

N.º R. ALEPH 71870  
N.º R. Bib. 3004  
Signat. \_\_\_\_\_



REAL ACADEMIA DE MEDICINA DE SEVILLA

# Nutrición, floración y fructificación del olivo. Factores fisiológicos

DISCURSO DE RECEPCION

DEL ACADÉMICO ELECTO

Excmo. Sr. D. Francisco González García

Y

CONTESTACIÓN DEL ACADÉMICO DE HONOR

Excmo. Sr. D. Manuel Lora Tamayo



SEVILLA, 1982

REAL ACADEMIA DE MEDICINA DE SEVILLA

# Nutrición, floración y fructificación del olivo. Factores fisiológicos

DISCURSO DE RECEPCION

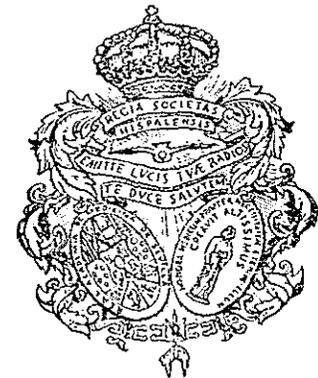
DEL ACADÉMICO ELECTO

Excmo. Sr. D. Francisco González García

Y

CONTESTACIÓN DEL ACADÉMICO DE HONOR

Excmo. Sr. D. Manuel Lora Tamayo



SEVILLA, 1982

DISCURSO  
DEL  
EXCMO. SR. DON FRANCISCO GONZALEZ GARCIA

---

*NUTRICION, FLORACION Y FRUCTIFICACION  
DEL OLIVO. FACTORES FISIOLÓGICOS*

Excmo. Sr. Presidente,  
Excmos. Sres. Académicos,  
Señoras y Señores:

Con cerca de dos años de demora acudo a cumplir el compromiso que contraí cuando esta Excma. Corporación, con una generosidad que nunca agradeceré bastante, tuvo a bien honrarme eligiéndome Académico Numerario de la misma. Tenemos siempre los hombres excusas o razones para justificar nuestros retrasos en realizar lo que hubiéramos querido y no pudimos o supimos hacer a su justo tiempo. Quisiera yo, y así lo espero otra vez de vuestra benevolencia y demostrada consideración hacia mí, que admitierais que fueron las segundas y no las primeras las que me obligaron a esta falta de puntualidad. Universitarios de excepción como sois vosotros, comprendéis sobradamente la honrosa pero grave y casi agobiante responsabilidad que hube de asumir durante los últimos cuatro años rigiendo por elección el Claustro, al que muchos de vosotros pertenecéis, los destinos de nuestra gloriosa Universidad Hispalense desde el cargo de Rector. Tantos esfuerzos y empeño puse en aquella gestión, en especial en tratar de acertar con el tono y el sentido de dignificación y seriedad académica que todos deseábamos para nuestra Universidad, que prácticamente no tuve tiempo de hacer nada más. La tarea del Rectorado fue para mí tan importante, ilusionadora y de tanta responsabilidad, que me absorbió por completo, como había de ser y nuestra Universidad merecía.

El hecho es, sin embargo, que desde que me hicisteis el honor de elegirme para formar parte de esta Excma. Academia nuestra, tuve el propósito y el deseo de corresponder con prontitud a vuestra generosidad. Aquí estoy para hacerlo hoy con el entusiasmo y la emoción del que concede a este acto la mayor trascendencia y del que considera ésta como una de las mayores distinciones que ha recibido en su ya dilatada experiencia.

Lo primero que siento deseos de hacer y hago, para corresponder a vuestro gesto desde lo más hondo de mi corazón, es abrirlo de par en par ante vosotros para expresaros mi emocionado agradecimiento. Formar parte de esta Corporación ha estado reser-

vado a personas eminentes por su sabiduría y por su experiencia, como queda bien a la vista contemplando la excelsa nómina de sus miembros y como atestigua su gloriosa historia.

Ingresar en esta corte de la ciencia es, por lo tanto, a la vez que recibir un honor difícilmente superable por otro alguno, aceptar una noble pero importante carga de responsabilidad. Quisiera yo simbolizar el reconocimiento a toda la Corporación en el que ahora expreso a su Excelentísimo e ilustre Presidente, universitario de excepción, Profesor ejemplar y amigo D. Gabriel Sánchez de la Cuesta, que con su esfuerzo está reivindicando para esta Academia todas las glorias de su pasado histórico, elevándola, si es que cabe hacerlo, a la más alta cima de consideración y prestigio que siempre le correspondió.

\* \* \*

Hace casi treinta años quiso Dios traerme a Sevilla desde mi cercana y entrañable Universidad de Granada. El entonces joven Profesor universitario, llegaba rebosante de ilusiones y lleno de propósitos y esperanzas que encontraron en esta hermosa tierra el mejor ambiente para su realización: gentes hospitalarias, una Facultad de Ciencias prestigiosa, en la que trabajaban Profesores eminentes en pleno rendimiento científico y docente, discípulos activos e inteligentes, otras Facultades hermanas amismo en plena actividad científica, todo lo que puede desear, en fin, un universitario para ejercer dignamente su actividad.

Escaseaban o faltaban, eso sí, los medios económicos e instrumentales. Pero debo confesar que esto es algo que nunca me preocupó más de lo conveniente. Siempre he pensado que lo importante es el trabajo, la constancia y el esfuerzo; y que en la empresa científica los medios acompañan pronto a la seriedad y a la calidad en el empeño, opinión que sigo sosteniendo, ahora por muchas y fundadas razones.

Desde entonces repartí mi trabajo, casi sin limitaciones, entre la docencia y la investigación, pero desde mi larga perspectiva actual debo confesar que todo fue fácil: los medios vinieron cuando hacía falta, los discípulos acudían a los laboratorios y las empresas y proyectos surgían casi espontáneamente.

He sostenido, y sigo manteniendo esta idea, que sin ciencia no existe Universidad que merezca tal nombre; y que cuanto mayor sea el desarrollo de aquélla en las Universidades, más alta será la calidad de la docencia. Como dijera el Profesor José María Albarreda, «no se enseña sino lo que se sabe, y no se sabe sino lo que se sabe hacer» (1). He pensado siempre que con estos principios es como se hace grande y cumple con su misión la Universidad; y que

si bien en ésta el cultivo de la ciencia básica, de la que toda ciencia y progreso se alimentan, debe ser siempre tarea y esfuerzo principal, no puede ni debe estar ausente por sistema la ciencia o investigación aplicada, ya que nadie se encuentra en mejores condiciones para llegar a la aplicación que quien conoce o descubrió las líneas maestras del conocimiento científico básico.

El cultivo de la ciencia básica no debe impedir a la Universidad el implicarse en la resolución de problemas, condición que han comprendido perfectamente los países más adelantados, que sobre el trabajo de las suyas respectivas cimentaron las bases de su desarrollo social y económico.

## INTRODUCCION

Poco tiempo después de llegado a Sevilla, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas me confió el encargo de desarrollar en esta región una rama de investigación en torno a las Ciencias básicas de la Agricultura. Desde entonces, a caballo entre la docencia y la investigación, entre la Universidad y aquella otra institución científica, sin abandonar el cultivo de la ciencia básica químico-inorgánica y desde mi primitiva área de trabajo personal de investigación en el campo de los silicatos de estructura laminar, de tan alta significación e importancia en la definición de las propiedades fisicoquímicas y de la fertilidad de los suelos agrícolas, pude desarrollar una serie de líneas de investigación paralelas unas veces, convergentes otras, diversificadoras y ampliadoras en no pocos casos, que comenzaron por el estudio de la clasificación y sistemática de los suelos del suroeste español y de sus principales propiedades físicas y químicas, y que continuaron más tarde con investigaciones sobre las condiciones de nutrición, desarrollo, fertilización y mejora de rendimientos de los cultivos principales de la región.

Cuando las circunstancias lo exigieron, hubo que desarrollar nuevas áreas para completar aspectos de las existentes o para ensanchar el campo de investigación. Así a los trabajos iniciales realizados con mis primeros colaboradores y amigos Salvador González, Manuel Chaves, José Luis Mudarra, Angeles Peyró, Roque Romero (2), se añadieron pronto nuevos estudios sistemáticos desarrollados por otra pléyade de discípulos y amigos, sobre Mineralogía y Micromorfología de suelos, con Guillermo Paneque; de Física del Suelo, con José Martín Aranda (3); de Química de los nutrientes del suelo, con Pablo Arambarri; de humus y materia orgánica, con Francisco Martín; de Fisiología Vegetal y Bioquímica, con Luis Catalina, Ana María García y Antonio Troncoso; de Mineralogía de arcillas, con Guillermo García y José Luis Pérez; de oligoelementos en suelos y plantas, con Carmen Mazuelos; de métodos rigurosos de evaluación para utilización de los suelos, con Diego de la Rosa, etc. Muchos otros nombres de colaboradores, hoy destacados especia-

listas en sus campos respectivos, como los anteriores, vinieron a sumarse a esta lista. Valgan entre ellos los de Juan Olmedo, Clemente Baños, Luis Clemente, Luis Madrid, Encarnación Barrientos, Cesáreo Sainz, Juan Cornejo, Félix Moreno, Rafael Sarmiento, Francisco Cabrera, Victoriano Valpuesta, María Carmen Hermosín, F. G. Vila, Jesús Prieto, Manuel Fernández, Manuel Roca, Agustín Parejo, Juana Liñán, y todo el excelente grupo de ayudantes y auxiliares que con ellos y conmigo se formaron y adquirieron la más alta destreza en el manejo de técnicas e instrumentos de todas clases.

Así, desde la Cátedra de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias de Sevilla, nació en 1953 el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, cuyo edificio, ya en pleno funcionamiento, inauguró en el año 1964 el Excmo. Sr. D. Manuel Lora Tamayo, entonces Ministro de Educación y Ciencia, eminente profesor y científico él mismo, que había honrado también con su magisterio a nuestra Facultad y que, tanto desde su cargo ministerial como, sobre todo, desde su ejemplar trabajo científico, tanto esfuerzo ha realizado para impulsar el progreso y mejorar la calidad de la Universidad española. Dirigí aquel Centro hasta finales de 1976. En él un excelente grupo de especialistas en ciencias agrarias continúan trabajando con renovado esfuerzo por el desarrollo científico, social y económico de nuestra nación y de nuestra tierra.

Intencionadamente, he dejado para el final de esta introducción la mención del trabajo que mis colaboradores y yo desarrollamos ya desde comienzos de los años sesenta sobre la nutrición, desarrollo, fructificación y rendimientos del olivar andaluz, en especial del de la provincia de Sevilla, que comprendió desde los caracteres y adecuación de los suelos a la determinación de los equilibrios nutritivos óptimos, necesarios para la producción de una buena cosecha, y a aspectos relacionados con la multiplicación, floración y fructificación del olivar.

En el interés de un grupo de personas empeñadas en cimentar científicamente el desarrollo agrario andaluz, no podía dejar de tener un lugar importante el estudio del olivar, un cultivo que ocupa en el área mediterránea una extensión aproximada de 7.500.000 Ha., en el que España es el país de mayor representación, con unas 2.267.000 Ha. de las que Andalucía reúne aproximadamente el 55 por ciento, con un total aproximado de 1.150.000 Ha. que incluyen prácticamente la totalidad del de mesa o de «verde» (unas 147.000 Ha.) (4).

España es asimismo el principal productor de aceite de oliva, con una media anual que supera las 450.000 Tm. y unas 150.000 Tm. de aceitunas de mesa por año, con un valor total superior a los 85.000 millones de pesetas para los productos y subproductos del olivar.

Paradójicamente, la producción media del olivar español es baja (poco más de 1.000 Kg. de aceituna, o 215 Kg. de aceite por Ha. y año), la vejería o alternancia en la producción es casi general y la merma de la cosecha producida por las plagas es considerable. Por otra parte, en 1960 el conocimiento sobre los parámetros nutritivos de este cultivo era extraordinariamente deficiente y la investigación realizada hasta entonces, muy escasa.

Es cierto que los problemas que con el olivar se relacionan son graves, variados y múltiples; y que su solución no depende sólo de factores científicos. Otras muchas circunstancias, tales como la dificultad todavía no superada de la mecanización de este cultivo, en particular de la recogida de la cosecha, la creciente carestía de la mano de obra, el asentamiento de gran parte del olivar en suelos o zonas marginales de malas cualidades agrícolas y la extraordinaria vejez y deficientes cuidados de numerosas plantaciones, a las que se añade la falta de una adecuada política de defensa y ayuda técnica hacia este cultivo y no pocas influencias y presiones de carácter económico, así como una inadecuada planificación del mercado de grasas, están llevando al olivar español a la más grave situación de su historia, con riesgos incluso para su supervivencia.

El panorama resultaba del mayor interés y en su estudio realizamos mis colaboradores y yo esfuerzos importantes. Sus resultados se plasmaron en varias Tesis doctorales y en una serie de publicaciones en revistas especializadas o presentadas a Congresos internacionales. Perdonadme la inmodestia de decir que gracias a aquel esfuerzo y a otros realizados paralelamente en otros Centros similares, así como en algunas Universidades, España se situó en vanguardia de esta clase de estudios. El Consejo Superior de Investigaciones Científicas otorgó en 1975 al que os habla, en gran parte por esta labor, el Premio Nacional «Francisco Franco» de Investigación en Ciencias que mis colaboradores merecieron tanto como yo.

Esta Excm. Academia, impulsora de todas las Ciencias, me hizo el honor de elegirme miembro de la misma por la rama de las Ciencias Agrarias. Por ello, como una modesta correspondencia a vuestra generosidad, he querido presentaros hoy un resumen de este trabajo, escogido del extenso campo científico mencionado, en la esperanza de contribuir al importante esfuerzo que esta Corporación viene desarrollando por el progreso de las Ciencias y de que sea de vuestro interés y del interés de los sevillanos.

Por vuestra benevolencia debo expresaros mi anticipado agradecimiento. Asimismo deseo expresaros muy cordial, respetuoso y sincero, al Excmo. Sr. D. Manuel Lora Tamayo, Académico Numerario en otro tiempo y en la actualidad Académico de Honor de esta Real de Medicina y Presidente de la Real Academia de Cien-

cias Exactas, Físicas y Naturales de España, por su amabilidad y gentileza al dignarse contestar a mi discurso. El, que tantas y tan importantes aportaciones supo realizar al desarrollo de la Química española, vio nacer el Centro en el que se realizaron aquellos trabajos, contribuyendo con su ayuda a potenciar nuestros esfuerzos. Una vez más he de agradecerle esta nueva atención hacia mi persona, que se suma a otras muchas, anteriores y recientes, igualmente delicadas e importantes.

## LOS SUELOS DEL VALLE DEL GUADALQUIVIR

Aparte del primer trabajo de síntesis realizado por Huguet del Villar en 1937 (5) y de algunas menciones edafológicas en las memorias explicativas de hojas del Mapa Geológico Nacional del Instituto Geológico y Minero de España (6), los estudios modernos de suelos que se relacionan en parte con Andalucía arrancan de los trabajos de Albareda y colaboradores, entre los que pueden citarse a Alvira (7), Dean, Santos y López (8), el propio Albareda (9), Hoyos (10) y Albareda y Gutiérrez (11).

Contribuciones más próximas y concretas fueron los Mapas de suelos de Ecija y Lebrija, realizados en 1954 por Guerra y col. (12), que se ampliaron pronto con trabajos de González y Paneque (13), (14) sobre la composición mineralógica, propiedades y génesis de los suelos de dichas áreas del valle bético. Otros estudios de González S. y Chaves M. (2); González F. y Pérez J. L. (15); González F. y col. (C.E.B.A.C.) (16, 17, 18); Bellinfante N. (19), Pérez J. L. y Martín F. (20), etc., completan el conocimiento mineralógico de las arcillas y los aspectos genéticos de las formaciones edáficas más importantes del valle del Guadalquivir.

La naturaleza y propiedades de la fracción coloidal orgánica y el contenido y formas de presentación de algunos oligoelementos en los suelos de Andalucía se dieron a conocer en trabajos de Martín F., y col. (21), (22), (23), de González F. y Mazuelos C. (24), (25), de González F. y García A. M.<sup>a</sup> (26), de Olmedo J. y Paneque G. (27), de Clemente L. (28), etc. Otros aspectos micromorfológicos y mineralógicos de los suelos se estudiaron por Paneque G. y col. (29).

En lo que respecta a cartografía de los suelos de la región andaluza, el progreso estuvo influenciado notablemente por los criterios de clasificación, pudiendo distinguirse a este respecto varias etapas:

La primera de ellas vino marcada por la publicación en 1937 del primer mapa de suelos de España por Huguet de Villar (5), que estableció ocho series de suelos, en cuatro ciclos, dentro de los cuales incluyó numerosos suelos de Andalucía, tales como los «salinos» de las marismas del Guadalquivir y de Huelva; los «calizo-

alcalinos», en los que figuran las «tierras negras» de Ecija, Osuna, Marchena, etc., que compara con los «tirs» de Marruecos; los suelos yesosos de Morón, Coripe, etc.; los suelos rojos ácidos sobre areniscas silíceas y gravas; los suelos de vega y otros.

Una segunda etapa viene señalada por la publicación en España de las «Claves sistemáticas, de suelos», de Kubiena (30), de orientación centroeuropea, que causaron un gran impacto en el mundo edafológico internacional. Siguiendo estas claves se realizaron numerosos trabajos de clasificación de suelos en España y en particular en Andalucía, entre los que deben mencionarse los ya citados mapas de suelos de Ecija y Lebrija (12), los que se incluyen de las respectivas provincias en los Estudios Agrobiológicos de Sevilla (1962) y Cádiz (1965) realizados por González y col. (16) (17), y otros.

La tercera etapa se caracteriza por la adaptación a nuestros suelos de la sistemática francesa de Aubert y Duchaufour, de 1956, perfeccionada en las versiones de 1965, 1967 y 1970 (31) (32) (33). Con los criterios de esta clasificación, que se adapta de un modo conveniente a los suelos españoles, se realizaron numerosos trabajos, muchos de ellos sobre suelos del valle del Guadalquivir, entre los que merecen citarse los presentados por Paneque, Mudarra y Olmedo (34) (35) en la Conferencia Internacional sobre Suelos Mediterráneos de 1966, el Estudio Agrobiológico de Córdoba, de González F. y col. del C.E.B.A.C. (18), mencionado en otro lugar, los trabajos de Mudarra y col. (36) (37), de Baños (38), de Clemente (28) y el Mapa de Suelos de España 1:1.000.000 coordinado por Guerra (39), al que los equipos del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto (C.E.B.A.C.) contribuyeron con la cartografía de Andalucía y otras áreas importantes.

Otros muchos estudios sobre suelos de Andalucía se realizaron desde Sevilla dentro de esta etapa, debiendo mencionarse numerosos trabajos edafológico-agrícolas que incluyen mapas detallados a escala 1:5.000 de zonas de especial interés, y de evaluación de suelos y capacidad de uso para riego de zonas de particular importancia agrícola (Guadamar y Rocío, Guadalete, Barbate, Vega de Carmona, etc.), que totalizan más de 250.000 Ha., así como los llevados a cabo por De la Rosa (40) sobre 60.000 Ha. de la zona de terrazas y vegas del Guadalquivir y el mapa de suelos 1.500.000 del Valle del Guadalquivir, presentado por Paneque y Mudarra a la Conferencia Internacional sobre suelos mediterráneos (34).

En muchos de los trabajos citados se efectuó una correlación de la sistemática francesa con la clasificación americana, contenida en la llamada «7.ª aproximación» y modificaciones posteriores, con lo que se entra de hecho en la etapa actual, en la que se aplican los criterios fundamentales de esta última, manteniendo, siempre que es necesario y posible la correlación con las anteriores, en

particular con la francesa, y en la que están siendo cartografiadas otras numerosas áreas de Andalucía. La interpretación y los datos de la fotografía aérea y los mapas obtenidos con sensores remotos, son instrumentos esenciales en estos trabajos actuales de cartografía de suelos.

El trabajo de síntesis más importante sobre los suelos de Andalucía realizado en los últimos tiempos, es sin duda alguna, el llevado a cabo por Mudarra en 1974 (41) con el «Estudio de los suelos de la cuenca del Guadalquivir», cuya parte fundamental es la clasificación, descripción, datos analíticos y mapa 1:500.000 de los suelos de la zona centro-occidental de esta gran área. Haciendo uso de la clasificación francesa, pero estableciendo la correspondencia con la americana, Mudarra ha integrado en este estudio prácticamente todos los datos conocidos hasta la fecha, debidos en gran parte a su propio trabajo, realizando una delimitación precisa de las asociaciones de suelos importantes, y discutiendo las propiedades fisicoquímicas y de fertilidad de cada una.

Las mayores extensiones de suelos al norte del Guadalquivir, región de Sierra Morena, pertenecen a la Clase VII, «Suelos empardecidos», de la clasificación francesa, Orden *Inceptisoles* (a veces *alfisoles*), de la americana, distinguiéndose las subclases V I-1 «suelos empardecidos de clima templado húmedo» y VII-2 «suelos empardecidos de clima templado semi-húmedo», con varios grupos y subgrupos bien caracterizados y estudiados. Constituyen un conjunto de diversas *tierras pardas* que ocupan casi la totalidad del área geográfica al norte del Guadalquivir, pudiendo mencionarse entre ellas las tierras pardas meridionales desarrolladas sobre rocas metamórficas e ígneas, con la tierra parda ferrítica en la zona noroccidental, más húmeda, las tierras pardas meridionales sobre areniscas y conglomerados permotriásicos y sobre sedimentos arenopedregrosos, al pie de Sierra Morena en las provincias de Sevilla (cuenca del Viar), Córdoba (Montoro) y Jaén (Andújar-Bailén) y finalmente, las tierras pardas forestales sobre areniscas silíceas, características de las sierras del Algebe, en Cádiz.

Se trata en general de suelos poco profundos, de buen contenido en materia orgánica, relación C/N media o alta, textura variada de areno-limosa a limo-arcillosa, pH ácido o moderadamente ácido, con bajo o medio contenido en calcio y pobres en fósforo y potasio asimilables. Son poco apropiados para el cultivo del olivar, que tiene por ello en tales suelos sólo una moderada representación.

La mayor extensión de suelos, después de las tierras pardas, corresponde, ya en el área de la campiña andaluza, a la Clase V, «suelos calcimagnésicos» de la clasificación francesa, Orden «*mollisoles*» (a veces *aridisoles* e *inceptisoles*) de la americana, subclase «suelos carbonatados», en la que se diferencian los grupos «rend-

sinas» y «suelos pardos calizos» con numerosos subgrupos bien representados y estudiados en nuestra región.

Con múltiples intercalaciones, estos suelos ocupan una ancha banda que en la campiña centro occidental andaluza al sur del Guadalquivir se extiende aproximadamente entre los límites definidos por la alineación Lebrija-El Coronil-Puebla de Cazalla-El Rubio-Montilla-Lopera-Jabalquinto-Beas de Segura, al norte, y Arcos de la Frontera-El Saucjo-Benamejé-Noalejo-Pozo Halcón, al sur, estando las mayores extensiones en las áreas de Osuna, Lucena, Nueva Carteya, Alcaudete, Martos, Torredonjimeno, Porcuna, Mancha Real, Baeza y Villacarrillo. Superficies menores, fuera de la banda antes citada, existen en Trigueros (Huelva), norte del Aljarafe y de Guillena (Sevilla), y en áreas del centro y suroeste de Cádiz.

Se trata de suelos de profundidad escasa a media, bajos en materia orgánica, de textura desde franco-arenosa a arcillosa, pH superior a siete, moderada o fuertemente calizos en superficie y muy calizos en profundidad, con razón C/N entre 8 y 12, arcillas íliticas poco alteradas, con alguna montmorillonita, ampliamente saturados en calcio, pobres o medios en fósforo asimilable y bajos en potasio asimilable. Ocupan zonas de relieve ondulado hasta accidentado en las rendisinas, y llanas o casi llanas en los suelos pardos calizos; y están ocupados en grandes extensiones por el olivar que tiene en éstos y en los suelos rojos su mayor representación.

Al norte y sur de la franja ocupada por los suelos calcimagnésicos, entre su límite norte y el río Guadalquivir, por una parte, o entre el borde sur y las sierras sub-béticas, por otra, se encuentra una de las clases de suelos más representativos y fértiles de Andalucía Occidental, incluida en la III «vertisoles», de la clasificación francesa, Orden «vertisols» de la americana. Comprende las subclases «vertisoles con drenaje externo impedido», topomorfos, y «vertisoles con drenaje externo posible», litomorfos, y corresponden a las «tierras de bujeo» en sus variantes de «tierras negras» y de «suelos margosos vérticos», con numerosos subgrupos bien conocidos.

Las principales extensiones de *tierras negras* se encuentran en las áreas de Las Cabezas de San Juan, Los Palacios, Los Molares, Vega de Carmona, El Arahal-Marchena, Fuentes de Andalucía, Los Arenales y Ecija en la provincia de Sevilla, con otros enclaves menores pero importantes en las zonas de Jerez de la Frontera-Sanlúcar de Barrameda-Rota y Bornos, en Cádiz, en Osuna (Sevilla) y áreas más pequeñas en Fernán Núñez, Espejo y Cañete de las Torres, en Córdoba. Los *vertisoles litomorfos* o suelos margosos vérticos sobre margas terciarias, ocupan grandes extensiones en la provincia de Córdoba a uno y otro lado de la alineación Santaella-Fernán Núñez-Bujalance; en la de Jaén (Porcuna, Andújar, Bailén,,

Linares, Baeza, Ubeda, Lopera, Arjona, Arjonilla) y en las de Sevilla (Carmona, Gerena, Santiponce), Huelva (Escacena, Paterna del Campo, Palma del Condado, Villarrasa) y Cádiz (al oeste de la zona de sierras y areniscas del Algibe). Finalmente, los vertisoles litomorfos sobre margas yesosas del Trias ocupan una gran extensión cercana a las sierras sub-béticas en las provincias de Cádiz, Sevilla, Córdoba y Jaén.

