

2^{DO}

**SIMPOSIO INTERAMERICANO SOBRE LA
APLICACION DE LA ENERGIA NUCLEAR
PARA FINES PACIFICOS**

Buenos Aires, 1959

**Los Radioisótopos y la Radiación
en las Ciencias Biológicas**

Comisión Interamericana de Energía Nuclear (CIEN)
y Comisión Nacional de Energía Atómica de la República
Argentina (CNEA)

UNION PANAMERICANA • WASHINGTON, D. C., 1960
Secretaría General, Organización de los Estados Americanos

55. OLSEN, S.R., W.R. SHMEHL, F.S. WATANABE, S. FRANK, C.O. SCOTT, W.H. FULLER, J.V. JORDAN, y R. KUMKEL. 1950. Utilization of phosphorus by various crops as affected by source of material and placement. Colorado Agri. Exptl. Sta. Tech. Bull. 42:1-43.
56. SPEER, R.J., S.E. ALLEN, M. MALONEY, y A. ROBERTS. 1951. Phosphate fertilizers for the Texas Blacklands; I, Relative availability of various fosfatic fertilizers. Soil Sci. 72:459-464.
57. McAULIFFE, C.D., N.S. HALL, L.A. DEAN, y S.B. HENDRICKS. 1948. Exchange reactions between phosphates and soils: hydroxylic surfaces of soil minerals. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 12:119-123.
58. WIKLANDER, L. 1950. Kinetics of phosphate exchange in soils. Lantbr. Högsk. Ann. 17:407-24.
59. GUNNARSSON, O., y L. FREDRIKSSON. 1953. A method for determining the amount of plant available phosphorus in soils by means of P 32. Proceedings of Isotopes Technical Conference, Oxford, 1951: 1:427. HMSO, London.
60. BARBIER, G., y E. TYSKIEWICK. Mobilité des ions phosphoriques "fixées" dans le sol étudiée au moyen de P 32. Trans. Inter. Soc. Soil Sci. Com. 1: 331 (1952). Résumé II and IV (1952) 2:79-82 (1953).
61. OLSEN, S.R. 1953. The measurement of P on the surface of soil particles and its relationship to plant available phosphorus. Kansas Agri. Exptl. Sta. Rept. 4:59-67.
62. TALIBUDEEN, O. The determination of isotopically exchangeable P in some Rothamsted soils. Proceedings of Second Conference on Radioisotopes, Oxford, July 1954. Vol. I, p. 405-411. Butterworths Scientific Publications, London.
63. SEATZ, L.F. 1954. Phosphate activity measurement in soils. Soil Sci. 77:43-51.
64. RUSSELL, R.S., J.B. RICKSON, y S.N. ADAMS. 1954. Isotopic equilibria between phosphates in soil and their significance in the assessment of fertility by tracer methods. J. Soil Sci. 5:85-105.
65. TALIBUDEEN, O. 1957. Isotopically exchangeable phosphorus in soils; II, Factors influencing the estimation of labile phosphorus. J. Soil Sci. 8:86-96.
66. TALIBUDEEN, O. 1958. Isotopically exchangeable phosphorus in soils: III, The fractionation of soil phosphorus. J. Soil Sci. 9:120-129.
67. HALL, N.S., W.V. CHANDLER, C.H.M. van BAVEL, P.H. REID, y J.H. ANDERSON. 1953. A tracer technique to measure growth and activity of plant root systems. North Carolina Agri. Exptl. Sta. Tech. Bull. 101:1-40.
68. BURTON, G.W., E.H. de VANE, y R.L. CARTER. 1954. Root penetration, distribution and activity in Southern grasses measured by yields, drought symptoms and P 32 uptake. Agron. J. 46:229-233.

APLICACIONES AGROPECUARIAS DE LA ENERGIA ATOMICA EN ARGENTINA

SANTOS SORIANO

*Comisión Nacional de Energía Atómica
Buenos Aires, Argentina*

Cuando, hacia fines de la última guerra mundial, estallaron sobre Hiroshima y Nagasaki las primeras bombas atómicas que conmovieron a la humanidad se tuvo plena conciencia de que una nueva era había comenzado en el ciclo de las civilizaciones.

