

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DISCURSO

LEIDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN

POR EL

RVDO. P. LUIS M. UNAMUNO IRIGOYEN, O. S. A.

Y

CONTESTACION

DEL

EXCMO. SR. RVDO. P. JAIME PUJIULA DILMÉ, S. J.

Director del Instituto Biológico de San Ignacio de Sarriá,
de Barcelona

EL DÍA 24 DE MARZO DE 1943



MADRID

TALLERES DEL ASILO DE HUÉRFANOS
Juan Bravo, 3

1943

DISCURSO

LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN

POR EL

RVDO. P. LUIS M. UNAMUNO IRIGOYEN, O. S. A.

TEMA: ALGUNAS APLICACIONES DE LA MICOLOGIA
A DIVERSOS RAMOS DE LA CIENCIA
Y DE LA INDUSTRIA

EXCELENTÍSIMO SEÑOR PRESIDENTE.

MUY ILUSTRES SEÑORES ACADÉMICOS.

SEÑORAS, SEÑORES:

No quisiera que mis palabras, en este momento solemne para mí, sonaran a fórmula convenida, al expresar mi gratitud profunda y sincera por la alta y honrosa distinción que me conferís llamándome a colaborar con vosotros, que sois los adelantados de la ciencia española en las faenas del trabajo y esfuerzo común, orientados a mantener viva la llama de nuestra tradición gloriosa y a abrir nuevos caminos a la investigación científica, hoy más que nunca cargada de sorpresas y posibilidades.

He de confesaros sin aires de fingida modestia, sino de cordialidad sincera, que tan grande como mi gratitud por vuestra designación, que tan legítimamente me enaltece, es el reconocimiento que tengo de mi limitación. Pero si en mí habéis querido premiar, más que las dotes de ingenio, el trabajo perseverante, la dedicación diuturna de mi vida a la investigación de una rama de la ciencia poco explorada entre nosotros; el esfuerzo y el noble afán, a través de no pocas dificultades y desalientos, por aportar los resultados de mis investigaciones y de labor personal al acervo común de los

estudios científicos de nuestra España, en los que sois maestros acreditados, entonces, señores, con humildad, si queréis, pero a la vez con satisfacción legítima; podré deciros: en calidad de operario fiel, de perseverante y no fatigado cultivador de una especialidad de las Ciencias Naturales que cuenta con escasos tributarios, aquí me tenéis. Vosotros apreciaréis el rendimiento y los beneficios de mi trabajo quizás con excesiva benevolencia; yo correspondo con lo que lealmente puedo corresponder, que es con mi perseverancia en el trabajo, con mi deseo de contribuir al conocimiento y difusión de alguna de tantas cosas como en España; están reclamando investigadores abnegados que desbrocen tantas parcelas que aún permanecen incultas y que están esperando la mano laboriosa del buen operario para rendir cosechas de madura mies. Yo he hecho, como sabéis bien, de ese recoleto Jardín Botánico, tan propicio a la evocación, una prolongación de mi celda religiosa, ya que mi vida está consagrada preferentemente a Dios, por la vocación de mi ministerio, y a esta rama de la Ciencia que yo cultivo, en la que se completa el circuito de mi vocación, y en la que el trabajo y la perseverancia han suplido quizá otros dones de superior categoría.

Ello podrá servir ataso de estímulo para otros que empiezan, en la lozanía de sus años, a andar por estos caminos de la investigación, en los que lo que inicialmente vale es el tesón y la fe, enemigos de la frivolidad y de la improvisación. Se precisa para perseverar en estas tareas científicas, erizadas a veces de múltiples obstáculos, abnegación y lealtad sin límites. Porque en estos arduos caminos, sólo los que perseveran llegan a penetrar en el santuario. Pero para ello hay que renunciar previamente a muchos saberes superficiales, a muchos éxitos fáciles y brillantes, y mantenerse en esa lucha difícil y muchas veces obscura, con la esperanza de que po-

dremos aportar alguna contribución al saber general humano y prestar datos concretos al hombre genial y al divulgador práctico que han de extraer del dominio de la técnica las consecuencias y derivaciones de toda índole, beneficiosas siempre en el terreno de la aplicación inmediata.

Quiero testimoniar aquí mi sentimiento de gratitud hacia los maestros que me han precedido en estos trabajos: hacia todos los que han tenido palabras de estímulo generoso para mis tareas, y hacia todos los que coinciden aquí en esta solidaridad de la Ciencia, que nos lleva a otra vinculación superior; la vinculación con Dios y en el amor a España. En ese campo del esfuerzo y del amor a España—al fin, trabajo ennoblecido por el espíritu y la fe—nos encontramos todos. El trabajo y el tesón, aliados con la inteligencia, nos conducirán, en el estudio de las tareas científicas, a la meta de lo que es unánime aspiración de todos; el engrandecimiento de la Patria.

Permitidme, por fin, en este preámbulo confidencial, que os exprese la legítima aspiración que siento de que mi presencia en este lugar, pospuesto todo miramiento personal, venga a continuar la tradición de mi Orden, que no sólo tiene un pasado glorioso en el terreno literario, sino también en el ámbito científico, en el que todos seguramente recordaréis nombres que huelga enumerar.

Y con esto, señores académicos, entro en el tema de mi discurso, que desprovisto de toda gala literaria, ha de consistir en una simple exposición de algunas aplicaciones prácticas e inmediatas que la Ciencia Micológica tiene en el orden de la Agricultura, de la Ciencia Forestal, de la Medicina, de la Bioquímica y de la Industria, en las que cada día se abren nuevas perspectivas y derivaciones de enorme trascendencia, a medida que extiende sus ramificaciones por los dominios de la naturaleza y de la vida.

Habréis comprendido, señores académicos, que el tema enunciado, aun en esos términos imprecisos, es demasiado extenso para ser desarrollado en tan breve espacio de tiempo y encuadrado en el reducido marco de un discurso. Nos limitaremos, por tanto, a exponer uno o dos puntos de mayor interés de cada uno de los incisos señalados en las últimas líneas del preámbulo.

AGRICULTURA

En lo referente a esta ciencia, nos concretaremos a dar a conocer el estado actual de los conocimientos del interesantísimo problema de las royas de los cereales.

Las royas se incluyen taxonómicamente en el Orden Uredinales y constituyen uno de los grupos de hongos parásitos más numerosos y actualmente mejor estudiados. Es bien conocida en la flora ibérica la excelente monografía de este grupo escrita por mi venerado maestro, de feliz recordación, Dr. D. Romualdo González Fragoso.

De todos los hongos parásitos, las royas son, sin duda alguna, las de mayor importancia, desde el punto de vista de la economía agrícola, por las grandes pérdidas que ocasionan en las mieses. Según el informe leído en 1913 por J. Eriksson, ante la Comisión Internacional de Fitopatología de Roma, los daños producidos sólo por la roya negra de los cereales, se calculaban en la cosecha anual del mundo en la enorme cifra de 1.250 millones de francos. Alemania perdió por la misma causa en la cosecha de 1891, 650 millones de francos, y los Estados Unidos, en 1898, 350 millones de la misma moneda. En Portugal, según Branquinho D'Oliveira (1940), alcanzaron dichas pérdidas la cifra de 61 mi-

llones de escudos. De España no conocemos ninguna estadística, pero dado el carácter eminentemente cerealista de nuestra patria, se comprende fácilmente que dichas pérdidas deben de ser elevadísimas. No es de extrañar que, ante datos tan tristemente elocuentes, todas las naciones cultas presten la máxima atención a este problema y trabajen, poniendo a contribución todos los medios suministrados por la ciencia, a evitar, o al menos a disminuir, los estragos de esta temible plaga de nuestros campos.

BREVE RESUMEN HISTORICO DEL DESARROLLO DE LA BIOLOGIA DE LAS ROYAS

Las royas son conocidas desde la más remota antigüedad; las mencionan ya vagamente Aristóteles y Teofrasto y algo más detalladamente los escritores y poetas latinos. Escuchad con qué colores tan sombríos las describe Virgilio en los siguientes versos, tomados del Libro Primero de las Geórgicas:

Mox et frumentis labor additus; ut mala culmos
Esset robigo, segnisque horreret in arvis
Carduus; intereunt segetes; subit aspera silva
Lappeque, tribulisque; interque nitentia culta
Infelix lolium, et steriles dominantur avenae
Quod nisi assiduis terram insectabere rastris,
Et sonitu terrebis aves, et ruris opaci
Falce premes umbras, votisque vocaberis imbrem;
Heu, magnum alteris frustra spectabis acervum,
Concussaque famem in silvis solabere quercu.

Que vertidos al romance por el ilustre académico de la Lengua D. Lorenzo Riber, dicen: "Muy luego nuevo trabajo sobrevino al cultivo de la mieses, no fuera que la dañadora ñubla devorase las espigas o enrizase sus espigas el baldío cardo; mueren las mieses; crece silvosa la maleza; lampazos y abrojos, y en la lozana sembradura cunde el funesto joyo y la avena estéril. Y si tú no persigues la hierba con rastri- llo tenaz, y espantas las aves con ruido, y con la podadera no reprimes el vicioso ramaje que da sombra al campo y no implorases la lluvia con tus preces, en vano, ¡ay!, mirarás el gran montón ajeno, y allá en las selvas consolarás tu hambre en la encina sacudida".

Y Plinio, refiriéndose a las royas más exclusivamente, las califica de la manera siguiente: *Robigo maxima segetum pestis*; la roya o ñubla es la mayor peste de las mieses. Bien conocidas son de todos las solemnes fiestas llamadas *Robigalia*, instituídas por los romanos para implorar la ayuda de sus divinidades contra estas desoladoras plagas de los campos.

A estas prácticas generales se reducía en la época romana toda la defensa de los campos de cultivo. Transcurrió la edad antigua, el medioevo y gran parte de la edad moderna sin que, por falta de instrumentos adecuados para esta clase de estudios, se diera un solo paso en el conocimiento científico de estos parásitos. Bien entrado el siglo XVIII, y más de un siglo después de la invención del microscopio, se reconoció primero su naturaleza criptogámica y después su polimorfismo, con sus numerosas formas de multiplicación, bien sobre una misma planta huésped o matriz (especies autoicas), bien sobre matrices distintas (especies heteroicas).

Se ha repetido en su biología el mismo hecho histórico que en biología animal con las formas larvares, que fueron consideradas como géneros y especies independientes, hasta

que se demostró su relación genética con las formas adultas. De la misma manera fueron conocidos separadamente y descritos como autónomos los géneros *Aecidiolum*, *Aecidium* y *Uredo*, formas de reproducción sucesivas que entran en el ciclo evolutivo de una misma especie polimorfa. Unger fué el creador del género *Aecidiolum* y el primero que, sobre plantas distintas, lo estudió con detalle, y merced a su estructura uniforme, aplicó a todos ellos el nombre común de *Aecidiolum exanthematicum*. Había observado, sin embargo, que esta forma o fase precedía siempre a la *Aecidium*, considerándolo como el primer bosquejo de éste. Meyer dió un paso más, y opinaba que los *Aecidiolum* pudieran representar el aparato masculino o espermogónico de las royas. No es lógico admitir, afirmaba este autor, que haya independencia completa entre dos formaciones como el *Aecidiolum* y *Aecidium* y que sean autónomos el uno del otro. Existe demasiada constancia en su posición relativa y en el orden de su desarrollo para no denotar entre sí estrecha relación genética.

El ilustre micólogo francés Tulasne fué el primero que habló claramente de la existencia del polimorfismo de las royas, aunque sin pruebas experimentales para semejante aserto.

La gloria de haberlo demostrado definitivamente, en 1865, corresponde al genial profesor alemán, maestro de toda una generación de eminentes micólogos, Anton De Bary, quien estableció, además, los verdaderos fundamentos racionales y científicos para el estudio de la biología de las royas, preconizando el método experimental.

La primera experiencia, con éxito completamente satisfactorio, la realizó en la roya de las habas (*Uromyces Fabae* Moench). Inoculando las basidiosporas procedentes de las teliosporas de este *Uromyces* sobre las hojas del haba,

observó que, al cabo de unos diez días, se formaban en los puntos de inoculación manchas que contenían ecidiolos o espermogonios, y más tarde los ecidios. Un mes más tarde se produjeron manchas parduscas que anunciaban la aparición de los Uredosoros mezclados con los Teliosoros, cuyas teliosporas, al germinar, produjeron las basidiosporas, punto de partida de la experiencia. No cabía, por tanto, duda de que todas esas fases entraban en el ciclo evolutivo de dicha roya, quedando demostrado experimentalmente su polimorfismo.

Prosiguió después con el mismo éxito sus experiencias con la *Puccinia graminis* o roya negra del trigo, demostrando, además del polimorfismo, el heteroicismo de esta especie, relacionada con la roya amarilla del agracejo (*Berberis vulgaris*).

Hacia más de dos siglos que estaban comprobadas empíricamente las relaciones de la roya amarilla del agracejo con la del trigo. En su virtud, el Parlamento de Rouen, en 1660, publicó un edicto ordenando se arracaran los pies de este arbusto de las proximidades de los sembrados de trigo, y más tarde, en 1726, se daba la misma orden en Connecticut (Estados Unidos) como medida preventiva contra esta roya.

La demostración experimental de estas relaciones la verificó De Bary en la forma siguiente: Inoculó en las hojas del agracejo las basidiosporas procedentes de la germinación de las teliosporas de la roya del trigo, y de la misma manera que en la experiencia del *Uromyces Fabae*, aparecieron en los puntos inoculados, primero los ecidiolos o picnidios y después los ecidios; el célebre micólogo alemán suministró bien pronto la *contraprueba*, sembrando las ecidiosporas tomadas del agracejo sobre plantas jóvenes del centeno, y a los diez días observó la aparición de manchas anaranjadas con la fase *Uredo*.

Desde este momento se admitió por todos los micólogos

de una manera definitiva el heteroicismo de la principal roya del trigo o *Puccinia graminis* Persoon.

A partir de esta fecha memorable, los descubrimientos sobre la biología de las royas han seguido un ritmo muy acelerado. Apoyados en el método preconizado por De Bary, numerosos autores emprendieron sus experiencias de inoculación sobre una multitud de gramíneas atacadas de royas, cuyos resultados fueron, en primer término, el descubrimiento de muchas especies heteroicas, y después, por las de Eriksson, la creación de numerosas especies biológicamente especializadas (1895-1896).

Paralelamente, a últimos de año del siglo próximo pasado y principios del actual, diversos autores, entre los que merecen mención especial Christman, Blackman, Sappin-Trouffy, Maire y Dangeard, estudiaron, obteniendo brillantes resultados, el complicado problema de la sexualidad de estos parásitos.

Casi al mismo tiempo un descubrimiento trascendente abre nuevas directrices a este interesante problema. Blakeslee, en 1904, partiendo de cultivos monospóricos, demostró en el género *Mucor* la existencia de elementos de recíproca atracción sexual, que los distingue con los signos + y —. Cultivando aislados cada uno de estos elementos obtuvo indefinidamente la multiplicación vegetativa, constituida por micelio - esporangio - esporangiospora - micelio. En cambio, cultivando los dos elementos reunidos, la fusión de los dos núcleos de sexo opuesto produjo el zigoto o huevo que ha de perpetuar la especie. Los hongos en que los dos sexos opuestos se desarrollan en dos cepas o estirpes distintas, han recibido el nombre de *heterotálicos*, y el fenómeno, el de *heterotalismo*. Por el contrario, los que poseen ambos sexos en la misma cepa o estirpe, se denominan *homotálicos*. La ma-

yoría de los hongos hasta hoy conocidos corresponden a este grupo.

Al ilustre uredinólogo americano Craigie se debe el descubrimiento del heterotalismo de las royas, lo mismo que la función, hasta entonces desconocida, de los picnidios o espermogonios. Comenzó sus trabajos con la *Puccinia graminis* (1926-27) y más tarde (1931) con la *Puccinia Helianthi*. Operaba en la siguiente forma: recogía de los esterigmas de los teliosporos germinados, utilizando agujas de vidrio esterilizadas, basidios únicos, que los depositaba en zonas alejadas de la hoja de la planta matriz o huésped, cultivada en estufa colocada al abrigo de toda infección extraña. De estas inoculaciones resultaron, después de un período de incubación en cámara húmeda, infecciones en las que apenas se desarrollaban las formaciones picnídicas o espermogónicas, mientras que en infecciones realizadas por difusión natural de los basidios se formaban con frecuencia pústulas con ecidios. Ya en 1926, del aislamiento del basidio único de la *Puccinia graminis* resultaron infecciones en dos hojas del agracejo, pero que se conservaron durante cinco semanas sin producir ecidios; hechas las preparaciones microscópicas al fin de ese período, el microscopio acusó que el micelio de las referidas pústulas se mantenía uni-nucleado (haploide). Realizó, además, otras experiencias con basidios recogidos de la *Puccinia Helianthi*, pero de manera que se produjesen las pústulas muy cerca unas de otras, y cuando a los cinco días se pusieron en contacto, observó la aparición de ecidios. Esta experiencia la verificó reiteradas veces con el mismo resultado, lo que le permitió asegurar que la *Puccinia Helianthi* era heterotática, pero sin que en ese momento prestase atención especial a la función de los espermacios o picnidiosporas. He aquí cómo describe Craigie la forma curiosa en que la descubrió: "El 17 de mayo, el profesor A. H. Reginald

Buller, de la Universidad de Manitoba, estaba en la estufa del Dominion Rust Research Laboratory inspeccionando las experiencias en curso. Una mosca solitaria, una de las primeras que aparecen después del invierno, había penetrado en la estufa. El profesor Buller llamó mi atención sobre la mosca, que estaba posada en las hojas del girasol, lamiendo el néctar de los espermogonios de una pústula, y volando después a otra hoja lamía el néctar de los espermogonios de otra pústula, y dije inmediatamente: "La solución del problema de la función de los espermogonios es entomófila. Imito la acción de la mosca. Extraigo espermacios (+) para espermogonios (—) y espermacios (—) para espermogonios (+), y puede muy bien ocurrir que los espermacios germinen y den origen a la fase diploide del micelio, lo que se probaría por el desarrollo de ecidios y ecidiosporas en la cara inferior de cada pústula. Esta sugestión fué realizada experimentalmente el verano pasado y su exactitud ampliamente demostrada".