Se trata de suelos profundos situados en zonas bajas, llanas o de escasa pendiente (tierras negras) o de relieve ondulado (suelos margosos vérticos), con drenaje externo deficiente o nulo los primeros y bueno los segundos, de textura arcillosa (proporciones de arcilla hasta del 50 por ciento o mayores), estructura migajosa que tiende a poliédrica subangular o angular, moderadamente calizos, con arcillas de tipo montmorillonita, fuerte capacidad de retención de agua, baja permeabilidad, pobres en materia orgánica, relación C/N entre 10 y 12, pH entre 7,5 y 8 o algo mayor, pobres en fósforo asimilable y de contenido aceptable o moderado en potasio asimilable.

Los vertisoles constituyen excelentes suelos agrícolas dedicados principalmente a cultivos de cereales, plantas oleaginosas, remolacha, etc. El olivar tiene representación muy escasa en las tierras negras y mayor en los suelos margosos vérticos (vertisoles litomorfos), en especial en la provincia de Jaén, parte de Córdoba y sureste de la de Sevilla.

Por su interés en lo que al cultivo del olivo se refiere, mencionamos a continuación los suelos rojos «Clase IX, suelos con *sexquióxidos de hierro*» de la clasificación francesa, Orden «alfisols» de la americana, subclase «suelos rojos *fersialíticos*» con diversos grupos y subgrupos bien caracterizados y estudiados.

Las principales extensiones de suelos rojos se encuentran en las terrazas medias y en menor proporción en las altas del Guadalquivir, siendo frecuentes en las provincias de Sevilla y Córdoba y menos en la de Jaén.

Las áreas más importantes se encuentran en las comarcas del Aljarafe y del Alcor y en los términos de Utrera, Morón, Arahal, Paradas, La Lantejuela, Marinaleda, Estepa, Herrera, La Roda, La Rinconada, La Luisiana, Ecija, Peñaflor, etc., en la provincia de Sevilla; en los de Pedro Abad, Puente Genil, Aguilar de la Frontera, Montilla, La Carlota, Hornachuelos y otros, en Córdoba; y en los de Marmolejo, Andújar y en zona de Navas de San Juan y Castellar de Santisteban, esta última flanqueada al norte y al oeste por asociaciones de suelos rojos y pardos en Vilches-Arquillos, en la de Jaén. Extensiones menores existen en la provincia de Huelva (Manzanilla, Villalba, etc.), y en la de Cádiz (Villamartín, Arcos de la Frontera, Puerto Real, Chiclana, etc.)

Se trata en general de suelos poco profundos, de textura franco-

arcillo-arenosa, con frecuente acumulación de arcilla en el horizonte B, textura suelta, con arcillas de tipo ilita y caolinita, de pH superior a 7 en la zona de la campiña y ligeramente ácido o ácido en zonas arenosas o en Sierra Morena, escaso poder de retención de agua, pobres en materia orgánica, relación C/N de 8 a 14, buen contenido en calcio asimilable, excepto en zonas muy arenosas y en Sierra Morena, muy pobres en fósforo asimilable y de contenido medio en potasio asimilable.

El olivar es un cultivo muy extendido en los suelos rojos, con abundante representación del de mesa o verdeo en las comarcas del Aljarafe, Los Alcores, Carmona y Dos Hermanas, de la provincia de Sevilla.

Posee también interés en relación con el olivar la *Clase XI*, «suelos hidromorfos» de la clasificación francesa, Orden *alfisols/histosols* de la americana. De especial interés en nuestro caso es la subclase «suelos hidromorfos minerales o poco humíferos», dentro de la cual pueden mencionarse los grupos de «suelos hidromorfos poco humíferos, con gley» y los «suelos hidromorfos poco humíferos con pseudogley».

Suelos hidromorfos con pseudogley poco profundo se encuentran en las terrazas medias del Guadalquivir y en las zonas planas del Aljarafe y de los términos de Utrera, Morón de la Frontera, Arahal, Paradas y Marchena, en la provincia de Sevilla; en Palma del Río, Posadas, Almodóvar, Adamuz y Montoro, en Córdoba; Andújar, Bailén y Linares, en Jaén, y en terrazas del Guadalete y Barbate, en Cádiz. Otros grupos de suelos hidromorfos con pseudogley marmorizado o con gley o pseudogley profundo se encuentran en restos de terrazas más antiguas del Guadalquivir, en áreas de Huelva, o en terrazas medias del mismo río y en zonas próximas a las marismas o en terrenos próximos a formaciones de dunas costeras.

En general, los suelos hidromorfos poseen un perfil con fuerte contraste de texturas, con uno o varios horizontes arenosos a los que sucede bruscamente un horizonte de pseudogley, abigarrado, con manchas de color gris claro, pardo amarillentas y pardo rojizas y concreciones ferruginosas, fuertemente arcilloso, de estructura masiva y consistencia dura, firme y plástica, bajo el cual suele aparecer un material diferente que puede corresponder a otro nivel geológico.

Son suelos pobres en materia orgánica, con razón C/N entre 10 y 15, con pH ácido o ligeramente ácido que puede aumentar con la profundidad si el material subyacente es calizo. El contenido en carbonato cálcico es prácticamente nulo y la textura es arenosa en los horizontes superiores y arcillosa en los de gley o pseudogley. Tienen arcillas de tipo ilita y caolinita y capacidad de cam-

bio baja, con saturación de bases inferiores al cien por ciento, y son muy pobres en fósforo, calcio y potasio asimilables.

El olivar tiene en estos suelos una notable representación, si bien es de calidad media o deficiente, siendo de interés las áreas de terrazas de las zonas Carmona-Dos Hermanas-Los Palacios-Utrera, etc., en la provincia de Sevilla.

Otras clases de suelos estudiados por Mudarra, como la *Clase I* «suelos minerales brutos» de erosión (litosuelos y regosuelos) o de aporte aluvial o coluvial, la *Clase II* «suelos poco evolucionados, xéricos y no climáticos», entre los que se encuentran los de aporte aluvial (vegas, con los análogos de la Clase I) y los «suelos sódicos» de las marismas del Guadalquivir, aunque de interés agrícola general, se omiten en estos comentarios por su escasa significación en lo que respecta al cultivo del olivar.

## SUELOS OCUPADOS POR EL OLIVAR, SU RELACION CON LAS PLANTAS

Como acabamos de exponer, el cultivo del olivo se extiende por las más variadas clases de suelos en Andalucía, casi con las únicas excepciones de los suelos silíceos ácidos de Sierra Morena, los fuertemente arcillosos con drenaje impedido (tierras negras) de la campiña, los suelos salinos de las zonas de marismas que toleran muy pocos cultivos y los litosuelos de escaso desarrollo y fertilidad. Sin embargo, aunque el olivo es una planta que posee un fuerte poder de adaptación al medio, por lo que puede vivir en suelos muy diversos, ciertas clases de suelos poseen condiciones especialmente adecuadas para este cultivo, mientras que en otros la planta se desarrolla en condiciones precarias o deficientes. En todo caso existe, como es lógico, una evidente relación entre la «fertilidad» de los suelos, definida por su conjunto de propiedades físicas y químicas, y el desarrollo del olivar, la calidad e importancia de sus cosechas y, en definitiva, su rendimiento económico. En consecuencia, un capítulo de nuestro trabajo (42) (43) se dedicó al estudio de las características de los suelos ocupados por el olivar y a la definición de las condiciones del que denominados «suelo óptimo» en diferentes zonas de Andalucía Occidental, la primera parte realizada en variedades de olivar de mesa o de verdeo de la provincia de Sevilla y la segunda en estas mismas y en las destinadas a la producción de aceite de la de Córdoba. En ambos casos se estudiaron además las relaciones con el estado de nutrición de las plantas.

Es evidente que en la definición de tales condiciones ha de tenerse en cuenta la climatología de la zona correspondiente. Como es bien conocido, el clima en la provincia de Sevilla puede calificarse en su conjunto como «seco-subhúmedo» y se caracteriza por la existencia de veranos calurosos y secos e inviernos cortos. La pluviosidad media es de 560 mm. en la capital, variando en las restantes áreas desde unos 500 mm. o menos en las bajas de la campiña a los 900 mm. en algunos lugares de Sierra Morena. La distribución de lluvias a lo largo del año es muy irregular, con máximos

en febrero-abril y octubre-diciembre, y una prolongada estación seca que se extiende por lo general desde mayo a fines de septiembre.

En lo que se refiere a la provincia de Sevilla, hemos podido definir los siguientes caracteres físicos para el «suelo óptimo» en las variedades de olivar de mesa (42):

**Textura:** arena total (partículas de 2 a 0,02 mm. de diámetro), 45-75 %; limo (partículas de 0,02 a 0,002 mm.), 5 a 35 %, y arcilla (partículas de diámetro inferior a 0,002 mm.), 5 a 35 %.

**Estructura:** granular y grumosa o migajosa, de formas redondeadas o intermedias y buena aireación y penetrabilidad.

**Permeabilidad:** De 20 a 100 mm./hora, medida en un permeámetro de carga contante.

**Capacidad de retención de agua** (método de Lambé), entre el 30-60 %, que corresponde al 10 a 25 % de humedades equivalentes.

**pH:** Comprendido entre 7 y 8.

Por lo que se refiere a los caracteres químicos, el «suelo óptimo» vendría definido por los siguientes parámetros:

**Materia Orgánica:** El contenido de este componente en los suelos de Andalucía, es en general bajo. El nivel medio del considerado «suelo óptimo» resultó ser del 1,8 %.

**Nitrógeno:** Guarda una estrecha correlación con el contenido de materia orgánica, que en los suelos de la provincia de Sevilla resultó bien expresado por la ecuación  $Y=0,049X + 0,010$ ;  $r=0,87$ . ( $Y=$ % de N;  $X=$ % de materia orgánica).

El contenido de nitrógeno es bajo en los suelos del área considerada. El «suelo óptimo» contenía entre 0,08 % y 0,14 % de nitrógeno total.

**Fósforo y potasio asimilables:** Los contenidos del «suelo óptimo» resultaron ser de 17 mg./100 g. para el fósforo, determinado por el método de BURRIEL Y HERNANDO (44). y de 18 mg./100 g. para el potasio.

**Calcio y magnesio asimilables:** Los suelos de la provincia de Sevilla ocupados por el olivar son en general suelos calizos o formados sobre material calizo. El calcio asimilable e incluso el contenido en carbonato cálcico son, por lo general, elevados. Para el «suelo óptimo» se obtuvieron contenidos de 300 mg./100 g. y de 22 mg./100 g. para calcio y magnesio asimilables, respectivamente.

Con el fin de establecer correlaciones posibles con el estado de nutrición de las plantas, se ha definido asimismo el denominado «poder nutritivo» del suelo  $P_{NPK}$  o  $P_{KCaMg}$  expresados respectivamente por la suma de los contenidos en nitrógeno, fósforo (como  $P_2O_5$ ) y potasio (como  $K_2O$ ) asimilables, o por los de potasio (como  $K_2O$ ), calcio y magnesio, todos en mg./100 g., así como el «equilibrio nutritivo potencial» del suelo  $E_{NPK}$  o  $E_{KCaMg}$  expresados como propor-

ciones de los nutrientes de cada terna referidos a las sumas respectivas como 100.

Los valores de estos parámetros para el «suelo óptimo» resultaron ser:  $P_{NPK} = 132$  mg./100 g.;  $P_{KCaMg} = 335$  mg./100 g.;  $E_{NPK} = 60-80$  % para N, 5-25 % para  $P_2O_5$  y 5-25 % para  $K_2O$ ; y  $E_{KCaMg} = 1-10$  % para  $K_2O$ , 80-95 % para Ca y 0,5-13 % para Mg.

Hemos podido establecer el grado de aptitud de los suelos de la provincia de Sevilla en lo que respecta al cultivo del olivar por análisis de sus propiedades físicas y químicas y comparación de los datos con los que definen el «suelo óptimo». En lo que respecta a los más significativos resultaron las siguientes clases por orden de mayor o menor aptitud para el cultivo del olivo:

- 1.ª Suelos rojos fersialíticos del Aljarafe.
- 2.ª Suelos calcimagnésicos (rendinas).
- 3.ª Suelos vérticos litomorfos.
- 4.ª Suelos rojos fersialíticos del Alcor.
- 5.ª Suelos rojos fersialíticos hidromorfos o algo hidromorfos, de terrazas.
- 6.ª Suelos hidromorfos con pseudogley.

que coinciden casi perfectamente con la calidad, desarrollo y rendimientos del olivar de mesa de la provincia, que posee las mejores plantaciones en la zona del Aljarafe (suelos rojos fersialíticos y suelos vérticos litomorfos) y en las rendinas de la campiña, y las peores en los hidromorfos con pseudogley.

Cuando los datos expuestos por CHAVES y col. (43) para las zonas de suelos vérticos litomorfos de Bujalance (Córdoba) y de «rendinas» de Lucena se discuten con los mismos puntos de vista, estos últimos quedan situados en las clases 1.ª o 2.ª y los de Bujalance en la 2.ª, lo que coincide con el buen desarrollo y rendimientos de los olivares de dichas zonas.

\* \* \*

Salvo en lo que se refiere al carbono, las plantas toman de los suelos los elementos necesarios para su crecimiento y desarrollo y otros que, sin ser esenciales, pueden ejercer influencias manifiestas en el metabolismo vegetal. Parece lógico que el contenido de los suelos en elementos nutritivos se refleje en el estado de nutrición de la planta. A este respecto, más que el contenido total de nutrientes del suelo interesa su nivel en elementos «asimilables», aunque este concepto no resulte fácil de definir en gran número de casos. Es evidente asimismo que la composición global del suelo, en especial el contenido de humedad del mismo, la interacción de los elementos nutritivos con los componentes principales de aquél, en especial con los minerales, que pueden dar lugar a fenómenos de fijación o inmovilización, como es el caso del fósforo

por reacción con arcillas, con óxidos de hierro y aluminio y con carbonatos de calcio y de magnesio (45 a 50), o del potasio por retención y fijación por silicatos del tipo de la montmorillonita en etapas sucesivas de humedecimiento y secado (51), pueden influir fuertemente tanto en la posibilidad de asimilación de nutrientes por las plantas como en la eficacia de los fertilizantes añadidos al suelo. Estos y otros factores pueden afectar fuertemente a los procesos de transformación de los elementos en aquel medio, como es el caso de los fenómenos de nitrificación, según hemos podido demostrar para los suelos del valle del Guadalquivir (52).

Finalmente, la propia interacción entre los nutrientes y de éstos con la planta y los frecuentes casos de antagonismo entre aquéllos, influyen asimismo en la determinación del nivel y proporción de elementos y, en consecuencia, en el curso y desarrollo de toda clase de procesos en el vegetal.

Por todo ello, en muchos casos no cabe esperar una respuesta rápida al aumento del contenido de nutrientes del suelo por fertilización ni, en consecuencia, el establecimiento fácil de una correlación entre dicho contenido y el de las plantas. Con frecuencia gran parte o la mayoría de los elementos añadidos con los fertilizantes pasan a formar parte de las reservas minerales insolubles del suelo, o resultan afectados, en lo que a la absorción por la planta se refiere, por los niveles de otros, como es el caso del potasio respecto al calcio que se comentará de un modo especial más adelante. Por ello, a la hora de la determinación de la clase y cantidad de fertilizantes a emplear y su época de aplicación, deberán tenerse en cuenta, además de las necesidades de las plantas, las características de los suelos, su contenido en elementos nutritivos, la naturaleza de sus componentes minerales y orgánicos y las condiciones climáticas.

En el caso del olivar, las características generales de la cuenca mediterránea, área casi exclusiva de este cultivo, con predominio de suelos calizos y muy calizos, baja pluviosidad y elevadas temperaturas medias y estivales, así como las propiedades particulares de esta planta, de baja actividad metabólica y con fuerte protección cuticular y epicuticular de ceras en la superficie foliar, que dificultan la eficacia de otras formas de abonado, hacen que las respuestas a la fertilización usual se demoren o retarden de un modo especial.

No obstante lo expuesto en los párrafos que anteceden, hemos encontrado una respuesta favorable de plantaciones de olivar en lugares o circunstancias variadas a la incorporación de fertilizantes al suelo. Así se ha comprobado en suelos calcimagnésicos, «rendsinas», de la zona de Bujalance (Córdoba), pobres en nitrógeno total, en los que existe una correlación positiva entre el contenido de nitrógeno del suelo y el de la planta (43). dada por la ex-

presión  $Y = 1,68x + 1,27$  ( $Y = \% N$  en hojas;  $x = \% N$  en el suelo).

Análogamente en plantaciones representativas de olivares de mesa de la provincia de Sevilla, se encontraron las siguientes relaciones entre el contenido de nutrientes en hojas y el del suelo:

**Fósforo:**  $Y = 0,006x + 0,98$  ( $Y = \% P \times 10$  en hojas;  $x = P_2O_5$  asimilable del suelo, mg/100 g.)

**Potasio:**  $Y = 0,59 + 0,019x - 0,0004x^2$  ( $Y = \% K$  en hojas;  $x = K_2O$  asimilable del suelo mg/100 g.)

**Calcio:**  $Y = 0,007x + 1,37$  ( $Y = \% Ca$  en hojas;  $x = Ca$  asimilable del suelo, mg/g.)

Asimismo se encontró correlación positiva entre la suma de los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en hojas y el de estos nutrientes en los suelos respectivos en plantaciones de olivar de las zonas de Lucena (suelos calcimagnésicos, «rendsinas») y Bujalance (suelos litomorfos), ambas en la provincia de Córdoba (43):

**Lucena:**  $Y = 0,002x + 2,45$ . **Bujalance:**  $Y = 0,005x + 2,28$ .  
( $Y = \% N + \% P \cdot 10 + \% K$  en plantas;  $x = N + P_2O_5$  asimilable +  $K_2O$  asimilable del suelo, todos en mg/100 g.)

Empleando fertilizantes fosfatados con  $P^{32}$  se ha encontrado una respuesta rápida del olivo en suelos si el fertilizante se inyecta cerca del tronco (a 50-60 cm. de la planta) y a profundidad de 60-100 cm.; y más lenta para aplicaciones más superficiales o realizadas a mayor distancia del pie del árbol (53).

Asimismo en experiencias realizadas durante ocho años en un suelo rojo fersialítico de terraza en las proximidades de Sevilla, sobre olivos de la variedad «zorzafeña» de aceite, resultó significativa la influencia de la fertilización, tanto sobre los rendimientos como sobre los niveles de nutrientes en hojas (en especial en nitrógeno y fósforo); como lo fue asimismo en el caso de experiencias de fertilización realizadas durante tres años con olivar de la variedad «gordal» de mesa en suelos poco evolucionados de aporte aluvial (vegas), en suelos rojos fersialíticos de terraza y en suelos hidromorfos con pseudogley, todos ellos en la misma provincia.

Otro tanto puede decirse para experiencias de fertilización realizadas durante tres años en un suelo calcimagnésico (rendsina) y en un suelo rojo fersialítico del Alcor, ambos en la provincia de Sevilla, el último de ellos de malas cualidades oliveras y muy pobre en elementos nutritivos, sobre olivos de la variedad «manzanillo» de mesa, en la primera de las cuales resultó significativa la fertilización nitrogenada para dosis de 3,5 a 5 Kg. de sulfato

amónico por árbol, siéndolo en la segunda todos los tratamientos, tanto sobre la cosecha como sobre el contenido de nutrientes en hojas.

La fertilización del olivar ha merecido tradicionalmente poca atención en nuestro país y, en general, en toda la cuenca mediterránea. Por añadidura, no pocos olivares vegetan sobre áreas de suelos de escasa calidad o casi marginales, por lo que en las circunstancias actuales, con una notable elevación de los costes de mano de obra, fertilizantes y productos fitosanitarios, este cultivo tiene planteados importantes problemas económicos y técnicos que gravitan sobre su porvenir.

En tales circunstancias, el aumento de los rendimientos a través de la mejora de los métodos de manejo del olivar, es una condición imprescindible para la superación de la crisis. La reconversión de las plantaciones olivareras, con el empleo de suelos de mejor calidad, mayor número de árboles por unidad de superficie y nuevas técnicas de manejo, entre ellas una adecuada administración del riego, hasta ahora muy poco empleado, es tal vez uno de los procedimientos más eficaces para mejorar la situación actual de este cultivo. En éstas de un modo especial, pero también en las plantaciones tradicionales que viven sobre buenos suelos, el empleo de una fertilización adecuada es un factor indispensable para la mejora de los rendimientos y de la calidad del fruto, por lo que la investigación y estudio de todo lo que se refiere a la fertilización del olivar, tiene en estos momentos, aparte de un interés científico, una indudable importancia práctica y económica.

## EL ESTADO DE NUTRICION Y LOS RENDIMIENTOS DE OLIVAR

El rendimiento y desarrollo de las plantas cultivadas depende de un conjunto de factores internos y externos, entre los que ocupan un lugar destacado el estado nutritivo de la planta misma, cuya importancia respecto a otros factores depende de las condiciones de tiempo y de lugar.

Una serie de métodos variados desarrollados por fisiólogos y especialistas en nutrición vegetal, pretenden averiguar en cada caso las relaciones suelo-estado nutritivo-cosecha que corresponden al desarrollo y rendimiento óptimo.

A una primera etapa basada en el estudio y análisis del contenido de los suelos en elementos asimilables y de su relación con las plantas, sucedió a partir de la década de los cincuenta, otra que se caracteriza por un mayor énfasis en el estudio de la planta misma, hojas, peciolo, savia, flor, etc., para deducir el estado de nutrición de aquélla. La interpretación de sus resultados se basa en la representación del estado nutritivo del vegetal por una serie de parámetros y de relaciones analíticas obtenidas en el laboratorio, y en la correlación de estos índices con el rendimiento.

Entre estos métodos se ha revelado como especialmente útil, en particular en las especies arbóreas, el de «diagnóstico foliar», que representa el estado de nutrición de la planta por la composición química de las hojas y establece la relación entre éstas, expresada por los valores absolutos de los contenidos en los elementos analizados o por las relaciones entre los mismos, y el rendimiento.

Una aplicación rigurosa del método exigiría tener en cuenta todos los elementos químicos esenciales para la nutrición de las plantas. En la práctica, sin embargo, se suele hacer abstracción de los oligoelementos o micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, molibdeno, cobre y boro), de especial interés en determinados casos que se manifiestan por síntomas de carencias o deficiencias, y se consideran solamente los elementos «mayores» nitrógeno, fósforo, po-

tasio, calcio, magnesio y azufre o, en una simplificación más acentuada, los tres macroelementos principales: nitrógeno, fósforo y potasio.

La aplicación correcta del método requiere una serie de condiciones, tales como el planteamiento de las experiencias con diseños adecuados para la finalidad perseguida y para su análisis estadístico riguroso, el estudio y elección de la época apropiada de toma de muestras, procedimientos idóneos de análisis, etc.

En lo que se refiere al cultivo del olivo, el diagnóstico foliar se ha aplicado en España, a partir de 1959, por GONZÁLEZ y col. (54 a 59) en Sevilla, y por RECALDE y col. (60, 61), en Granada, si bien los primeros resultados comenzaron a publicarse en 1964.

Nuestros estudios se centraron sobre la variedad «Zorzaleño» de aceite desde 1959 a 1966, extendiéndose a partir de 1963 a las variedades «gordal» y «manzanillo», productoras de aceitunas de verdeo. Unos y otros exigieron el planteamiento de numerosas experiencias de fertilización con diseños variados, el estudio del comportamiento y desarrollo del cultivo en más de cincuenta campos de control distribuidos en suelos muy diversos, en toda la provincia de Sevilla, y la aplicación de métodos apropiados para el análisis e interpretación de los resultados.

Cada elemento ejerce una acción fisiológica, química o física en la vida de la planta, que viene influenciada por los restantes, pudiendo establecerse una relación entre la interacción de cada pareja de elementos y el rendimiento que puede expresarse (54) por la ecuación

$$Y = \frac{X(100 - X)}{aX + b} \quad (Y = \text{rendimiento}; X \text{ y } 100 - X = \text{porciones de los elementos en hojas}).$$

cuya representación es una curva convexa que presenta un máximo para

$$X_m = \frac{b + b^2 + ab}{a}$$

y en la que  $X_m$  y  $100 - X_m$ , que corresponden al máximo, definen el óptimo de la interacción.

Las interacciones de elementos pueden representarse también por otras ecuaciones, entre las que son usuales las siguientes:

$$Y = a - bx + cx^{1/2}; \quad Y = a - bx + cx^2 - dx^3$$

$$Y = Cx^a \cdot e^{bx} \text{ (ec. de HALTER)}; \quad Y = ax + bx^2) 0,5 \text{ (ec. de THILAU)}$$

Las interacciones binarias que definen los óptimos de tres ele-

mentos nutritivos (por ejemplo nitrógeno, fósforo y potasio), determinan un óptimo ternario que puede calcularse a partir de aquéllos.