La potencia del cerebro del hombre se puso una vez más de manifiesto en toda su grandiosa capacidad y, esta vez, en toda su terrible crudeza, como lo había hecho otrora en otros tantos episodios que jalonan la historia de la civilización.

Los azares del desarrollo histórico de nuestra época han hecho que esta nueva era atómica haya adquirido estado público con el signo de Marte, aunque

su gestación en realidad se hiciera silenciosamente bajo los auspicios de Minerva.

El verdadero anverso de la medalla consiste en la paciente, tesonera y prolongada labor desarrollada durante muchos años en esos templos de la sabiduría que constituyen los gabinetes de estudio y laboratorios científicos, en los que la chispa creadora de los pocos privilegiados dotados de inteligencia excepcional, asistidos por el enjambre de técnicos que hace realizables y tangibles sus lucubraciones geniales van tejiendo a veces con hermosa inconciencia el destino del resto de la humanidad.

La historia de esta moderna epopeya comenzó hacia fines del siglo anterior con el descubrimiento de Roentgen en 1895, que tuvo inmediata aplicación al diagnóstico médico, continuándose el año siguiente con el descubrimiento de Becquerel de la emisión de radiaciones penetrantes en minerales de uranio.

Luego vinieron las famosas investigaciones efectuadas por los esposos Curie en 1898 con el descubrimiento de nuevos elementos radioactivos; las de Rutherford en 1919, al obtener por primera vez la desintegración del átomo, seguidas por las de Cockcroft y Walton en 1932, al conseguir la transmutación de elementos por acción de equipos de alto voltaje y luego, en sucesión inmediata, las de Chadwick en 1933; el descubrimiento del neutrón por los esposos Joliot-Curie en 1934; la producción de radioisótopos artificiales, por bombardeo con partículas alfa, por Fermi en el mismo año utilizando neutrones y terminando con la casi inconcebible hazaña del mismo famoso científico en 1942, al realizar la mayor proeza del siglo con la construcción del primer reactor atómico.

En otro aspecto cabe recordar el descubrimiento de la aplicación de los isótopos radioactivos a la química analítica, hecho en 1911 por de Hevesy, el que desarrollado paulatinamente llegó a constituir una de las más elegantes y fructíferas herramientas de la bioquímica moderna.

Completan el cuadro las investigaciones efectuadas en el campo de la genética en relación con la energía nuclear, que comenzaron con el descubrimiento, por Muller en 1927, en Estados Unidos, de la producción artificial de mutaciones por irradiación en *Drosophila* y de Stadler en el mismo país en plantas de cultivo seguidas del desarrollo de un amplio programa de largo alcance planeado por Nilsson-Ehle a instancias de Gustafsson en Suecia, que formaron la base de posteriores aplicaciones agrícolas cumplidas más tarde en otras partes del mundo, en especial modo en los Estados Unidos, comenzando por el centro atómico universitario de Brookhaven para extenderse a otras partes de ese país y luego, sucesivamente, a otras naciones americanas, como lo demuestra ampliamente el presente certamen.

La brillantez de esta larga serie de investigaciones científicas fundamentales, coronadas gran parte de ellas con la consagración máxima mundial de la serie de premios Nobel adjudicados a sus geniales autores, las más de las veces a comprensible destiempo en razón de la larga proyección de sus trabajos, forma la base sobre la que se asientan las aplicaciones utilitarias que se están multiplicando rápidamente casi en cada uno de los campos especializados de la tecnología moderna.

La agricultura y la ganadería, consideradas en su amplia acepción de ramas de la industria de la producción, no podían permanecer ajenas a esta influencia vivificante, como se ha puesto claramente de manifiesto con ocasión de la Primera Reunión Internacional de Utilización Pacífica de la Energía Atómica realizada en Ginebra en 1955, así como en

el primer simposio interamericano de idéntica finalidad, realizado en Brookhaven en 1957 y, como lo certifica este Segundo Simposio Interamericano, por la importancia que se les ha concedido en el concierto de las ciencias biológicas.