La contraprueba experimental de la función fertilizadora de los espermacios fué establecida también por Craigie, quien demostró que el néctar de los espermogonios calentado durante tres horas a 70° C., perdía toda acción fecundante. El mismo autor descubrió también la naturaleza sexuada de los espermacios, realizando con el néctar extraído de una pústula monospórica gran número de infecciones también monospóricas y observando que sólo parte de éstas fueron fertilizadas. Así, de 74 pústulas de *Puccinia graminis* que recibieron néctar de una pústula monospórica, sólo 30 desarrollaron ecidios. El cruzamiento recíproco con néctar de pústulas no fertilizadas demostró la incapacidad fertilizadora mutua, mientras que el néctar extraído de otras infecciones provocó la formación de ecidios.

En trabajos subsiguientes (1931) demostró igualmente Craigie que "las pústulas (+) y las pústulas (—) se for-

man aproximadamente en igual número", asegurando que este hecho indica con toda probabilidad que los esporidios que son producidos por los basidios, y a los que deben su origen las pústulas, se pueden dividir en dos grupos (+) y (—), los cuales existen en número aproximadamente igual".

Estos admirables resultados fueron confirmados posteriormente por otros autores en otras royas.

La fertilización por medio de los espermacios se ha realizado de varias maneras: unas veces por la germinación de estos elementos y su anastómosis con los perifisos de los picnidios; otras, por la fusión directa con los perifisos y migración del núcleo a través de aquéllos, seguida de diploidización del micelio (Craigie, 1933; Allen, 1934; Branquinho D'Oliveira, 1937; Buller, 1938) o por medio de hifas estomáticas u otras hifas que, atravesando la epidermis, permanecen expuestas a la fertilización. Además, la diploidización del micelio puede realizarse también por la coalescencia de dos pústulas próximas de signo contrario y la subsiguiente anastómosis de los micelios. Brown (1935) obtuvo también la diploidización de pústulas de origen monospórico, en la *Puccinia Helianthi*, por la coalescencia de éstas con pústulas de micelio diploide (uredospóricas).

Estas experiencias de Craigie abrieron nuevos cauces al estudio de las royas, y de ellas se sacó partido, como veremos más adelante, para la obtención de razas o líneas nuevas de estos parásitos.

PRINCIPALES ROYAS DE LOS CEREALES

Son tres las principales royas de los cereales: la *Puccinia graminis* Persoon, llamada vulgarmente roya negra o lineal del trigo; la *Puccinia glumarum* (Schum.) Eriksson et Henning o roya estriada, y la *Puccinis Rubigo-vera* = *Puccinia triticensis* Eriksson o roya parda o punteada.

Todas ellas están muy extendidas por todo el mundo. Sólo en España, según los datos que figuran en el Herbario Micológico del Jardín Botánico de Madrid, se conoce la primera en los cereales de invierno y sobre 25 gramíneas espontáneas; la segunda, sobre 49 matrices, de las que 41 son gramíneas espontáneas, y la tercera, en dos especies de trigo.

Cada una de estas especies posee numerosas formas fisiológicas, que van aumentando de día en día, conforme se van multiplicando las investigaciones de los uredinólogos. Las clásicas de Eriksson son las siguientes:

1. *Puccinia graminis tritici*, sobre trigo, cebada y gramíneas espontáneas.
2. *Puccinia graminis avenae*, sobre avena y gramíneas espontáneas.
3. *Puccinia graminis secalis*, sobre centeno, cebada y gramíneas espontáneas.
4. *Puccinia graminis phlei-pratensis*, sobre *Phleum* y *Festuca*, poco, y débilmente sobre avena, centeno y cebada.
5. *Puccinia graminis agrostis*, sobre *Agrostis*.
6. *Puccinia graminis poae*, sobre *Poa*.
7. *Puccinia graminis airae*, sobre *Aira*.

Todas estas formas, y algunas más quizá, existen en la flora española. Desarrollan sus picnidios y ecidios sobre *Berberis vulgaris* (agracejo) y *Mahonia aquifolium*; sus ecidiosporas infectan las matrices respectivas, pero, según los

autores modernos, las uredosporas formadas en ellas pueden difundir también esta roya al trigo y demás cereales de invierno.

Las de la *Puccinia glumarum* (Schum.) Eriksson et Henning, según el mismo autor, son las siguientes:

1. *Puccinia glumarum tritici*, sobre el trigo común.
2. *Puccinia glumarum hordei*, sobre la cebada.
3. *Puccinia glumarum elymi*, sobre *Elymus arenarius*.
4. *Puccinia glumarum agropyri*, sobre *Agropyrum repens*.
5. *Puccinia glumarum secalis*, sobre centeno.

Considerada durante mucho tiempo como autoica e incompleta, se ha demostrado experimentalmente ha poco que es completa y heteroica, desarrollando sus facies picnídica y ecidiospóricas (*Aecidium Valerianellae*) sobre especies de *Valeriana* y *Valerianella*. Este ecidio es conocido en la flora española; fué citado por Lázaro e Ibiza sobre *Valeriana olitoria*, de Soncillo (Burgos); por el Sr. Gz. Fragoso, sobre *Valerianella microcarpa*, del Barranco de Sa Granada, en Ibiza (Balears), y por el profesor Caballero en *Valerianella coronata*, de la localidad de Vaciamadrid.

Por último, las de la *Puccinia Rubigo-vera* = *Puccinia triticina* son la *Puccinia Rubigo-vera secalis*, sobre centeno, y la *Puccinia Rubigo-vera tritici*, sobre el trigo. Sus facies picnídica y ecídica (*Aecidium Thalictri* Grev.) se realizan sobre especies de *Thalictrum*, siendo conocido en la flora española sobre *Thalictrum minor*, de Ribas de Jarama (Madrid), y sobre *Thalictrum tuberosum*, de Estella (Navarra).

De lo expuesto se colige que todas estas formas fisiológicas son completas y eu-heteroicas, pero hoy se conoce además en la *Puccinia graminis tritici*, o roya principal de los cereales, un ciclo abreviado o braqui-ciclo, que le permite su multiplicación vegetativa por tiempo indefinido.

El factor fenológico o el orden de aparición de las principales royas de los cereales es otro de los asuntos cuyo conocimiento interesa mucho al cerealista. De la coincidencia de esta aparición con la fase de menor o mayor desarrollo de las distintas razas de trigo dependen los mayores o menores daños provocados por estas royas. De ahí la conveniencia de obtener razas de trigo precoces que maduren sus granos antes de aparecer estos parásitos.

Este factor, en igualdad de las demás condiciones, depende del grado de temperatura, la cual influye mucho en la distribución de las royas. Importa mucho conocer las temperaturas mínima, máxima y óptima de la germinación de las esporas y el límite máximo letal para las mismas.

El orden de esa aparición de las tres principales royas es el siguiente: La *Puccinia glumarum* es la que más madruga; suele aparecer en el mes de marzo, cuando la temperatura es aún muy inferior a los 15° C., que es su óptima; desaparece a los 20° C., y le son letales los 25 ó 26° C. Aparece después, entre abril y mediados de mayo, la *Puccinia Rubigo-vera*, oscilando su temperatura óptima entre 18 y 22° C., y mueren sus esporas a los 28-30° C.

La última en aparecer es la *Puccinia graminis*. Sus teliosporas germinan, según Melhus (1920), entre 5 y 25° C., con un óptimo próximo a los 20° C., y su temperatura letal es superior a los 30° C.

En conformidad con estos datos, la *Puccinia glumarum* produce algunos años en los países fríos del norte de Europa verdaderos estragos; en cambio, las otras dos, principalmente la *Puccinia graminis*, son las más perjudiciales en los países templado-cálidos del centro y sur del mismo continente.

FORMACION DE LINEAS O RAZAS DE ROYAS

Hemos indicado anteriormente que el punto de partida para la obtención de estas líneas son las formas fisiológicas que acabamos de enumerar. Sabemos, por otra parte, que, según las experiencias de Craigie, por cruzamiento de espermacios de sexo opuesto se forman líneas o razas nuevas de royas. Teniendo en cuenta el gran número de factores que, en el libre juego de la naturaleza, intervienen en este sentido, se comprende fácilmente que el número de éstas debe ser indefinido.

Los autores americanos, concretándose a la principal y más importante forma fisiológica de la *Puccinia graminis tritici*, emprendieron una serie de investigaciones, cuyo resultado ha sido la obtención artificial de 170 razas o líneas de esa forma, que figuran en la colección de trigos diferenciadores. Para conseguir estos resultados han procedido de la manera siguiente: si con las uredosporas de esa forma fisiológica, recogidas en las hojas de una raza de trigo que llamaremos *X*, se inoculan una serie de hojas de razas de trigo distintas, se encuentra una raza *A* de trigo resistente a la roya, una raza *B* muy receptiva, una raza *C* de moderada resistencia, una raza *D* poco resistente, etc. Si, por el contrario, las uredosporas proceden de una raza de trigo que llamaremos *Y*, con preferencia de localidad distinta a la de *X*, y se inoculan sobre la misma serie de hojas de la experiencia anterior, se observa que el proceder de las varias razas de trigo puede ser diferente y aun opuesto; así, la raza *A*, que era resistente a la de la roya de la raza *X*, puede ser receptiva de la de la raza *Y*; la raza *B*, que era muy susceptible a la infección con uredosporas de la raza *X*, puede, por el con-

trario, ser resistente a la infección con uredosporas de la raza Y, y así sucesivamente.

Todas estas líneas o estirpes de royas especializadas se señalan con un número, y los ensayos de su obtención se realizaron mediante infección de una serie de razas de trigo siempre constantes, que han recibido el nombre de matrices o huéspedes diferenciales, que son 12. De ellas, una pertenece al *Triticum compactum*, tres al *Triticum vulgare*, cinco al *Triticum durum*, una al *Triticum monococcum* y dos al *Triticum dicoccum*. Fueron seleccionadas por Stackman y Levine, y hoy son universalmente adoptadas. Se han elegido dos escalas *standard*, una para los tipos de infección y otra para los grados de la misma, con el fin de comparar los resultados obtenidos.

Los tipos de infección se designan con números y letras. a saber: (0) *immune*, (1) *muy resistente*, (2) *de resistencia moderada*, (3) *de receptividad moderada*, (4) *muy receptiva*, (X) *heterogénea*. Los grados de infección se designan por medio de símbolos: (=) *vestigios*, (—) *ligera*, (1) *moderada*, (+) *considerable*, (++) *abundante*. Se han establecido también algunos otros signos para indicar fenómenos de reacción de las plantas contra las royas, como manchas de hipersensibilidad, manchas necróticas, etc.

Las líneas de royas se distinguen entre sí por su capacidad de infección para con las diversas razas de trigo. En algunas ocasiones pueden existir también diferencias en las dimensiones de los elementos del parásito, diferencias que se comprueban y se obtienen mediante delicadas observaciones biométricas, con las que se forman estadísticas de los datos obtenidos. De este modo se tiende al aislamiento de las líneas de royas mezcladas entre sí. En Canadá, por ejemplo, las líneas indicadas con los números 11 y 17 atacan por igual a todas las razas diferenciales del trigo, pero no a la

raza Kanred; ésta es susceptible a la línea 11, pero inmune a la 17, y este fenómeno ha permitido aislar la línea 11 de una mezcla con la 17. Cosa análoga ocurre con este huésped en relación a las líneas 21 y 26, siendo susceptible a la última, pero inmune a la 21. De esta manera ha sido posible formar una clave analítica con respecto a las razas diferenciales, que permiten aislar casi todas las líneas de royas hasta hoy conocidas.

En vista de estos primeros resultados tan satisfactorios, orientando ulteriores investigaciones en este sentido, se concibieron grandes esperanzas de encontrar al menos una raza resistente de trigo a todas las líneas de royas, pero bien pronto estas esperanzas resultaron defraudadas, porque, al parecer, la capacidad de infección es un carácter hereditario muy difícil de extirpar.

Entre las diferentes hipótesis emitidas para explicar la formación de las diversas líneas o estirpes de royas, la de la hibridación, debida a Stackman, es la más importante. Tiene, pues, gran interés el conocimiento de los resultados obtenidos por cruzamientos entre diversas formas de la *Puccinia graminis*, los de las distintas líneas de una misma forma fisiológica y los de la autofertilización de una misma línea.

Los cruzamientos entre diferentes líneas de royas pertenecientes a una misma especie fisiológica, dieron un número variable de líneas diversas, con frecuencia ocho o nueve diferentes, de las cuales alguna es, a veces, idéntica a una de las líneas progenitoras. Más interesantes son aún las autofertilizaciones de varias líneas diversas de royas; así, de ocho líneas autofecundadas en el Canadá, una sola reproduce la línea progenitora; las otras siete engendraron diversas líneas en un número que oscila entre dos y 18 cada una. De las ocho líneas autofecundadas se obtuvieron 30 líneas diferen-

tes, de las cuales 12 eran nuevas, lo que equivale a decir que esa capacidad tan grande de infección en las razas diferenciales del trigo era antes insospechada.

Los resultados obtenidos sobre la herencia del factor patogenicidad, verificados hasta la segunda y aun hasta la tercera generación, son muy interesantes y se acomodan bastante bien a las leyes de Mendel, y la distribución de los de la F_2 generación conducen a creer que existen tres factores mendelianos independientes. En la F_1 , el factor dominante parece análogo al de los cruzamientos entre variedades de Fanerógamas, aunque no del todo, puesto que se ha manifestado el fenómeno de la herencia materna, el cual no parece explicable sólo con las leyes de Mendel. Se funda en la experiencia siguiente: si se fecunda una picnidiospora de sexo + de una línea de roya X con una picnidiospora de sexo — de una línea de roya Y, o inversamente, si la patogenicidad estuviese regulada solamente por las leyes mendelianas, deberían obtenerse, lo mismo en la línea X que en la Y, ecidiosporas de una única e idéntica línea o de una misma serie de líneas. En la experiencia del caso, de ocho cruzamientos recíprocos realizados, en tres de ellos se obtuvieron efectos mendelianos, pero en los otros cinco se obtuvieron líneas diferentes en dos cruzamientos recíprocos. De aquí la hipótesis de que no sólo el núcleo, sino también el citoplasma de la célula materna ejerce influencia en la herencia de la patogenicidad.

Se han realizado también investigaciones de orden más complejo, cruzando líneas diversas correspondientes a dos formas fisiológicas distintas. Por ejemplo, las de *Puccinia graminis f. sp. tritici* con las de *Puccinia graminis f. sp. secalis* y las de *Puccinia graminis f. sp. tritici* con las de *Puccinia graminis f. sp. agrostis*. Esta última parasita varias gra-

míneas, espontáneas, entre las que se cuentan diversas especies del género *Agrostis*.

Los resultados obtenidos de cuatro cruzamientos fueron 12 líneas diversas de royas, de las cuales cuatro eran capaces de parasitar el trigo y ninguna a *Agrostis*. De estas 12 líneas obtenidas se manifestaron, por su acción, unas semejantes a uno de los progenitores y otras al otro; pero en parte presentaron caracteres intermedios a los de los dos progenitores. En términos generales fueron menos virulentas que los progenitores, y en un caso se obtuvieron líneas capaces de infectar al arroz. De estos hechos sobrevino la sospecha de que por hibridación, no sólo se forman nuevas líneas, sino que la realizada entre formas fisiológicas diferentes pueda originar otras líneas diversas, en parte, a las formas fisiológicas progenitoras. Como consecuencia de estas y otras experiencias análogas, se disminuyó en gran manera la esperanza de obtener una raza de trigo resistente a todas las líneas posibles de royas y las de defender las razas de trigo cultivadas en una región determinada. En su virtud, todas las razas de trigo están siempre más o menos expuestas a posibles ataques de una línea virulenta de roya, que puede formarse por hibridación en todo momento o ser introducida por transporte aéreo u otro medio de difusión cualquiera.

Estos descubrimientos han hecho cambiar por completo las ideas clásicas que se tenían sobre la función del agracejo respecto a la roya amarilla del trigo, pero la importancia práctica de este arbusto y el interés de destruirlo, lejos de disminuir, ha aumentado.

Es verdad que la función más importante del agracejo es la de crear, por hibridación de espermacios de sexo opuesto, nuevas líneas de royas, y que una sola planta regularmente atacada tiene, potencialmente al menos, una capaci-

dad ilimitada de producir líneas diversas de este parásito; pero la destrucción de esta planta no implica necesariamente la imposibilidad de formar nuevas líneas de royas en una zona determinada; lo que ocurre es que disminuye el número de ellas. Así, por ejemplo, Australia, donde no existe esta planta, cuenta con un número muy reducido de líneas de roya; en cambio, en las regiones donde abunda el agracejo, como Norte América y la Europa occidental, el número de las líneas de esta roya es muy grande.

De todos modos, aunque la destrucción sistemática del agracejo conduce a una disminución de los ataques de la roya, es bien sabido que ésta puede sobrevivir y continuar su ciclo, aunque reducido, sin esta planta; de otro modo sería imposible explicar los daños, con frecuencia graves, producidos por esta roya en Australia, donde, como se ha dicho, no existe este arbusto.