Una interacción de tercer orden puede representarse en un diagrama triangular, cada uno de cuyos puntos corresponde a un «equilibrio nutritivo» determinado, y uno de los cuales representa el «equilibrio nutritivo óptimo ternario».

El principio puede extenderse a un mayor número de nutrientes. Así, para los cinco elementos mayores: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, resultan las diez interacciones binarias N-P; N-K; N-Mg; P-K; P-Ca; P-Mg; K-Ca; K-Mg y Ca-Mg, cuatro de las cuales, elegidas convenientemente, definen la interacción de orden cinco, pudiendo así obtenerse «el equilibrio nutritivo óptimo» para los cinco nutrientes indicados.

En la práctica, ha resultado más conveniente en este caso obtener los «equilibrios nutritivos óptimos» N-P-K y K-Ca-Mg, que permiten establecer relaciones de interés con aspectos fisiológicos y bioquímicos que afectan a la nutrición de la planta y a fenómenos tales como la floración y la fructificación, que guardan una relación estrecha con el de la alternancia en la producción o «vecería», prácticamente generalizada en el olivar y cuya corrección y estudio es del mayor interés.

El tratamiento de los datos experimentales para la obtención de los óptimos de nutrientes, de los óptimos de las razones entre los mismos y de los óptimos ternarios o equilibrios nutritivos óptimos, que teóricamente deben corresponder a la cosecha máxima, puede realizarse por procedimientos diversos.

En nuestro caso, y en lo que concierne al estudio realizado con las variedades «zorzaleño» de aceite y «gordal» de mesa, hemos empleado los tres que se exponen a continuación:

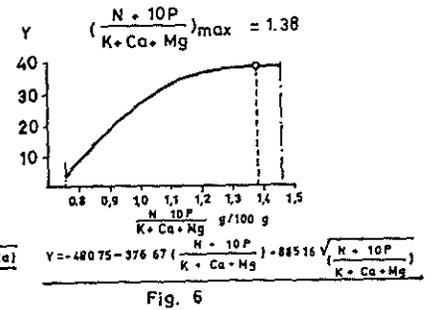
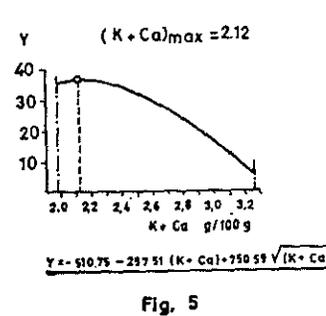
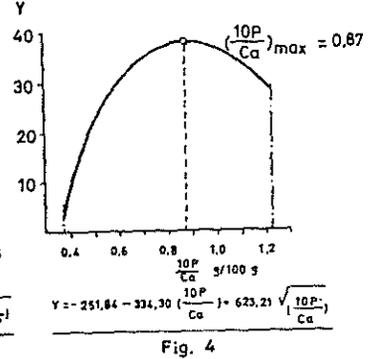
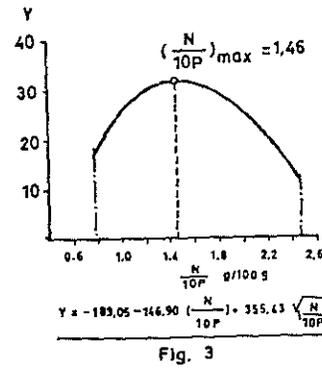
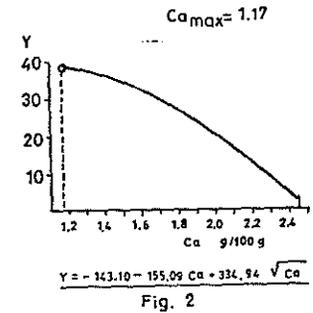
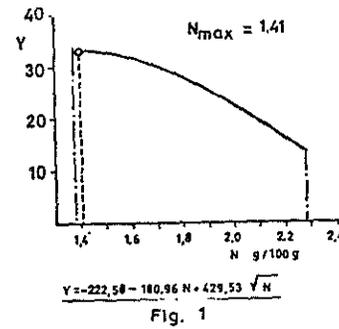
- a) En uno de ellos se llevó a cabo el análisis de todos los datos individuales por árbol, rendimiento-contenido de nutrientes en hojas, para 1964 y 1965 para ambas variedades, tanto en campos experimentales como en campos de control, en un ordenador electrónico, con un programa adecuado, comprendiendo las siguientes operaciones:
  - establecimiento de las ecuaciones representativas para la relación entre los nutrientes o sus razones binarias y el rendimiento;
  - cálculo de los óptimos binarios;
  - obtención algébrica de los óptimos ternarios N-P-K y K-Ca-Mg.
- b) En otra modalidad de estudio se clasificaron las parcelas de experiencias y campos de control en clases con arreglo a intervalos de contenido de cada nutriente (o de razones

binarias de nutrientes) en hojas, hallando la media de rendimientos para cada una de las clases y ajustando y construyendo luego las curvas intervalo de nutrientes o de sus razones binarias-cosecha, a partir de las cuales se calcularon los óptimos experimentales y los equilibrios nutritivos óptimos N-P-K y K-Ca-Mg como en el caso anterior.

- c) Un tercer método se ha revelado muy simple y útil en esta clase de estudios, y consiste en considerar como «árboles en buen estado de nutrición» aquellos que produjeron buenas cosechas (superiores a 40 ó 50 Kg./árbol), construyendo para tales árboles los histogramas de frecuencias número de árboles-contenido de nutrientes o de sus razones binarias. Como valor óptimo se tomó la media de la distribución en cada caso o el valor de mayor frecuencia, coincidiendo ambos en la práctica para un número suficiente de datos.

En casos de experiencias de duración adecuada y cuando se dispuso de gran número de parcelas, fue posible seleccionar las de mejor desarrollo y rendimientos de cada año. Sus datos de análisis foliar permitieron hallar un óptimo de nutrición que resultó ser una buena aproximación al obtenido por otros procedimientos.

Las ecuaciones y óptimos hallados por el procedimiento a) para la variedad «zorzañeño», años 1964 y 1965, así como los de experiencias realizadas con la variedad «gordal», pueden verse en (54) y (57). Algunas de aquéllas, las más significativas desde el punto de vista estadístico y sus representaciones gráficas, se muestran a título de ejemplo en las figuras 1 a 19 para la primera de las variedades citadas.



Figs. 1 a 6

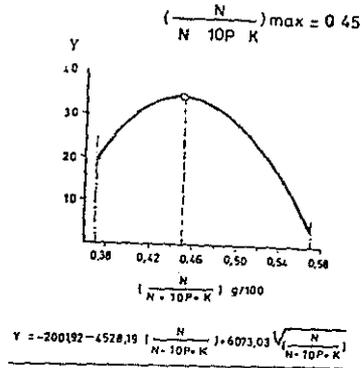


Fig. 7

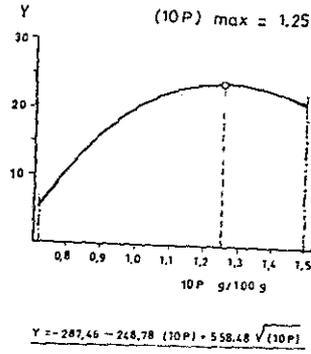


Fig. 8

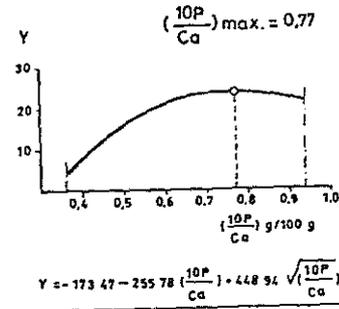


Fig. 13

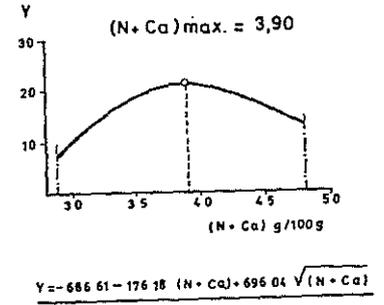


Fig. 14

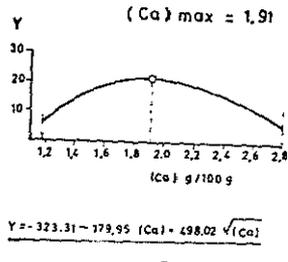


Fig. 9

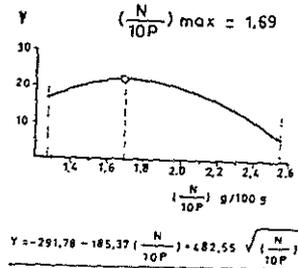


Fig. 10

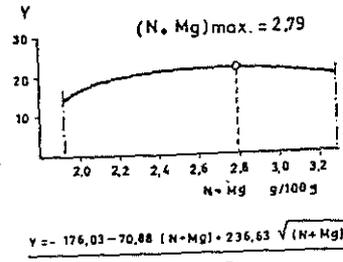


Fig. 15

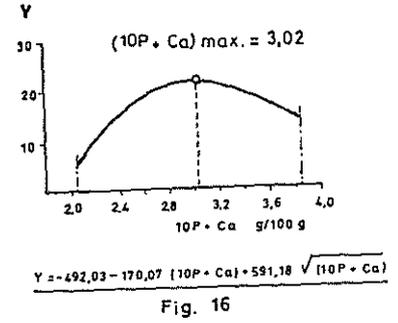


Fig. 16

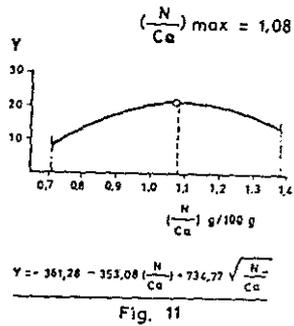


Fig. 11

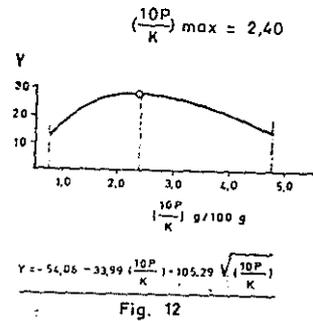


Fig. 12

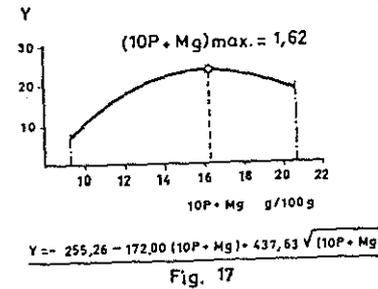


Fig. 17

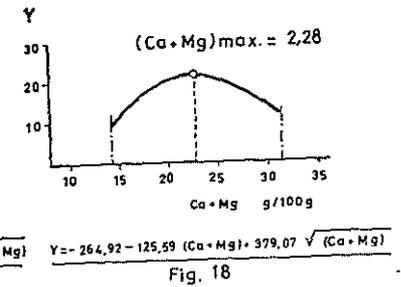


Fig. 18

Figs. 7 a 12

Figs. 13 a 18

Dada la pequeña magnitud del contenido en fósforo en relación con los de nitrógeno y potasio en hojas de olivo, en éste y en los demás procedimientos se ha tomado aquél multiplicado por 10, haciendo figurar en todos los casos 10 P, en lugar de P.

Igualmente, a título de ejemplo, se muestran en las figuras 20 a 30 las curvas rendimiento-intervalos de nutrientes obtenidos por el procedimiento b) de clasificación de parcelas en clases para la variedad «zorzaleño», y en las 31 y 32 los histogramas de frecuencias frente a contenidos de nutrientes en hojas de árboles de gran rendimiento de la variedad «manzanillo».

Como ejemplo se obtienen por este último procedimiento y se muestran en la Tabla I los valores óptimos de nutrientes y de sus relaciones binarias que resultan a partir de los histogramas de las figuras 31 y 32.

TABLA I

Valores óptimos para los nutrientes y sus razones binarias deducidos de los histogramas de árboles con buena cosecha, variedad «manzanillo» (probabilidad 95 %)

	Valores medios de distribución		Valores de mayor frecuencia	
	r > 40 Kg./árbol	r > 50 Kg./árbol	r > 40 Kg./árbol	r > 50 Kg./árbol
N	1,77	1,76	1,75	1,75
10 P %	1,77	1,05	1,15	1,10
K %	0,76	0,72	0,65	0,65
Ca %	1,37	1,36	1,30	1,20
Mg %	0,16	0,17	0,15	0,15
N/10P	1,5	1,7	1,7	1,6
N/K	2,4	2,5	2,6	2,6
10 P/K	1,5	1,6	1,8	1,2
Ca/K	1,9	2,0	1,4	1,4
K/Mg	5,1	4,6	5,0	5,0
Ca/Mg	8,8	8,3	8,0	8,0

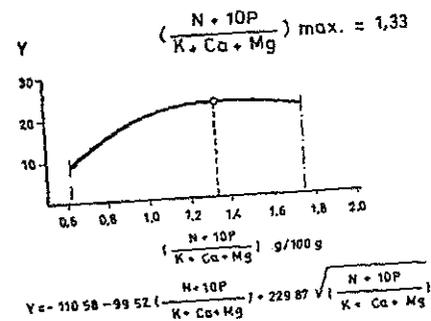


Fig. 19

De la aplicación de los procedimientos indicados para las tres variedades citadas, y de otros datos disponibles, se obtuvieron los óptimos finales para los valores absolutos de nutrientes y para sus relaciones binarias que figuran en las Tablas II y III.

TABLA II

Óptimos finales obtenidos para los valores absolutos de nutrientes a partir de todos los datos disponibles en variedades del olivar de la provincia de Sevilla

VARIEDAD	N	10P	K	Ca	Mg	AG
«Zorzaleño» (de aceite) ...	1,91	1,12	0,85	1,59	0,32	5,79
«Gordal», de mesa .....	1,88	1,20	0,80	1,71	0,24	5,83
«Manzanillo», de mesa ....	1,74	1,11	0,72	1,31	0,16	5,04

(AG = alimentación global = N + 10P + K + Ca + Mg).

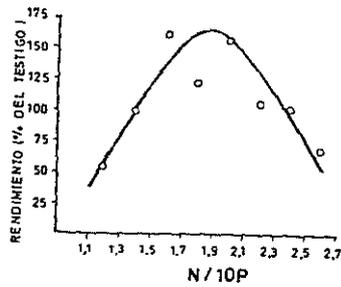


Fig. 20

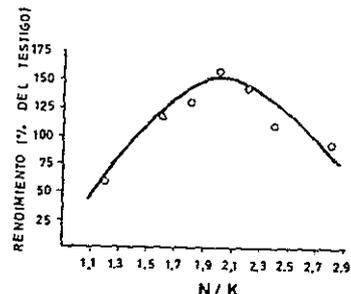


Fig. 21

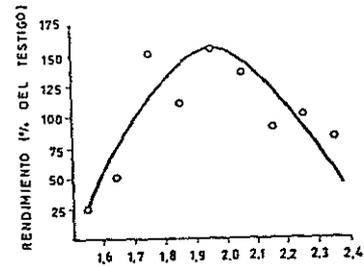


Fig. 25

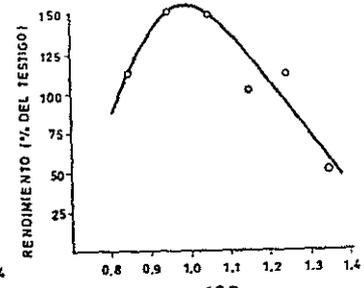


Fig. 26

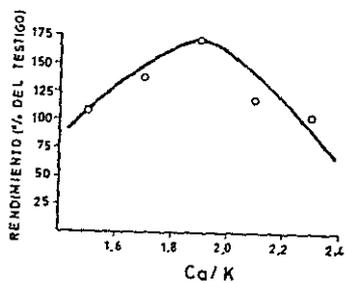


Fig. 22

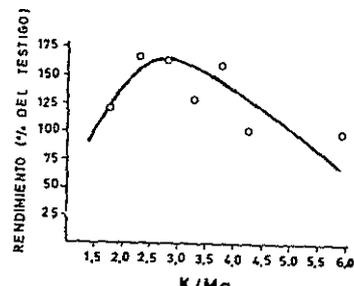


Fig. 23

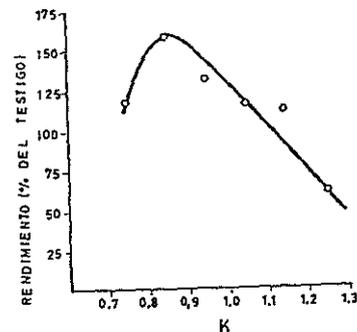


Fig. 27

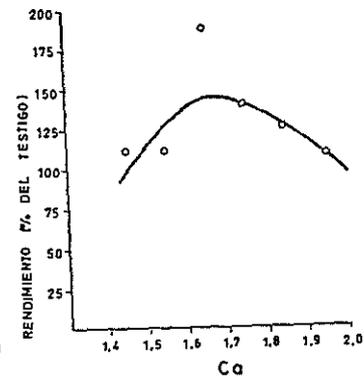


Fig. 28

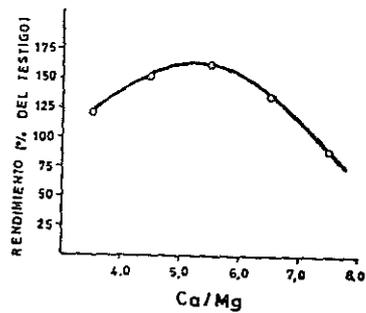


Fig. 24

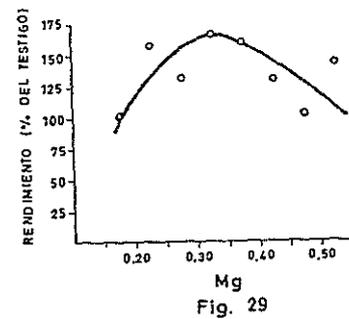


Fig. 29

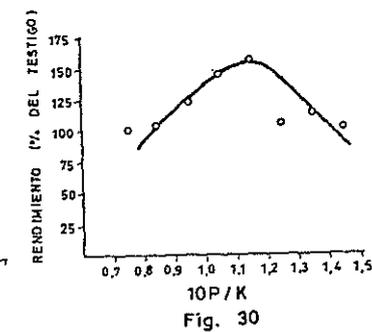


Fig. 30

Figs. 20 a 24

Figs. 25 a 30

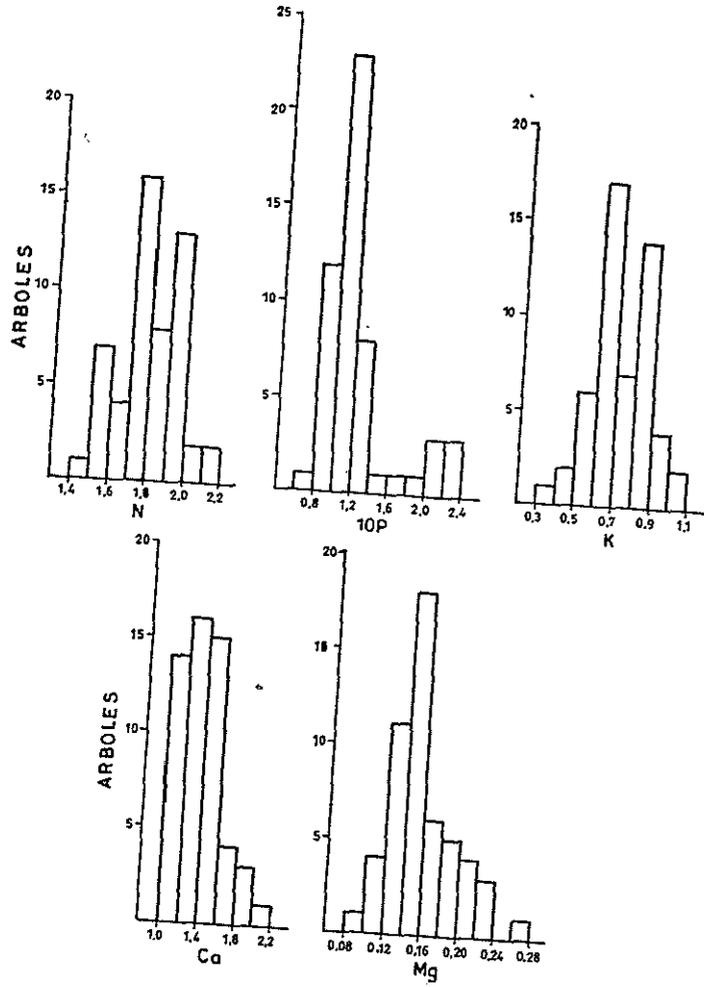


Fig. 31

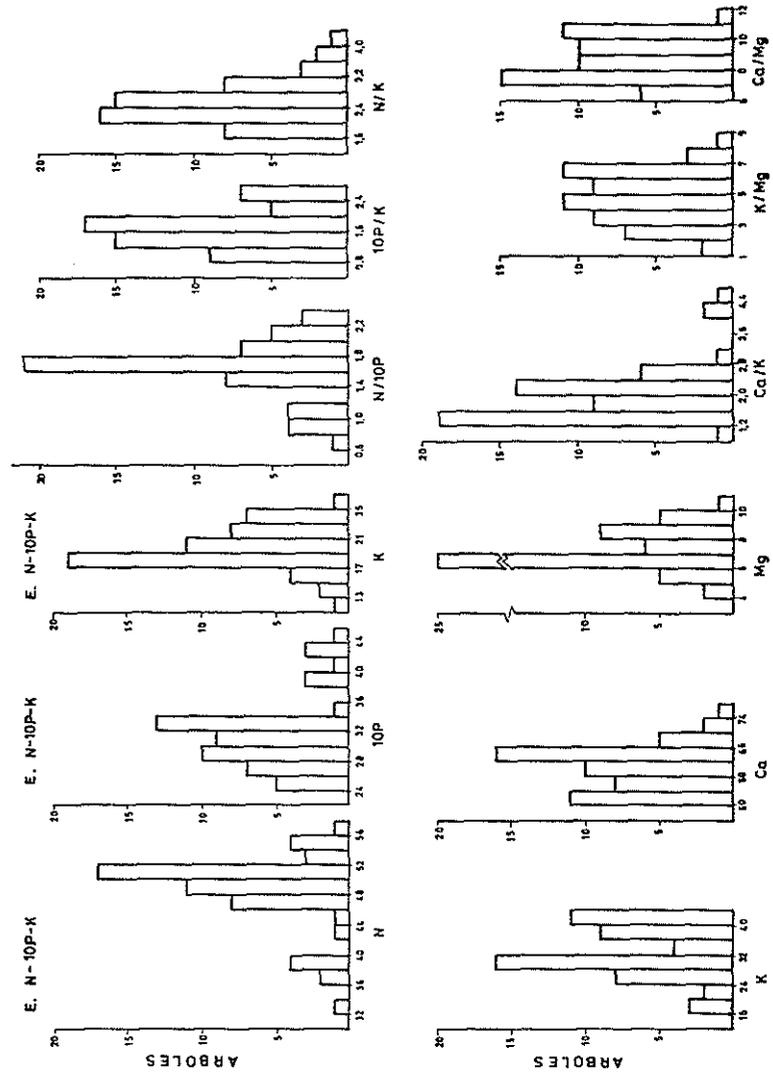


Fig. 32

TABLA III

Optimos finales para las relaciones binarias entre nutrientes a partir de todos los datos disponibles, en variedades de olivar de la provincia de Sevilla

VARIEDAD	N		10P	Ca	K	Ca
	10P	K	K	K	Mg	Mg
«Zorzaleño» de aceite ... ..	1,76	2,13	1,23	1,83	2,93	5,04
«Gordal» de mesa ... ..	1,60	1,95	1,65	1,95	3,40	7,35
«Manzanillo» de mesa ... ..	1,64	2,48	1,47	1,64	0,70	8,38

A partir de todos los datos disponibles en cada caso se calcularon para las tres variedades los equilibrios nutritivos óptimos ternarios que se incluyen en la tabla IV.

TABLA IV

Equilibrios nutritivos óptimos ternarios obtenidos a partir de los datos experimentales disponibles para variedades del olivar de la de Sevilla

VARIEDAD	Equilibrio N-10P-K			Equilibrio K-Ca-Mg		
	N%	10P%	K%	K%	Ca%	Mg%
«Zorzaleño» de aceite ... ..	49,7	26,7	23,6	30,9	58,2	10,9
«Gordal» de mesa ... ..	48,5	31,2	20,3	29,7	61,1	9,2
«Manzanillo» de mesa ... ..	48,0	30,5	21,5	34,0	58,9	7,1
E. N. O. obtenido por Bouat (Montpellier) 1960 ... ..	47	34	19	—	—	—
E. N. O. obtenido por Recalde (Granada) 1964 ... ..	50	28	22	—	—	—

Los equilibrios nutritivos óptimos N-10P-K resultan muy semejantes para las tres variedades, con una mayor exigencia en potasio para la variedad zorzaleño y menor en las de verdeo. Existen asimismo apreciables diferencias en el equilibrio ternario K-Ca-Mg entre las variedades, con mayor exigencia de magnesio en la variedad de aceite («zorzaleño») y menor en las de mesa, en especial en la «manzanillo». La alimentación global es asimismo menor en la «manzanillo» (5,04) y mayor en la «gordal» (5,53) y en la «zorzaleño» (6,12).

