.000. Mis colaboradores en la Estación Experimental del Zaidín, han conseguido también doblar las cosechas máximas de maíz obtenidas por el agricultor de la Vega granadina, alcanzando los 16.000 Kg/Ha, aunque ha sido imposible controlar aún correctamente todos los factores, pero utilizando ya variedades producidas por investigadores españoles que superan ampliamente —en nuestros ensayos— a las americanas. También, las cosechas máximas mundiales alcanzan valores elevadísimos, que se estiman en 14.000 Kg/Ha para el trigo y 20.000 para el maíz. Aún podríamos preguntarnos si estas cifras agotan las posibilidades de producción, ya que en los cultivos en campo abierto numerosos factores limitan el crecimiento de la planta. La respuesta se ha obtenido trabajando en cámaras de crecimiento —en las que es posible controlar todos los factores externos— llegándose en ellas a fantásticas cosechas, superiores de 10 a 50 veces las obtenidas en los cultivos. No es pues la potencialidad genética de las variedades cultivadas la que limita la producción, sino las condiciones en que realiza el campesino su cultivo.

Más demostrativos que los niveles actuales de producción, resultan los índices de su crecimiento en las distintas zonas. En la primera, los Estados Unidos ofrecen el más típico ejemplo de expansión. Entre 1940 y 1961, su producción agraria creció en un 60 por ciento, a pesar de que la superficie cultivada disminuyó en un 10 por ciento y la población campesina en dos quintas partes. Tales resultados fueron posibles gracias a que la productividad agrícola creció a un ritmo tres veces superior a la industrial. Análogo fue el crecimiento de la producción de alimentos en la Europa Occidental a partir de 1948. Las diferencias de crecimiento agrícola entre los diferentes países son enormes —según la zona a que pertenecen— y no están relacionadas, ni con las disponibilidades relativas de suelo cultivable, ni con los hombres dedicados a la agricultura. Así, mientras la velocidad de crecimiento de la producción agraria es en el Japón del 4,6 por ciento anual, en la India solo es del 2,1 por ciento; mientras que en la América Hispánica, Méjico tiene un crecimiento del 7,1 por ciento anual, Chile solo alcanza el 1,6 por ciento y Uruguay o la Argentina tiene en sus producciones prácticamente estancadas.

La causa de estas diferencias queda aclarada cuando comparamos el nivel educativo de ambos tipos de países: de elevada y baja producción agrícola.

Mientras en el Japón no existe en la actualidad, prácticamente ningún analfabeto entre la población madura, la India, Indonesia, Burma y Pakistán tienen todavía un 70 por ciento y, a veces, hasta un 80 por ciento de analfabetos; correspondiendo todavía un porcentaje mayor a la población rural. Como ejemplo de que un país puede evadirse de la zona subdesarrollada, podemos citar a Méjico, donde el porcentaje de analfabetos era todavía muy alto hace 20 años, y el grado de rendimiento por hectárea de trigo era sólo de 800 kg. En la actualidad, se consiguen 2.500 Kg/Ha, lo que supone —en números redondos— triplicar el rendimiento en sólo 15 años. Pero, entre tanto, este país había hecho esfuerzos gigantescos a favor de su sistema general de enseñanza y, sobre todo, montando un sistema modelo de asesoramiento agrícola y una modesta, pero eficaz, estructura investigadora; que aparte de sus logros, ha podido canalizar la utilización de la magnífica investigación norteamericana.

En resumen, las diferencias regionales en la producción de alimentos, descansan sobre la utilización de dos tipos de agricultura —la artesana y la científica— que tienen muy diferentes niveles de producción y de expansión, pues mientras la primera ha agotado completamente sus posibilidades, la segunda presenta un optimista futuro.