Una vez aceptado que la fase ecídica de esta roya no es absolutamente necesaria para la perpetuación de esta especie, la cual subsiste de un año a otro sin la intervención del agracejo, era natural que los micólogos y fitopatólogos dirigieran sus esfuerzos para explicarla. Primeramente se fijaron en la teoría del micoplasma de Eriksson, según la cual, en el embrión del grano del trigo existe, fundido íntimamente con él, el protoplasma de los elementos reproductores de la roya. Al germinar el grano se diferenciaría la roya y se haría patente por la infección de la plántula. Esta teoría tuvo muchos contradictores, y ni los estudios citológicos, ni las experiencias del cultivo del grano, colocado fuera de infecciones posibles por esporas externas, tuvieron resultado positivo. Hubo, pues, de abandonarse por inútil, y después se pensó que las infecciones primaverales pudieran ser debidas a uredosporas transportadas por el viento desde países de clima benigno, donde invernarían, sin duda alguna, sobre

sus matrices, aun vivas. Hoy está demostrado plenamente que esta hibernación es un hecho positivo.

Hacia mucho tiempo que los Observatorios Meteorológicos habían demostrado la existencia de verdaderas lluvias torrenciales de esporas, que las captaban por medio de cajas de Petri embadurnadas con vaselina, y modernamente, los aviadores americanos, siguiendo el mismo procedimiento, confirmaron también la presencia de dichas esporas hasta altitudes de más de 3.600 metros.

En la zona más meridional de los Estados Unidos el clima es subtropical, de invierno muy suave, y la fase uredospórica de las royas se conserva perfectamente a través del invierno sobre muchas gramíneas espontáneas, que pudieran ser una fuente más o menos constante de infección. El transporte aéreo de las uredosporas del Sur al Norte se ha seguido escrupulosamente, observando la estrecha correlación entre las corrientes aéreas y la aparición en la primavera de grandes extensiones de mieses atacadas de roya.

De un modo análogo, las infecciones primaverales en el Canadá tendrían también su origen en una muchedumbre de uredosporas transportadas hacia el Norte desde el Sur de los Estados Unidos, a millares de kilómetros, por las corrientes eólicas, lo mismo que en las llanuras de la India y otras regiones, como el Kenia, donde por su clima suave hibernan las uredosporas sobre plantas vivas de sus campos.

No sólo allende los mares, sino también en las zonas meridionales de Europa, se debe ciertamente a estas uredosporas la persistencia de esta plaga, pues está demostrado que en las costas mediterráneas y en sus islas hiberna perfectamente la fase uredospórica de esta roya.

Al micólogo italiano Montemartini corresponde el mérito de haber previsto en Italia los puntos de vista modernos sobre la hibernación de las royas de los cereales, siendo

el primero en apoyar las opiniones de Klebahn, de Baudys y otros autores. Ya en 1915 escribía lo siguiente: "Para los climas como el nuestro, y cuando el estío no es muy seco y el invierno muy frío... se debe pensar que es más fácil y más probable la perpetuación y difusión del parásito en su forma uredospórica: a través del verano, sobre las gramíneas verdes espontáneas o de prados, de las cuales pasarían en otoño a infectar el trigo, sin que esta infección otoñal sea detenida o destruída por los fríos invernales".

En esta misma fecha observó este autor que las uredosporas contegidas en los uredosoros de la planta matriz podían resistir temperaturas de -15° C. Posteriormente, otros muchos micólogos y fitopatólogos italianos, como Petri, Brega, Rivera y Corneli y Bruncheti, confirmaron los puntos de vista de Montemartini.

En España debe ocurrir lo mismo, pues mis observaciones particulares y las de otros autores comprueban la existencia, durante la primavera y el verano, de muchísimas gramíneas espontáneas con la fase uredo de esta roya.

RESISTENCIA DE LOS CEREALES A LAS ROYAS

El problema de la resistencia de los cereales a las royas, por su importancia extraordinaria, ha sido objeto de numerosos estudios. Refiriéndose a ella, escribían Stackman y Hart en 1936 lo siguiente: "Ha existido y existe aún gran confusión en lo que se refiere a la naturaleza de la resistencia a las royas. No debemos sorprendernos de ello si recordamos que las investigaciones han sido hechas por diversos autores, con frecuencia sobre variedades diferentes de cereales, muchas veces con royas diferentes o con distintas razas

fisiológicas de la misma roya, y aun muchas más veces, probablemente, en condiciones ambientales por completo diferentes. Los principios en sí pueden tal vez ser universales, pero sus aplicaciones prácticas variarán en gran medida, como las condiciones ambientes”.

Los fenómenos de resistencia pueden dividirse, en general, en dos grandes grupos: resistencia mecánica, es decir, funcional y morfológica, y resistencia protoplásmica. Las dos primeras son muy interesantes desde el punto de vista de aplicación práctica, porque dificultan mucho la penetración del parásito en los tejidos del huésped.

La resistencia es una resultante de diversos factores, que pueden actuar independiente o conjuntamente. Por esta razón es necesario que el estudio de los tres tipos de resistencia se haga durante el período completo de desarrollo de la planta, porque estos factores experimentan alteraciones con la edad y las condiciones de vegetación de la planta estudiada.

La resistencia funcional está basada en el funcionamiento de los estomas de la planta, que cuando están cerrados impiden la penetración del parásito. Ha sido estudiada principalmente respecto a ciertas razas de trigo, como el *Hope*, en el que los estomas sufren muy lentamente la acción estimulante de la luz, abriéndose mucho después de la salida del sol, de donde resulta que, en tiempo seco, el rocío se evapora antes de que los elementos del parásito puedan penetrar por la abertura u ostiolo del estoma; consecuencia de todo ello es que el tubo germinativo y el apresorio experimentan una desecación que los mata. Esta resistencia, que es independiente de la intrínseca o protoplásmica, tiene sólo un valor relativo, puesto que en tiempo húmedo los estomas funcionan más libremente. Tiene, sin embargo, la ventaja de ofrecer la

misma eficacia para todas las razas fisiológicas de la referida roya.

La resistencia morfológica fué estudiada ya por Cobb en 1890 y 1892. Según este autor, esta resistencia en los trigos rígidos de caña dura depende de los factores siguientes: cutícula gruesa, espesa capa de cera, pocos y pequeños estomas, mucha abundancia de pelos y la dureza de los tejidos. La cutícula muy gruesa impide la ruptura de la epidermis y la liberación de las esporas para nuevas infecciones: la abundancia de pelos se opone a que las esporas caigan directamente sobre la cutícula, y si están germinadas, el tubo germinativo tiene que recorrer mayor camino para alcanzar los estomas; por otra parte, como las esporas quedan trabadas entre los pelos, limitan mucho la diseminación de las mismas. La escasa densidad de los estomas disminuye las puertas de entrada, y la dureza de los tejidos resultante del mucho desarrollo del esclerenquima con relación al colenquima, limita el área donde puede desenvolverse la roya. Es evidente que una fuerte cutinización de las hojas protegè de manera extraordinaria a las plantas contra las royas.

Hart (1931), refiriéndose a esta clase de resistencia, asegura que las dimensiones posibles de las pústulas de la *Puccinia graminis* dependen de la estructura de la hoja o del sostén esclerenquimático de la misma.

Hursh (1924) y el mismo Hart estudiaron con detalle este tipo de resistencia para la *Puccinia graminis*; resulta de sus investigaciones que, en los trigos sin resistencia protoplásmica, el grado de la resistencia de las cañas está en relación con la proporción y distribución del esclerenquima, puesto que el esclerenquima constituye una limitación mecánica al desarrollo del micelio. Esta limitación es muy importante en las vainas, raquis, glumas y aristas, por ser muy elevada en general la proporción del tejido esclerenquima-

tosos y elevadísima en algunos trigos, como los *Ermer*. Esta resistencia morfológica es general para todas las razas fisiológicas de la misma especie de roya, pero, afecta más intensamente a las de soros grandes, como la *Puccinia graminis*, y menos, por el contrario, a las de soros pequeños, como la *Puccinia Rubigo-vera* y la *Puccinia anomala*.

Es necesario advertir que en este tipo de resistencia influyen directamente las condiciones ecológicas, porque la proporción de estos dos tejidos varía para una misma planta según varíen dichas condiciones. Un mismo trigo, al llegar a su madurez, puede contener proporciones muy diferentes de ambos tejidos, conforme se hayan cultivado en valles húmedos y frescos o en terrenos cálidos y secos. Así se explica que ciertas razas de trigo *Marquillo*, *Kota* y *Ceres*, que no tienen resistencia protoplásmica, ofrezcan una resistencia morfológica grande en la época de maduración los años secos, mientras que experimentan fuertes ataques en los húmedos.

La resistencia protoplásmica es la expresión de defensa intrínseca de las diferentes variedades de trigo contra las diversas razas de roya. Es de orden puramente fisiológico, y determina entre las diversas razas modificaciones transitorias, debida principalmente a las condiciones del medio ambiente. Estas modificaciones pueden hacer variar la reacción contra una raza fisiológica en una matriz determinada desde el tipo 0 al 4.

Únicamente el estudio de la fisiología celular puede resolver este problema, pues el mero examen de las preparaciones microscópicas no permite valorar con exactitud los procesos de reacción por que atraviesa el complejo hongo y matriz durante el desarrollo de las diferentes fases de la infección, cuyo resultado final sería la expresión de las referidas reacciones. Estas reacciones parecen estar reguladas por factores

genéticos, los que determinarían la inmunidad, la hipersensibilidad o un estado de tolerancia o congenialidad entre las células del huésped y el parásito.

Desde el punto de vista biológico, la resistencia hipersensitiva debe considerarse como una susceptibilidad de elevado orden.

Realmente esta resistencia representa, no la destrucción del micelio del hongo por el protoplasma celular de la planta, sino la imposibilidad del desarrollo de las hifas micelinas sobre células muertas, bien por las secreciones del hongo, ora por productos secundarios de su descomposición. Muchas veces las mismas hifas mueren también, probablemente por la acumulación de esas sustancias excretadas por el mismo hongo y que no son removidas por la planta. Este fenómeno pudiera estar relacionado con ciertas sustancias inhibitorias al desarrollo del micelio y que deben existir en el jugo celular de la planta atacada. Esta inhibición es muy variable: no sólo de especie a especie de planta, de variedad a variedad, de raza a raza, sino también según los períodos de desarrollo de los tejidos de la planta. Igualmente varía también con respecto a las diversas razas fisiológicas de roya, según las investigaciones de Steiner y otros autores.

Intervienen asimismo otros muchos factores en este orden de fenómenos; según la teoría de Comes (1913) y otros autores, el *Ph* del protoplasma ejerce una influencia notable. Este autor opina que el aumento de resistencia protoplásmica está en relación con el aumento de concentración de ácidos de peso molecular bajo en el jugo de la planta, y que se produce el efecto contrario cuando los ácidos son de peso molecular elevado. Es sabido que esta concentración varía con la edad de la planta y que el cultivo provoca una disminución de la acidez y, por ende, de la resistencia.

Otros autores han atribuido gran importancia a los fe-

noles, que en virtud de la acción ejercida sobre los mismos por el micelio, se pondrían en libertad compuestos más complejos a los que están ligados e impedirían, matando las células, el ulterior progreso del micelio, provocando la formación de las llamadas manchas de hipersensibilidad; es decir, la planta sacrificaría algunas de sus células vivas para defenderse contra el parásito. Otros admiten cierta relación entre las sustancias proteicas y la receptividad de los cereales para con las royas, pero es probable que esta influencia sea indirecta y que actúe alterando las relaciones entre los varios constituyentes histológicos. La mayor receptividad de las plantas jóvenes respecto a las adultas se debe sin duda al escaso desarrollo del tejido esclerenquimatoso respecto al colenquimatoso, y al mayor desarrollo del primero se debe el efecto beneficioso de prevención atribuido a los abonos potásicos. Efecto contrario producen, al parecer, los abonos nitrogenados, los cuales favorecen el desarrollo del colenquima respecto a los tejidos de sostén.

Dragheti atribuye la resistencia de algunos cereales, a las variaciones de la presión osmótica de los jugos celulares del huésped respecto a la del micelio del hongo parásito. Se debe observar, sin embargo, que algunas razas de trigo, como los duros de la región mediterránea europeo-africana, sufren fuertes ataques de las royas, lo que supondría una amplia adaptación a la vida altamente xerofítica de esas razas de trigo. Es posible que estas infecciones estén relacionadas también con los fenómenos de transpiración de los trigos.

Estos tres tipos de resistencia son transmisibles y al parecer dependen de factores mendelianos. En su combinación se apoyan los genetistas para resolver prácticamente el problema de la producción de líneas puras resistentes a las royas.

Hart (1931) estudió en diferentes variedades de trigo estos tres tipos de resistencia con relación a la *Puccinia gra-*

minis tritici. De sus investigaciones se infiere que únicamente en las variedades de trigo que poseían los tres tipos de resistencia se mostró ésta constante, en condiciones naturales de cultivo, disminuyendo a medida que estos factores decrecen en número y cantidad, hasta el punto de ser prácticamente nula cuando las variedades poseen poca resistencia protoplásmica, la cual, en general, está limitada a un pequeño número de razas fisiológicas de la roya de que se trate.

El ideal sería obtener una o más razas de trigo muy productivas, muy precoces, inmunes o al menos resistentes para todas o para la mayoría de las razas fisiológicas de royas. Al logro de este ideal se han dirigido los esfuerzos de una pléyade de investigadores genetistas, principalmente americanos, en los Estados Unidos y en el Canadá, y aunque no lo hayan logrado por completo, han obtenido algunos resultados importantes de aplicación práctica. Podemos citar los siguientes: como *suministradores* de genes de resistencia, el trigo *Kapli Emmer*, de Indiana (Waterhouse, 1933); con resistencia protoplásmica y morfológica a muchas razas de royas, el trigo *Minturki* (Stackman y sus colaboradores, 1938), resistente a la *Puccinia graminis*; el trigo *Jumillo* (Newton y Johnson, 1932), con elevada resistencia protoplásmica y funcional a la *Puccinia graminis* y a la *Puccinia triticina*; el trigo *Chinese 166*, portador de gran resistencia protoplásmica a la *Puccinia glumarum* (Stackman y sus colaboradores, 1935, y Straib, 1937); el *Triticum Timococcum*, híbrido de *Tr. timopheevi* × *Tr. monococcum* (Kostoff, 1938), que parece inmune para todas las royas; pero entre todos parece el mejor el trigo *Thatcher*, procedente de la selección de un doble cruzamiento (*Jumillo* × *Marquis*) × (*Kanred* × *Marquis*), realizada por Hayes y sus colaboradores en 1936, y al cual se atribuyen las siguientes propiedades: gran resistencia a la *Puccinia graminis*, relati-

va resistencia a la *Puccinia triticina*, precocidad y gran producción y de muy buena calidad. Newton (1938) asegura que, a pesar del intenso ataque de roya negra que hubo en 1937 en Manitoba, este trigo produjo 2.700 a 3.600 litros de cefeal bien granado por hectárea, mientras que las buenas variedades en aquella región, como *Marquis* y *Ceres*, apenas produjeron por hectárea unos 1.100 litros de trigo de mala calidad y de peso específico muy bajo.

En la selección del trigo *Thatcher* intervinieron 19 genetistas especializados, y fué introducido al cultivo en la primavera de 1934, como resultado de experiencias realizadas en Minnesota, desde 1907, por la Oficina de Plantas Industriales del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de América y las Estaciones Agrícolas Experimentales de Minnesota.

Para la redacción de esta parte del Discurso hemos utilizado, principalmente, Ciferri y Branquinho D'Oliveira. (Véase la bibliografía.)

CIENCIAS FORESTALES

Los hongos que viven a expensas de las especies forestales son de acción contrapuesta. Unos tienden a su destrucción y otros a su conservación, pero todos ellos son de importancia económica extraordinaria, aunque antitética. Los primeros atacan principalmente las partes aéreas y ocasionan enormes daños a los árboles forestales, cuyos troncos, ramas y hojas sufren alteraciones diversas: los segundos, ocultos a las miradas del hombre, desenvuelven sus actividades, asociados en admirable consorcio, en los órganos radicales, originando, las *micorrizas*.

La mayoría de los primeros son xilófagos, segregan enzimas, que disuelven la lignina y la celulosa, y muchos son cromógenos.

Citaremos, por no extendernos demasiado, unos cuantos de este grupo.

Hay una serie de géneros y especies del Orden Himeniales que se pueden considerar como verdaderos carcomas de muchas especies forestales. El *Stereum frustulosum* Fries, más conocido con el nombre de *Thelephora perditrix* de Hartig (Teleforáceo), es un parásito de heridas, común en las encinas. Ocasiona en ellas primero una gomosis y después desorganiza los tejidos leñosos, convirtiéndolos en una especie de hilacha, excavando, por fin, una cavidad tapizada por el micelio, que continúa su obra destructora.

El *Hydnum diversidens* Fries (Hidnáceo) es un parásito que penetra por las heridas de encinas y hayas y destruye por completo la madera de color pardo, transformándola en amarilla:

Pero la familia de los poliporáceos es la más rica de estos hongos destructores. El *Polyporus sulphureus* es un parásito de heridas que ataca a casi todos los árboles útiles, impregnando su madera de una goma insoluble, primero de color amarillo y luego anaranjado o algo más rojizo; más tarde la zona atacada palidece, se agrieta, y el micelio blanco, invadiendo las grietas, desorganiza los tejidos, pulverizándolos por completo.

Muchas especies del género *Fomes*, como *Fomes ignarius* (L.) Gillet y el *F. fomentarius* (L.) Fries, llamado hongo yesquero, atacan a muchos árboles, entre ellos a las encinas, abedules y hayas, ocasionándoles trastornos análogos.