El olivar en Andalucía, y en particular el de la provincia de Sevilla, se encuentra en general en situación nutritiva deficiente y desequilibrada respecto a los óptimos obtenidos, incluidos en la Tabla IV. Así, en lo que respecta a las variedades de aceite, hemos comprobado que la mayoría de las plantaciones de la provincia de Sevilla contienen demasiado calcio y son, con frecuencia, deficientes en potasio y en otros nutrientes, resultando razones Ca/K y N/K demasiado altas y desequilibradas respecto a los óptimos que figuran en las tablas anteriores, ocurriendo lo mismo con las plantaciones de la zona de Lucena (Córdoba) sobre suelos calcimagnésicos (rendsinas) y las de la zona de Bujalance (Córdoba) sobre vertisoles litomorfos. Por los motivos que indicaremos más adelante, atribuimos una gran responsabilidad al desequilibrio calcio-potasio en los rendimientos del olivar y en la determinación de la vecería o alternancia en la producción.

Análogamente, de un total de 69 cosechas medidas durante tres años en 23 campos de control de olivares de la variedad «gordal» de mesa, distribuidos por toda la provincia de Sevilla y que recibieron sólo las labores y tratamiento ordinarios dados por los agricultores respectivos, 48 fueron deficientes o nulas, 13 medias y sólo 8 buenas. La mayoría de los campos registraban fuertes desequilibrios nutritivos, siendo frecuente la deficiencia de nitrógeno y muy frecuente la de potasio y los valores altos de calcio, por lo que las plantaciones presentaban casi invariablemente valores altos, desequilibrados, de la razón Ca/K. En algunos campos de control se registraron valores altos de magnesio en plantas, comprobándose por otra parte, por encima de ciertos niveles de este nutriente, una importante correlación negativa entre aquéllos y la cosecha.

Del mismo modo, de un total de 60 cosechas registradas en 20 campos de control de olivares de la variedad «manzanillo» de mesa distribuidos por toda la provincia, 24 fueron deficientes o nulas, 13 medias y 20 aceptables o buenas. El desequilibrio nutritivo de las plantaciones era casi general, de modo que de los 60 campos-año estudiados, 21 presentaban deficiencia en nitrógeno, 24 en fósforo y 33 estaban bajos o muy bajos en potasio y altos o muy altos en calcio, con valores altos y desequilibrados, en consecuencia, de la razón Ca/K. De los 24 casos de cosechas deficientes o nulas, 18 correspondían a campos con valores excesivamente altos de esta razón. En la mayoría de los casos de malas producciones existía asimismo un contenido alto de magnesio en hojas.

Aunque las causas de bajas producciones son, evidentemente, complejas, los datos anteriores refuerzan nuestras conclusiones sobre la importancia del equilibrio catiónico en la producción, en especial de la razón Ca/K, valores altos de la cual deprimen invariablemente la cosecha. Tales datos destacan, por otra parte, la

importancia de la fertilización en el olivar y la adecuación del método de diagnóstico foliar para la determinación del estado de nutrición de la planta y, en consecuencia, de sus necesidades nutritivas.

En una serie de análisis mensuales de hojas realizados en olivos de las variedades «gordal» y «manzanillo» de la Granja Experimental de C. E. B. A. C. durante los años 1966, 1967 y parte de 1968, hemos comprobado una importante alteración de las razones Ca/K y N/K. Como muestran las figuras 33 y 34, mientras que una cosecha deficiente o baja (1966) apenas ejerce variación inmediata en las citadas razones, una buena cosecha (1967) eleva apreciablemente la razón N/K y, sobre todo, produce un aumento muy importante de la razón Ca/K, lo que representa una gran alteración del equilibrio nutritivo del árbol. Una fertilización abundante y completa realizada con las primeras lluvias de otoño no restablece a tiempo el equilibrio nutritivo, por lo que estos hechos repercuten desfavorablemente en la cosecha siguiente (55).

Este fenómeno se ha comprobado también en otras experiencias efectuadas en suelos rojos fersialíticos con árboles de la variedad «manzanillo» de mesa, en los cuales las razones N/K y Ca/K alcanzaron valores de 10 a 11 y de 14 a 15, respectivamente, al final de un año de buena cosecha. En todos los casos en que se dio tal circunstancia, la cosecha del año siguiente fue prácticamente nula.

Finalmente, tanto en experiencias como en campos de control hemos encontrado una clara correlación negativa entre los contenidos de calcio-magnesio y los de potasio en hojas, como se muestra en la figura 35, lo que indica nuevamente una relación entre el exceso de los dos primeros nutrientes y la deficiencia de potasio con la cosecha (55).

Estas alteraciones, que trataremos en profundidad más adelante, se relacionan con una fuerte emigración del potasio de las hojas al fruto, lo que representa una gran exportación de este nutriente en años de buena producción, con un empobrecimiento paralelo del árbol. En las condiciones de los suelos de Andalucía, ricos en calcio y pobres en potasio asimilables, con elevadas temperaturas medias, arcillas del tipo montmorillonita-ilita fuertemente fijadoras de potasio y en cultivo de secano, el restablecimiento del contenido normal de potasio en la planta es un proceso lento. En consecuencia, en el año que sigue a una gran cosecha existe un notable desequilibrio nutritivo, con fuerte déficit de este nutriente en plantas, y niveles muy altos de calcio, con lo que se deprime o anula la producción.

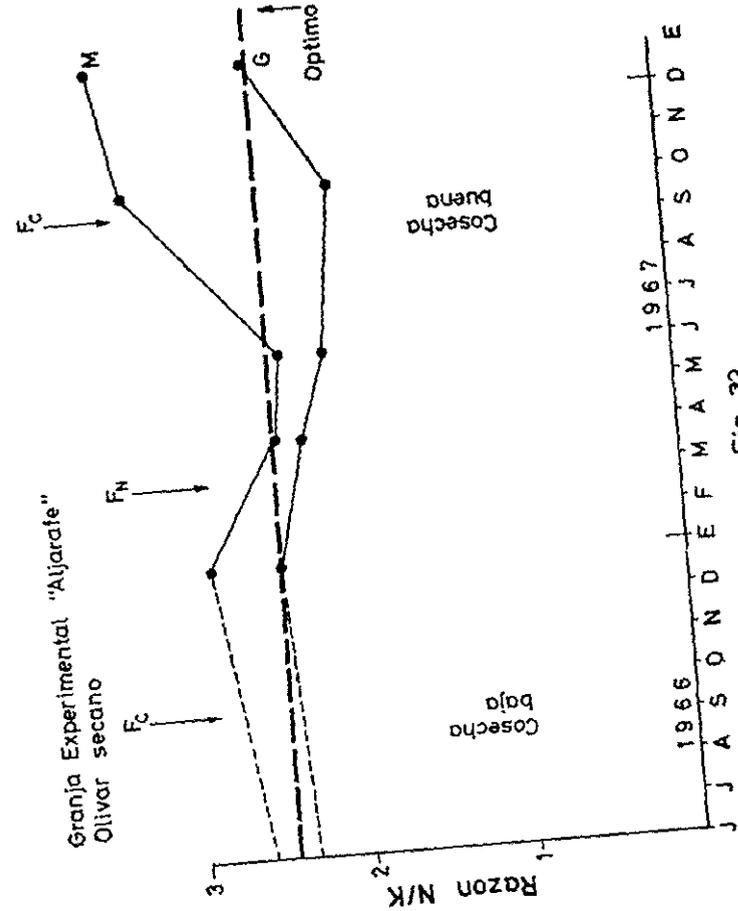


Fig. 33

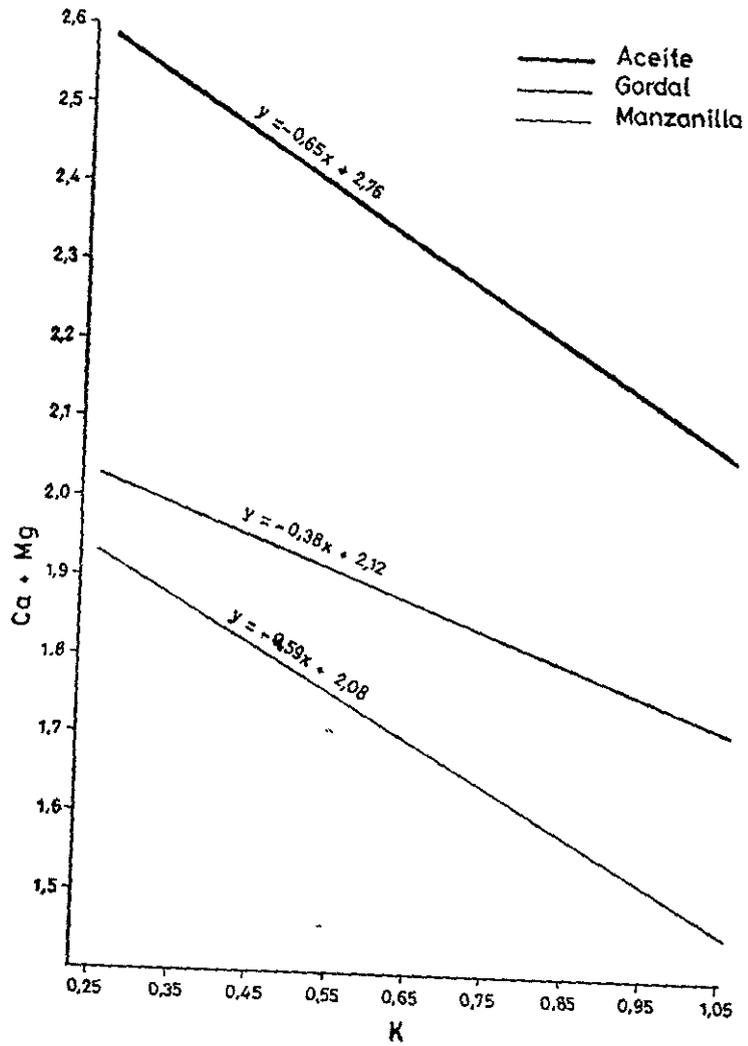


Fig. 35

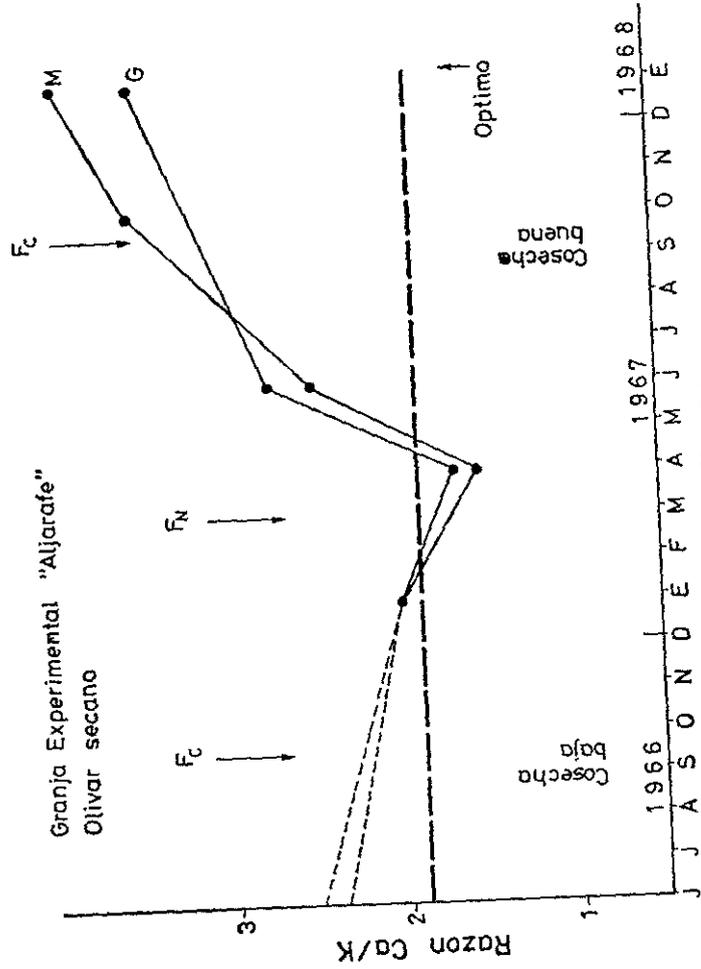


Fig. 34

Otras causas pueden influir también en la producción y en la alternancia. La Tabla V muestra las producciones por año durante los ocho de duración de una experiencia de fertilización realizada en una plantación de la variedad «zorzaño», en la que todas las plantas recibieron el mismo abonado fosfopotásico, pero diferían en la dosis de fertilizante nitrogenado y en la época de incorporación del mismo.

TABLA V

Rendimientos en Kg./árbol de aceitunas en parcelas con distintos tratamientos. Experiencia de fertilización en olivar, variedad «zorzaño», de aceite, de la provincia de Sevilla

AÑOS	Tratamientos						
	AF	RM	AM	T	RF	IF	IM
1959	25	20	20	14	6	1	—
1960	2	3	6	12	17	23	—
1961	37	30	27	23	18	20	—
1962	3	4	6	2	17	20	31
1963	34	32	43	33	22	14	31
1964	42	32	28	12	20	31	20
1965	22	22	24	12	15	18	22
1966	15	19	16	19	20	19	12
Media total	22,5	20,2	21,2	15,9	16,9	18,2	23,2
Media años 63-66	29	26	27,8	19	19,5	21	21
% respecto a T = 100	152	137	146	100	102	110	110

Notas

- 1.ª (Dosis de fertilizante nitrogenado: F, fuerte; M, media. Época de incorporación: A, anticipada, 2.ª quincena de febrero; I, intermedia, 2.ª quincena de marzo; R, retardada, 2.ª quincena de abril). (T = testigo).
- 2.ª (El año 1966 fue climatológicamente anormal, con temperaturas altas en febrero, mínima 8°C., y muy bajas en marzo, 3º a 4°C, con oscilaciones diarias de 15 a 16°C, lo que perjudicó fuertemente a la cosecha.)

En cinco de los ocho años de duración de la experiencia el mayor rendimiento correspondió a la administración del nitrógeno en época temprana (A) y en tres a época intermedia (I). De un total de 38 cosechas inferiores a 25 Kg./árbol registrada en los ocho años, 24 correspondieron a aplicación retardada (R) o intermedia (I) del nitrógeno, siete a las parcelas testigo y siete a las de aplicación anticipada. Estos datos conducen a la conclusión de que en las condiciones de clima de la provincia de Sevilla y para los suelos representados en este campo experimental, la mejor época entre las ensayadas para la aplicación del nitrógeno es la temprana, es decir, la segunda quincena de febrero.

A lo largo de la experiencia, todas las parcelas aumentaron su producción, pero este aumento fue mayor en las abonadas que en las testigo, correspondiendo también la mayor producción media por árbol a las parcelas AF, seguidas de las AM.

Aunque en la mayoría de los tratamientos persistió la alternancia, se observó una disminución general de la misma en las parcelas abonadas, de modo que el fenómeno resultó muy atenuado a partir de 1963. Paralelamente mejoró el estado nutritivo general del campo de la experiencia, como muestra el acercamiento progresivo de su equilibrio nutritivo medio al «equilibrio nutritivo óptimo», en especial en lo que se refiere a la terna N-10P-K, según puede verse en las figuras 36 y 37.

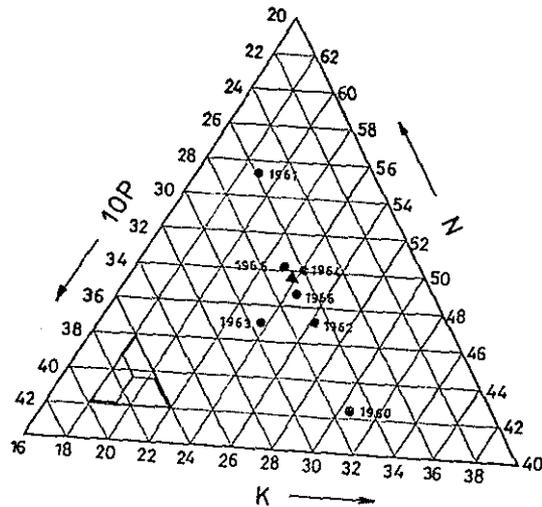


Fig. 36

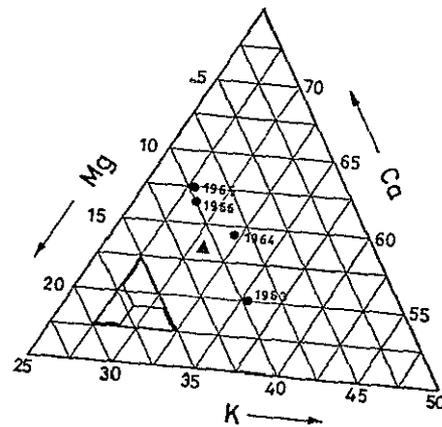


Fig. 37

## FLORACION Y FRUCTIFICACION DEL OLIVAR. ASPECTOS FISIOLÓGICOS

La importancia del fenómeno de la alternancia en la producción y la influencia que, según habíamos encontrado, ejercen sobre la misma los factores nutricionales, en especial el equilibrio catiónico K-Ca-Mg y la razón Ca/K en hojas, sugería un especial interés tanto científico como práctico que podría centrarse en la investigación detenida de los aspectos fisiológicos y bioquímicos del fenómeno de la floración y fructificación y de su posible relación con aquellos factores y con su intervención o influencia en procesos importantes del metabolismo vegetal, lo cual permitiría probablemente profundizar en el conocimiento de las causas de la vecería.

Este estudio pudo llevarse a cabo utilizando, durante los años 1969 a 1971 como material experimental, una plantación de olivar, variedad «manzanillo», de mesa, situada en un suelo calcimagnésico (rendsina) de la finca «Cortijo Villanueva», en la comarca del Aljarafe, en las proximidades de Sevilla, que contenía 3,5 % de carbonato cálcico en la capa arable, aumentando con la profundidad, pH 7,6, y que era pobre en materia orgánica (1,1 %), en nitrógeno y en fósforo y potasio asimilables.

La parcela de experimentación comprendía 80 plantas de veinteaños de edad, de tamaño homogéneo, en régimen de vecería o alternancia de producción, divididas en dos grupos de 40 plantas cada uno: grupo A, formado por árboles para los que se esperaba buena producción en 1969 y 1971, y grupo B, en régimen opuesto a los anteriores, previsiones que se confirmaron en la práctica. Los árboles sólo recibieron fertilización en 1969.

En cada uno de los grupos de A y B se efectuó una toma media mensual de los ramos representativos, «productivos» o «vegetativos», de las respectivas plantas, con el fin de estudiar en el laboratorio los órganos correspondientes, hojas, yemas, inflorescencias, flores y frutos. Se realizaron análisis químicos para cada clase de órgano, determinando nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio

y algunos oligoelementos. En los árboles productivos (grupo A en 1969, grupo B en 1970, etc.), se efectuaron durante 1969 a 1971 recuentos mensuales para determinar el número medio de ramos productivos, yemas, inflorescencias, flores y frutos por planta a lo largo del año, con el fin de relacionarlo con el estado nutritivo de la misma. Independientemente, en hojas y yemas de ambos grupos de árboles se determinaron también contenido y naturaleza de carbohidratos a lo largo del año; contenido y naturaleza de ácidos fenólicos; actividad del enzima indol acético oxidasa; nitrógeno total, fracciones de nitrógeno y aminoácidos libres, fósforo total y fracciones de fósforo. Los resultados detallados de estos estudios pueden verse en (59), (62), (63) y (64).

A título de ejemplo, la Tabla VI contiene los datos de recuentos de órganos en árboles productivos en el año 1969. Datos análogos para 1970 y 71 puede verse en (62).

Como puede verse, y por lo que respecta al año 1969, las yemas una vez diferenciadas a productivas, evolucionaron en su totalidad a inflorescencias, cada una de las cuales contenía unas quince flores, correspondiendo a Abril el máximo de ambas. El 29 % de las flores contadas en Abril fructificó en el mes de Mayo, perdiéndose el resto por caída de flores individuales por causas diversas, ya que el total de inflorescencias de Abril coincide con el de racimos de frutos contados en Mayo, con un promedio de cuatro frutos por eje de inflorescencia.

En Junio ocurrió una pérdida del 89 % de los frutos, el 35 % de los cuales lo fue por caída de los ejes de inflorescencia y el resto por desprendimiento individual desde éstos.

No ocurrió ninguna caída de frutos posterior a Junio, siguiendo una pérdida menor, lenta, en los meses siguientes hasta quedar en la época de la recolección un número que representa el 6,7 % de los contados en Mayo, o el 1,9 % respecto a las flores habidas en Abril.

La pérdida de ejes de infrutescencia ocurrida entre Junio y Septiembre es muy semejante a la habida en el mismo período para los frutos, lo que indica que la pérdida de cosecha que tuvo lugar durante el crecimiento de éstos se debió principalmente a la caída de dichos ejes.

Entre tanto, el crecimiento vegetativo de los ramos fue de un centímetro por mes, excepto de Junio a Julio y de Julio a Agosto, que fue de 0,5 centímetros, con un total de nueve centímetros por ramo, en el que se contaron 14 yemas, de nueva formación, ninguna de las cuales evolucionó a productivas en el año siguiente.

Hechos análogos podrían comentarse para 1970, asimismo con una caída masiva de frutos en Junio (agravada en este caso por un tratamiento anticriptogámico que no pudo evitarse) que re-

TABLA VI

Recuentos de órganos en árboles productivos (grupo A) de olivar «manzanillo» de mesa, año 1969

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septbre.	Ocubre.	Nvbre.
Ramos/reproductivos/árbol .....	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480
Yemas reproductivas/árbol .....	48.360	496	—	—	—	—	—	—	—
Inflorescencias/árbol ...	—	47.864	45.384	29.264	14.384	13.888	13.888	13.888	—
Flores/árbol .....	—	716.720	7.192	—	—	—	—	—	—
Frutos/árbol .....	—	—	207.576	23.064	17.856	16.368	15.624	13.953	—
Peso medio fruto (g.).....	—	—	—	—	—	1.57	2.53	2.58	—
Producción Kg/árbol ....	—	—	—	—	—	—	—	36	—
Crecimiento del ramo (acumulativo) (cm.) ...	—	—	4	5	5,5	6	7	8	9

dujo el número de aquéllos a 9.700, número que permaneció hasta la cosecha, que fue del mismo orden que la de 1969, con un mayor peso medio por fruto. Otras circunstancias fisiológicas se derivan de este hecho, sobre las que volveremos más adelante.

Un proceso semejante se registró asimismo en 1971, según puede verse en (62).

Como consecuencia del tratamiento anticriptogámico de 1970, que incluyó un compuesto oxidante que contenía potasio y ocasionó una severa «poda química» de frutos en los árboles B, se influyó fuertemente en la alternancia. El contenido de potasio en hojas aumentó en estos árboles, que continuaron con niveles altos de dicho nutriente durante todo el año y produjeron nuevamente cosecha en 1971, comportándose en este año como los árboles A. Este hecho es de interés en relación con los fenómenos de asimilación foliar de nutrientes, sobre lo que insistiremos más adelante.

La figura 38 muestra la evolución del contenido de algunos elementos en hojas a lo largo del año. Las líneas correspondientes a los árboles en producción reflejan los valores medios de cuatro ciclos anuales, mientras que las de los no productivos (o en ciclo vegetativo) se refieren a dos años. Se señala también en dicha figura

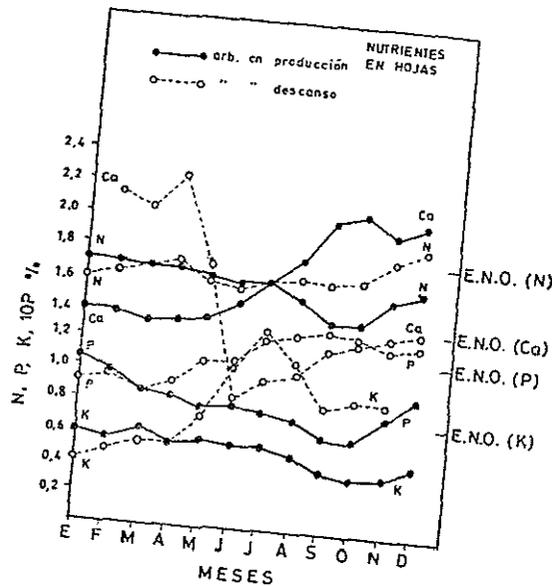


Fig. 38

el nivel que corresponde al equilibrio nutritivo óptimo (E.N.O.) de cada nutriente.

El contenido de nitrógeno en hojas de árboles en producción desciende ligeramente desde Enero a Abril, algo más acentuadamente de Abril a Julio (floración, fructificación) y fuertemente de Julio a Octubre (crecimiento del fruto), con una apreciable recuperación posterior desde Octubre (recolección) a Diciembre, sin que llegue a alcanzarse el nivel inicial y quedando muy por debajo del E. N. O. Los árboles no productivos o en descanso muestran un ligero incremento de Enero a Abril, un pequeño descenso de Abril a Junio y una marcada recuperación total de Junio a Diciembre, llegándose a alcanzar el nivel del E. N. O.

El contenido en fósforo en hojas de árboles productivos sigue una marcha semejante al del nitrógeno en las mismas plantas. En los no productivos ocurre un aumento continuado del contenido de fósforo en hojas hasta recuperar, e incluso superar, el nivel del E. N. O.

El contenido medio de potasio en hojas de árboles productivos se mantuvo siempre por debajo del nivel del E. N. O., observándose además una ligera y constante disminución del mismo desde Enero (0,57 %) a Junio (0,53 %) y un descenso más acentuado hasta Octubre (0,35 %) con una ligera recuperación final, quedando, sin embargo, los árboles en Diciembre con un nivel de potasio muy bajo (0,44 %) notablemente inferior al E. N. O. (0,72 %). En los árboles no productivos ocurre un aumento en el contenido de potasio en hojas a partir de Abril, con un máximo en Julio y descenso posterior hasta quedar en Diciembre con un nivel de este nutriente que iguala o supera al del E. N. O.