En la tercera etapa de su evolución, la agricultura se convierte en una ciencia, cuya finalidad consiste en integrar todos los conocimientos físicos, químicos y biológicos en un sistema técnico de producción de alimentos. Como ciencia de síntesis, sus progresos, igual que su futuro, dependen del de otras ciencias que le sirven de auxiliares; y, en primer término, del de la Edafología, la Fisiología Vegetal y la Genética. Por eso, en aquellos países en que su enseñanza se encomendó a la Universidad, la agricultura científica ha tenido un rápido y fructífero desarrollo; ya que la división del conocimiento en compartimentos resulta artificial y estéril. Las aplicaciones utilitarias de la ciencia, no pueden prosperar separadas de la ciencia misma.

La agricultura científica aumenta el rendimiento de los cultivos, operando sobre varias acciones convergentes; cada una de las cuales depende, a su vez, del progreso científico de numerosas ciencias.

Así, siendo la agricultura una industria que transforma los materiales del

suelo y de la atmósfera en alimentos, su productividad depende de la eficacia transformadora de la planta cultivada. Las posibilidades que abre el futuro al perfeccionamiento de tal capacidad, se orientan en dos direcciones diferentes aunque complementarias. En primer término, aumentar la cantidad de cosecha obtenida por unidad de superficie, lo que depende de la dimensión y eficacia del proceso fotosintético, que capta y utiliza la energía luminosa del Sol. Aunque, en su nivel molecular, las fotosíntesis sea un proceso completamente evolucionado e inmodificable, puede ser extensamente manipulado como factor de la productividad del cultivo. Mediante el empleo de computadores —y usando una amplia información fisiológica experimentalmente obtenida— se ha conseguido en el maíz un “modelo” de planta, cuya consecución constituirá la meta de las investigaciones genéticas del futuro. La elevada capacidad para interceptar y captar la luz, es la característica más importante de las nuevas variedades de maíz, trigo, arroz, girasol o soja, que han permitido duplicar, y hasta triplicar, los rendimientos por hectárea de los países desarrollados. Sin embargo, tales producciones representan la disponibilidad en el suelo de agua y nutrientes minerales en cantidades casi ilimitadas y, desde luego, muy superiores a las que cualquier suelo natural puede proporcionar. Esto hace depender la agricultura de la industria de los fertilizantes, ya que se puede establecer una perfecta correlación entre la cantidad de fertilizantes empleados en un país y su producción de alimentos. Algunas cifras son muy reveladoras a este respecto. Inglaterra, que cuenta con una de las agriculturas más científicas de Europa y donde el suelo por su limitada extensión debe ser explotado al máximo, duplica la producción de fertilizantes cada 10 años. España, que hasta 1972 no igualó el consumo y la producción industrial de abonos nitrogenados, ha duplicado también aquél en la última década, multiplicando su producción por 4,6. Esta aplicación masiva de sustancias químicas artificiales al suelo, no se hace sin riesgo de romper el equilibrio ecológico. Los nitratos que escapan de las tierras de labor, elevan su concentración en las aguas de ríos y lagos, en los que estimulan el crecimiento de microorganismos —y en particular de algas— que al consumir el oxígeno determinan la muerte de los peces y hacen peligrosa su bebida, tanto para el hombre como para los animales domésticos. El uso creciente de los fertilizantes en agricultura llegará pronto, en los países desarrollados, a un límite del que no será posible pasar. Sin embargo, en los países de la zona del hambre es éste —con toda seguridad— el factor más importante que limita la producción de alimentos.

Los efectos positivos de la aplicación de fertilizantes están, además, limitados por el conocimiento del suelo y del clima en el lugar de su aplicación; así como de las necesidades de la planta cultivada, que resultan variables en función de aquéllos. Sólo muy pocos países cuentan con una cartografía de suelos y microclimática lo suficientemente detallada para responder a estas exigencias. Por ello, podemos concluir que, en las demás regiones, la aplicación de fertilizantes es marcadamente empírica y se halla aún muy lejos de haber alcanzado el óptimo de utilización que caracteriza a una agricultura científica.