El *Trametes Pini* Fries penetra también por las heridas y el micelio, avanza hasta el corazón de los leños, originando la enfermedad denominada "pudrición roja de los pinos", y

ataca también en forma análoga al pinabete y al alerce. Por último, otro de los hongos más perniciosos y temibles es el *Merulius lactimans* (Jacq.) Fries, que ataca más frecuentemente al pino y a las maderas resinosas y blandas, aunque no desprecia tampoco todas las maderas de construcción, aun las más duras. Su micelio penetra a modo de tela de araña, de la que derivan gruesos cordones, que se extienden a las paredes y a las maderas, que invaden inmediatamente, coloreándolas de amarillo pardusco y destruyéndolas por completo.

Entre los Ascomicetos se cuentan también numerosos géneros y especies muy perjudiciales a toda clase de árboles. La *Dasyscypha Willkommii* Hartig, aunque no es verdadero parásito, es el productor del chancro del alerce, y la *Dasyscypha resinaria* Rehm y la *Dasyscypha Abietis* Saccardo, los de los pinos y el abeto rojo.

La *Nectria ditissima* Tulasne, lo mismo en su facies perfecta que en la conidiana, es causa de chancros de diversos árboles frutales, y la *Nectria cinnabarina* Tode y su facies conidiana *Tubercularia vulgaris* Tode, produce el "mal rojo" de diversos árboles, bastante grave, y así podríamos citar una serie de otros géneros y especies que sería ocioso enumerar.

Otra serie de enfermedades muy graves son las traqueomicosis, producidas por hongos microscópicos de distintos grupos taxonómicos. Nos concretaremos simplemente a mencionar la "Grafiosis del Olmo" y la "Traqueomicosis del Castaño". La primera, descubierta en 1928 en Chamartín (Madrid), ha sido estudiada en España con toda clase de pormenores por el destacado miembro de Ingenieros de Montes D. José Benito Martínez, autor de una serie muy numerosa de interesantes trabajos sobre micosis de los árboles forestales.

La segunda se llama vulgarmente la enfermedad de la

tinta del Castaño, y ha devastado casi completamente los castañares de España, Italia y Francia. Ha sido atribuída durante mucho tiempo a diversas especies de hongos microscópicos, la mayoría saprofitos; pero, modernamente, el ilustre profesor italiano L. Petri ha demostrado de manera definitiva que es debida al Ficomiceto *Blepharospora cambivora*.

Como contrapartida de hongos tan perjudiciales como los ahora mencionados, existen otros que están considerados por la mayoría de los autores como altamente útiles y beneficiosos para las esencias forestales, que, como indicamos antes, se desarrollan bajo tierra, si bien los órganos reproductores de la mayoría afloran a la superficie de la misma. Me refiero a los hongos llamados *micorrizas*. Haremos una breve exposición de ellos, orientada principalmente a sus aplicaciones industriales.

El vocablo *micorriza* fué creado por Frank, en 1885, para expresar la asociación entre el micelio filamentoso de un hongo y los pelos radicales de una planta, aunque mucho antes que él la habían observado muchos autores, y posteriormente se han publicado numerosísimos trabajos estudiándola con toda clase de detalles, principalmente por los autores modernos, entre los que sobresalen los de Melin, Hesselman, la Rayner, Peyronnel y Mattiolo.

El fenómeno de la *micorriza*, nombre que ha adoptado Peyronnel para expresar esta asociación singular, está muy difundido en la naturaleza, lo mismo en cuanto al número de plantas *micorrizadas* que en lo que se refiere a su distribución geográfica. Se encuentran las micorrizas en todas las latitudes y desde el nivel del mar hasta las regiones alpinas. Casi todas las plantas espontáneas, lo mismo arbóreas que sufruticasas y herbáceas, tienen micorrizas. Solamente escasean en las plantas cultivadas y faltan en las insectívoras, se-

miparásitas y en las que viven sobre terrenos pantanosos pobres en sales minerales y materias orgánicas nitrogenadas.

Por las relaciones entre el aparato vegetativo del hongo y los pelos radicales de la planta consorte, se clasifican las micorrizas en *ectótrofas* y *endótrofas*. En las ectótrofas el micelio forma en la superficie de los pelos absorbentes y en la cofia o punta de la raíz un tejido pseudoparenquimático o manguito (velo o retículo de Hartig), que ha recibido el nombre de *micoclena*. La micoclena adopta en su superficie dos formas principales; unas veces es lisa y muy ceñida y otras irradian en dirección centrífuga las ramificaciones micelianas, imprimiendo al conjunto un aspecto más o menos coraloide. El micelio penetra luego en el parénquima cortical de la raíz y sigue su desarrollo intercelular, enviando de trecho en trecho ramificaciones al interior de las células, que actúan como chupadores o haustorios, pero nunca traspasa los umbrales del endodermo. Por medio de este curioso aparato establece el hongo amplias relaciones con el medio en que ha de desenvolver sus actividades.

El fenómeno de la micorrizia provoca transformaciones morfológicas notables en la raíz de la planta huésped. En primer término, reduce mucho la longitud de las raíces primarias y secundarias, aumentando considerablemente el número de éstas; en cambio, tanto las unas como las otras se transforman en más gruesas y robustas.

En segundo lugar, la observación microscópica permite reconocer que el parénquima cortical ha experimentado por la acción del hongo un espesamiento hiperplásico más o menos notable. Las raicillas transformadas en micorrizas se pueden considerar, por tanto, como verdaderas agallas o *micocecidias*.

Las micorrizas ectótrofas son casi exclusivamente de las plantas leñosas; en las herbáceas son muy raras. Sin embar-

go, Hesselman las ha observado en el *Polygonum viviparum*, lo mismo en la región alpina que en la ártica. En las sufruticosas son frecuentes; el mismo autor las ha estudiado en *Dryas octopetala*, *Salix herbacea* y *Salix reticulata*, y B. Peyronnel, en Valle de Valdesi, sobre *Arctostaphylos uva-ursi* (Gayuba) y sobre *Helianthemum vulgare*, en el que son producidas por un *Cortinarius* (Agaricáceo) muy próximo a *Cortinarius proteus*; pero donde más abundan es en las esencias forestales, hasta el punto de que se puede afirmar de que no existe ninguna especie espontánea que esté desprovista de ellas.

En las cultivadas en los jardines ocurre en estas esencias un fenómeno singular; el de la transformación de las ectótroficas en endótroficas, transformación que pudiera explicarse porque las primeras no se desarrollan bien más que en terrenos ácidos, mientras que las segundas se adaptan más fácilmente a terrenos de reacción neutra, o ligeramente alcalina.

HONGOS DE LAS MICORRIZAS ECTOTROFICAS

Los primeros investigadores desconocían la naturaleza específica de los hongos de estas micorrizas. Con los progresos de la investigación, principalmente en los tiempos modernos, se han determinado los grupos taxonómicos a que pertenecen. La mayoría de ellos son hongos macroscópicos de las clases Ascomicetos y Basidiomicetos. Los más importantes de los primeros corresponden a las familias Elafomicetáceos y Tuberáceos (Orden Tuberales), y están representados por numerosas especies de los géneros *Elaphomyces*, *Tuber* y *Terfezia*. También se cuentan algunas especies en

el Orden Gasterales, familias Imenogastráceos y Sclerodermatáceos. El *Scleroderma vulgare* es una de las más comunes.

Pero los hongos eminentemente micorrizógenos son los Himeniales, principalmente los Agaricáceos u hongos de sombrerillo. Probablemente lo son todas las especies de *Amanita*, casi todas las de los géneros *Tricholoma*, *Russula* y *Lactarius*, muchas de *Cortinarius* e *Hygrophorus* y algunas de *Gomphidius*, *Cantharellus*, *Collybia*, *Clytocybe*, etc.

Entre los Poliporáceos casi todas las especies del género *Boletus* forman también micorrizas. Sólo B. Peyronnel, en siete especies forestales, ha observado 71 casos de asociaciones de micorriza.

En lo que se refiere a las condiciones de formación de las micorrizas ectótroficas, hay disparidad de opiniones entre los autores. Frank opinaba que la condición necesaria para ella era la presencia de humus en las tierras. Moeller, apoyado en investigaciones realizadas sobre plántulas de pino, sostenía rotundamente la opinión contraria; nunca encontró micorrizas sobre humus y siempre sobre terrenos arenosos puros. Posteriores investigaciones de Tubeuf y P. Magnus confirman la opinión de Frank con relación a las especies forestales de las familias Abietáceas, Cupulíferas, Betuláceas (excepto el género *Alnus*) y Salicáceas; pero admiten también que existen y pueden prosperar en las especies de *Pinus* sobre terrenos arenosos pobres en humus. Según los investigadores modernos, la opinión de Frank es la más generalizada; basta tener en cuenta que estos hongos son más o menos hímicos.

MICORRIZAS ENDOTROFAS

En las micorrizas endótrofas, el hongo no forma el revestimiento exterior o miclocema, sino que se localiza, principalmente, en el interior de las células del parénquima cortical de la raíz. Existen varios tipos de esta clase de micorrizas, siendo los principales los que *micorrizan* las plantas de las familias Orquidáceas, tan apreciadas en el comercio florístico por sus extrañas y hermosas flores, y de las Ericáceas, tan interesantes por estar comprobado en ellas la fijación del nitrógeno atmosférico.

En las primeras la infección se realiza al través de los pelos absorbentes. El desarrollo ulterior de las micorrizas en las Orquidáceas terrestres europeas es poco más o menos el siguiente: el micelio del hongo forma en el interior de las células del parénquima cortical de la raíz densos glomérulos o apelonamientos, que comunican con el exterior por medio de finísimas hifas que atraviesan interiormente toda la longitud del pelo radical, quedando siempre libre de ellas el punto vegetativo. Por esta acción del hongo no cesa la actividad vital de estas células; únicamente pierden el almidón existente en ellas, que es absorbido por el hongo. Estos glomérulos micelianos permanecen en este estado en unas células, pero en otras se gelatiniza toda su masa, repleta de materiales de reserva, que son digeridos por las células radicales de la planta (micofagia). Simultáneamente se producen profundas y extensas transformaciones de forma y magnitud en los núcleos de las mencionadas células, quedando como residuos de dicha digestión unos grumos compactos de color amarillento suspendidos en la célula. La planta, mediante esa digestión de los glomérulos del micelio, incorpora a su organismo sustancias orgánicas nitrogenadas e hidrocarbo-

nadas, además de las sales minerales que entran en la composición de los mismos.

La mayoría de las especies de la familia Ericáceas poseen micorrizas endótrofas de estructura muy distinta de las normales. En el género *Vaccinium*, por ejemplo, son muy peculiares. El hongo, al contrario de lo que ocurre en los otros tipos de micorrizas, no provoca modificaciones morfológicas tan sensibles en las raíces, que se conservan largas y delgadas.

Según las observaciones de B. Peyronnel y Rivet en *Arctostaphylos uvaursi* y *Arbutus Unedo* se da el fenómeno curioso e interesante de la asociación mixta de micorrizas ectótrofas y endótrofas; el revestimiento exterior o micoclema es producido por una sola especie de hongo, pero al mismo tiempo aparecen las células epidérmicas de las raicillas, como en las micorrizas endótrofas típicas, rellenas de gruesos glómerulos de micelio que son digeridos por la planta.

Las especies de hongos productores de las micorrizas endótrofas son menos conocidos que las de las ectótrofas. Las relativas a las Orquidáceas parecen estar formadas por los hongos estériles del género *Rhizoetonia*, que como está demostrado, entra en el ciclo evolutivo de un Basidiomiceto. Las de las Ericáceas de los géneros *Calluna*, *Erica* y *Vaccinium* son producidas por un Deuteromiceto del género *Phoma*, cuya facies superior, que pertenece a un Ascomiceto, es desconocida.

Pero los hongos de las micorrizas endótrofas más difundidas no corresponden a los Ascomicetos ni Basidiomicetos, sino a los Ficomicetos. La micorriza en estos casos está formada de un micelio continuo o apenas tabicado, que forma en el interior del parénquima cortical austerios o chupadores con numerosas ramificaciones dicotómicas que aparecen como un arbusto (*arbusculae* de Gallaud) y vesículas.

que según las investigaciones modernas, son los esporangios del hongo.

Peyronnel ha demostrado, además, algunos casos de estas micorrizas producidas por el género *Endogone*, que pertenece también a los Ficomycetos.

PAPEL QUE DESEMPEÑAN LAS MICORRIZAS EN LAS PLANTAS SUPERIORES •

Respecto a las micorrizas endótrofas parecen convenir los autores modernos en que son beneficiosas para las plantas micorrizadas. Hemos mencionado antes que el hongo de las micorrizas de las Ericáceas fija el nitrógeno atmosférico y lo cede a la planta. En dichas plantas se ha observado, además, que se paraliza el desarrollo ulterior de las semillas germinadas cuando falta el micelio del hongo micorrizante. Parece existir, por tanto, en este caso una simbiosis imprescindible sin la cual no podrían prosperar, ni subsistir, las plantas de esta familia.

Otro tanto ocurre, aunque en forma distinta, en muchas micorrizas de las Orquidáceas, cuyas semillas tampoco germinan sin la intervención del micelio del hongo que, como sabemos, es digerido, al menos en parte, por las células del parénquima cortical de la planta.

En cuanto a la función de las micorrizas ectótrofas hay disparidad de opiniones entre los micólogos. Según unos, el hongo es un parásito verdadero y, por tanto, perjudicial a la planta; según otros, el parásito es la planta, y según la mayoría de ellos, existe una verdadera simbiosis favorable a los dos organismos.

Para juzgar con probalidades de acierto en tan interesan-

te materia, debemos hacer las consideraciones siguientes: el fenómeno de la micorrizía ectótrofa es general en las plantas espontáneas; la micoclena o capuchón que envuelve los pelos radicales impide su función independiente que asume la micorrizá. Las micorrizas adquieren su máximo desarrollo en terrenos pobres en compuestos nitrogenados solubles, constituidos principalmente por nitratos y sales amoniacales, ricos, por el contrario, en sustancias orgánicas nitrogenadas muy complejas. Las plantas ruderales o nitrófilas, las malas hierbas de las tierras cultivadas y las plantas de cultivo en general, están exentas o son más escasas en micorrizas. Inversamente, si se siembran plantas cultivadas, como el trigo, en prados o pastizales abundantes en materias orgánicas, sus raicillas aparecen invadidas completamente por las micorrizas.

Por otra parte, es cosa comprobada que muchos hongos macroscópicos micorrizantes de las plantas, intervienen en activa competencia con otros organismos en la descomposición y mineralización de sustancias orgánicas muy complejas, apenas solubles, que muchas plantas superiores por sí solas no podrían absorber y asimilar.

Ante estos hechos comprobados cabe colegir que estas micorrizas, salvo algún caso aislado, son beneficiosas y que la opinión más probable es la de Frank, Melin y otros autores modernos, según la cual, la micoclema de las micorrizas ectótrofas desempeña el papel de los pelos absorbentes, tomando del suelo para la planta consorte las sales minerales y las sustancias nitrogenadas solubilizadas, al paso que el hongo recibe de la planta hidratos de carbono que no puede elaborar. Gracias a la acción benéfica de estos hongos los árboles forestales y plantas que vegetan en los suelos húmíferos, pueden proveerse del nitrógeno y sales minerales necesarios a su nutrición y subsistir en el medio en que viven.

TRUFERAS ARTIFICIALES

Hemos visto, anteriormente, que entre las muchas especies de hongos macroscópicos que micorrizan las plantas superiores, figuran también las trufas. Aprovechando esta feliz circunstancia, varios países extranjeros han resuelto dos problemas importantes; el de la repoblación forestal y la creación de Truferas artificiales.

Nuestra vecina Francia ha cubierto de frondosos bosques de esencias forestales millares y millares de hectáreas de terrenos completamente improductivos en la Provenza, Delphinado, Languedoc, Quercy, Perigord, etc., creando al mismo tiempo veneros de riqueza nada despreciables con la implantación de la lucrativa industria de las truferas artificiales. Para darnos cuenta de la importancia de esta industria, citaré una estadística del Dr. G. Pradel, relativa al año 1914. Según ella, cuando estaba aún en sus comienzos la Truficultura, ascendía la producción anual de las trufas en Francia a la respetable cantidad de 30 millones de francos.

También en Italia, tras una laudable y tenaz campaña de más de cuarenta años del ilustre hidnólogo profesor doctor Orestes Mattiolo en *pro* de la Truficultura, se ha establecido, por fin, la industria trufícola por el profesor Francolini, creando en Spoleto una trufera modelo dedicada al mencionado profesor Mattiolo.

Lo que se ha hecho en esas dos naciones creemos que se podría y debiera hacerse también en nuestra Patria. Las condiciones de clima, terrenos y demás factores que intervienen en la producción trufera son, al menos, tan buenos, si no mejores, que en esos dos países. Prueba de ello es el gran número de especies de trufas o criadillas de la tierra que son propias de la flora española. Según el profesor Lázaro, de

feliz recordación y miembro destacado que fué de esta Academia, son conocidas en España las siguientes: *Tuber melanosporum* Vittadini, trufa de Perigord o violeta, de exquisito aroma y la más apreciada, conocida hasta la fecha sólo en Cataluña; el *Tuber brumale* Vitt., trufa negra o de invierno, también de Cataluña; el *Tuber cibarium* Bulliard, cuya área de dispersión es casi toda la Península y que es muy apreciada en el mercado; el *Tuber albidum* Ces., propia de Andalucía, de ambas Castillas, Extremadura y Aragón, aunque menos sabrosa y perfumada que la anterior; el *Tuber pallidum* Lázaro, criadilla blanquecina, muy difundida y abundante en ambas Castillas y Albacete; el *Tuber lutescens* Lázaro, criadilla amarillenta, de sabor y olor poco pronunciados, común en Castilla la Nueva; el *Tuber sinuosum* Lázaro, criadilla perraca, de sabor agradable, como el de las setas comestibles más apreciadas, es propia de Extremadura, y la *Terfezia hispanica* Lázaro, criadilla bermeja, abundante y de buena calidad; casi toda la Península, pero más abundante en su mitad meridional y la que más concurre a los mercados de Madrid.