La época de mayor disminución del contenido de potasio en hojas de los árboles en producción coincide con la de crecimiento y maduración del fruto, y corresponde a una emigración de dicho nutriente desde aquéllas hacia éste, cuantitativamente muy importante (65) (66). La figura 39 muestra el aumento de peso del fruto a partir de su formación y el de su contenido de potasio, según ESTEBAN (67), en variedades de aceite.

En los árboles productivos ocurre un aumento constante del contenido de calcio en hojas a partir de Mayo, hasta alcanzar al final del año niveles elevados (2 %), muy superiores al E. N. O. (1,31 %). En los árboles no productivos, el contenido en calcio disminuye fuertemente en Marzo a Junio, para aumentar después y alcanzar al final del año el nivel del E. N. O.

La disminución del contenido en potasio y en nitrógeno y el aumento del de calcio en los árboles productivos da lugar a que al final del año, después de la recolección, las razones Ca/K y N/K queden fuertemente desequilibradas (63), con valores muy altos (4,54 y 3,63, respectivamente) y muy alejados de los óptimos co-

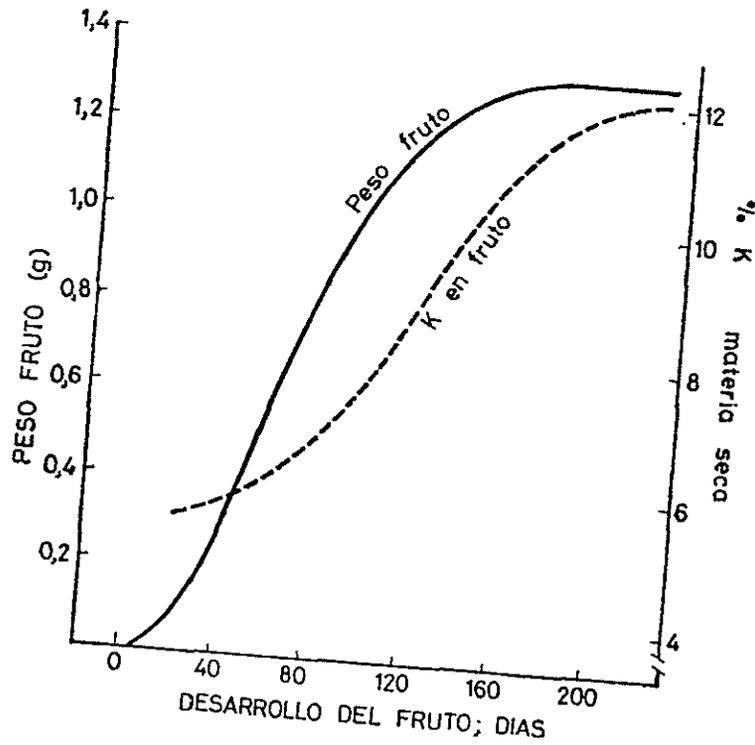


Fig. 39

respondientes (1,64 y 2,48). Como se indicó en otro lugar, este hecho tiene a nuestro juicio una gran responsabilidad en la aparición de la alternancia en la producción, de modo que los árboles en tales circunstancias no producen cosecha al año siguiente. Por el contrario, los árboles no productivos o en descanso restablecen prácticamente durante el año valores para dichas razones (1,43 y 2,12) iguales o muy cercanos a los óptimos.

La figura 40 muestra la variación de la razón Ca/K a lo largo del año en ambas clases de árboles.

Finalmente, el contenido en magnesio en árboles productivos y no productivos sigue a lo largo del año una variación análoga a la del calcio, por lo que se ha omitido en la figura 38.

Los hechos anteriores se complementan bien con los datos de análisis de nutrientes en yemas (Y), ejes de inflorescencias (Ei),

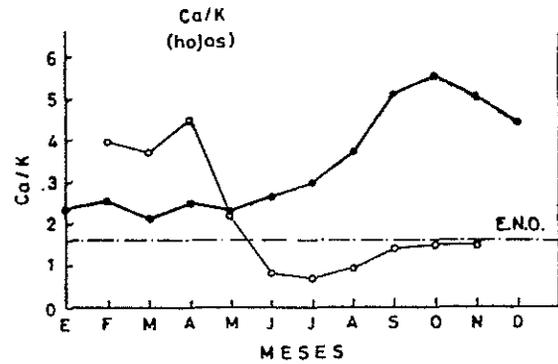


Fig. 40

flores (F) y frutos (Fr) en árboles productivos y en las yemas de los no productivos, de los que comentaremos por su especial interés los que se refieren al nitrógeno, potasio y calcio.

Como se muestra en la figura 41, el contenido de nitrógeno en ambas clases de yemas es superior al de las hojas y aumenta de Febrero a Abril. Las flores tienen un contenido de nitrógeno análogo a las yemas reproductivas bien diferenciadas. El de los frutos descende continuamente al aumentar el tamaño de éstos. Si se examina el contenido total de nitrógeno de la suma  $Y + Ei + F + Fr$  (Fig. 42) en los árboles productivos, se observa un moderado aumento de Febrero a Abril (contribución principal de  $Y + Ei + F$ ) y un gran incremento de Junio a Septiembre (crecimiento de los frutos). Este gran consumo de nitrógeno explica la disminución del contenido de este nutriente en hojas. La exportación de nitrógeno al final del año es considerable y no ocurre, por supuesto, en los árboles que no producen cosecha. Una marcha semejante se ha observado para el fósforo.

El contenido de potasio en las yemas reproductivas aumenta de Febrero a Marzo, es mayor aún en las flores y alcanza un máximo en los frutos recién formados, para decrecer después ligeramente al aumentar éstos de tamaño (efecto de dilución) (Fig. 43). En todo tiempo, no obstante, la proporción de este nutriente en los frutos es muy superior a la de las hojas (a veces el doble).

La figura 44 que recoge el contenido total de potasio en la suma  $Y + Ei + F + Fr$ , muestra claramente la gran acumulación de este elemento en los frutos de Junio a Octubre (crecimiento) y la exportación de dicho nutriente por árbol que ocurre con la cosecha.

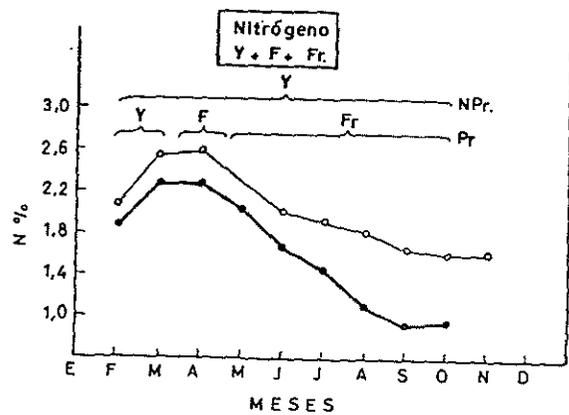


Fig. 41

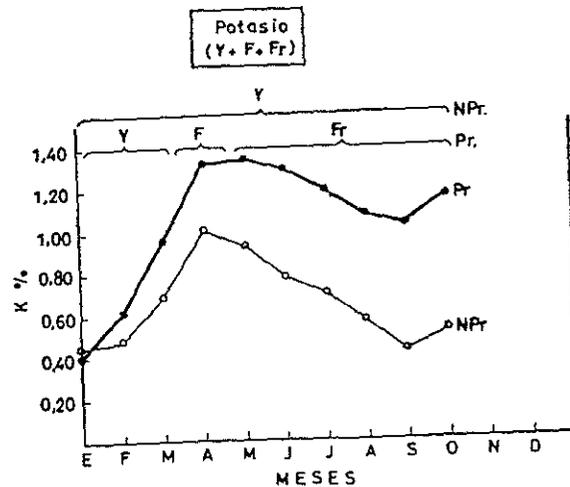


Fig. 43

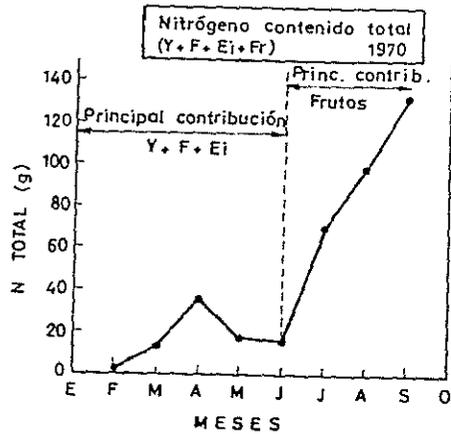


Fig. 42

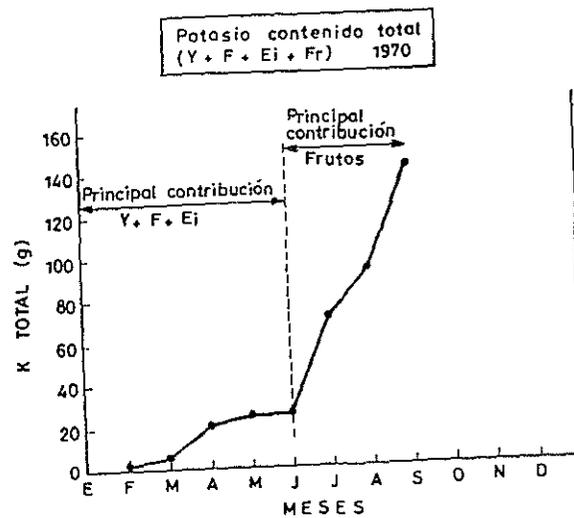


Fig. 44

Como se indicó en otro lugar, tal exportación y acumulación en los frutos es responsable del notable descenso del contenido de potasio en hojas, que al final del año 1970, al que se refiere este comentario, llegó a bajar a 0,37 % en la época de la recolección. La lentitud comprobada en el restablecimiento del nivel de potasio en hojas (cuya deficiencia estacional se hace visible en los años de gran cosecha), sitúa a tales plantas en una situación de franco desequilibrio nutritivo para el año siguiente, con las repercusiones ya comentadas, que se traducen en el fenómeno de la alternancia en la producción.

Finalmente, como muestran las figuras 45 y 46, el comportamiento del calcio es completamente opuesto al del potasio, con un descenso continuado en el contenido de dicho elemento en los órganos reproductivos de Febrero a Octubre y una exportación total de este nutriente, referida también a 1970, notoriamente inferior (cuatro veces menor) a las de potasio y nitrógeno.

\* \* \*

La producción de flores y el proceso de fructificación es no sólo de gran significación en la vida de la planta, sino que encierra el mayor interés desde el punto de vista práctico, ya que la agricultura depende en su mayor parte de una buena producción de frutos y semillas. Contrariamente a lo sostenido por muchos fisiólogos vegetales, BAXTER indica (68) que el proceso de la floración es la expresión normal del programa genético de la planta. En las formas primitivas de vida, la capacidad reproductora se encontraba en todas las células. Con una mayor complejidad, vino una creciente especialización. La mayoría de las plantas florecen abundantemente, de modo que la no floración es la excepción. Así FULFORD (69), que investigó la morfogénesis de yemas de manzano, llegó a la conclusión de que «el meristemo forma flores indefectiblemente, a menos que se le impida hacerlo».

Paradójicamente, a pesar de los numerosos trabajos realizados hasta la fecha, se desconocen todavía los más importantes aspectos de la bioquímica de la floración y de la fructificación.

A este respecto las opiniones de los científicos pueden dividirse en dos grupos. De una parte los fisiólogos, interesados principalmente en los procesos de nutrición de las plantas, atribuyen la diferenciación de yemas productivas y la floración a factores nutricionales en su más amplio sentido. De otro lado, los bioquímicos sostienen la actuación de una hormona específica de la floración producida por las hojas, que actuaría sobre el ápice floral. Esta última opinión, apoyada entre otros por CHAILAKHYAN (70), (71), tiene una gran importancia en la actualidad, reforzada por la in-

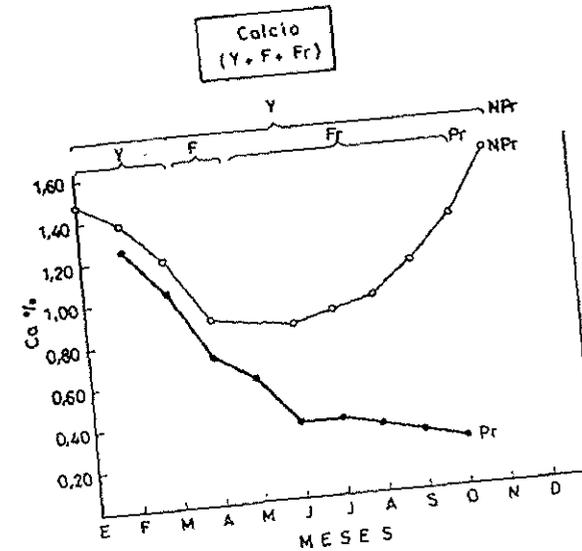


Fig. 45

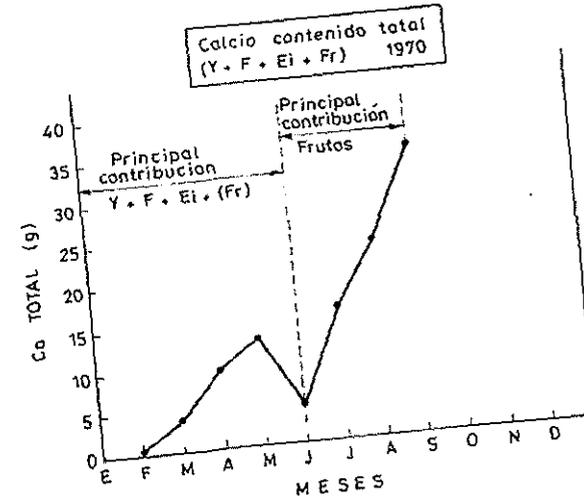


Fig. 46

fluencia de los estudios realizados sobre fotoperíodo en plantas y, en particular, por la que en la floración de determinadas especies vegetales ejercen las sustancias que actúan en el crecimiento (auxinas, giberelinas, etc.)

Para CHAILAKHIAN, en la composición de las hormonas de floración entrarían dos clases de sustancias que se sintetizarían en las hojas: el ácido giberélico, responsable de la iniciación y crecimiento del brote floral y las que llamó provisionalmente «antesinas», responsables de la formación misma de la flor. Los metabolitos producidos en las especies de día largo durante esta clase de exposición serían las giberelinas, de acuerdo con lo cual se ha comprobado que una pulverización con una solución de ácido giberélico sustituye a la exposición a días largos. La carencia de giberelinas sería responsable de la ausencia de floración en estas plantas. Los otros componentes de la hormona, las «antesinas», serían necesarias para la floración de toda clase de plantas y su carencia sería la causa de la disminución de ésta en las especies de día corto. Sustancias como el ácido abscísico, o compuestos sintéticos como la hidrazida maleica, inhiben el crecimiento de brotes florales y, por consiguiente, la floración de las especies de día largo, mientras que determinados antimetabolitos del metabolismo de ácidos nucleicos (2-tiouracilo, 5-fluoruracilo, etc.), e inhibidores del metabolismo de esteroides retardan o anulan la producción de flores en especies de día corto. De todo lo cual puede concluirse que, desde este punto de vista hormonal, la regulación de la floración en la primera clase de plantas sería consecuencia del balance entre los efectos del ácido giberélico y sus inhibidores, y en la segunda el resultado del equilibrio entre las antesinas y sus antagonistas endógenos. Las causas que influyan en estos balances o equilibrios, actuarán sobre la activación o sobre el retardo o inhibición de la producción de flores.

Numerosas experiencias realizadas sobre activación de la floración de plantas por injerto con otras ya inducidas, incluso de distinta clase fotoperiódica, conducen a la conclusión de que la hormona de la floración, sería la misma en una y otra clase de plantas, y a la de que aquélla no sería una hormona específica.

Tal número de demostraciones parecen llevar a la convicción de que la existencia de una hormona de floración es un hecho innegable. Sin embargo, el fracaso de los bioquímicos en el aislamiento de esta sustancia ha hecho decir a HESS: «aquí hay que dar la casi avergonzante respuesta de que a pesar de todas las precauciones, las plantas han burlado a los más versados bioquímicos de todo el mundo, ya que hasta ahora no ha tenido éxito la extracción de una hormona de floración que permita hacer florecer las plantas bajo condiciones no inductivas» (72).

Por otra parte ha sido ampliamente comprobada la influencia

de factores nutricionales en el proceso de la floración. Ya en 1954, KOBEL (73), revisó las ideas existentes y concluyó que el énfasis excesivo puesto sobre la teoría hormonal era «desafortunado e inconveniente». Y BAXTER (68), en fecha mucho más reciente, ha intentado esbozar una nueva hipótesis en la que trata de conciliar ambos puntos de vista, nutricional y hormonal, a la vez que los aspectos genéticos, concluyendo que «cualquiera de los intermedios en la secuencia de la iniciación de la flor podría ser llamado «hormona floral», destacando al mismo tiempo la importancia de los inhibidores.

GRASMANIS y LEEPER (74) han mostrado, en efecto, que los nitratos disminuyen la floración en manzanos jóvenes, respecto al nitrógeno amónico. Y BAXTER (68), ha comprobado el efecto favorable de dosis altas de fertilizantes fosfatados en la floración de un gran número de especies frutales, como había sido previsto por KOBEL (73) y como se encontró asimismo hace mucho tiempo por ANTONY y CLARKE (76) y por FAKUDA y KONDO (76). AL-OMARI (77) demostró asimismo que un aumento de calcio en la nutrición afectaba fuertemente al nivel de auxinas en las plantas, y FEUCHT (78) y FEUCHT y ARANCIBIA (79) encontraron que las yemas de un gran número de frutales acumulaban fósforo, en particular fósforo inorgánico antes y durante el período de diferenciación.

Sorprendentemente, y a pesar de la extraordinaria importancia del potasio en el metabolismo vegetal (80), no existen demasiados datos sobre el papel de este elemento en el proceso de la floración, aparte de que con frecuencia, aquéllos parecen contradictorios. Así HASS (81) encontró una baja fructificación en *citrus* con niveles bajos, aunque no deficientes de potasio. SEMENIUK (82) comprobó una mayor producción de semillas en *Matthiola incana*, al aumentar la concentración de potasio en la solución nutritiva; WAKHLOO (83) halló un número reducido de semillas por fruto en *Solanum xanthocarpum* y *Solanum nigrum*, con niveles bajos en potasio y una variación en los niveles de triptófano y de auxinas en el ápice de tallos y brotes al aumentar el contenido de potasio en hojas de *Solanum nigrum*.

El mismo autor (84) observó que el número de flores por planta en *Solanum sisymbriifolium* aumentó en un 30 % cuando era menor el nivel de potasio y que este efecto se acentuaba por tratamiento con giberelinas, si bien en ambos casos el aumento fue casi totalmente en la proporción de flores estériles. Asimismo WAKHLOO (85) ha detectado varias sustancias semejantes a ácidos giberélicos en extractos metanólicos de brotes vegetativos y de inflorescencias de *Solanum sisymbriifolium*, de modo que las plantas de menor contenido en potasio tenían niveles más altos de tales sustancias. Y estudios recientes han concluido asimismo que la respuesta del cocotero a la fertilización potásica es muy significa-

tiva e inmediata, y se manifiesta sobre todo en los factores de producción: mayor número de inflorescencias y de racimos por árbol, más flores por inflorescencia, mayor número de frutos por árbol, etc. (86).

Existen, por otra parte, numerosísimos datos sobre la influencia del potasio en factores diversos de la nutrición y del metabolismo vegetal, acumulación de carbohidratos, reducción de nitratos, síntesis de proteínas, división celular, formación de ácidos orgánicos y grasas, fotosíntesis, fosforilación oxidativa, etc., muchos de los cuales pueden verse en (87), (88), (89), (90), (91) y (92); así como en procesos enzimáticos (93), contenido de las plantas en aminoácidos (94), en éstos y en fenoles (95), etc.

En la actualidad se concede gran importancia al problema de los inhibidores, tanto en relación con la teoría hormonal como en lo que respecta a su intervención en procesos fisiológicos y bioquímicos relacionados o que siguen al metabolismo de nutrientes. DOSTAL y HOSEK (97) y HAMNER y BONNER (98) comprobaron que el ácido indolacético inhibía la floración, acción que según unos autores se debe a la destrucción o inactivación del estímulo floral y que para otros consiste en una intervención de la auxina en la modificación de la función de la membrana celular por su unión a la lecitina (99). BAXTER (68), por su parte, sostiene que los inhibidores actúan disminuyendo la permeabilidad de la membrana celular, con lo que decrece el flujo de iones fosfato hacia el citoplasma y los orgánulos. Para este autor las sustancias promotoras del crecimiento que afectan a la floración lo harían también cambiando la permeabilidad y el potencial eléctrico de las membranas celulares. Así el ácido amino succínico que induce la floración en frutales jóvenes, incrementa la permeabilidad de la membrana (100). Se supone que el ión calcio es la clave de la regulación energizada de la permeabilidad, esto es, del transporte de iones contra un gradiente de concentración, lo que se deduce de su papel general como «desenergizador». Así se sabe que el nivel de auxinas se afecta fuertemente por el calcio (77), que el exceso de este elemento disminuye la permeabilidad y que los frutales que no florecen acumulan calcio en las yemas en desarrollo. De acuerdo con esto, es de esperar que el exceso de calcio disminuya la diferenciación de las yemas florales, como hemos podido confirmar, ya que en nuestro trabajo se han encontrado niveles más altos de potasio en yemas que luego se diferenciaron a flores que en yemas vegetativas, mientras que ocurría lo contrario con el contenido en calcio.

De todo lo anterior puede deducirse que en el estado actual de nuestros conocimientos no parece posible atribuir a causas sencillas el comportamiento de las plantas en lo que se refiere a la floración. En contra de lo que parece tan claro y tan simple, la existencia de una hormona floral, está sobre todo el fracaso reiterado

en su aislamiento e identificación. La dificultad de una explicación directa desde la consideración de factores nutricionales, radica en la extraordinaria complejidad de los fenómenos que los nutrientes sufren o desencadenan en el interior de la planta y en su influencia en numerosas rutas metabólicas, muchas de las cuales pueden actuar sobre la floración. A nuestro juicio parece evidente, no obstante, que en la explicación de la diferenciación de yemas, de la floración y de la fructificación, estos factores deben jugar un papel importante, ya directamente, o bien de un modo indirecto por su repercusión en el curso de otros procesos, enzimáticos, hormonales, etc. Así lo sugiere entre otras cosas, en lo que se refiere al olivo, el hecho de que plantas de la misma variedad que viven en el mismo medio, sometidas a idénticas condiciones climáticas, se encuentren unas en período o ciclo de producción y otras en ciclo de no producción o de descanso; y la estrecha correlación que hemos encontrado entre estas situaciones y el estado de nutrición de unas y otras, en particular el bajo nivel de nitrógeno y, sobre todo, de potasio en hojas y el elevado nivel de calcio que sigue a una cosecha normal o fuerte, así como el desequilibrio que esto ocasiona en las razones N/K, Ca/K en las hojas de tales plantas. Reiteradamente hemos atribuido una gran responsabilidad a estos desequilibrios en el fenómeno de la alternancia en la producción, que en definitiva lo es en el de la producción o carencia de flores (54 a 59) y (62 a 64). En lo que sigue vamos a tratar de profundizar en estas consideraciones.

Sin que a priori queramos establecer una necesaria correlación negativa entre crecimiento y floración, hemos investigado la actividad del enzima indolacético oxidasa (y, como se explicará más adelante, las características del mismo) y el contenido, y naturaleza de ácidos fenoles en hojas y en yemas de dos grupos de árboles de olivo de la variedad «manzanillo», en producción unos y en ciclo vegetativo otros, referidos en (62), (63) y (64), durante los meses de octubre a mayo siguientes. Los resultados se encuentran en la figura 47.

El contenido de ácidos fenoles libres y la actividad de la AIA-oxidasa aumentan sólo muy ligeramente o no varían en el período indicado en los árboles en ciclo vegetativo. Por el contrario, en los árboles en ciclo de producción ocurre un aumento en el contenido de ácidos fenoles libres en hojas y en yemas a partir de diciembre, que coincide con un fuerte incremento de la actividad del enzima. Estos aumentos prosiguen hasta abril, decreciendo luego ambas magnitudes de abril a mayo, una vez terminada prácticamente la floración.