El problema del hambre es —por otra parte— de tipo cualitativo más que cuantitativo; ya que, si la ración de glúcidos o lípidos es suficiente en todas las regiones, no lo es en cambio la de proteínas o, más concretamente, la de ciertos aminoácidos que limitan el poder alimenticio de éstas. Desgraciadamente, las proteínas de origen vegetal son pobres en estos aminoácidos “esenciales”. Para corregir esta situación se han seguido dos caminos: bien encontrar variedades en que una mutación génica haya enriquecido tales componentes; bien aumentar el contenido general de las proteínas mediante una nutrición nitrogenada de la planta dirigida a este fin. Ambos caminos han sido apenas iniciados, aunque ya se cuente con resultados tan satisfactorios como el descubrimiento del gene “opaco” en el maíz, que determina un aumento considerable de los aminoácidos esenciales de este cereal.

En las zonas áridas y semiáridas —muy extensas en ambos hemisferios— el factor limitante de la producción vegetal es el agua, ya que la temperatura, la luz o los nutrientes minerales presentan intensidades elevadas. El riego constituye entonces la única solución, y es capaz, con frecuencia, de cambiar el paisaje de un semidesierto en el de un vergel. En los países de este área la utilización completa de los recursos hídricos es un factor básico en la producción de alimentos. Afortunadamente, las posibilidades de regadío a escala mundial, son actualmente enormes; ya que solamente se utiliza el 5 por ciento de la precipitación total. Si se consiguiera aprovechar, al menos, el 25 por ciento podría quintuplicarse la superficie regada del Planeta. En una serie de países, las obras en marcha, permiten afirmar que tal meta se alcanzará para el año 2000. China está a punto de aumentar su superficie regable en 100 millones de hectáreas; superficie que representa la totalidad

de regadío mundial hace 10 años. En España, en los 30 últimos años, se ha multiplicado por 3,5 el número de embalses y por 10 la capacidad de los mismos. Si este ritmo se continúa durante el presente siglo, habremos alcanzado la regulación del 70 por ciento de nuestros recursos fluviales y convertido los 40.000 millones de m<sup>3</sup>, actualmente embalsados, en 100.000. Con su utilización, nuestra capacidad para producir alimentos se habrá aumentado considerablemente. No debemos olvidar que las primeras agriculturas estabilizadas nacieron en zonas áridas gracias al empleo del riego.

Si el empleo del agua cobra una gran importancia, no menor la adquiere la economía de su utilización, que, en la mayor parte de los casos, sigue técnicas artesanas. Existe en este campo un enorme vacío que está llenando la investigación científica, y que permitirá —en breve plazo— un dominio científico de esta técnica.

Por último, una enorme reserva de alimentos la constituyen las posibilidades pesqueras de los océanos. Hasta hace pocos años, casi el 98 por ciento de las capturas procedían de los océanos del hemisferio Norte. Sin embargo, la superficie ocupada por los océanos en el hemisferio Sur, es vez y media mayor que la del Norte y sus posibilidades alimenticias apenas han sido usadas. Por otro lado, la pesca se ha realizado predominantemente en las zonas marítimas más frías, sin apenas explotar las tropicales y subtropicales. Las técnicas de congelación permiten hoy día alcanzar y explotar la pesca de cualquier mar, por alejado que se encuentre de su lugar de consumo. La Humanidad está comenzando a utilizar la mayor reserva de alimentos que existe sobre la Tierra. La producción mundial de pesca era, a comienzos del presente siglo, 4 millones de Tm.—algo más del doble de la actual española— hoy es de 65; y para el año 2000 se supone ascenderá a 200. Sin embargo, la pesca sólo constituye un aprovechamiento indirecto de los ecosistemas oceánicos, y existe la enorme posibilidad del empleo directo del plancton y las algas marinas para la alimentación humana, aunque esto no será necesario con seguridad hasta el año 2000. Así pues, el conocimiento científico de la nutrición de los vegetales y su utilización técnica, es fundamental —como en los remotos tiempos de la invención de la agricultura— para la supervivencia del hombre.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA DE GRANADA