La trufa vive al estado espontáneo entre unos 800 metros y el nivel del mar, siendo, al parecer, la de mejor calidad la que se produce a unos 200 metros.

Vegeta en casi todos los terrenos secundarios y terciarios, pero donde prospera mejor es en los jurásicos y cretáceos. Los oolíticos, merced a su naturaleza homogénea, son particularmente favorables a la producción trufera. Prefiere suelos ligeros, permeables y sueltos, expuestos al Sur, superficiales; cuando más, de unos 20 centímetros de profundidad; calizos, arcilloso calizos, arcilloso silíceos, sean o no ferruginosos, y bastante ricos en humus o mantillo.

Son muchas las esencias forestales que producen trufas: las más productivas pertenecen a las Salicáceas y Cupulífe-

ras. Las trufas de Perigord sólo se han observado hasta la fecha sobre varias especies de *Quercus*; el *Quercus ilex*, el *Quercus pubescens* y otras varias especies, y el *Tuber melanosporum* y el *brumale* constituyen la base principal de la industria trufera en Francia.

Lo mismo las esencias truferas que los terrenos mencionados, ocupan enormes extensiones en muchas regiones de España, donde se podrían implantar las truferas artificiales. De esta manera veríamos, a los pocos años, terrenos completamente improductivos transformados en bosques de esencias forestales, y nuestros agricultores dispondrían, con la lucrativa industria establecida, de una nueva e importante fuente de riqueza, hasta hoy completamente inexplorada.

Los gastos de implantación de la trufera son escasos: consisten en roturar los terrenos elegidos con labores superficiales y en la siembra de bellotas de las especies citadas, procedentes de plantas naturalmente productoras de trufas; se inoculan al mismo tiempo en el terreno cuerpos fructíferos bien maduros de las especies que se desea cultivar. Se consigue así una fortísima infección micorrízica, merced al micelio de la trufa. Hasta unos seis ó siete años, a veces menos, no empieza la producción; pero en ese transcurso de tiempo se pueden hacer cultivos intercalares empleando plantas herbáceas, o la vid y el avellano, que compensan los gastos de entretenimiento, consistentes en labores superficiales para no perjudicar las raicillas de la esencia trufígena. Los prácticos franceses aconsejan principalmente para el cultivo intercalar el empleo del avellano, que, por otra parte, produce trufas de gran tamaño y de buena calidad.

CIENCIAS MEDICAS

Un sector, acaso el más importante de la Parasitología humana, lo constituyen los hongos microscópicos. Son numerosos los que actúan como agentes etiológicos de muchas enfermedades del hombre. Como ocurre con frecuencia en el reino vegetal, son también en el animal las facies metagenéticas o inferiores las que intervienen como causa de dichas enfermedades. De origen saprofítico, en general, adquieren su virulencia con el cambio del medio, transformándose en patógenos. El contagio se produce de ordinario por contacto directo del agente patógeno y su penetración en el organismo es por vía cutánea (heridas, escoriaciones, etc.), si bien, cuando se trata de gérmenes menores de 7 micras, caso muy frecuente, pueden entrar en el torrente circulatorio, y arrastrados por la corriente sanguínea, llegar hasta el interior de los tejidos.

Reciben el nombre genérico de *micosis*. En general, los dermatofitos u hongos parásitos de la piel, provocan enfermedades repugnantes, casi siempre benignas, pero de larga duración y con gran tendencia a la difusión. En cambio, los de la mucosa digestiva y pulmonar pueden, cuando se generalizan, originar accidentes temibles, como en el caso del muguet y en las arpergillosis. Muy graves son también las lesiones producidas por los que se localizan en el interior de los tejidos, hasta el extremo de poder confundirse con frecuencia la actinomicosis con el cáncer y la esporotricosis con la tuberculosis o la sífilis.

Las blastomicosis producidas por levaduras patógenas; la aspergillosis pulmonar y la otomicosis inflamatoria, debidas a *Aspergillus fumigatus*; la onicomicosis de la uña del dedo gordo del pie, originada por *Scopulariopsis brevicaulis*;

el muguet generalizado, el bucal y visceral de los niños; la actinomicosis torácica, abdominal o cutánea y la micetoma actinomicósica provocadas por *Nocardia bovis*; el favus, productor de tumores faciales; las tiñas tonsurantes, las peladas y tricofitias, las esprotrichosis debidas a diversas especies de *Sporotrichum* y otras muchas que producen lesiones de carácter variado, entran en el dominio de la Micología aplicada a la Medicina.

Recientemente se han abierto nuevos derroteros en este orden de conocimientos que amplían el catálogo de las dolencias del hombre. Existen, en efecto, numerosos hongos saprofitos y parásitos de los vegetales, cuyas esporas actúan por contacto como agentes productores de enfermedades asmáticas. En nuestra Patria se ha especializado en la sección de alergia la escuela del ilustre Dr. D. Carlos Jiménez Díaz y de sus activos y entusiastas colaboradores.

Son dignos del mayor elogio sus trabajos titulados: "Estudios sobre el asma bronquial", "El alérgeno sensibilizante en el asma de los molineros" y "La sensibilización a la caries del trigo (niebla o tizón) como causa de asma estacionales".

Mediante estos y otros trabajos han demostrado el papel que desempeñan los hongos como agentes causales del asma, que no se limita sólo a los asma de clima, habiendo realizado con las esporas de *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* y *Tilletia* cutirreacciones específicas positivas, transmisiones pasivas, etc.; observaron, además, en muchas personas que por cualquier circunstancia pudieran encontrarse bajo la acción de cultivos de hongos, la aparición de los accesos asmáticos.

Continúan sus investigaciones orientadas en este sentido, extendiendo su radio de acción a multitud de esporas de otros géneros y especies de hongos, y en virtud de estos resultados

alentadores, es de esperar que sigan lográndolos en progresión creciente en este ramo tan interesante de la medicina micológica.

CORNEZUELO DEL CENTENO

Otro de los hongos de importantes aplicaciones medicinales y que hoy ha adquirido rango industrial, es el cornezuelo del centeno o esclerocio de *Claviceps purpurea* Tulasne, incluido taxonómicamente en la clase Ascomicetos, familia de los Hipocreáceos. Esta especie parasita el centeno y otras gramíneas cultivadas y no cultivadas, principalmente en Europa y Estados Unidos, pero el huésped preferido es el centeno. Provoca en el hombre que ingiere el pan elaborado con harina de centeno cornezuelado, el ergotismo o *fuego sagrado de la edad media*, que culmina en sus últimas manifestaciones en la gangrena de piernas y brazos. Pero hoy día, afortunadamente, son muy raros los casos de esta enfermedad.

Desde el punto de vista agrícola es bastante perjudicial. Las espiguillas atacadas tienen una gran tendencia a la esterilidad, pudiendo llegar a producir, en algunos casos, un 47 por 100 de flores estériles y ocasionar la pérdida de un 20 por 100 de la cosecha total. Pero al lado de estos inconvenientes ofrece grandísimas ventajas, por el elevado precio que este esclerocio adquiere en el comercio. Ordinariamente, sólo un 10 por 100 de espigas producen el cornezuelo, aunque en algunas regiones de Rusia, donde es endémica esta enfermedad, se hayan observado sembrados con 20 por 100 y hasta con un 50 por 100 de espigas cornezueladas.

En todos los casos, el valor del esclerocio compensa con creces las pérdidas de cosecha, siendo tanto mayores las ga-

nancias para el agricultor cuanto más atacados estén por esta enfermedad los sembrados de centeno.

De ordinario, cada espiga suele tener pocos esclerocios en relación al número de flores que contiene. Hasta la fecha, el mayor número que he podido observar ha sido seis, sobre ejemplares procedentes de la ribera del Orbigo, en San Román de los Caballeros (León).

Hoy se conoce perfectamente la evolución de este parásito. La infección primaria se verifica en la primavera por medio de los esporidios o ascosporas maduras, que, proyectadas con fuerza por las ascas, son transportadas por el viento hasta las flores del centeno; germinan en ellas, y el micelio originado penetra en el ovario, donde produce rápidamente la facies conídica (*Sphacelia segetum*), constituida por numerosos conidios reunidos en glomérulos sobre conidióforos cortos. En esta fase apenas es perceptible la enfermedad. Inmediatamente se produce la secreción de un jugo azucarado (miel del centeno), que engloba los conidios formados; los insectos liban la miel del centeno, y cargados de numerosos conidios, difunden la enfermedad, realizando las infecciones secundarias. El micelio se nutre a expensas de las reservas del ovario, y una vez agotadas, forma por apretado entrecruzamiento de sus hifas, un tejido compacto, obscuro al exterior y claro al interior, originando de esta suerte la segunda fase de desarrollo o cornezuelo, conocido en la Farmacopea con el nombre de *Secale cornutum*.

Los cornezuelos de centeno son muy ricos en substancias de reserva, principalmente en materias grasas, y una vez caídos al suelo, hibernan en él (período de reposo) hasta la primavera siguiente, época en que entran de nuevo en actividad. El micelio procedente de su germinación forma uno o más estromas de color rosa o violáceo, constituidos de un pedicelo de unos dos centímetros de longitud, coronados en sus

extremos superiores de una cabezuela de color más claro; es la fase denominada en la Farmacopea *Sclerotium clavus*.

En las capas corticales de estas cabezuelas se desarrollan numerosas peritecas (órganos reproductores que perpetúan la especie), distribuídas regularmente y que se acusan al exterior por unas pequeñas prominencias, que son los ostiolos de las mismas.

Las peritecas contienen en su interior anteridios y ascogonios, ambos plurinucleados, y una vez verificada la copulación de los dos elementos sexuales, el ascogonio fecundado origina determinado número de ascas octosporas hialinas. Las ascosporas o esporidios encerrados en cada asca son también hialinos y fusiforme-alargados, que después de su maduración son expulsados al exterior y transportados por el viento llegan a las flores del centeno y comienza de nuevo la serie de nuevas infecciones primarias. Así se completa el ciclo reproductivo del *Claviceps purpurea* (Fr.) Tulasne.

La evolución del parásito en cada flor es rápida y el período de receptividad está en relación con la duración de la antesis y es proporcional a la velocidad de la floración sucesiva de las espiguillas. Uno de los factores que favorecen la infección es la humedad, que actúa no sólo facilitando la germinación de las esporas, sino también prolongando el período de la floración de la planta y aumenta por ello las probabilidades de infección de la misma. Se ha comprobado que las razas tardías del centeno son las más sensibles a esta enfermedad.

Los conidios que producen las infecciones secundarias, al contrario de lo que se observa en las facies metagenéticas de los hongos imperfectos, conservan durante mucho tiempo su facultad germinativa, circunstancia que favorece extraordinariamente la difusión del parásito.

El cornezuelo del centeno es hoy un producto industrial

de trascendental importancia; el nuestro es uno de los mejores y de los más aceptados en el comercio mundial; su demanda aumenta de día en día en este comercio por sus aplicaciones medicinales, cada vez más importantes.

En su composición química, según análisis de diversos investigadores, entran muchos alcaloides, siendo los principales la *ergotina*, la *ergotoxina*, la *ergotomasa*, la *ergometrina* y otros; contiene también algunas aminas, como la *histamina* y la *tirosinasa*; entra igualmente en su composición el *ergosterol*, que por irradiación se transforma en vitamina D, medicamento específico contra el raquitismo.

En España algunas empresas particulares lo explotan para obtener medicamentos muy solicitados en el comercio internacional. Los Laboratorios Zeltia, de Porriño (Pontevedra), preparan a partir de este esclerocio la llamada *ergotina Zeltia*, que es un extracto blando y estable que contiene todos los alcaloides del cornezuelo, obtenidos por un método especial; la concentración de este producto en alcaloides es próximamente del 1 por 100. Este medicamento se exporta mucho al extranjero.

También preparan en los mismos Laboratorios fosfato de *ergotoxina* o la *ergotoxina* base, así como el tartrato de *ergotoxina-ergolamina*, siendo el precio de este último producto de 425 pesetas gramo.

El profesor Calvet, en dichos Laboratorios Zeltia, ha conseguido aislar y obtener cristalizada la *ergometrina*, alcaloide del que se han exportado al extranjero partidas al precio de 110 dólares el gramo. Este interesante alcaloide es activo por vía oral, ejerciendo su acción en el espacio de dos a ocho minutos, mientras que la acción de la *ergotoxina* o de la *ergotamina*, por la misma vía, no se manifiesta antes de los veinte minutos.

Otras ventajas de la *ergometrina* son: no ser gangreno-

genética ni actuar directamente sobre la fibra lisa uterina, ni ser tetánica el tipo de contracción que provoca, sino pseudo-fisiológica.

En vista del interés industrial, de día en día creciente, del cornezuelo del centeno y de que la producción natural es insuficiente para cubrir las necesidades de la Farmacopea, se ha tratado, desde hace mucho tiempo, de reproducirlo artificialmente. Es bien sabido que, en general, los hongos parásitos son muy rebeldes al cultivo artificial, y por esta razón la solución del problema ofrecía graves y serias dificultades.

Los profesores Falck, de Kiel, y Hecke, de Viena, trataron de resolverlo acudiendo al método natural. A tal efecto intentaron infectar los ovarios jóvenes del centeno en plena floración, cubriendo las espigas floridas con un tubito de cristal, en cuyo interior colocaban de antemano un poco de *miel de rocío* emitiendo esporidios, con el fin de obtener en cantidad la fase conídica del parásito y luego generalizar las infecciones pulverizando los conidios formados; mediante este artificio, los mencionados profesores lograron producir, en algunos años favorables, considerable cantidad de cornezuelo. Pero este procedimiento limita, en primer término, la producción al escaso y preciso tiempo de la anthesis del centeno, y ofrece, además, muchas y serias dificultades en la práctica. No quedaban, por tanto, satisfechas con esta solución las aspiraciones de los investigadores. Prosiguieron éstos sus trabajos con miras de producir el cornezuelo aplicando los métodos corrientes de laboratorio. En medio agar malta-glucosado germinaban bien los esporidios y conidios, pero su ulterior desarrollo se detenía con la formación incompleta de la fase conídica (*Sphacelia segetum*).

Empleando después un medio muy semejante al natural, que luego describiremos, tampoco se conseguía más que la mencionada fase *Sphacelia*.

Según nuestros datos, en este estado estaba el problema después de terminada la redacción de este Discurso; pero he aquí que un buen día llega a nuestras manos un artículo extenso del profesor alemán Dr. Schweizer, según el cual se ha resuelto por fin, satisfactoriamente, la producción artificial en *masa* del cornezuelo del centeno. Resulta que el doctor Schweizer ha preconizado un nuevo método de cultivo, que, a nuestro juicio, abre nuevos y amplios cauces a la investigación de la biología de los hongos parásitos.

El artículo se titula "Über die Kultur von *Claviceps purpurea* (Tulasne) auf Kaltsterilisierten Nährboden", y fue publicado en *Phytopathologische Zeitschrift*, Band XIII, Heft 4, Berlin, Verlag von Paul Parey (1941). A continuación trataremos de hacer una breve síntesis de este artículo, exponiendo sus puntos fundamentales.

El Dr. Schweizer inició sus trabajos por la germinación de los esclerocios y subsiguiente formación de la fase sexuada del parásito, que, como antes se ha indicado, es el punto de partida de la evolución de esta especie.

Se encontró con verdaderas sorpresas en el proceso de esta germinación; era de antiguo opinión corriente que los esclerocios, después de la hibernación en el campo, germinaban fácilmente; el Dr. Schweizer, con sus experiencias, ha rectificado esta opinión errónea. Puestos a germinar estos esclerocios, observó que no despertaban de su largo y profundo letargo, pues germinaron sólo muy pocos, muy mal y muy difícilmente. Es que, como luego, veremos, hacía falta un despertador, y, ¡cosa sorprendente y curiosa!, el despertador resultaba ser el grano del polen del centeno.

Recordó, sin duda, las experiencias de campo anteriormente señaladas y debió proponerse disponer las suyas de una manera más fácil y cómoda.

Para ejecutarlas, desinfectó primero en agua yodada los

esclerocios hibernados, y después de asegurarse que el yodo no desempeñaba acción alguna en orden a la germinación, los colocó en la superficie de una mezcla de tierra contenida en una serie de cajas de vidrio esterilizadas por el calor; se fué con ellas al campo y las expuso a unos dos metros del borde de un cultivo de centeno en plena floración. A las doce horas aparecieron la tierra y los esclerocios cubiertos de granos de polen del mencionado cereal. Los retiró en seguida al laboratorio, colocándolas en las mismas condiciones de su primera experiencia, y, ¡cosa admirable!, los esclerocios de las cajas abiertas despertaban a los dos días de su letargo, y hasta un 93 por 100 daban una germinación exuberante y producían luego cuerpos fructíferos normales. En cambio, los incluidos en cajas cerradas sólo poco más del 9 por 100, y después de tres semanas, los produjeron, pero muy raquítricos e inservibles.

La consecuencia que parece colegirse de estos hechos es que la hibernación natural, o la provocada artificialmente, es, desde luego, condición necesaria, aunque no suficiente, para la germinación del esclerocio y el ulterior desarrollo ontogénicos de esta especie.

Prosiguió después sus experiencias de laboratorio, sembrando en los esclerocios, mediante un hilo de platino, granos de polen recogidos en los cultivos de centeno. Los recién recogidos daban el mismo resultado favorable, pero no los del año anterior, conservados en tubitos de vidrio.

Hizo experiencias también con polen de trigo, cebada, avena y de muchas gramíneas espontáneas y observó que tampoco daban resultado positivo. De aquí dedujo el doctor Schweizer que era específica la acción estimulante del polen del centeno.