Es de advertir que en estas últimas plantas el aumento de la concentración de ácidos fenoles libres coincidió con la disminución del nivel de ácidos fenoles conjugados o complejos, lo que indica

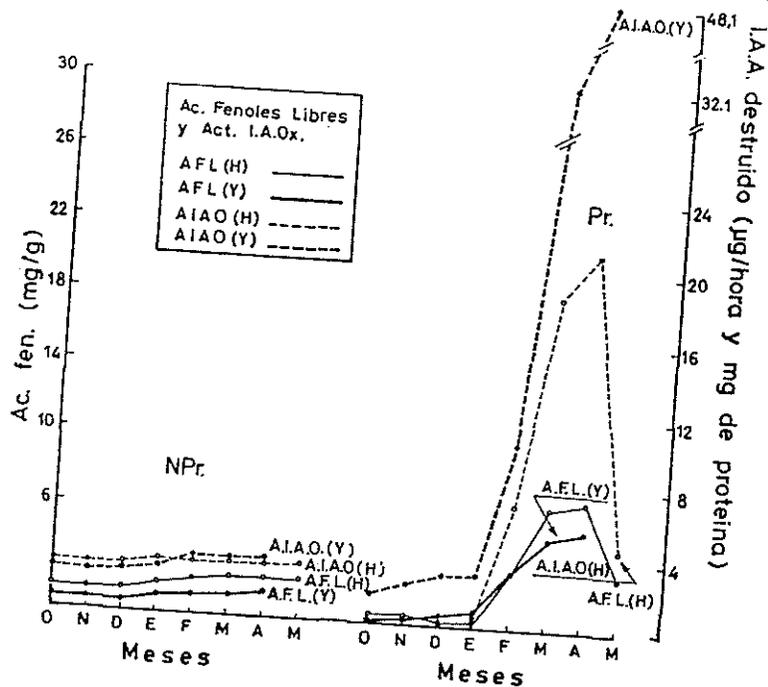


Fig. 47

que los primeros se originan no solamente por síntesis, sino, además, a expensas de los segundos. Por el contrario, el ligero aumento en el contenido en ácidos fenoles libres que se observa en los árboles en ciclo vegetativo coincide con otro aumento asimismo pequeño en los ácidos fenoles conjugados.

Estos hechos indican que a partir de diciembre se desencadenan una serie de procesos fisiológicos que son diferentes en uno y otro grupos de árboles. Como las circunstancias ambientales y de manejo fueron las mismas, no puede atribuirse este distinto comportamiento a diferencias en la dosis de frío invernal (vernalización), al que tanta importancia se ha venido hasta ahora concediendo, ni a otras circunstancias climatológicas (iluminación, insolación, etc.), sino que deben radicar en causas de tipo fisiológico, ligadas probablemente a factores nutricionales. En todo caso es un hecho evidente la correlación contenida en ácidos fenoles-actividad de la AIA-

oxidasa, así como que el comportamiento opuesto, observado a este respecto entre ambos grupos de árboles se corresponde con un nivel muy diferente de potasio en hojas (alto en los de árboles pro respecto entre ambos grupos de árboles, se corresponde con un curso distinto del proceso de diferenciación de las yemas.

Estos hechos sugieren, por otra parte, la actuación de los ácidos fenoles ya como inhibidores de la AIA-oxidasa (árboles en ciclo vegetativo) o bien como activadores de la misma (árboles en ciclo de producción).

Existen abundantes datos en la bibliografía que sugieren que tanto los activadores como los inhibidores de la AIA-oxidasa son sustancias de naturaleza fenólica. Así GORTNER y col. (100) aislaron de extractos de piña inhibidores de este enzima que identificaron como un éster del ácido ferúlico. Análogamente, BLUMENTHAL-GOLDSCHMIDT (101) separó de semillas de lechuga inhibidores de naturaleza fenólica, entre los que identificó los ácidos cafeico y clorogénico. GALSFON y BAKER (102) han señalado, por el contrario, que un componente fenólico es indispensable para la acción del ión  $Mn^{++}$  como cofactor de la AIA-oxidasa. Y SONDHEIMER y col. (103) y KORES (104) han comprobado la acción positiva de ácidos fenoles sobre la actividad del enzima.

Por nuestra parte hemos encontrado que no solamente es distinto el contenido de ácidos fenoles de árboles en ciclo de producción y en ciclo vegetativo, sino que en los primeros las mayores concentraciones (medias de hojas y yemas) corresponden, por este orden, a los ácidos p-hidroxifenilacético, ferúlico, p-hidroxibenzoico, vanílico y p-cumárico (todos ellos en contenido creciente de octubre a marzo), esto es, a monofenoles y difenoles sustituidos, mientras que los segundos contienen, por orden de abundancia decreciente, ácido clorogénico, ferúlico (contenido constante), sinápico, protocatequico, cafeico, p-hidroxibenzoico (contenido constante) y o-cumárico (contenido constante), esto es, predominio de metadi-fenoles no sustituidos, trifenoles sustituidos y ésteres de cafeico más quínico.

Hemos separado asimismo (105), (106), (107) la AIA-oxidasa extraída de hojas de olivo en dos actividades distintas, lo que muestra que ambas corresponden a unidades enzimáticas diferentes, habiendo logrado además una purificación que representa un aumento de 500 veces en la actividad oxidásica separada. Ambos enzimas son de naturaleza glucídica, difieren en su estabilidad frente a la temperatura y tienen máximos de actividad a pH 6,6 para la oxidasa y 4,7 para la peroxidasa. En la primera predominan como carbohidratos la xilosa, fucosa y manosa y como aminoazúcares la manosamina y galactosamina, mientras que en la peroxidasa se han identificado la galactosa, arabinosa, manosa y manosamina.

Para la AIA-oxidasa purificada se ha podido determinar un peso

molecular aproximado de 46.000 dalton y un contenido en hierro de dos átomos por molécula.

En una serie numerosa de ácidos fenoles hemos podido establecer por vía experimental que en un amplio margen de concentraciones, unos compuestos actúan como inhibidores y otros como activadores sobre extractos purificados de la AIA-oxidasa, mientras que varios más se comportan de una u otra forma según la concentración. Entre estos últimos se encuentran el ácido ferúlico, activador a concentraciones de 20 a 100  $\mu\text{M}$  e inhibidor para concentración mayor de 160  $\mu\text{M}$ , el ácido p-hidroxibenzoico, activador para el intervalo de concentraciones de 0,002 a 6 mM e inhibidor para concentraciones más elevadas, y el ácido vanílico, activador entre concentraciones de 0,16 a 10 mM y activador a mayor concentración.

En resumen, el comportamiento como activadores predominó o fue el exclusivo entre los ácidos ferúlico p-hidronifenilacético, p-hidroxibenzoico, vanílico, p-hidroxifenilpirúvico y siríngico, los cuatro primeros de los cuales eran los más abundantes en hojas y yemas de árboles en ciclo de producción. Por el contrario, se comportan predominante o exclusivamente como inhibidores los ácidos clorogénico, cafeico, protocatéquico, 2,6 y 2,4 hidroxibenzoicos, gentísico, florético y resorcinico, los tres primeros de los cuales eran abundantes en hojas y yemas de árboles en ciclo vegetativo. Los ácidos para y orto cumárico y el sinápico eran indiferentes frente al enzima, mientras algunos, como el ferúlico o el parahidroxibenzoico, fundamentalmente activadores, ectúan también como inhibidores a concentraciones más elevadas, como se indicó anteriormente. Con notoria diferencia, los ácidos ferúlico, p-hidroxifenilacético, p-hidroxibenzoico y vanílico eran mucho más abundantes en las hojas y yemas de árboles productivos que los ácidos clorogénico, cafeico y protocatéquico en las plantas en ciclo vegetativo.

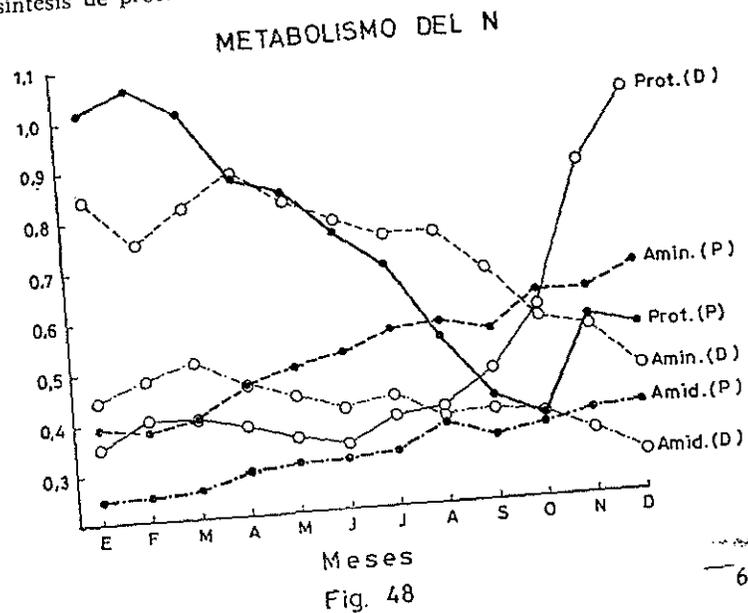
En definitiva, la aparición de determinados ácidos fenoles a concentraciones adecuadas (que se da en los árboles productivos, de alto contenido en potasio) parece ser un factor importante en la activación de la AIA-oxidasa y en la diferenciación de yemas para la producción de flores.

La indicada aparición de unos u otros ácidos fenoles en cada grupo de plantas ha de venir determinada por un curso especial de los procesos metabólicos en cada caso. Para el esclarecimiento de este hecho presenta un gran interés la consideración del metabolismo del nitrógeno, al mismo tiempo que insistir en el diferente contenido en potasio en ambas clases de árboles, lo que efectuamos a continuación.

Los hechos más relevantes que conciernen al metabolismo del nitrógeno encontrados en nuestro trabajo (108), (109), se muestran en las figuras 48 y 49.

En los árboles en ciclo de producción puede observarse de enero a marzo un contenido de nitrógeno proteico muy superior al de los árboles en descanso, contenido que decrece luego constantemente hasta octubre, con un ligero aumento final hasta diciembre. En los árboles en ciclo vegetativo, el contenido de nitrógeno proteico varía poco de enero a julio y es muy inferior al de los productivos, anmentando luego fuertemente hasta final del año. Por el contrario, los contenidos de nitrógeno amínico y amídico de los árboles en ciclo de producción son inferiores a los respectivos de los árboles en descanso y aumentan a lo largo del año, mientras que los de estos últimos disminuyen.

Estos hechos guardan relación con el contenido en potasio en hojas, que en los árboles en producción decrece constantemente a lo largo del año aproximadamente hasta octubre (como lo hace el nitrógeno proteico o aumenta el amínico). Por lo que respecta a los árboles en ciclo vegetativo que arrastran durante parte del año los niveles bajos de potasio con que acabaron el año anterior, sólo desarrollan una importante síntesis proteica a partir de junio-julio, en que recuperan un buen nivel de dicho elemento en hojas. Estos hechos están de acuerdo con el reconocido papel del potasio en la síntesis de proteínas en plantas.



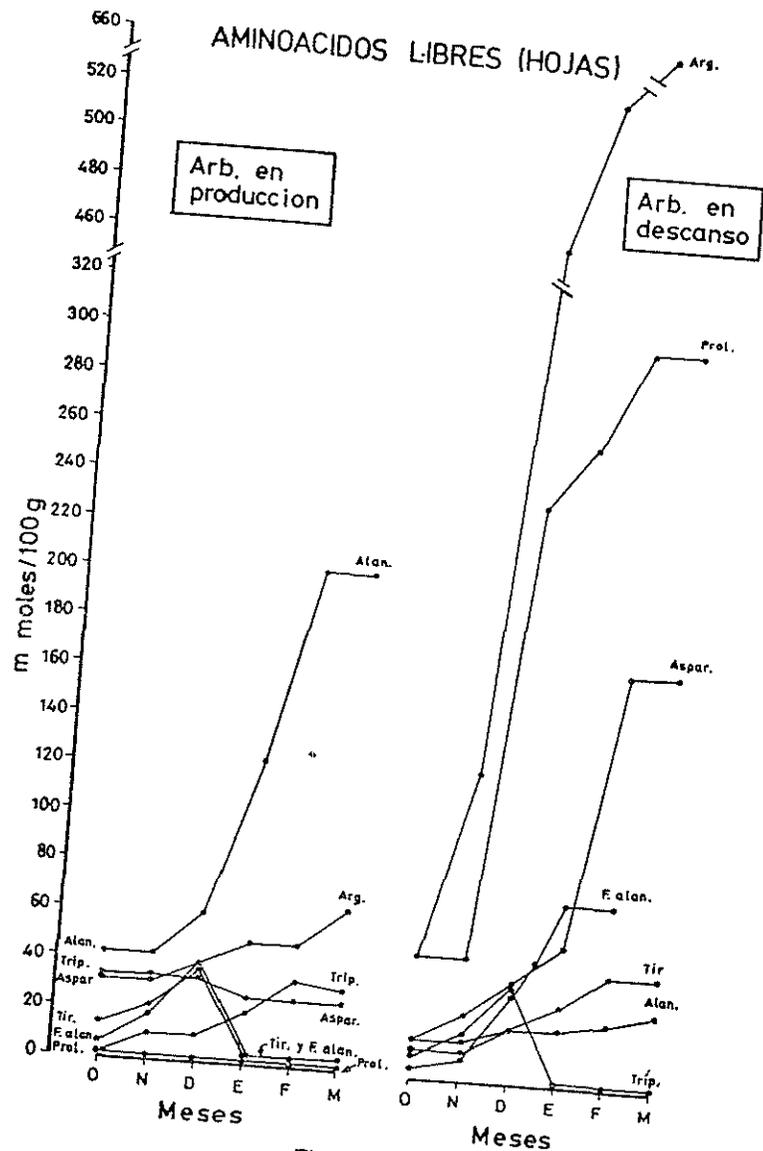


Fig. 49

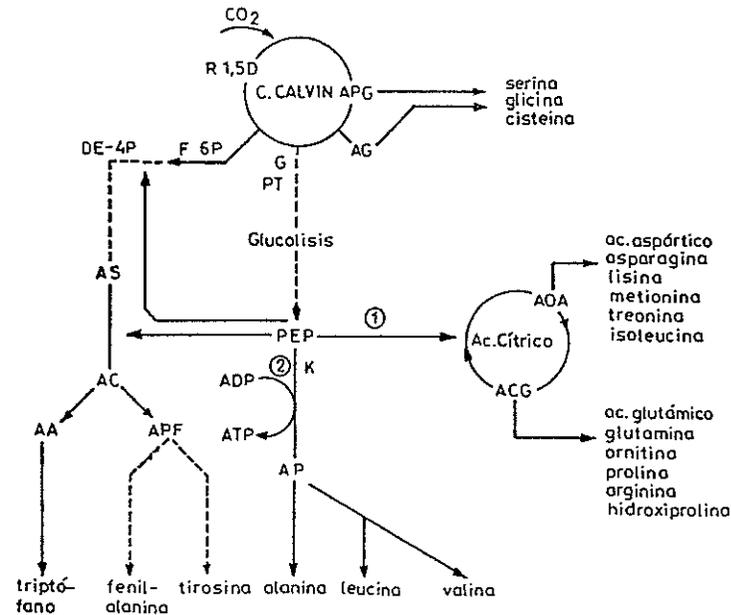


Fig. 50

Hemos examinado también el contenido de fracciones de nitrógeno en hojas y en yemas de ambos grupos de árboles durante el período de octubre a marzo (108). El contenido de las yemas es en todos los casos muy superior al de las hojas respectivas. Lo más destacado es, sin embargo, el alto contenido de aquéllas en nitrógeno proteico, y el bajo en las fracciones orgánico solubles de enero a marzo en los de árboles que han de ser productivos en el año a que corresponden estos dos meses, y el comportamiento contrario de las de los árboles en ciclo vegetativo, lo que guarda relación otra vez con el diferente contenido en potasio en una y otra clase de plantas y establece una importante diferencia en órganos de los que proceden en un caso las flores y en otro brotes vegetativos.

Especial interés reviste en nuestro caso la determinación que hemos efectuado del contenido de aminoácidos libres en hojas y en yemas de ambos grupos de plantas. Los resultados son muy semejantes para una y otra clases de órganos dentro del mismo grupo de árboles y pueden verse en (64) y (109) y en la figura 49 por lo que respecta a hojas.



La fenilalanina, la tirosina y el triptófano, las dos primeras de especial interés en relación con la biosíntesis de ácidos fenoles, se producen en unas y otras plantas a través de la ruta del ácido shikímico, que se esquematiza en la figura 51.

Para la activación de la formación de la fenilalanina y la tirosina es imprescindible el potasio, según han comprobado HOLLEY y col. (119) y LUBIN y col. (120), por lo que es de esperar un elevado contenido de estos aminoácidos en hojas de árboles en ciclo de producción, lo cual viene corroborado en principio por el fuerte aumento del nivel de ambos compuestos de Octubre a Diciembre en tales órganos y plantas.

Además de incorporar la fenilalanina y la tirosina a la composición de las proteínas, las plantas superiores han desarrollado una ruta metabólica alternativa a través de la cual ambos aminoácidos sirven como origen de los ácidos fenoles relacionados con el ácido cinámico, de los que se derivan otros a través de mecanismos diversos.

La desaparición práctica de la fenilalanina y la tirosina a partir de Enero, que hemos observado en las hojas y yemas de árboles en ciclo de producción, contrariamente a lo que ocurre en las de los árboles en ciclo vegetativo, y la comprobación de la existencia en los primeros de cantidades de ácidos fenoles muy superiores (y de naturaleza en general diferente) a las que están presentes en los segundos, nos llevan de una parte a la confirmación de la indicada procedencia para estos compuestos, y a concluir, de otro lado, que la presencia de cantidades suficientes de potasio es un factor importante en la biosíntesis de los mismos. Parece probable que esta función del potasio se realice a través de su intervención en la activación de los sistemas enzimáticos que regulan las reacciones correspondientes.

De la fenilalanina y de la tirosina por acción de la fenilalanina amonio-liasa, muy extendida en las plantas superiores según KOUKOL y CONN (121) y YOUNG y col. (122) y de la tirosina amonio-liasa de distribución más limitada, proceden respectivamente los ácidos cinámico y p-cumárico, y de éste pueden derivarse los ácidos cafeico, ferúlico, 5-hidroxiferúlico y sinápico, todos los cuales, dado el origen de los dos aminoácidos, se enlazan así con la ruta ya descrita del ácido shikímico (figuras 51 y 52).

Se conocen enzimas vegetales capaces de catalizar la hidroxilación de compuestos aromáticos, fenilalanina a tirosina y ácido cinámico a ácido p-cumárico, como han demostrado NAIR y VINING (123) y RUSSEL y CONN (124), y la ortohidroxilación de monofenoles, como han mencionado WALTON y BUTT (125). Algunas de estas reacciones propuestas por LEVY y ZUCKER (126) se indican también en el esquema de la figura 52.

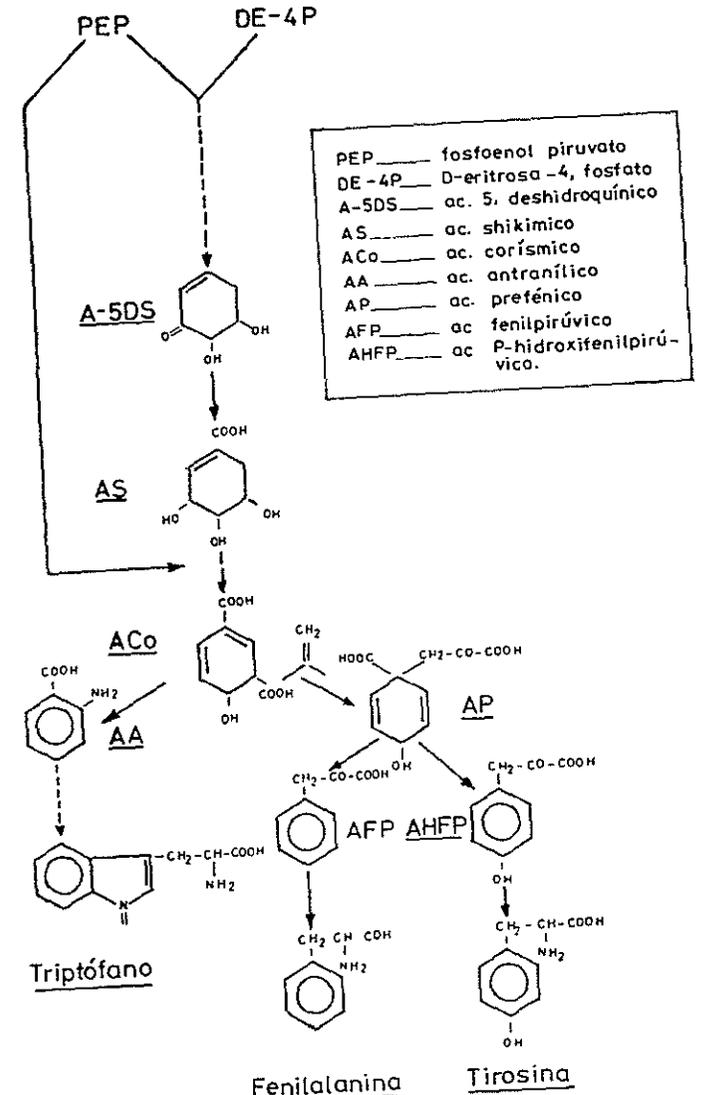


Fig. 51



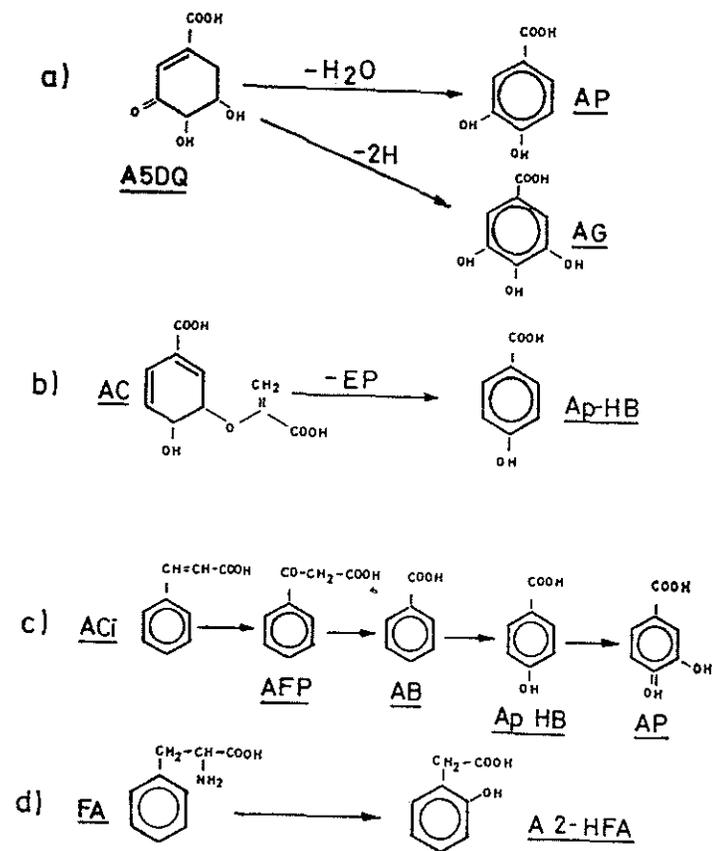


Fig. 53

TABLA VII

Concentración de algunos ácidos fenoles libres (mg./g. peso fresco) en hojas y yemas de árboles productivos (P) y vegetativos (NP) de olivos, variedad manzanillo

ACIDOS	HOJAS			
	Arboles productivos (P)		Arboles vegetativos (NP)	
	Enero	Marzo	Enero	Marzo
a. p-Hidroxibenzoico .....	5	12	2	2
a. p-cumárico .....	2	17	1	—
a. ferúlico .....	—	31	12	10
a. cafeico .....	—	—	4	8
a. p-hidroxifenilacético .....	3	9	—	—
a. sinápico .....	—	—	7	14
a. vanílico .....	12	22	—	—
a. protocatéuico .....	2	—	5	9
a. clorogénico .....	1	2	10	12
	YEMAS			
a. p-hidroxibenzoico .....	5	55	6	6
a. p-cumárico .....	12	46	—	—
a. ferúlico .....	10	50	17	20
a. cafeico .....	—	—	8	12
a. parahidroxifenilacético .....	10	35	—	—
a. sinápico .....	—	—	12	14
a. vanílico .....	17	44	2	1
a. protocatéuico .....	—	—	12	14
a. clorogénico .....	—	2	10	25

Como se indicó en otro lugar, los ácidos p-hidroxibenzoico, ferúlico, vanílico y p-hidroxifenilacético, característicos de los árboles productivos, se comportan exclusiva o fundamentalmente como activadores de la AIA-oxidasa, mientras que actúan como inhibidores de dicho enzima, entre otros, los ácidos cafeico, sinápico, protocatéuico y clorogénico, presentes en especial en los árboles en ciclo vegetativo.

Por lo que se refiere a los primeros, y ateniéndonos al contenido medio en hojas y en yemas, o bien a los aumentos de concentración en tales órganos de Enero a Marzo, el orden en sentido decreciente es ferúlico, p-hidroxibenzoico, vanílico, p-hidroxifenilacético.

Como se indicó en otro lugar, el potasio es imprescindible para

la activación de la formación de la fenilalanina y la tirosina. Con ello está de acuerdo el mayor contenido inicial (Octubre-Diciembre) de ambos aminoácidos en las hojas de los árboles en ciclo de producción (figura 49). Recordamos asimismo en otros lugares las rutas biosintéticas por las que desde estos aminoácidos se llega a los diversos ácidos fenólicos que, en general, implican una desaminación oxidativa catalizada por enzimas (fenilalanina amonio-licasa, tirosina amonio-licasa) y otros procesos posteriores de oxidación a partir de los ácidos cinámicos.

No se conocen bien los posibles catalizadores enzimáticos de muchos de estos procesos, pero puesto que la formación de determinados ácidos fenólicos (ferúlico, p-hidroxibenzoico, vanílico, p-hidroxifenilacético) ocurre principal o casi exclusivamente en las hojas y yemas de árboles productivos, de buen contenido en potasio, con desaparición a partir de Enero de los dos aminoácidos citados (figura 49), lo que no ocurre en las plantas en ciclo vegetativo, es razonable concluir que el potasio es no sólo indispensable para la activación de la síntesis de dicho aminoácido, sino para la transformación de los mismos en ácidos fenólicos, en particular en los referidos.

De todo lo anterior puede concluirse la existencia de una estrecha relación entre el alto contenido en potasio en hojas y el fenómeno de la diferenciación a yemas reproductivas, circunstancias ambas que coinciden en los árboles que para cada año se encuentran en el que hemos denominado ciclo de producción; y que esta interacción tiene lugar a través de un conjunto de procesos metabólicos que en dichas plantas, con alto contenido en potasio, conducen a la formación de determinados aminoácidos, producción de ciertos ácidos fenólicos, fuerte activación de la AIA-oxidasa, diferenciación de yemas, floración. Como se mencionó anteriormente y se mostró en la figura 49, mientras en los árboles vegetativos, con pequeña actividad de la AIA-oxidasa, el triptófano desaparece prácticamente de las hojas a partir de Enero, lo que debe corresponder a la formación de auxina (ácido indol acético) y al crecimiento primaveral, no ocurre tal disminución en los árboles productivos, de alto contenido en potasio, que mantienen un nivel elevado de triptófano en Febrero y Marzo, de lo cual y de su alta actividad AIA-oxidásica cabe esperar un menor nivel de auxina.

En resumen, las cadenas de procesos metabólicos serían diferentes en ambos grupos de plantas, pudiendo señalarse en cada caso los siguientes escalones y circunstancias identificados:

*Arboles en ciclo vegetativo:* Bajo contenido de potasio y alto de calcio en hojas, inhibición o bloqueo de la actividad de la piruvato-quinasa; acumulación de arginina, prolina, asparagina y ácido aspártico y baja concentración de alanina; producción de concentra-

ciones moderadas de ácidos fenólicos inhibidores de la AIA-oxidasa; inhibición de la AIA-oxidasa; desaparición de triptófano desde Enero (producción de auxina); yemas y desarrollo vegetativos.

*Arboles en ciclo de producción:* Alto contenido de potasio y bajo de calcio en hojas; activación de la piruvato-quinasa; alto nivel de alanina; niveles altos de fenilalanina y tirosina hasta Diciembre y disminución posterior; producción de concentraciones elevadas de ácidos fenólicos activadores de la AIA-oxidasa; no disminuye el triptófano; fuerte activación de AIA-oxidasa; diferenciación a yemas reproductivas; floración.

Todo ello demuestra, a nuestro juicio, la importancia de la nutrición potásica y del equilibrio potasio-calcio en la floración y, en consecuencia, en el fenómeno de la alternancia en la producción.

Queda, por lo tanto, comprobada la existencia de una fuerte activación de la AIA-oxidasa en el primer grupo de plantas (en ciclo de producción) y la escasa actividad del enzima en el otro (en ciclo no productivo), así como que estas últimas producen solamente yemas y brotes vegetativos, mientras que las primeras dan lugar a yemas reproductivas, flores y frutos. Otros hechos, como la mencionada desaparición del triptófano (precursor de la auxina) en las plantas vegetativas a partir de Enero y el mantenimiento de niveles importantes de este compuesto, incluso en Febrero y Marzo, en las plantas en ciclo de producción, refuerzan la existencia de una correlación negativa crecimiento-floración, sugerida en muchas ocasiones. Y está comprobado asimismo que en el período que precede y en el que coincide con la diferenciación a yemas reproductivas, las plantas en ciclo de producción tienen un nivel elevado de potasio en hojas y un valor de la razón Ca/K cercano al óptimo, mientras que las de plantas que se encuentran en ciclo vegetativo contienen niveles muy bajos de potasio y un valor alto y desequilibrado de la razón Ca/K.

Estimamos, sin embargo, que a pesar de que aquella correlación negativa producción de flores-crecimiento existe realmente en las plantas que comentamos, y de que no habiendo en este caso diferencias en factores ambientales, climáticos o de manejo, deben ser los nutricionales, y en particular las diferencias comprobadas en el estado de nutrición potásica y en la relación Ca/K de una y otra clase de plantas, los determinantes del distinto curso de los procesos metabólicos que hemos discutido y del final a que se llega en uno y otro caso (floración o crecimiento vegetativo), el proceso es de mayor complejidad y contiene todavía aspectos cuyo conocimiento estimamos indispensable para desentrañar los últimos pasos del fenómeno de la diferenciación a yemas reproductivas. En definitiva, se trata todavía de poder dar explicación satisfactoria de los procesos celulares que se facilitan o dificultan con una actividad elevada o

con una baja activación de la AIA-oxidasa y la consiguiente variación que debe ocurrir en el nivel de auxina, así como la directa influencia en los mismos de los niveles del potasio y calcio.

En el estado actual de nuestros conocimientos no podemos dar una respuesta definitiva a estas cuestiones. Sin embargo, algunos datos adicionales, que hemos investigado también por primera vez en el olivo (64), pueden arrojar alguna luz sobre las mismas. A tal fin se han representado en la figura 54 el contenido en fósforo total y en fracciones del fósforo (inorgánico, éster, RNA y DNA) en hojas y yemas de plantas de olivo en ciclo de producción (P) y en ciclo vegetativo o de descanso (D) en el periodo de Octubre a Marzo.

Es de destacar que las yemas de ambos grupos de plantas tienen a partir de Enero un contenido más alto de fósforo total, inorgánico, éster y RNA que las hojas respectivas, así como el elevado contenido de las dos últimas clases de fósforo citadas en las yemas de árboles en producción.

El contenido de fósforo total e inorgánico en hojas de árboles productivos decrece de Octubre a Marzo, mientras aumentan el de fósforo éster y fósforo RNA. En las yemas de esta clase de plantas y en el mismo periodo, en especial a partir de Enero, aumentan el fósforo total, inorgánico, éster y RNA, llegando los niveles de estos dos últimos a duplicar a triplicar los de las hojas al final del periodo indicado.

En las hojas de árboles en ciclo vegetativo aumenta de Octubre a Marzo el contenido de fósforo total, mientras permanece prácticamente constante el inorgánico y RNA y decrece desde Enero el fósforo éster. En las yemas de esta clase de árboles el fósforo total, inorgánico, éster y RNA aumentan a partir de Enero.

Salvo en lo que se refiere al fósforo inorgánico, cuyo contenido es mayor en las de árboles en ciclo vegetativo, las yemas de los árboles productivos, poseen contenidos de fósforo éster y fósforo RNA notoriamente mayores que las de aquéllos.

En resumen, a lo largo del proceso de diferenciación de las yemas en los árboles en ciclo de producción, ocurre por lo tanto una disminución del fósforo total e inorgánico en hojas y un aumento de las fracciones fósforo éster y fósforo RNA en las yemas.

Finalmente hemos de mencionar que las determinaciones realizadas han demostrado que el contenido de ATP es superior en hojas y yemas de los árboles productivos, mientras el ADP lo es en los vegetativos.

Algunos de estos resultados coinciden con los obtenidos por FEUCHT (78) y FEUCHT y ARANCIBIA (79) en árboles frutales.

De acuerdo con lo sugerido por BAXTER (68), estimamos que en la etapa final del proceso que discutimos tienen probablemente una gran importancia las diferencias que en la permeabilidad de las

## METABOLISMO DEL FOSFORO (HOJAS)

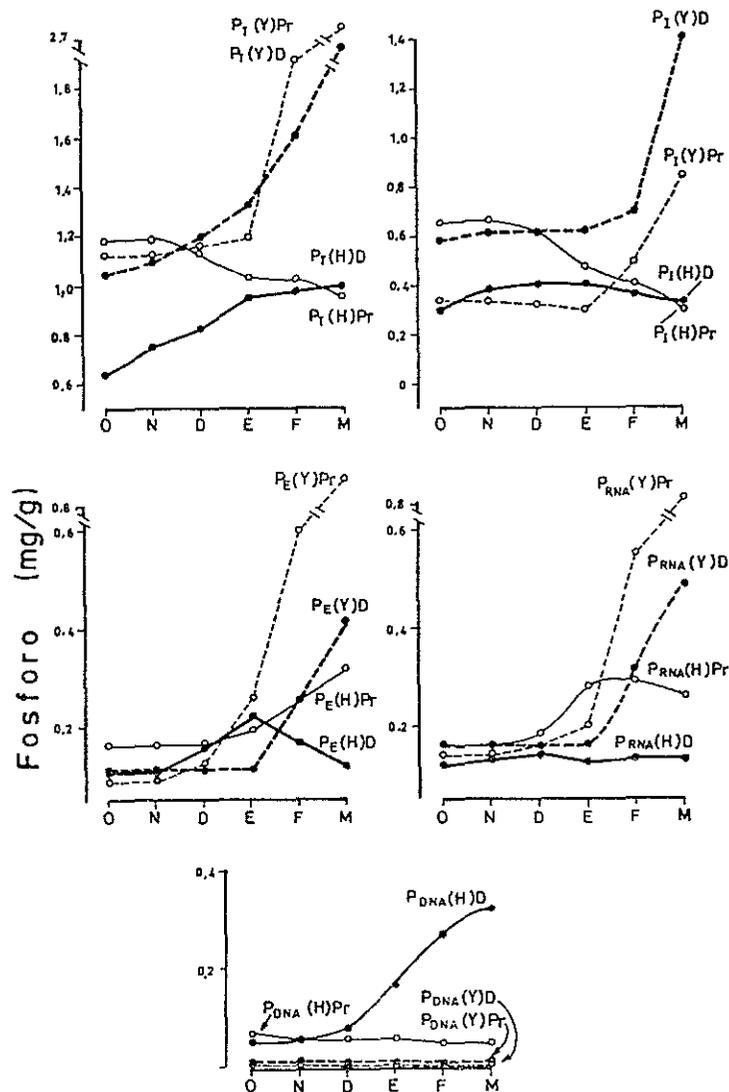


Fig. 54

membranas intracelulares debe haber entre una y otra clase de plantas. Esta permeabilidad debe razonablemente haber sufrido una fuerte disminución en las plantas vegetativas como consecuencia sobre todo del elevado nivel de calcio, decreciendo el flujo de iones fosfato hacia el citoplasma y los orgánulos, mientras que debe ser mayor en las membranas de las células de árboles productivos, con un nivel de calcio considerablemente más bajo y mayor contenido en potasio. BAXTER sugiere que este transporte de iones fosfato hacia el citoplasma debe ser el factor crítico. Los datos anteriores sobre contenido de fracciones de fósforo concuerdan con esta importancia.

Está demostrado por otra parte que la acción controladora de la inducción floral por los fitocromos (que también influyen en la permeabilidad de las membranas (128, 129), puede relacionarse con la fosforilación fotosintética, ya que en plantas en las que se desacopla la producción de ATP o se cambia la dirección de éste hacia otros procesos, disminuye la floración (130), pudiendo revertir el fenómeno por adición de dicha sustancia, de modo que el ATP actúa por consiguiente como un cofactor del fitocromo en su acción sobre la inducción floral. Asimismo, cuando se interrumpe temporalmente el flujo del floema (particularmente rico en ATP) hacia las raíces por la práctica de fisión circular del tronco o de las ramas, aumenta fuertemente la floración, lo que se ha comprobado reiteradamente en el olivo.

\* \* \*

Entre otras muchas dudas queda abierta como consecuencia de esta discusión la de si el paso final decisivo, después de la fuerte activación de la AIA-oxidasa en el desencadenamiento del proceso de diferenciación de yemas y producción de flores, determinado en el origen por el curso especial que toman numerosos procesos metabólicos en las plantas con buen nivel de potasio y adecuado equilibrio potasio-calcio, radicarán en un simple antagonismo crecimiento-floración o, lo que puede ser más razonable, implicará, además la propia acción del ATP, la transmisión inter e intracelular en hojas y en yemas de algún intermediario específico (tal vez algún enzima), el aumento de flujo de iones fosfato, o varios de estos procesos combinados, todos ellos favorecidos por el mayor aumento en la permeabilidad de las membranas.

En todo caso una cosa queda, sin embargo, a nuestro juicio, establecida de un modo concluyente: la influencia de los factores nutricionales y, en especial, la importancia de un buen nivel de potasio y de un buen equilibrio potasio-calcio para la puesta en marcha del conjunto de procesos metabólicos que conducen a la

diferenciación floral, a la floración y a la fructificación y la necesidad de que se restablezca aquel nivel y equilibrio en las plantas empobrecidas por la producción de una buena cosecha para que pueda repetirse otro ciclo productivo.

El escaso tiempo que transcurre entre la recolección y la inducción y diferenciación de yemas y su coincidencia con la época de parada invernal, dificultan el que en los casos de gran empobrecimiento en potasio y de fuerte desequilibrio potasio-calcio pueda alcanzarse una corrección satisfactoria de esta situación, por lo que con una frecuencia casi general, al menos en suelos escasos en nutrientes asimilables y en ausencia de una fertilización continuada, surgirá la verecía o alternancia en la producción.

Una experimentación reiterada encaminada a la incorporación del potasio al suelo por inyección de soluciones de sulfato de potasio durante la época de crecimiento del fruto, no tuvo ningún resultado positivo en la corrección deseada. La aspersión foliar de potasio en la misma época, realizada en horas y condiciones variadas, no tuvo tampoco éxito en cuanto al aumento del nivel de potasio en hojas, a pesar de que en el laboratorio habíamos comprobado la absorción de nutrientes, incluido el potasio, por inmersión de hojas en soluciones adecuadas, marcadas en ocasiones con isótopos radiactivos.

Probablemente un mejor conocimiento de la naturaleza y características de la cutícula de las hojas del olivo abriría mejores perspectivas para mejorar la eficacia de la absorción foliar de nutrientes y otras sustancias por esta planta.

A este respecto, el aporte más destacado se ha realizado en fecha reciente por LEÓN (131), antiguo colaborador nuestro del C.E.B.A.C., en el Departamento de Agricultura de la Universidad de Michigan. Ambas superficies de la hoja de olivo están cubiertas por una cutícula cuyo espesor varía desde 11,5  $\mu\text{m}$  en el haz a 4,5  $\mu\text{m}$  en el envés, con un peso de 1,4  $\text{mg}/\text{cm}^2$  en la primera cara. Sobre la cutícula propiamente dicha, formada por lípidos y ceras cuticulares, existe una gruesa capa de ceras epicuticulares, representando estas últimas 243  $\text{mg}/\text{cm}^2$ , la cutina 886  $\text{mg}/\text{cm}^2$  y las ceras cuticulares 272  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

Esta superficie tiene una humectabilidad reducida, algo mayor en el haz que en el envés. Asimismo la retención de agua es pequeña en ambas superficies, y la dificultad para la penetración de sustancias a través del conjunto muy superior a la de la mayoría de las plantas cultivadas, por lo que la fertilización foliar del olivo presenta considerables dificultades que podrán superarse en la medida en que se profundice en el conocimiento de la morfología superficial de las hojas, en el de la naturaleza de los agentes químicos tanto diluyentes como sustancias activas que puedan realizar con mayor eficacia el proceso de difusión a través de la cutícula y en

el de las alteraciones de ésta que puedan favorecer este proceso sin causar perjuicios en la planta.

Técnicas de esta naturaleza son extraordinariamente prometedoras para mejorar la asimilación de nutrientes por el olivar. Junto a ellas, el conocimiento en todo caso del estado de nutrición, la renovación de las plantaciones, la adecuación de los suelos, el mejoramiento de las técnicas del manejo y el empleo habitual de la fertilización, hasta ahora muy poco usada, pueden conducir no solamente a una notable mejoría de los rendimientos, sino a la supresión del fenómeno de la alternancia en la producción.

Con nuestro trabajo, en el que colaboraron muchas personas durante muchos años con una dedicación y competencia que yo quiero agradecer y reconocer en esta solemne ocasión, esperamos haber realizado una aportación de interés para el conocimiento de los métodos de estudio del estado nutrición de nuestro olivar y en particular de los factores que influyen en el fenómeno de la floración, de cuya realización y éxito depende, en definitiva, la obtención de buenas cosechas.

Muchos interrogantes quedan planteados, pero muchos caminos quedan abiertos para la culminación de esta labor, de tanto interés científico como técnico.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) ALBAREDA, J. M.: «Consideraciones sobre la Investigación Científica». Ed. C.S.I.C. Madrid, 1951.
- (2) GONZÁLEZ, S. y CHAVES, M.: An. de Edaf. y Agrob. XIX, 213, 1960.
- (3) MARTÍN ARANDA, J.: «Factores físicos fundamentales en la economía del agua de los suelos de Andalucía Occidental». Tesis Doctoral, Facultad de Farmacia, Universidad, Granada, 1973.
- (4) «El olivar español». Ministerio de Agricultura, Madrid, 1972. Inventario Agronómico del olivar. Ministerio de Agricultura, Madrid, 1974-1980. Anuario Estadística Agraria, 1979. Agricultura Andaluza. J. GONZÁLEZ DELGADO. Sevilla, 1979.
- (5) HUGUET DEL VILLAR, E.: «Los suelos de la península Luso-Ibérica». Madrid, 1937.
- (6) I.G.M.E. Mapa Geológico 1:50.000. Hojas 984 (Sevilla), 1929; 985 (Carmona), 1930; 943 (Posadas), 1931; 906 (Ubeda), 1933; 1002 (Dos Hermanas), 1933.
- (7) ALVIRA, T.: An. de Edaf. y Fisiol. Veg. III, 217, 1944.
- (8) DEAN, M., SANTOS, A. y LÓPEZ, J. M.: An. de Edaf. y Fisiol. Veg. III, 301, 1944.
- (9) ALBAREDA, J. M.: En. de Edaf. y Fisiol. Veg. IV, 211, 1945.
- (10) HOYOS, A.: An. de Edaf. y Fisiol. Veg. IV, 251, 1945.
- (11) ALBAREDA, J. M. y GUTIÉRREZ, E.: An. de Edaf. y Fisiol. Veg. IV, 225, 1945.
- (12) GUERRA, A. y col.: «Mapa de suelos del término de Ecija (Sevilla)». Madrid, 1954. «Mapa de suelos de Lebrija (Sevilla)». Madrid, 1956.
- (13) GONZÁLEZ, F. y PANEQUE, G.: An. de Edaf. y Fisiol. Veg. XVI, 907, 1957.
- (14) GONZÁLEZ, F. y PANEQUE, G.: An. de Edaf. y Fisiol. Veg. XVI, 1115, 1957.
- (15) GONZÁLEZ, F. y PÉREZ, J. L.: An. de Edaf. y Agrob. XXIX, 791, 1970; XXIX, 821, 1970 y XXX, 57, 1971.
- (16) GONZÁLEZ, F. y col. (C.E.B.A.C.): «Estudio Agrobiológico de la provincia de Sevilla». Edit. C.S.I.C. y Diputación Provincial. Sevilla, 1962.
- (17) GONZÁLEZ, F. y col. (C.E.B.A.C.): «Estudio Agrobiológico de la provincia de Cádiz». C.S.I.C. y Diputación Provincial de Cádiz. Sevilla, 1965.
- (18) GONZÁLEZ, F. y col. (C.E.B.A.C.): «Estudio Agrobiológico de la provincia de Córdoba». C.S.I.C. y Diputación Provincial de Córdoba. Sevilla, 1971.
- (19) BELLINFANTE, N.: «Caracteres químicos, morfológicos, mineralogía y génesis de los suelos de Sierra Morena Occidental». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad. Sevilla, 1968.
- (20) PÉREZ, J. L. y MARTÍN, F.: An. de Edaf. y Agrob. XXVI, 1069 y 1183, 1967.
- (21) MARTÍN, F.: An. de Edaf. y Agrob. XXIII, 335, 1964.
- (22) MARTÍN, F. y DE PETRE, A.: An. de Edaf. y Agrob. XXIV, 663, 1965.
- (23) MARTÍN, F., DÍAZ, E. y GONZÁLEZ, F.: An. de Edaf. y Agrob. XXX, 535 y XXX, 545, 1971.

- (24) GONZÁLEZ, F. y MAZUELOS, C.: An. de Edaf. y Agrob. XIX, 591 y XIX, 683, 1960.
- (25) GONZÁLEZ, F. y MAZUELOS, C.: An. de Edaf. y Agrob. XXI, 1 y XXI, 91, 1962.
- (26) GONZÁLEZ, F. y GARCÍA, A. M.: An. de Edaf. y Agrob. XXIII, 293; XXIII, 447; XXIII, 461; XXIII, 563 y XXIII, 697, 1964.
- (27) OLMEDO, J. y PANEQUE, G.: An. de Edaf. y Agrob. XXX, 457; XXX, 483; XXX, 633; XXX, 647; XXX, 665 y XXX, 681, 1971.
- (28) CLEMENTE, L.: «Propiedades, génesis y clasificación de suelos de terrazas del Guadalquivir». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Sevilla, 1973.
- (29) PANEQUE, G., BELINFANTE, N. y ALONSO, A.: «Rapp of the III<sup>th</sup> Int. Work Meet. on Soil Micromorph». 449, Wrocław, Polonia, 1973.
- (30) KUBIENA, W.: «Claves sistemáticas de suelos». C.S.I.C. Madrid, 1953.
- (31) AUBERT, G. y DUCHAUFOR, PH.: VI<sup>th</sup> Cong. Int. Sc. du Sol. 1956.
- (32) AUBERT, G. y DUCHAUFOR, PH.: Cah. ORSTOM, Ser. Pedologique, 3, 269, 1965.
- (33) DUCHAUFOR, PH.: «Precis de Pedology». Ed. Masson et Cie. Paris, 1970.
- (34) PANEQUE, G. y MUDARRA, J. L.: «Comunicación a la Conf. Int. de Suelos Mediterráneos». Madrid, 1966.
- (35) PANEQUE, G. y OLMEDO, J. L.: «Comunicación a la Conf. Int. de Suelos Mediterráneos». Madrid, 1966.
- (36) MUDARRA y col.: «IX Curso Int. de Suelos». C.E.B.A.C. y Universidad de Sevilla, 1972.
- (37) MUDARRA, J. L., DE LA ROSA, D. y col.: «X Curso Int. de Suelos». C.E.B.A.C. y Universidad de Sevilla, 1973.
- (38) BAÑOS, C.: «Morfología, propiedades, génesis y clasificación de suelos sobre arcillas y areniscas triásicas del Viar». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad. Sevilla, 1972.
- (39) GUERRA, A. y col.: «Mapa de suelos de España 1:1000.000». Inst. Nac. de Edaf. y Agrobiología «J. M. Albareda» del C.S.I.C. Madrid, 1968.
- (40) DE LA ROSA, D.: «Reconocimiento y evaluación de los suelos de vegas y terrazas de la margen izquierda del Guadalquivir en la provincia de Sevilla». Tesis Doctoral. E.T.S. de Ing. Agrónomos, Madrid, 1975.
- (41) MUDARRA, J. L.: «Estudio de los suelos de la cuenca del Guadalquivir». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad. Sevilla, 1974.
- (42) GONZÁLEZ, F. y TRONCOSO, A.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXXI, 381; XXXI, 395; XXXI, 421; XXXI, 429; XXXI, 443 y XXXI, 453; 1972.
- (43) CHAVES, M. y col.: «Proc. 4<sup>th</sup> Int. Coll. on the Control of Plant Nutrition», I, 145, y II, 175; 1976.
- (44) BURRIEL, F. y HERNANDO, V.: An. Edaf. y Fisiol. Veg. VI, 543, 1947.
- (45) GONZÁLEZ, F. y TRISTÁN, F.: «Rapp. of the VI Int. Cong. of Soil Sci.» (Madison), 601, 1956.
- (46) GONZÁLEZ, F. y ARAMBARRI, P.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXVIII, 881, 1969.
- (47) GONZÁLEZ, F. y ARAMBARRI, P.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXIX, 147, 1970.
- (48) MADRID, L.: «Interacción de ortofosfatos cálcicos con óxidos de hierro y aluminio». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Sevilla, 1969.
- (49) GONZÁLEZ, F., ARAMBARRI, P. y GARCÍA DE LEANIZ, J.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXXVII, 1083, 1978.
- (50) GONZÁLEZ, F., ARAMBARRI, P. y GARCÍA DE LEANIZ, J.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXXVIII, 917, 1979.
- (51) CHAVES, M.: «El potasio en suelos de Andalucía Occidental». Memoria del trabajo realizado para la Fundación «J. March», 1958.
- (52) GONZÁLEZ, F. y GARCÍA DE PESQUERA, M.: «Agrochimica», V, 290, 1961.
- (53) ARAMBARRI, P. y col.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXXIII, 467, 1974.
- (54) GONZÁLEZ, F. y col.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXVI, 733, 1967.
- (55) GONZÁLEZ, F. y col.: «Rapp. II Col. Europeo y Mediterráneo sobre el control de la fertilización de las plantas cultivadas». Sevilla, 189, 1968.
- (56) GONZÁLEZ, F.: «Melhoramento», 21, 321, 1968/69.
- (57) GONZÁLEZ, F. y col.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXIX, 317, 1970.
- (58) GONZÁLEZ, F. y col.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXIX, 683, 1970.
- (59) GONZÁLEZ, F.: «Agrochimica», XX, 497, 1976.
- (60) RECALDE, L. y ESTEBAN, E.: «Rapp. Coll. sur le nutrition et fertilisation des cultures méditerranéenes» (Montpellier), 282, 1964.
- (61) RECALDE, L. y ESTEBAN, E.: «Agrochimica», X, 371, 1966.
- (62) GONZÁLEZ, F. y col.: An. de Edaf. y Agrobiol. XXXII, 615, 1973.
- (63) GONZÁLEZ, F. y col.: «Proc. of the 3rd Int. Coll. on the Control of Plant Nutrition». Edit. Akadémiai Kiadó, Budapest, 509, 1972.
- (64) GONZÁLEZ, F., CATALINA, L. y SARMIENTO, R.: «Proc. of the 4<sup>th</sup> Int. Coll. on the Control of Plant Nutrition». Gent (Bélgica), 409, 1976.
- (65) DEIDDA, P.: «Ann. della Facoltà di Agraria», XVI, 1, 3, 1968.
- (66) ORTEGA, J. M.: «Rev. de la Pottasse». Enero-Febrero, 1, 1966.
- (67) ESTEBAN, E.: «Dinámica interna del potasio durante la fructificación del olivo». Vol. homenaje «L. Recalde». Edit. CSIC. Granada, 209, 1976.
- (68) BAXTER, P.: «Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Plant Growth Substances». Edit. D. J. Carr. Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York, 775, 1970.
- (69) FULFORD, R. M.: Ann. Bot. 30, 207, 1966.
- (70) CHAILAKHYAN, M. K.: Fiziol. Rast. 5, 541, 1958.
- (71) CHAILAKHYAN, M. K.: «Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Plant Growth Substances». Ed. D. J. Carr. Camberra, 745, 1970.
- (72) HESS, D.: «Fisiología Vegetal». Edit. Omega. Barcelona, pág. 358, 1980.
- (73) KOBEL, F.: «Lehrbuch des Obstbaus». Edit. Springer-Verlag. Berlin, 1954.
- (74) GRASMANIS, V. y LEEPER, G. W.: «Aus. J. Biol. Sci.», 20, 761, 1967.
- (75) ANTHONY, R. D. y CLARKE, W. S.: «J. Agr. Res.», 44, 248, 1932.
- (76) FAKUDA, A. y KONDO, G.: «Studies of the Inst. Hortic.» Kyoto Univ. 8, 16, 1957.
- (77) AL-OMARI SAIB, A.: «Ann. Physiol. Véget.» (Bruxelles) 13, 109, 1968.
- (78) FEUCHT, W.: «Arch. f. Gartenb.» 15, 175, 1967.
- (79) FEUCHT, W. y ARANCIBIA, M.: «Agrochimica», 12, 19, 1968.
- (80) EVANS, H. S. y SORGER, G. J.: «Ann. Rev. of Plant Physiol.» 17, 47, 1966.
- (81) HASS, J. R. C.: «Pl. Physiol.» Lancaster, 24, 395, 1949.
- (82) SEMENIUK, P.: «Botann. Gar.» 125, 62, 1964.
- (83) WAKHLOO, J. L.: «Flora». Jena 155, 486, 1965.
- (84) WAKHLOO, J. L.: «J. Exp. Botan.» 26, 425; 26, 433 y 26, 441, 1975.
- (85) WAKHLOO, J. L.: «J. Exp. Botan.» 27, 794, 1976.
- (86) MANCIOT, R. y col.: «Rev. de la Potasa», 27, 12, 1981.
- (87) LAWTON, K. y COOK, R. L.: «Adv. in Agronomie». Vol. VI. 1954.
- (88) MARSCHNEU, H. y DÖRING, H. W.: «Rev. de la potasa», 8-9, 9, 1977.
- (89) PLÜGER, R. y CASSIER, A.: «Rev. de la potasa», 8-9, 8, 1977.
- (90) FOSTER, H.: «Rev. de la potasa», 8-9, 15, 1977.
- (91) HUGUET, C.: «Au service de l'Agriculture». Dossier K,0, S.C.P.A. Número especial. Paris, 1977.
- (92) WOLF, D. D. y col.: «Crop Sci.» 16, 292, 1976.
- (93) MENDER, K.: «Die Bodenkulture», 28, 366, 1977.
- (94) BOZOVA, L. y MILEVA, D.: «Rev. de la potasa», 3, 2, 1980.
- (95) REDDY, R. P. y SRIDHAR, R.: «Acta Phytopath. Acad. Scient. Hungaricae», 10, 55, 1975.
- (96) DENNFER, VON, D.: «Naturwiss.» 37, 296, 1950.
- (97) DOSTAL, R. y HOSEK, M.: «Flora» (Ger.), 131, 263, 1937.