Aun en el caso del polen fresco, quedaban también limitadas las experiencias, como las realizadas por los doctores

Falck y Hecke, al tiempo de la floración del cereal tantas veces mencionado. Para obviar este grave inconveniente y hacer posibles los cultivos en todo tiempo, se le ocurrió preparar extractos etéreos y acuosos de polen y experimentar sus efectos sobre el esclerocio. Los etéreos no le dieron resultado positivo; en cambio, los acuosos se comportaban de la misma manera que los granos de polen frescos. Estaba, pues, resuelto, al parecer, un punto capital del problema.

Continuó sus trabajos aplicando la nueva técnica inventada por él y preparando también nuevos medios de cultivo muy similares al natural.

La preparación de medios y su esterilización en frío se practican en la forma siguiente: se elige semilla de centeno de la mejor calidad, y después de lavada y de un remojo conveniente, se procede a su germinación, a la temperatura de unos 20° C., colocándola en capa espesa dentro de una cubeta de vidrio. Se interrumpe este proceso cuando el germen alcanza la longitud de la semilla. Previa adición de unas gotas de carbono o de cloroformo, se trituran las semillas germinantes, junto con los tallitos y raicillas, hasta formar una pasta delgada, que, una vez lavada con agua estéril, se la criba para separar las cubiertas seminales.

Dada a la pasta la consistencia conveniente, sin exceso de humedad, y el espesor de unos tres o cuatro centímetros, se procede a su esterilización en frío con los esterilizadores siguientes: mezcla de sulfuro de carbono y cloruro de etilo, mezcla de los cloruros de etilo y de metilo o mezcla de éter de petróleo y de cloruro de etilo. Conviene que la proporción de la mezcla de cada par de reactivos se haga en tal forma que su punto de ebullición alcance unos 27° C. Se añade luego un centímetro cúbico del esterilizante elegido por cada 150 gramos de pasta. Se cierran inmediatamente las vasijas que la contienen y se someten durante una hora a la acción esteri-

lizadora en una estufa a la temperatura ordinaria. Extraído después todo vestigio de reactivo mediante el vacío, al comenzar los cultivos se vacunan con extracto acuoso de polen, y queda terminada la preparación del medio.

La técnica del cultivo se practica en la forma siguiente: Se desinfectan los esclerocios, de unos dos meses hasta un año, con baños cortos de una solución acuosa de yodo al 1 : 1.500, o con agua oxigenada ($H_2 O_2$) al 3 %, o también con quinosol al 0,1 —0,3 %. Después de lavados con agua estéril, se colocan en cajas profundas de vidrio sobre arena húmeda esterilizada y se someten a la acción del hielo durante unos veinte-veinticinco días; luego se vacunan con polen fresco de centeno o su extracto acuoso y se exponen a la luz a una temperatura de 15-20° C. Al cabo de unos tres a cinco días comienza la formación de numerosos paquetes de hifas blancas o amarillentas, que crecen muy rápidamente en longitud, y en sus extremos aparecen las cabecitas portadoras de peritecas, que paulatinamente van cambiando de color hasta el rojo-violado-oscuro. Se ha observado que, para su maduración, es condición precisa la acción de la luz, la cual no se requiere para la germinación del esclerocio.

Se procede después a la expulsión de las ascosporas, en la que interviene también la luz. Para lograrla, se hacen secciones delgadas de las cabecitas, que se recogen entre dos portaobjetos flameados y revestidos de una delgada capa de agar glucosado o sacarado; se exponen en cámara húmeda a la luz, y, al cabo de una hora, están liberadas las ascosporas, que, por otra parte, germinan bien al agar. Conviene, sin embargo, para mayor seguridad, observar las germinaciones mediante el microscopio. Puesta ya en marcha la evolución ontogénica del parásito, se transportan las ascosporas germinantes, junto con el agar, al medio nutritivo previamente preparado.

Dispuesto el cultivo en esta forma y colocado en una estufa a unos 20° C., a los cuatro o cinco días se cubre su superficie de una capa espesa de micelio que invade toda la masa del medio y no tarda mucho en aparecer la fase *Sphacelia segetum* con su miel y conidios correspondientes.

Esta fase es la más apropiada para establecer cultivos o *masa*, pues es sumamente cómodo hacer las siembras con mínimas cantidades de miel mediante el hilo de platino, como en los cultivos corrientes de hongos saprofitos.

A la temperatura de unos 20-25° C., germinan los conidios a las dos horas, produciendo al poco tiempo abundante micelio secundario; el parásito continúa el proceso de su desarrollo que, al cabo de mes y medio a dos meses, culmina con la maduración de los esclerocios.

Al comienzo de la evolución del hongo, el medio nutritivo posee una reacción ligeramente ácida, que perdura hasta la formación de la fase conídica (*Sphacelia*); luego aparece la reacción alcalina, que se manifiesta por el olor a trimetilamina (salmuera) que desprende el cultivo, la cual subsiste hasta la formación de los esclerocios, es decir, que en la primera fase, el hongo prospera muy bien y exige reacción ácida, y en la segunda, por el contrario, se desenvuelve muy bien en medio alcalino.

La exactitud de estos fenómenos se puede comprobar mediante la experiencia siguiente: si después de la aparición de olor a trimetilamina se acidulan de nuevo los cultivos, dejan de producirse los esclerocios, e inversamente, si se alcaliniza el medio ácido de la primera fase, tampoco se producen los conidios.

En la primera fase, al parecer, el hongo se nutre, principalmente, de los hidratos de carbono transformados (miel), y en la segunda o final, del gluten y demás compuestos nitrogenados orgánicos del medio.

Esta circunstancia se aprovecha para regular los cultivos a voluntad, añadiéndoles alimentos suplementarios correspondientes a cada fase; azúcares (*monosacáridos* principalmente) en la primera y *asparraguina* en la segunda.

Mediante este método original, ha logrado el Dr. Schweizer producir cornezuelo mucho más compacto y de contenido en alcaloides igual o mayor que el del mejor de los naturales empleado en la Farmacopea alemana y americana.

En confirmación de esta verdad, transcribimos a continuación el cuadro siguiente, indicando la proporción en alcaloides del cornezuelo natural y artificial, según las procedencias:

CORNEZUELO NATURAL	CORNEZUELO ARTIFICIAL
Valor máximo en alcaloides	OBTENIDO DE PASTA DE CENTENO DE
o/o	DIFERENTE PROCEDENCIA Y AÑO
	% en alcaloides
Rusia	0,270
Austria	0,225
Bélgica	0,210
España	0,205
Alemania	0,157
Suiza	0,095
Noruega	0,088
	0,251
	0,263
	0,314
	0,321
	0,290
	0,267
	0,288
	0,302
	0,219
Media	0,178
	Media ... 0,279

La inmensa ventaja de este método consiste en que en el proceso esterilizador la composición de la pasta, que constituye un medio nutritivo muy semejante al natural, queda inalterada, mientras que la esterilización por el calor la transforma en inerte, y está comprobado que en medios inertes no se desarrolla este parásito.

Respecto a la naturaleza de las sustancias estimulantes del grano de centeno, nada se sabe con certeza. ¿Son vitaminas, auxinas o biotinas? La Ciencia del porvenir descorrerá seguramente el velo que cubre este misterio.

CIENCIAS BIOQUIMICAS

Las industrias de la fabricación de quesos, pan y bebidas alcohólicas fermentadas se fundan en la utilización de los caracteres bioquímicos de algunos mohos y de los hongos de los órdenes Saccharomycetales y Torulopsidales, productores de fermentos específicos.

En la fabricación de los quesos, en su fase de maduración y afinado, intervienen los mohos *Penicillium candidum* y *Penicillium glaucum*. La acción bioquímica de estos mohos es la que produce el sabor y el aroma específicos de los famosos quesos Cammenbert, Roquefort, Cabrales y Gorgonzola, tan solicitados en el comercio.

Las industrias de las bebidas alcohólicas fermentadas racional y científicamente organizadas, emplean desde hace mucho tiempo cultivos puros de una serie de especies de *Pseudosaccharomyces*, *Saccharomyces*, *Pichia* y *Torula*, que, en virtud de sus fermentos específicos, dan a esas bebidas sus distintos grados alcohólicos, su buquet y demás cualidades diferenciales.

En las variedades de vides españolas se conocen algunas especies de esos géneros de hongos. La *Pichia membranaefaciens* Hansen es muy frecuente en las uvas de la región andaluza, especialmente de Montilla, localidad de Moriles (Córdoba). Las *Torula glutinis* y *T. rosea* Will., son propias de las uvas de La Mancha, y el *Saccharomyces baeticus* Marci-

lla, subespecies α y β son peculiares de Montilla, término de Moriles. La subespecie α tolera el alcohol hasta los 17° C., forma velo y no provoca la fermentación de la maltosa y de la rafinosa. La subespecie β fermenta por completo la maltosa y un tercio de la rafinosa y tolera menos el alcohol.

Los *Pseudosaccharomyces apiculatus* Klocker y *Ps. magnus* G. Rossi son propios también de las uvas de La Mancha.

Son bien conocidos en España y fuera de ella los trabajos del Sr. Marcilla sobre estos fermentos. Con una paciencia digna de toda alabanza y un perseverante e inteligente esfuerzo, consiguió aislarlos partiendo de cultivos monospóricos y formar con ellos una micoteca viviente digna de mejor suerte. En nuestra guerra de liberación quedó sepultada entre los escombros, lo mismo que su Laboratorio, en la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Moncloa.

Los resultados obtenidos con las subespecies del fermento que lleva su nombre fueron, según comunicación verbal, verdaderamente notables para añejar los vinos de Montilla, pues logró con su aplicación reducir a la mitad de tiempo los procesos de eterificación que dan el buquet característico a esos vinos.

Además de los Saccharomycetales y Torulopsidales existen otros hongos microscópicos, como los mohos *Botrytis* y *Aspergillus*, que producen también fermentaciones que se aplican para la obtención de vinos especiales y otras bebidas alcohólicas.

La forma larvada de *Botrytis cinerea*, que no llega a producir conidios, provoca una fermentación especial llamada *noble*, que mejora la calidad de la uva, concentrando por deshidratación su jugo. Se utiliza en Francia esta propiedad para la obtención del vino de Sauternes, y en Alemania para la del Rhin. En cambio, la forma normal o fructífera es muy perjudicial para las vides, porque seca sus hojas, destruye sus

frutos y, penetrando en el mosto, es causa de que se tuerza el vino.

Desde tiempo inmemorial, con el *Aspergillus Oryzae*, se elabora en el Japón, a partir del arroz, una bebida fermentada llamada Koji. Con los fermentos del mismo mohó se prepara también en el mismo país el caldo de soja. Takamine ha extraído del mismo *Aspergillus* la Takadiastasa, fermento amilolítico de excelente calidad.

Son dignos de mención en nuestra Patria los trabajos del destacado especialista en fermentos solubles Profesor Dr. Bustinza: ha publicado ya sus investigaciones sobre los fermentos solubles de *Sterigmatocystis acini-uuae* Caballero, *Aspergillus carbonarius* (Rainier) Thon, y en la actualidad a base de un *Aspergillus* está haciendo experiencias para acelerar el crecimiento del bacilo de Kock, que, según parece, le han dado resultados positivos.

Me es muy grato también señalar aquí la labor y el entusiasmo del citado Prof. Bustinza para iniciar a sus alumnos del Jardín Botánico en la selección y cultivo de levaduras y mohos de interés industrial y en la técnica de extracción de sus fermentos solubles.

Las levaduras tienen, además, aplicaciones de otra índole que, para dar fin a este discurso, vamos a señalar muy someramente. Sirven, en primer lugar, como agentes terapéuticos de primer orden por las numerosas vitaminas que contienen y se emplean también como excelente alimento para el hombre, pienso de los ganados, preparación de caldos alimenticios y de cultivos bacteriológicos.

Las levaduras acumulan en su organismo una cantidad extraordinaria de materias nutritivas, especialmente proteicas. Según análisis de diversos autores, la composición media centesimal de levadura seca es la siguiente: Agua, 5-6: Pro-

teínas, 45-55, Grasas, 2-3, Extractos no nitrogenados, 33-38, Materias celulósicas, 3-4, Cenizas, 6-7.

Es tan elevada la proporción en proteínas de las levaduras, que, a título de curiosidad, citamos el dato estadístico siguiente, tomado de un trabajo de divulgación reciente del señor Marcilla: las 50.000 toneladas de proteína que contienen las levaduras secas fabricadas durante un año en Alemania son equivalentes a la albúmina de la clara de 12.500.000 huevos.

La *Torula rubra* es una de las especies que tienen mayor capacidad de acumular en sus organismos sustancias proteicas, alcanzando hasta más del 52 por 100 de su peso seco. Hoy se utiliza esta especie para aprovechar las pentosanas que quedan como subproducto en la fabricación de la celulosa.

Finalmente, el caldo Magi está elaborado a base de levaduras, y en Alemania, durante la guerra mundial, a falta de carnes, preparaban los caldos de cultivos bacteriológicos y alimentaban a la población también con levaduras.

He aquí, Señores Académicos, casi esquemáticamente expuesto el repertorio de algunas, nada más, de las múltiples aplicaciones que esta fecunda rama de las Ciencias Naturales, que es la Micología, nos ofrece hoy como campo laborable, en el que se precisan muchos esfuerzos y colaboraciones para lograr el fruto apetecido en un futuro inmediato. Las perspectivas que el estudio de la Micología brinda en el estadio de la Ciencia aplicada, debe estimular a los investigadores y estudiosos a dedicarse confiadamente a su exploración, seguros de encontrar sorpresas y de contribuir con resultado positivo al prestigio de nuestra Ciencia y al engrandecimiento del saber nacional. Son necesarias, es cierto, la abnegación y la perseverancia sin límite; pero de los que perseveran es el reino de los cielos; de los que perseveran son la recompensa del saber legítimo y el gozo íntimo de contribuir con nuestro es-

fuerzo al mejoramiento y a la perfección de la vida humana, así como de la Ciencia, en cuyas regiones siempre se encuentra a Dios. Que al fin es indefectiblemente válido el texto bíblico que dice: *Deus scientiarum Dominus est.* (Lib. I. Reg. cap. 2, ver. 3.)

HE DICHO.

CONTESTACION

DEL

EXCMO. SR. RVDO. P. JAIME PUJILULA, S. J.

EXCELENTÍSIMO SEÑOR PRESIDENTE.

MUY ILUSTRES SEÑORES ACADÉMICOS.

SEÑORAS Y SEÑORES:

A la célebre discusión nocturna habida en Berlín en 1907 entre el P. Jesuíta Erico Wasmann, desterrado de Alemania como los demás Jesuítas por las inicuas leyes del Kulturkampf del tiempo del Canciller Bismark, y once intelectuales de la culta Nación, se presentó un contricante con tres libros debajo del brazo: el *Indice de libros prohibidos*, publicado por el P. Hilgers; el *Jus Canonicum*, del P. Wernz, General entonces de la Compañía de Jesús, y la *Biología und Ertwickelungstheorie*, del mismo P. Wasmann, pretendiendo demostrar que éste, como católico y Jesuíta, no podía ser un investigador científico libre. ¿Por qué? Porque las leyes de la Iglesia y las de su Orden cohibían su libertad: le ataban las manos para poder decir libremente lo que el resultado de la investigación exige del científico.

Señores Académicos, por la infinita bondad de Dios, somos católicos, somos Jesuítas, llevamos cerca de cuarenta años de enseñanza e investigación en el campo de la Biología, y proclamamos muy alto la afirmación de que *jamás nos hemos sentido cohibidos en lo más mínimo* en nuestra labor cien-

tífica, ni por nuestras creencias, ni por las leyes de la Iglesia, ni por las de la Orden. Y esta Real Corporación, que representa la suprema autoridad científica de España, hace hoy gallarda manifestación de profesar el mismo criterio, cuando abre los brazos para recibir en su seno a un religioso científico, como es el R. P. M. Unamuno, sin temor de que ni el hábito, ni las leyes de la Iglesia, ni las reglas de su Orden le pongan impedimento alguno para volar como águila caudal por las altas esferas de la investigación y ciencia, aportando a ella siempre nuevo vigor y vida. Bien para vosotros, ilustres Académicos, y bien para el nuevo miembro que vais a incorporar.

Inútil es, señores Académicos, tejer aquí el panegírico del nuevo Académico, infatigable investigador, bien conocido de vosotros, de todo el mundo científico, porque sus innumerables publicaciones le han hecho, no sólo acreedor a la honra que hoy le otorgáis, sino que le han elevado a una verdadera eminencia en el difícil campo de la Micología, especialmente microscópica, a cuyo estudio ha consagrado los mejores años de su vida.

Nacido en Abadiano (Vizcaya), diócesis de Vitoria, se sintió llamado por Dios al estado religioso; a los diecisiete años de edad ingresa en la esclarecida Orden de San Agustín, donde a los cuatro años hace su solemne Profesión en Santa María de la Vid (Burgos). Bien pronto es enviado a Filipinas para que no le faltase el espíritu de sacrificio, galardonado con la sublime dicha de recibir allí la ordenación sacerdotal. Pero Dios es el que dispone de los destinos de los hombres, y su suave Providencia llevó las cosas de modo que, con ocasión de la guerra con los Estados Unidos de América, tuviese que salir de Filipinas e irse, primero, a la colonia portuguesa de Macao, y se restituyese después a la Patria, donde había de brillar como astro de primera magnitud entre nos-

otros por su ciencia; obtiene el doctorado en Ciencias Naturales y, desde entonces, es el gran maestro de estas Ciencias en su Orden. Pero los rayos de su luz no podían mantenerse ocultos en la estrechez del claustro, sino que tenían que difundirse por doquier, y en 1927 es llamado para encargarse de la dirección del Laboratorio de Micología del Jardín Botánico de la capital de España, convertido, por la infatigable energía de su Director, el R. P. Unamuno, en una fuente perenne de comunicaciones científicas (1).

De aquí la feliz acogida para formar parte de tantas Sociedades científicas: la Real Sociedad Española de Ciencias Naturales, la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, el Colegio de Doctores y Licenciados de Madrid, la Sociedad Museo de Canarias, la ahora extinguida Asociación de Historiadores de la Ciencia, de Madrid, la Société Mycologyque de France, la Société Linneenne de Lion. Ha sido diplomado por esta Real Academia y becario para la exploración del Sahara español.

No vamos a entrenarnos ahora con la exposición de sus numerosos trabajos. Para formarnos una idea de ellos basta abrir las páginas de los Congresos Científicos de la Asociación para el Progreso de las Ciencias a partir del año 1919, las del Boletín de la Real Sociedad Española de Ciencias Naturales, las de la Revista de esta Real Academia, las de los Anales del Jardín Botánico de Madrid, y, finalmente, las de la Revista Mauritania de Tánger.

Del análisis de la lista de trabajos del ilustre beneficiario se desprende el número de géneros y especies nuevas por él encontradas y estudiadas; nuevas decimos, parte para la Ciencia y parte para España.

Para que se vea la labor del R. P. Luis M. Unamuno, in-

(1) Véase el apéndice de este discurso.

díquemos aquí que con su estudio ha establecido un género nuevo para la Ciencia universal, otro para la Ciencia europea, diez y seis para la española. En cuanto a las especies, son éstas nada menos que 215 las descubiertas para la Ciencia, y si de las especies pasamos a las variedades, hallaremos 26 nuevas para la Ciencia.

Respecto de la Flora africana, tiene el P. Unamuno un género nuevo, y ciñéndonos a Marruecos. son 17 las especies nuevas, con tres variedades, tres formas y 48 matices.

Todo esto, unido a los dos grandes volúmenes: Enumeración y Distribución Geográfica de los *esferopsidales* y *triscomicetos* de la Península Ibérica y de las Islas Baleares, hace que el R. P. Unamuno sea tenido con verdadera justicia por el micólogo español y recibido en esta Real Academia.

Tres notas características del nuevo Académico nos descubren sus publicaciones y el magistral discurso que de sus labios acabáis de oír. En el P. Unamuno veo el científico *sistemático*, el *bionómico*, el *práctico*. Dos palabras sobre cada una de estas cualidades.

EL SISTEMÁTICO

Por lo que atañe al sistemático, no una, sino varias veces, hemos oído hablar de la Sistemática con frases, sino despectivas, al menos poco apreciativas, algo así como si en ella se tratase de una ciencia biológicamente muy superficial, propia de los *amateurs*, en la que no se desentrañan los profundos secretos de los *problemas biológicos*; concepción muy equivocada de la Ciencia del gran Linneo. Siempre y circunstancialmente hemos combatido esa aberración, y lamentamos que existan maestros y profesores que descubran tanta ignoran-

cia de ella, tropezando incluso en la pronunciación y acentuación de los nombres con que se designan las especie de plantas y animales, acaso por ignorar el Griego y el Latín, lenguas de donde se suelen tomar las palabras para designar esos seres vivientes. Frente a frente de esa concepción, manifiestamente equivocada, afirmamos que el sistemático es el llamado a ser el biólogo más consumado, el biólogo más profundo, el biólogo ideal.

¿En que nos apoyamos para sentar esta proposición, que podrá parecer atrevida? En la misma naturaleza de las cosas y en la misión del sistemático. ¿Qué pretende, en efecto, el sistemático? ¿Cuál es su ideal? Emplazar el ser vivo en aquel sitio que le corresponde en el Sistema Natural, es decir, en el orden y plan de la Creación, de tal manera que ni se le pueda correr hacia un lado ni hacia otro, por estar precisamente en su lugar propio, según el orden ontológico. Ahora bien, para lograr esto, no basta, evidentemente, una vista superficial de los caracteres externos, sino que se han de penetrar todas las propiedades internas, que son caracteres tan importantes como los externos, y mucho más, por no estar tan expuestos a variaciones del ambiente. Para acertar con el puesto del Sistema Natural es preciso tener presente, no sólo lo macroscópico, sino también lo microscópico; no sólo la morfología, sino también la fisiología; no sólo conocer el ser en su estado adulto, sino también en todas y cada una de sus fases de formación, porque todos los estadios evolutivos son objeto de la herencia biológica, como el estado de su perfecta formación, y, finalmente, no sólo los datos fisiológicos generales, sino también los bionómicos, los genéticos y los filogenéticos.

De aquí resulta que el verdadero sistemático, el verdadero clasificador del ser vivo, debe ser, ante todo, un perfecto anatómico, conociendo a fondo toda la organización del ser que trata de clasificar, penetrando los más finos detalles histoci-

tológicos; ha de ser un excelente fisiólogo, dándose cuenta de todas las actividades, desde las celulares hasta las grandes funciones macroscópicas de los órganos y aparatos, resultantes de aquéllas; ha de ser, finalmente, un acabado embriólogo, no ignorando los complicados procesos porque pasa el ser viviente desde la fecundación del huevo hasta la consumación de su armónica y maravillosa constitución. Este último conocimiento es el único que da la razón científica de la constitución anatómica de todos los órganos y aparatos. Así, y sólo así, se puede llegar a la colocación precisa que corresponde a cada ser en el Sistema Natural, al que todos los sistemáticos deben aspirar.

No se nos oculta la objeción que se puede hacer contra este criterio, y es que se pide una cosa imposible, dado el caudal de conocimientos que esto supone. Responderemos a esta dificultad haciendo presente que proponemos aquí ciertamente un sistemático ideal, y es cosa sabida que el ideal está siempre por encima de la realidad. Se propone, sin embargo, el ideal, primero, para hacer ver la excelencia de la misión del sistemático; en segundo lugar, porque, aunque el ideal está por encima de la realidad, todavía no hay que perderlo nunca de vista, porque ilumina como un gran faro para no extraviarse en la ruta emprendida, y, finalmente, no deja de influir en nuestro espíritu, alentándolo para llegar hasta donde se pueda, de tal manera que nuestra labor científica será tanto más perfecta, cuanto más se aproxime al ideal.

Además, el monte de la dificultad se allana en gran manera, advirtiéndole que jamás ha podido pasar por nuestro pensamiento que pueda un solo hombre llevar a cabo por sí mismo una tan grande empresa, como sería querer clasificar así todos los seres vivos. Esta manera de clasificación un hombre solo no la puede hacer, sino ciñendo su trabajo a un pequeño círculo o grupo de organismos, a un solo género, aca-

a una sola especie. Esto explica la tendencia de esas obras que los alemanes llaman Handbücher, hechas con la colaboración de muchos autores, cada uno de los cuales se encarga sólo de un pequeño grupo, v. gr., de una sola familia. Tal nos parece la obra titulada 'Die natürlichen Pflanzenfamilien', de Engeld und Prantl, que tiene unos 25 tomos, compuesta por multitud de eminencias, donde se desciende a tantos pormenores macro y microscópicos, que dejan a uno, no sólo satisfecho, sino también admirado, sin que por esto se llegue al ideal, sino sólo a una aproximación de él.

Y que el R. P. Unamuno vaya por ese camino, lo demuestra esa multitud de datos ecológicos o bionómicos que trae en su discurso, especialmente sobre los uredíneos; lo cual nos obliga a decir algo de él como ecólogo o bionomo. Ecología o Bionomía, he aquí una de las ramas de la Biología más interesantes, donde se ocultan muchas sorpresas para el biólogo. Se trata en ella del estudio del *modo de ser y comportarse cada especie en particular*, en orden principalmente a su conservación y propagación. Por esto podemos llamar a ésta rama biológica tratado de la *fisiología de la especie*.

Existen fenómenos en los seres vivos que a primera vista despistan y se hacen ininteligibles o enigmáticos, y aun pueden parecer como desordenados. Pero un estudio profundo de todas las relaciones del ser que los manifiesta, descubre su profunda significación, su necesidad o gran conveniencia para la conservación del individuo o de la especie. En nuestros Problemas Biológicos hemos tenido especial interés en poner en claro este punto y hacer ver cuánto de sabiduría y providencia se esconde en aquellas disposiciones, cuya finalidad de momento no alcanza uno a ver. No olvidemos nunca que una cosa es que ignoremos la significación de un hecho o fenómeno y otra que no la tenga.

Muchas veces hemos dicho y lo repetimos aquí que en el

fondo no existen más leyes que las bionómicas; porque en el mundo real no existen más que los individuos, los cuales pertenecen necesariamente a una especie determinada, y ésta tiene sus leyes peculiares que son las únicas que existen; todas las demás no son sino abstracciones de nuestra mente cogiendo de cada especie lo que tiene de común con otras; pero nótese bien que *eso común* no existe en cada especie, sino unido o confundido con lo particular. Y no se trata aquí sólo de las leyes bionómicas del organismo adulto, sino también de las que rigen todos sus estados embriológicos. Tan distinta es la Embriología de una especie, respecto de otra, como lo es el mismo organismo adulto. Esto hemos observado en nuestros estudios embriológicos hasta el punto de ver en estas leyes bionómicas embriológicas el mejor argumento para destruir la falsa *ley biogenética fundamental* de Fritz Müller y Haeckel, escribiendo y publicando, al efecto, las *trayectorias embriológicas*.

Muy bien ha hecho resaltar esas particularidades bionómicas nuestro rependario en su discurso al describirnos tan por menudo el ciclo evolutivo de los uredíneos, demostrando los errores sistemáticos nacidos de la ignorancia bionómica de estos hongos parásitos, como la ignorancia de muchos animales invertebrados perturbó la Sistemática de ciertos grupos zoológicos, teniendo por especies distintas las formas transitorias y larvales, antes de llegar a la forma definitiva de su evolución.

Finalmente, la tercera cualidad del nuevo Académico que nos revelan sus estudios y discurso es la del científico práctico, abriendo camino para utilizar los descubrimientos científicos en beneficio del hombre. Este es uno de los principales fines de la ciencia: reportar provecho al hombre, cumpliéndose maravillosamente el pensamiento filosófico-cristiano de que todas las cosas de este mundo son para el hombre y el

hombre para Dios. La Historia nos dice que todos los descubrimientos de la ciencia vienen a cristalizar en sistemas prácticos para utilidad del hombre. Las verdades teóricas bajan poco a poco de la alta esfera de las ideas al terreno práctico y se hacen incluso populares. Por lo que toda al mundo científico, hemos visto cómo los descubrimientos de Pasteur han revolucionado la Medicina y Higiene mediante la asepsia; los rayos Röntgen han creado la Röntgenterapia, y así los demás descubrimientos.

Muy bien ha sabido el R. P. Unamuno sacar de sus estudios la inmensa trascendencia que tiene para mejorar la Flora forestal, la aplicación de la doctrina micorrizica endo y exotrófica, indicando que muchos consideran, como es verdad, la convivencia del hongo con la raíz de los árboles como una *simbiosis* y no como un verdadero *parasitismo*; porque es evidente que careciendo el hongo, sea ascomiceto, sea basidiomiceto, sea, finalmente, ficomiceto, de clorofila, no puede sintetizar los hidratos de carbono, y por tanto tiene que mendigar de la planta en que vive, esos principios nutritivos; por otro lado, parece que el hongo posee en alto grado la propiedad de absorber el agua con las sales minerales que lleva ésta disueltas, amén del nitrógeno que puede combinar y ceder a la planta que le presta casa o habitación, como sucede con el *Rhizobium leguminosarum*, productor de las nudo-sidades radicales de las leguminosas, objeto actual de gran estudio de aplicación y cultivo en Barcelona. Y esto basta para que se cumpla la condición biológica de la simbiosis.

No hay por qué decir que el campo de investigación escogido por el P. Unamuno es de los que más provecho ha de rendir a la Humanidad, porque está destinado, o a impedir muchas enfermedades de las plantas, o, por lo menos, a disminuir sus desastrosos efectos. Porque, aunque la Patología vegetal tiene también una etiología muy variada, y los facto-

res físico-químicos (1) que pueden perjudicar al vegetal son casi sin número: el frío, el calor, las condiciones atmosféricas, los gases de las fábricas, las aguas, la composición físico-química, del suelo y otros muchos, todavía entendemos que una gran plaga de enfermedades les viene a las plantas de agentes biológicos, especialmente de bacterias y hongos microscópicos. Por esto nunca será suficientemente bienvenida y agradecida la labor del micólogo que tanto puede contribuir con sus estudios a mejorar la producción del bosque, del campo, de la huerta. Aquí pertenecen los estudios del nuevo académico; y, porqué los estudios de un solo hombre no bastan para la extensión del trabajo que esto supone, pliegue al Señor despertar nuevos colaboradores para llevar a cabo tan noble empresa.

Señores académicos: no os quiero cansar más; pero no quiero terminar sin felicitaros calurosamente por el feliz acierto que habéis tenido en llamar al seno de la Academia a este nuevo y meritísimo miembro, que viene a llenar el vacío de biólogos que desde algún tiempo se notaba en ella. En el R. P. Unamuno tendréis un biólogo que satisfará vuestros deseos, una columna de sostén del edificio científico y un poderoso auxiliar para que la Biología esté bien representada, como lo está la Geología por eminentes geólogos; la Física y la Química por prestigiosos maestros, y las Ciencias exactas por inteligencias privilegiadas.

Venid, pues, R. P. Unamuno, a formar parte, como miembro numerario, de esta Real Academia, que os abre los brazos para recibiros con felicísima suerte. Seais bien venido a este templo de la Ciencia, al que honraréis con vuestras aportaciones científicas, fruto de vuestra constante e infatigable laboriosidad, renovando en ella los bríos científicos

(1) Véase la obra: *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*, de P. Sorauer (1909). Berlin.

que corren incesantemente por sus venas, ya que toda nueva entrada representa un renuevo de vida, una como inyección de energía y vigor. Sin duda que en ella podréis hacer mucho más que el que tiene en este instante el honor de apadrinaros, por vivir aquí mismo, en este centro de España, y poder contribuir más de cerca y de un modo más inmediato y continuo a las tareas científicas que incumben a esta Real Academia; mientras que nosotros vivimos lejos de ella, en un rincón de provincia, aunque no por esto menos españoles que los de Madrid, ni menos amantes de España, ni menos entusiastas del florecimiento científico en nuestra Patria, ni menos sacrificados por este ideal, ni, finalmente, menos deseosos de una España LIBRE, GRANDE E IMPERIAL, pero, ante todo y sobre todo, CATOLICA, APOSTOLICA, ROMANA, que los de Madrid. He dicho.

APENDICE SOBRE LOS TRABAJOS CIENTIFICOS DEL R. P. LUIS MARIA UNAMUNO, O. S. A.

A.—PUBLICADOS EN LA ASOCIACION ESPAÑOLA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS.

1. *Contribución al estudio de la Flora micológica de la provincia de Oviedo.* Congreso de Bilbao, 1919.
2. *Nueva contribución al estudio de la Microflora de la provincia de Oviedo.* Congreso de Oporto, 1921.
3. *Nuevos datos para el estudio de la Microflora del Oriente de Asturias.* Congreso de Salamanca, 1923.
4. *Datos para el estudio de los hongos microscópicos de los alrededores de Santander.* Congreso de Coimbra, 1925.
5. *Contribución al estudio de los hongos microscópicos de la provincia de Vizcaya.* Congreso de Cádiz, 1927.
6. *Datos para el estudio de los hongos parásitos y saprofíticos de la provincia de León.* Congreso de Barcelona, 1929.
7. *Nota sobre algunas especies nuevas o poco conocidas de hongos microscópicos de la Flora española.* Congreso de Lisboa, 1932.
8. *Algunas novedades micológicas de la Flora española.* Congreso de Santiago de Compostela, 1935.
9. *Algunas novedades de la Microflora española.* Congreso II de Oporto, 1942.

B.—PUBLICADOS EN EL "BOLETIN DE LA REAL SOCIEDAD DE HISTORIA NATURAL"

10. *Datos para el estudio de la Flora micológica de los alrededores de Santa María de la Vid (Burgos).* Tomo XXVIII (1928).
11. *Datos para el estudio de la Flora micológica de los alrededores de Uclés (Cuenca).* Tomo XXVIII (1928).
12. *Nuevos datos para el estudio de los hongos parásitos y saprofíticos de los alrededores de Durango (Vizcaya).* Tomo XXIX (1929).
13. *Hongos microscópicos de los alrededores de La Vid (Burgos).* Tomo XXIX (1929).