- (98) HAMNER, K. C. y BONNER, J.: «Botan. Gar.» 100, 388, 1938.  
 (99) WEIGGL, J.: «Zeitsch. für Naturf.» 24b, 1046, 1969.  
 (100) GORTNER, W. A. y KENT, M.: «J. Biol. Chem.» 204, 593, 1953.  
 (101) BLUMENTHAL-GOLDSCHMIDT, S.: «Israel Res. Counc. Bull.» 9D, 187, 1961.  
 (102) GALSTON, A. W. y BAKER, R. S.: «Amer. J. Bot.» 36, 773, 1949.  
 (103) SONNHEIMER, E. y col.: «Science», 131, 672, 1960.  
 (104) KORES, E.: «Acta Bot. Sci. Hung.» 10, 299, 1964.  
 (105) VALPUESTA, V., SARMIENTO, R., GONZÁLEZ, F. y CATALINA, L.: «An. de Edaf. y Agrob.» XXXIX, 1351, 1980.  
 (106) VALPUESTA, V. y col.: «An. de Edaf. y Agrobiol.» XXXIX, 1351, 1980.  
 (107) VALPUESTA, V.: «Aislamiento y estudio del enzima AIA-oxidasa de hojas de olivo (*Olea europaea* L.)». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad. Sevilla, 1977.  
 (108) CATALINA, L., SARMIENTO, R., GONZÁLEZ, F. y VALPUESTA, V.: «An. de Edaf. y Agrobiol.» XXXVI, 565, 1977.  
 (109) SARMIENTO, R., CATALINA, L., VALPUESTA, V. y GONZÁLEZ, F.: «An. de Edaf. y Agrobiol.» XXXVII, 249, 1978.  
 (110) KACHMAR, J. F. y BOYER, P. D.: «J. Biol. Chem.» 200, 669, 1943.  
 (111) BOYER, P. D. y col.: «J. Biol. Chem.» 146, 673, 1942.  
 (112) COHN, M.: «Biochemistry», 2, 623, 1963.  
 (113) KAYNE, F. J. y SNELTER, C. H.: J.A.C.S. 87, 897, 1965.  
 (114) GONZÁLEZ, F. y CATALINA, L.: Resultados aún no publicados, 1980.  
 (115) RICHARDS, F. J. y BERNER, E.: «Ann. Bot.» 18, 15, 1954.  
 (116) COLEMAN, R. G. y RICHARDS, F. J.: «Ann. Bot.» 20, 293, 1956.  
 (117) COLEMAN, R. G.: «Bull. 46 Commw. Bur. Past. Fld. Crops. Comm. Agric. Bureaux», Farnham Royal 98, 1962.  
 (118) ADAMS, C. A. y SHEARD, R. W.: «Can. J. Pl. Sci.» 46, 671, 1966.  
 (119) HOLLEY, R. W. y col.: «J. Biol. Chem.» 236, 197, 1961.  
 (120) LUBIN, M. y col.: «Feder. Proc.» 22, 302, 1963.  
 (121) KOUKOL, J. y CONN, E. E.: «J. Biol. Chem.» 236, 2692, 1961.  
 (122) YOUNG, M. R. y col.: «Can. J. Bot.» 44, 341, 1966.  
 (123) NAIR, P. M. y WINING, L. C.: «Phytochem.» 4, 161, 1965.  
 (124) RUSSELL, D. W. y CONN, E. E.: «Archs. Biochem. Biophys.» 122, 256, 1967.  
 (125) WALTON, E. y BUTT, V. S.: «Phytochem.» 10, 295, 1971.  
 (126) LEVY, C. C. y ZUCKER, M.: «J. Biol. Chem.» 235, 2418, 1963.  
 (127) GOLDSCHMIDT, E. E. y col.: «Plant. Grown Substances. Proc. of the 7th Int. Conf. on Plant Growth Substances». Camberra. Edit. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1972.  
 (128) KANDELER, R.: «Fortschr. der Botanik», 31, 152, 1969.  
 (129) SMITH, H.: «Nature», 227, 665, 1970.  
 (130) KANDELER, R.: «Planta», 91, 68, 1969.  
 (131) LEÓN, M. y BUKOVAC, M. J.: «Amer. Soc. Hort. Sci.» 103 (4), 465, 1978.

CONTESTACION  
 DEL ACADÉMICO DE HONOR  
 EXCMO. SR. DON MANUEL LORA TAMAYO

Excmo. Sr. Presidente,  
Excmos. Sres. Académicos:

Ocupar hoy la tribuna de esta Real Academia remueve en mí sentimientos de entrañables amistades, presentes felizmente algunas y ausentes otras del recinto, pero no del recuerdo. Años de convivencia en un ejercicio profesional, primero, de aconteceres académicos después, de permanente adhesión desde la alta distinción de que me hicisteis objeto designándome Académico de Honor, generosamente glosada por aquella figura egregia de la cátedra, de la Academia y de la profesión médica, que fue nuestro anterior Presidente, D. Antonio Cortés Lladó. Gracias, señor Presidente actual, por este remozo que me proporcionáis al hacerme el honroso encargo de contestar al discurso de ingreso del profesor D. Francisco González García, nuestro Académico correspondiente en la Real de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y gracias por la ocasión que con ello me brindáis de hacer el elogio de un universitario puro, miembro preeminente de esta Universidad de Sevilla, en la que velé mis armas profesoras, junto a un elenco de maestros, de los que aprendí no poco en magisterio y humano comportamiento.

Soy singularmente propenso al elogio justo. Me apena mucho cuando veo en torno mío con demasiada frecuencia a personas que regatean la calidad de la obra ajena, ocultándola o minusvalorándola por un maniqueísmo de grupo o un «ego» asfixiante de la expresión noble. Los más generosos no pasan en su valoración del «sí, pero...»; mas, en cualquier caso, el mundo intelectual se resiente de esta ausencia en el desprendimiento de sí propio. Como elogiar lo elogiabile es justicia y no virtud, yo puedo decir sin presunción que actué siempre así respecto de compañeros, de colaboradores y de discípulos. Por eso hoy me satisface poder hacerlo públicamente en esta salutación que hago en vuestro nombre al nuevo Académico.

Afirmaba antes la cualidad de universitario puro del profesor González García. En él se hermanan, como sustancia propia, la docencia y la investigación, y por sentir de esta forma su condición personal, ha participado en el gobierno de la Universidad a que pertenece y en el buen consejo sobre la problemática universitaria en aquellos organismos de que ha formado parte. Catedrático en 1952,

hasta esta fecha; Teniente coronel de Infantería, hoy en situación de supernumerario, y Profesor Adjunto, ha sido, en efecto, Rector en Sevilla durante un cuatrienio desde marzo de 1977. Presidente de la Conferencia de Rectores de las Universidades españolas y, por ello, miembro del Comité Permanente de la Conferencia de Rectores de Europa. En todos estos puestos ha dejado huella de un proceder ecuánime y una actuación serena y constructiva.

De la calidad de su magisterio es buen indicativo el sentir de los discípulos que, en un ambiente serio de enseñanza, son los mejores críticos de la labor del maestro. Ellos, dispersos después en la cátedra a la que accedieron (seis catedráticos y tres profesores agregados), como en la vida profesional, o en la más depurada de la investigación (más de veinte en ejercicio), testimonian con su saber hacer y su saber estar la calidad y el estilo del aprendizaje recibido. Siempre es importante el cultivo de los valores éticos de una profesión, con proyección distinta según su naturaleza, pero en el docente la categoría moral cobra singular valor por la irradiación de la cátedra, no sólo en el orden científico sino en el proceder humano.

El profesor González García vive la investigación con dedicación intensa y ha sabido crear un clima de rigor y honestidad ante el hecho científico, que se manifiesta en la calidad de las publicaciones, en número que alcanza a ciento setenta; de ellas, varias en revistas extranjeras de la especialidad, así como en su participación en los órganos de gestión del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, dentro de él como Presidente del Patronato «Alonso de Herrera» y de la División de Ciencias, y en más amplia proyección como Vocal de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, y en su día de las Comisiones de Investigación de los Planes de Desarrollo. Como en lo propiamente docente, también en el orden de la investigación eran deseados la objetividad y el acierto de sus opiniones.

Su preparación para la cátedra se iniciaba desde la Universidad de Granada. Nacido en 1916, en un pueblo de su provincia, Cacín, en aquella Universidad que le era próxima, se licencia con Premio extraordinario; más tarde, en la de Madrid obtiene el grado de Doctor en Ciencias Químicas, con la más alta calificación también. La vocación investigadora que consolida siempre la preparación de una Tesis, se desarrolla en el marco del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en conexión con la cátedra de Química Inorgánica de la Universidad, y se complementa en el Instituto de investigaciones agrícolas de Braunschweig. Es justo y oportuno detenerse unos momentos en el origen de este orden de investigaciones a las que supo imprimir más tarde un sello personal.

Puede decirse que la Ciencia del Suelo y su relación con la fisio-

logía de la planta no eran cultivadas en España antes de 1940. Una figura relevante en la investigación española, el profesor José María Albareda, después de una formación de varios años en Institutos extranjeros de investigación agrícola, cuando en el mundo empezaba con rigor el estudio científico del suelo, fue su importador y promotor entre nosotros. A través de un curso sobre «Edafología» dictado en la Real Academia de Ciencias de Madrid, en el ámbito de la Fundación «Conde de Cartagena», seguido después de una serie de publicaciones sobre el estudio de los suelos españoles, sus clasificaciones y tipos, culminó el proceso innovador con la creación y desarrollo del Instituto de la especialidad. Atraídos por sus dotes intelectuales y de organización, incorporó pronto, dentro y fuera de él, gran número de colaboradores en la naciente empresa, que fueron dilatándose después por distintas cátedras universitarias y Centros o Estaciones experimentales, en un despliegue de amplias posibilidades al servicio de la agricultura nacional. Entre aquéllos, de los más preclaros, se halla el profesor González García, cuyo discurso de ingreso es prueba de identificación en los planeamientos que de aquél emanaban.

Pero antes de referirme a éste, quiero hacer una rápida incursión por el conjunto de la producción investigadora del recipiendario en el dominio de la Química Inorgánica que le da carácter. En la Universidad de Granada, el profesor Gutiérrez Ríos, junto al que colaboró González García, inspirado también en las directrices del nuevo Instituto, había iniciado el desarrollo de investigaciones en la compleja química de los silicatos. A ellas, nuestro nuevo compañero ha aportado una valiosa contribución con criterio e inspiración propios, en la que se conjuga el interés científico con la visión de la posible utilidad referidos, precisamente al entorno geográfico en que vive. Sus estudios sobre montmorillonitas, incluso la génesis, se hacen especialmente significativos en los fenómenos de hidratación y deshidratación, que muestran interesantes variaciones cuando son saturadas con cationes pequeños y de alta capacidad de polarización. La interpretación, de interés teórico y práctico, que él atribuye al fenómeno, es recogida en la bibliografía internacional.

La génesis de caolines, de los que España es el décimo país productor, ha conducido, junto a su estudio, a la descripción de nuevos yacimientos, en Sierra Morena occidental, como de asbesto de crisotilo en las provincias de Huelva y Badajoz, y otros numerosos silicatos varios de interés general. Desde 1964, y hasta fecha reciente, ha difundido en una quincena de publicaciones la localización y el análisis integral de unos trescientos yacimientos de arcillas cerámicas, desde las utilizables en alfarería y materiales de construcción hasta los adecuados para cerámica artística.

En línea afín, deben señalarse las investigaciones sobre el pro-

ceso de transformación que sufren los ortofosfatos cálcicos por reacción con el agua o con los componentes minerales del suelo y en distinta dirección, de diversidad netamente inorgánica, ha publicado sobre química del estado sólido y aportado interesantes resultados en la moderna vía de los compuestos organometálicos.

Ante la artificial antimonía que se ha creado respecto de Universidad y Consejo de Investigaciones, la labor del equipo de González García desarrollada en una cátedra de aquélla y un Centro experimental de éste, como veremos después, es buena prueba entre otras muchas que podrían aducirse, de que convergencias o disonancias son obra de los hombres y no de la esencia de las instituciones llamadas a complementarse en el vasto panorama de nuestra ciencia, más necesitada de integración constructiva que de aislacionismo excluyente.

\* \* \*

Cuando en ocasiones como ésta he contestado al discurso de recepción de un nuevo Académico, hago siempre la observación previa de que el comentario por mi parte es tan sólo un gustoso homenaje ofrecido al autor y un resalte de sus valores, sin pretender la aportación de nada nuevo a lo escrito por él, mejor conocedor en cualquier caso del tema que desarrolla. En este sentido, me apresuro a testimoniar del discurso del profesor González García que nos ofrece en él una valiosa síntesis de los resultados conseguidos en un proyecto de investigación sobre una de sus líneas de trabajo —ya se acaba de ver que no la única— y en un designio superior de poner los principios de la investigación fundamental al servicio del interés nacional.

Este es uno de los aspectos en las políticas científicas de los Estados. Cuenta en ellas la investigación aplicada junto a la libre investigación básica propiamente tal, que da carta de naturaleza en los senados científicos internacionales y es, en potencia, la base de cualquier tipo de investigación dirigida al interés de la industria o de la agricultura; en definitiva, de la economía de los países. Aunque ahora se habla de ello entre nosotros con insistencia laudable, pero situándose desde un origen cero, es lo cierto que hace ya un cuarto de siglo, por la naciente Comisión Asesora de Investigación, que se inspiraba en el Advisory Council inglés, se formuló la primera programación de la investigación española, como un intento de ordenación sin interferir la libre iniciativa en la posible creación, no programable pero nunca excluible.

Nos ha dicho el nuevo Académico al principio de su disertación que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas le encargó al acceder a su cátedra el desarrollo en Andalucía de una rama de

investigación en torno a las ciencias básicas de la Agricultura, y él lo ha centrado con evidente acierto, en el estudio del olivar, desde el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Cuarto, que creó y ha dirigido. No es mera casualidad que años antes se fundara en Sevilla el Instituto de la Grasa bajo la dirección del profesor Martínez Moreno, de brillante magisterio en la Universidad hispalense, que había de dedicarse al estudio, entre otros, del aceite de oliva y al mejor aprovechamiento del fruto. Ello respondía a esa política científica que incardinaba Institutos de investigación, en relación con características regionales: los dos citados, el del Carbón, en Oviedo; Pesca, en Vigo; o Industria Alimentaria, en Valencia, entre otros, son ejemplos lozanamente vivos. La dirección que esto representa para movilizar el interés social hacia el conocimiento del valor de la investigación, no debe quebrarse con discontinuidades, porque es el mejor medio de acercar en provecho mutuo el hombre de empresa al hombre de laboratorio.

Al concretarlo en este caso al olivar, como antes al aceite de oliva, vais a permitirme que evoque aquí la memoria de un empresario de relieve en la vida social sevillana, don Pedro Solís y Desmaissiers, apóstol del olivar y de su fruto, por cuyo mejoramiento en estudiosa preocupación se interesaba siempre. Tuve amistosa relación con él cuando presidía la Junta Reguladora de Importación y Exportación del Sur, vinculada en sus orígenes al padre de nuestro Presidente, el General Sánchez Navarro. El Laboratorio de Química Orgánica de la Universidad sevillana atendió en distintos momentos requerimientos de aquella Junta, y en mi trato con él surgía frecuentemente el tema del olivar en una sentida aspiración por estudios rigurosos que él animaba con premios y un estimulante espíritu corporativo.

Pero volviendo al contenido del discurso de González García, se refleja en él una interesante evolución durante el desarrollo del tema propuesto que va dilatándose en derivaciones distanciadas en mentalización y metodología, pero perfectamente coherentes respecto del objetivo perseguido. Es primero el estudio analítico del suelo y de la planta misma para conocer su contenido en nutrientes inorgánicos, especialmente nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, por su importancia en sí mismo, y en relación con los rendimientos. Pero el interés de estas determinaciones está, por ello, en su valoración funcional, y así, de los equilibrios catiónicos encontrados y de las diferencias en los análisis de hojas, yemas, flores y frutos entre árboles productivos y no productivos, importantes en el serio tema de la alternancia en la producción, pasa al aspecto fisiológico y bioquímico de la floración y la fructificación. En el individuo vegetal, como en el animal, la Fisiología y la Bioquímica han de conjugarse en la interpretación de los fenómenos intervenidos, como se ha dicho, por factores nutricionales, junto a

la posible participación de hormonas, como las auxinas, de efecto ya conocido en la floración de ciertos vegetales. El estudio analítico, bastante amplio, de aminoácidos y fenoles que lleva a cabo en los órganos estudiados y la previsible implicación de acciones enzimáticas relacionadas con los nutrientes presentes, singularmente con el potasio, que no excluyen el efecto fisicoquímico sobre la permeabilidad de las membranas, ofrecen una panorámica bien demostrativa de la complejidad del proceso o procesos que se integran en los tiempos de desarrollo de la planta.

Es atrayente fijar la atención en las fitohormonas que, desde su descubrimiento, se hacen intervenir en el metabolismo vegetal en busca de una similitud de efectos con las hormonas que presiden los procesos fisiológicos en los animales. Era un estímulo la coincidencia de fechas en que se estudiaban intensamente su estructura y funcionalidad. En la primera mitad de los años 30, Butenandt, de Munich, aislaba de la orina las hormonas sexuales, y Kögl y sus colaboradores, desde Utrecht, en 1934, asimismo, obtenían, curiosamente de la orina humana también, un compuesto activo que influenciaba el desarrollo de las plantas, al que denominaron auxina *a*, para diferenciarlo de un segundo cuerpo, procedente del aceite de germen de trigo auxina *b*, aislado asimismo de la orina, con análoga acción. El nombre de *auxina* se aplica ya hoy, con carácter general, a cualquier otro tipo de hormona vegetal. Pero en el mismo año, y también de la orina, aisló Kögl el ácido  $\beta$ -indolilacético, que era ya conocido y se mostró como un factor de crecimiento de las plantas, sin afinidad química alguna con las auxinas *a* y *b*, primeramente descubiertas. Estas son compuestos no nitrogenados de estructura ciclopenténica, y aquél es, como indica su nombre, un sencillo derivado indólico. Pero en torno a este descubrimiento de las auxinas se registra un desdichado episodio, al que alude la bibliografía, que tuve ocasión de conocer directamente, y es de dominio público en el mundo científico.

Conocí al profesor Kögl en el Instituto de Química Orgánica de la Universidad de Utrecht, en el que trabajó un colaborador mío, y lo traté con motivo de su estancia en Madrid para dictar unas conferencias en nuestro Instituto. Ya era sabido entonces que no se había logrado reproducir el aislamiento de las primitivas auxinas con los datos suministrados por los trabajos originales, y así se hizo ver años después en alguna publicación de laboratorio diferente. Pero, fuera ya del Instituto de Utrecht desde tiempo atrás, la persona que se había ocupado directamente del aislamiento de las auxinas, no logró encontrarse el diario de sus experiencias con los detalles de la preparación y los análisis confirmatorios, y el propio Kögl no logró tampoco reproducirla. Le afectó profundamente el incidente, ciertamente desgraciado, con una fuerte imprompta depresiva por la inquietud moral que le producía la posible

duda sobre su honestidad científica, bien contrastada, por otra parte, en su largo historial. Pero la realidad es que el ácido indolilacético lo aisló e identificó él, y sobre su estructura han girado muchas síntesis que pudieron conducir a otros tipos más o menos específicos de fitohormonas.

En la referencia al efecto de varios aminoácidos cuya acción sobre los cultivos ha sido estudiada por González García, el caso del triptofano es especialmente sugerente por su estructura indólica y la cadena de alanina presente, susceptible de degradarse por oxidación al ácido indolilacético sobre el que venimos discutiendo: triptofano y ácido indolilacético están íntimamente relacionados. En la biogénesis de los productos naturales, cada vez más estudiada y conocida en gran número de casos, las reacciones enzimáticas desempeñan un papel preponderante, que no siempre logran alcanzar las síntesis convencionales. Sin duda, nuestro nuevo Académico piensa en ello cuando se preocupa de aislar y trata de purificar, ardua tarea siempre, la indolacetoxidasas, que podría producir la oxidación. Una intervención aún desconocida de inhibidores y activantes que pueden actuar sobre las enzimas y, en general, sobre este conjunto de piezas a combinar que nos muestra, no es excluida por él en las diferenciaciones que va persiguiendo entre los árboles del ciclo vegetativo y los árboles en ciclos de producción.

El discurso leído constituye, en efecto, una aportación de interés al conocimiento de la nutrición del olivar y de los factores que pueden condicionar la obtención de buenas cosechas, pero es asimismo, y no con inferior importancia, un índice de inquietudes abiertas a una experimentación diversa que una mentalidad clara y rigurosa como la del profesor González García puede conjuntar con fruto en una continuidad de trabajo.

Nuestra agricultura andaluza, tan ligada al olivar en su economía, se halla en deuda a todos los efectos con estas investigaciones que han de ser estímulo para un progresivo desarrollo. La Real Academia de Medicina de Sevilla demuestra, una vez más, su singular sensibilidad y amplitud de visión, al llamar a su seno al profesor González García. Sea bienvenido.

## INDICE

INTRODUCCION ... ..	11
Los suelos del Valle del Guadalquivir ... ..	15
Suelos ocupados por el olivar. Su relación con las plantas ... ..	23
El estado de nutrición y los rendimientos del olivar ... ..	29
Floración y fructificación del olivar. Factores fisiológicos ... ..	51
BIBLIOGRAFIA ... ..	87
Discurso de contestación por el Académico de Honor Excmo. Sr. Don Manuel Lora Tamayo ... ..	91