14. Nueva aportación al estudio de la Flora micológica del Concejo de Ilanes (Asturias). Tomo XXX (1930).
15. Hongos microscópicos de San Román de los Caballeros (León). Tomo XXX (1930).
16. Nueva aportación a la Micología española. Tomo XXX (1930).
17. Hongos microscópicos de los alrededores de Caudete (Albacete). Tomo XXX (1930).
18. Datos para el estudio de la Microflora española. Tomo XXX (1930).
19. Contribución al estudio de los hongos microscópicos de la provincia de Salamanca. Tomo XXXI (1931).
20. Reliquiae Fragoanae. Tomo XXXI (1931).
21. Algunas especies de micromicetos de la región meridional de España. Tomo XXXI (1931).
22. Notas micológicas, I. Tomo XXXI (1931).
23. Notas micológicas, II. Adiciones a los Hífales de la Flora española. Tomo XXXII (1932).
24. Notas micológicas, III. Algunos micromicetos nuevos o poco conocidos de la Flora española. Tomo XXXII (1932).
25. Notas micológicas, IV. Especies nuevas o poco conocidas de hongos microscópicos del Protectorado español de Marruecos. Tomo XXXII (1932).
26. Notas micológicas, V. Más especies nuevas de hongos microscópicos de nuestro Protectorado marroquí. Tomo XXXIII (1933).
27. Notas micológicas, VI. Algunas especies poco conocidas de la Microflora española. Tomo XXXIII (1933).
28. Notas micológicas, VII. Algunos datos interesantes para la Microflora española. Tomo XXXIV (1934).
29. Notas micológicas, VIII. Hífales, Esferopsidales, Oomicales, Pireniales, Ustilaginales y Uredinales de la Flora española. Tomo XXXIV (1934).
30. Notas micológicas, IX. Nueva aportación al estudio de los hongos microscópicos de la provincia de Vizcaya. Tomo XXXIV (1934).
31. Reliquiae Fragoanae, II. Nueva Septoria sobre Salix, procedente de México. Tomo XXXIV (1934).
32. Notas micológicas, X. Contribución al estudio de los Uredinales del Norte de España. Tomo XXXV (1935).
33. Notas micológicas, XI. Algunas especies interesantes de micromicetos de Vizcaya. Tomo XXXV (1935).
34. Notas micológicas, XII. Un Ustilaginal nuevo para la flora europea. Melanopsichium austro-americanum (Spegaz.). Beck. Tomo XXXVI (1936).
35. Notas micológicas, XIII. Nuevos datos para el estudio de los hongos imperfectos de la Flora española. Tomo XXXVII (1937).
36. Notas micológicas, XIV. Contribución al estudio de los Uredinales y Ustilaginales de la Flora española. Tomo XXXVIII (1940).

C.—PUBLICADO EN LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL, DE MADRID.

37. *Algunos datos nuevos para el estudio de la Flora micológica de la provincia de Oviedo. Tomo del L. aniversario, 1921.*

D.—PUBLICADO EN CONFERENCIAS Y RESEÑAS CIENTÍFICAS DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL.

38. *Romualdo González Frago. Noticia necro-bibliográfica, 1928.*

E.—PUBLICADO EN ANALES DE CRYPTOGAMIAE EXOTIQUE. PARIS.

39. *Romualdo González Frago. Notice necrologique et bibliographique, 1928.*

F.—PUBLICADO EN ANNALES SOC. MYCOLOGIE DE FRANCE. PARIS.

40. *Romualdo González Frago. Notice necrologique et bibliographique, 1928.*

G.—PUBLICADO EN MEMORIAS DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL.

41. *Nuevos datos para el estudio de la Flora micológica de los alrededores de Llanes. Tomo XV, 1929.*

H.—PUBLICADO EN LA REVISTA DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES DE MADRID.

42. *Contribución al estudio de los hongos microscópicos de Galicia. Tomo XXX (1933).*

43. *Contribución al estudio de los hongos microscópicos recolectados por el Sr. González Albo en la región de la Mancha y sitios limítrofes. Tomo XXXVI (1942).*

I.—PUBLICADO EN LAS MEMORIAS DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES DE MADRID.

44. *Enumeración y distribución geográfica de los esferopsidales de la Península Ibérica e Islas Baleares. Familia Esferioídáceos. 1933. Obra de conjunto de 475 págs., premiada por dicha Academia.*

45. *Enumeración y distribución geográfica de los Ascomicetos de la Península Ibérica e Islas Baleares. 1941. Obra de conjunto de 405 páginas, premiada por dicha Academia.*

J.—PUBLICADO EN LA REVISTA "CAVANILLESIA". BARCELONA.

46. *Datos para el estudio de la Flora de micromicetos de Cataluña. Vol. VII. Fasc. 1-V, 1935.*

K.—PUBLICADOS EN LA REVISTA "MAURITANIA". DE TANGER.

47. *Notas micológicas (segunda serie), I. Nueva aportación al estudio de los hongos microscópicos de la zona del Protectorado español de Marruecos, 1940.*

48. *Notas micológicas* (segunda serie), II, etc., 1940.
49. *Notas micológicas* (segunda serie), III, etc., 1940-1941.
50. *Notas micológicas* (segunda serie), IV, etc., 1941-1942.
51. *Notas micológicas* (segunda serie), V, etc., 1942.

L.—PUBLICADOS EN LOS ANALES DEL JARDIN BOTANICO DE MADRID.

52. *Contribución al estudio de los hongos microscópicos españoles*. Tomo I (1940).
53. *Contribución a los hongos microscópicos de la provincia de Cuenca*. Tomo II (1941).

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, R. F.—1933.

Further cytological studies of heterothallism in Puccinia graminis.—“*Journ. Ag. Res.*”, 47, 1-16.

1934.

A cytological study of heterothallism in flax rust.—“*Ibid.*”, 49, 761-791.

BEVER, W. M.—1934.

Effect of light on the development of the uredial stage of Puccinia glumarum.—“*Phytopathology*”, 24, 507-516.

BIFFEN, R. H.—1905.

Mendel's laws of inheritance and wheat breeding.—“*Jour. Agr. Sci.*”, I, 4-48.

1907.

Studies in the inheritance of disease resistance.—“*Ibid.*”, 2, 109-128.

BRANQUINHO D'OLIVEIRA.—1939.

Aspectos actuais do problema das Ferrugens.—“*Palestras Agrónomicas*”.

BROWN, W.—1936.

The physiology of host-parasite relations.—“*The Botanical Review*”, 2, 236-281.

BULLER, A. H. R.—1938.

Fusions between flexuous hyphae and pycnidiospores in Puccinia graminis.—“*Nature*”, 141, 33.

CALDWELL, R. M.; KRAYBILL, H. R.; SULLIVAN, J. P.; LEROY, E. C.—1934

Effect of leaf rust (Puccinia triticina) on yield, physical characters, and composition of winter wheats.—“*Journ. Agr. Res.*”, 48, 1.04911.071.

CALDWELL, AND STONE, G. M.—1936.

Relations of stomatal function of wheat to invasion and infection by leaf rust (Puccinia triticina).—“*Ibid.*”, 52, 917-932.

CIFERRI, R.—1941.

XIX Manuale di patologia Vegetale Genova-Roma-Napoli-Città di Castello
Società Anonima Editrice Dante Alighieri.

CLARK, J. A. & HUMPHREY, H. B.—1933.

497-511.

COMES, O.—1913.

Della Resistenza dei frumenti alle ruggini. Stato della questione e provvedimenti. *Atti R. Inst. d'Incorag.*—Napoli, VI, 64, 419-441.

COTTER, R. U.—1932.

Factors affecting the development of the aecial stage of Puccinia graminis U. S.
Dept. Agr. Bull., 314.

COTTER & LEVINE, M. N.—1932.

Physiologic specialization in Puccinia graminis secalis.—*Jour. Agric. Res.*,
45, 297-315.

GRAIGIE, J. H.—1927 a.

Experiments on sex in rust fungi.—*Nature*, 120, 116-117.

1927 b.

Discovery of the function of the pycnia of the rust fungi.—*Ibid.*, 120,
765-767.

1931.

An experimental investigation of sex in the rust fungi.—*Phytopathology*,
21, 1.001-1.040.

DUFRENOY, J.—1936.

Le rôle des amino-acides et des composés phenoliques dans la susceptibilité ou
la résistance des plantes aux maladies.—*Rep. 3rd. Int. Cong. Comp. Path.*
(Athènes), 17-38.

FRIKSSON, J., & HENNING, H.—1894.

Ueber die Spezialisierung des parasitismus bei den Getreiderostpilzen.—*Ber.*
Deutsch. Bot. Ges., 12, 292-331.

1899.

Nouvelles Etudes sur la Rouille Brûle des Céréales.—*Ann. Sci. Nat.*
(Ser. 8), 9, 241.

FORWARD, D. F.—1932.

The influence of altered host metabolism upon modification of the infection
type with Puccinia graminis tritici, p. r. 21.—*Phytopathology*, 22,
493-554.

GASSNER, G., & HASSVBRAUK, K.—1931.

Untersuchungen ueber die Beziehungen zwischen Mineralsazernaerung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost.—"Phytoph.", 3, 535-617.

GASSNER, G., & STRAIB, W.—1932.

Ueber Mutationen in eines biologischen Rasse von Puccinia glutarum tritici (Schidt) Erikss.—"Und Henn. Z. f. induk. Abst. und Vererbungslehre", 63, 154-180.

GASSNER, G., & HASSEBRAUK, K.—1932.

Der einfluss der Mineralsalzernaehrung auf das Anfaelligkeitsverhalten der zu Rassen bestimmung von Getreideroster dienenden Standardsortimant.—"Phytoph. Z.", 7, 63-72.

GORDON, W. L.—1933.

A study of the relation of environment to the development of the uredinial and telial stage of the physiologic forms of Puccinia graminis avenae, Erikss. & Henn.—"Scient. Agric.", 14, 184-237.

GRECUSNIKOV, A. I.—1936

Toxins of Rust. (Puccinia).—"Compt. Rend. Acad. Sci. U. R. S. S., N. S.", II, 335-340. (Ref. in: "Rev. appl. Myc.", 15, 710.)

HARIOT, P.—1908.

Les Uredinées.—"Doin et Fils, Editeurs", Place de l'Odeon, 8, Paris.

HART, H., & FORBES, I. L.—1935.

The effect of light on the initiation of rust infection.—"Phytopathology", 25, 715-725.

HURHS, C. R.—1924.

Morphological and Physiological studies on the Resistance of Wheat to Puccinia graminis tritici Erikss. and Henn.—"Jour. agri. Res.", 27, 381-412.

JACKSON, H. S.—1931.

Present evolutionary tendencies and the origin of the life cycles in the Uredinales.—"Memoirs Torrey Bot. Club.", 18, 1-108.

JOHNSON, T.—1931.

Studies in Cereal Diseases. VI. A study of the effect of environmental factors on the variability of physiologic forms of Puccinia graminis tritici Erikss. and Henn.—"Dom. of Canada, Dept. Agric. Bull.", 140.

JOHNSON, T., & NEWTON, M.—1938.

The origin of abnormal rust characteristics through the inbreeding of physiologic races of Puccinia graminis tritici.—"Can. Journ. Res.", 16, 38-52

JOHNSTON, C. O., & BOWER, C. W.—1924.

A method of detecting mixtures in Kanred wheat seed.—“Journ. Amer. Soc. Agron.”, 16, 467-470.

KLEBAHN, H.—1892.

Kulturversuche mit heterocischen Uredeen.—“Z. Pflanzkr.”, 2, 332-345.

1895.

Kulturversuche mit heterocischen Rostpilzen.—“Ibid.”, 5, 149-156.

1896.

Kulturversuch mit heterocischen Rostpilzen.—“Ibid.”, 6, 394-338.

1898.

Kulturversuche mit heterocischen Rostpilzen.—“Ibid.”, 8, 321-342.

1912.

Kulturversuche mit heterocischen Rostpilzen.—“Ibid.”, 22, 321-350.

MAINS, E. B.—1930.

Effect of leaf rust (Puccinia triticina Erikss) on yield of wheat.—“Jour. Agric. Res.”, 40, 417-446.

1933.

Host specialization in the leaf rust of grasses, Puccinia rubigovera.—“Papers of the Mich. Acad. Sci., Arts, and Letters”, 17, 289-394.

MELANDER, L. W.—1931.

The effect of temperature and light on the development of the uredinial stage of Puccinia graminis.—“Phytopathology”, 21, 109.

MELHUS, I. E.; DURRELL, L. W., & KIRBY, R. S.—1920.

Relation of the barberry to stem rust in Iowa.—“Iowa Agr. Exp. Sta.”, Res. Bull., 75, 283-325.

NEATBY, K. W., & GOULDEN, C. H.—1930.

The inheritance of resistance to Puccinia graminis tritici in crosses between varieties of Triticum vulgare.—“Scient. Agric.”, 10, 389-404.

NEWTON, M., & JOHNSON, T.—1927.

Color mutations in Puccinia graminis tritici (Pers.) Erikss. and Henn.—“Phytopathology”, 17, 711-725.

NEWTON, M., & BROWN, A. M.—1930.

A preliminary study on the hybridization of physiologic forms of Puccinia tritici.—“Scient. Agric.”, 10, 721-731.

1931.

Hybridization between Puccinia graminis tritici and P. graminis secalis.—“Phytopathology”, 21, 106-107.

NEWTON, M., & JOHNSON, T.—1937.

Production of Uredia and Telia of Puccinia graminis on Berberis vulgaris.—*"Naturt"*, 139, 800.

NEWTON, R.; LEHMANN, J. V., & CLARCKE, A. E.—1929.

Studies on nature of resistance in wheat.—*"Can. Jour. Res."*, 1, 5-35.

NEWTON, R., & ANDERSON, J. A.—1929.

Studies on the nature of rust resistance in wheat. IV. Phenolic compounds of the wheat plant.—*"Ibid"*, 1, 86-99

PETERSON, R. F.—1937.

Problems in the development of rust resistant varieties of wheat.—*"Annual Rep. of the Canad. Grower's Assoc."*, 52-58.

ROBERTS, F. M.—1936.

The determination of physiologic forms of Puccinia triticina Erikss. in England and Wales.—*"Ann. Appl. Biol."*, 23, 271-301.

STAKMAN, F. C.—1915.

Relation between Puccinia graminis and Plants highly resistant to its attack.—*"Journ. Agric. Res."*, 4, 193-200.

STACKMAN, F. C., & LEVINE, M. N.—1922

The determination of biologic forms of Puccinia graminis on Triticum spp.—*"Minn. Agr. Exp. Sta Techn. Bull."*, 8.

STAKMAK, E. C.; LEVINE, M. N. & COTTER, R. U.—1930.

Origin of physiologic forms of Puccinia graminis through hybridization and mutation.—*"Scient. Agric."*, 10, 707-720

STAKMAN, E. C., & HART, H.—1936.

The nature of resistance of cereals to rust.—*"Rep III Cong. Intern. Path Comp."* (Athens), 253-266.

STAKMAN, E. C., & LEVINE, M. N.—1938.

Analytical key for the identification of physiological races of Puccinia graminis tritici.—U. S. Dept. Agric. Div. of Cereal Crops and Diseases, and the Minn. Agric. Exp. Sta. mimeographed.

STEINER, H.—1933.

Ueber braunrost (Puccinia triticina und Puccinia dispersa), Infektionen an abgeschnittenen Getreideblättern.—*"Z. für Pflanzenkh u. Pflanzenstz"*, 43, 673-682.

- TRANZCHEL, W.—1934.
Ueber die Möglichkeit, die Biologie wirtswechselnder Rostpilze auf Grund morphologischer Merkmale vorauszusehen.—“Trav. Soc. Imp. Nat. St. Peterbourg Compt. Rend.”, 35, 311-312.
- WATERHOUSE, W. L.—1929 a.
A preliminary account of the origin of two new Australian physiologic forms of Puccinia graminis tritici.—“Proc. Linn. Soc. N. S. W.”, 54, 96-106.
- GZ. FRAGOSO, R.—1926.
Botánica Criptogámica Agrícola.—“Espasa Calpe, S. A.”, Madrid.
- BERNARD, N.—1909.
L'evolution dans la Symbiote.—“Ann. Sc. Nat., 9, ser., Bot.”, IX.
- BURGEFF, H.—1909.
Die Wurzelpilze der Orchideen.—Jena.
- GALLAUD, I.—1905.
Etudes sur les Mycorhizes endotrophes.—“Rev. gen. de Bot.”, XVII.
- MANGIN, L.
Introduction a l'etude des Mycorhizes des arbres forestiers.—“Nouv. Arch. du Muséum d'Hist. Nat.”, 5, ser.
- MELIN, E.—1925.
Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza.—Jena.
- MATTIROLO, O.—1933.
Rapporti imbitotici sviluppatisi tra il Tartufo “Bianchetto” (Tuber Borchii Vitadini) ed i Pioppi americani detti canadesi. “Estratto dagli Annali della R. Accademia di Agricoltura di Torino”. Volume LXXVI.
- MATTIROLO, O.—1935.
Sopra un nuovo simbionte dei Pioppi canadesi. Ibid. Vol. LXXVII.
- PEYRONNEL, B.—1929.
Le Micorrice delle Essenze Forestali. “R. Istituto Superiore Agrario e Forestale”. Firenze.
- PEYRONNEL, B.—1930.
Simbiosi micorrizica tra Piante Alpine e Basidiomiceti. Ibid.
- PEYRONNEL, B.—1930.
Assenza di micorrize nelle piante insettivore ed emiparassite e probabile significato della micorrizica. Ibid.

PRADEL, G.—1914.

Manuel de Trufficulture. "J. B. Baillièrè et Fils". Paris.

GUIART, J.—1922.

Précis de Parasitologie. 2 Edition. "J. B. Baillièrè et Fils". Paris.

BILTRIS, R.—1919.

Sur la variabilité des caractères de l'espece chez les Dermatophytes. "Ann. Inst. Pasteur", XLIII. Paris.

COCCHERI, P.—1930.

Micosi pulmonare da Sterigmatocystis nigra Van Thieghem. "Atti dell'Inst. Bot. Pavia", ser. IV, vol. 1.

FUHRMANN, F.—1913.

Vorlesungen über technische Mycologie. "Verlag von Gustav Fischer", Jena.

LOUBIERE.—1924.

Recherches sur les Mucedinées caseicoles. "These de Paris". Fac. des Sc.

ROSA, D. G.; FRED, E. B., and PETERSON, W. H.—1929.

A biochemical study of the growth of the yeast and yeast-like organisms on pentose sugars. "Centralb. ib. f. Bakt". 11. Abt. LXXIX.

CIFARRI, R., and REDAELLI, P.—1929.

Studies on the Torulopsidaceae. A trial general systematic classification of the asporigenous ferments. "Annales Mycogici", vol. XXVII, núms. 3-4. Berlin.

BUSTINZA, Fl.—1931.

Sobre los fermentos del Sterigmatocystis acinae-uvae. Caballero-Aspergillus carbonarius (Raimet). "Thon Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.", Tom. XXXI.