División de Investigaciones Agropecuarias

La División de Investigaciones Agropecuarias en el Departamento de Biología y Medicina fue creada por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) a mediados del año 1957 con el objeto de estudiar todas las posibles aplicaciones de la energía atómica a las actividades agropecuarias.

El esquema trazado en un principio comprendió:

1) La organización de un sistema que hiciera factible el tratamiento de semillas y órganos diversos de plantas con distintos tipos de irradiación, de fácil acceso para los especialistas fitotécnicos que están desarrollando planes de mejoramiento de plantas cultivadas en el país.

2) La organización de centros especializados, preferentemente universitarios, para la investigación de problemas de interés agropecuario mediante el empleo de radioisótopos.

3) La organización de los propios laboratorios de entrenamiento e investigación en la sede de la CNEA.

En los dos años transcurridos sólo ha sido posible desarrollar parcialmente los puntos anteriores, quedando aún pendientes de ejecución muchos detalles que se espera completar a medida que las circunstancias en que se está desarrollando nuestra labor lo permitan.

Respecto de la primera parte del program citado, está ya en funcionamiento en la División un Servicio de Irradiación de Semillas que se encarga del tratamiento adecuado de material enviado por los interesados, utilizando diversas fuentes de irradiación. La mayor parte de ese material pertenece a las Estaciones Experimentales Agrícolas agrupadas en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; el resto corresponde a envíos hechos por las facultades de agronomía de las universidades nacionales y una parte menor a los propios ensayos realizados en la División.

Para el uso de radioisótopos en la investigación de problemas que atañen a la agricultura y ganadería se ha realizado desde la CNEA una actividad de promoción tendiente a la formación de centros de radiobiología en todas las facultades de agronomía y de veterinaria del país, procurando ubicar el desarrollo de esta actividad en el nivel y el ambiente universitario.

Paralelamente se ha comenzado a trabajar en los laboratorios de la propia División sobre temas de fertilidad del suelo de la manera que se dirá más adelante.

Respecto a la organización de los laboratorios de la División, cuyo objetivo primordial ha sido el de investigar en problemas y técnicas fundamentales atingentes al cumplimiento de su finalidad, están en

funcionamiento en la actualidad (algunos parcialmente) los siguientes:

1) Local de ensayos de germinación de semillas irradiadas para la comprobación de las dosis de irradiación a que se han sometido y determinación de las dosis adecuadas.

2) Laboratorio de microbiología para el estudio de microorganismos de importancia agrícola e industrial, seleccionados como material adecuado para la investigación de problemas de mutación microbiana especialmente con la finalidad de obtener el mejoramiento de rendimientos en procesos de fermentaciones industriales y para la determinación de dosis letales en diversos tipos de microorganismos, en especial los que intervienen en la deterioración de alimentos en combinación con otros factores destructivos como el calor o sustancias biocidas, como los antibióticos, para ulteriores posibles aplicaciones en la conservación de alimentos por irradiación.

3) Laboratorio para estudios de nutrición vegetal y fertilidad del suelo (en formación).

Sin entrar en otros detalles, diremos que la organización actual ha permitido el funcionamiento de las actividades que se comunicarán en seguida en la forma que se indica en los capítulos que siguen.

Servicio de Irradiación de Semillas

La utilización práctica del amplio caudal de conocimientos acumulados en el estudio de la energía nuclear a la solución de los problemas que afectan a la agricultura y la ganadería cobran una importancia excepcional cuando se consideran desde el punto de vista económico, en razón de los cuantiosos intereses que implica el desarrollo de esas industrias primordiales en que se fundamenta la propia existencia de toda nación civilizada y, con mayor razón, en el caso de un país como el nuestro, poseedor del inmenso potencial de producción agropecuaria que le da la vastedad de sus campos laborables y la variedad de climas de su amplio territorio.

En nuestro país las aplicaciones agropecuarias de la energía atómica tuvieron origen en forma relativamente modesta hacia 1955, cuando los técnicos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ministerio argentino de agricultura solicitaron la colaboración de la CNEA para la irradiación de pequeños lotes de semillas de cereales y forrajeras, que constituyó, según mi conocimiento, el primer trabajo de esa índole realizado en el país y cuyos resultados fueron dados a conocer por sus autores, ingenieros agrónomos Favret y Rodríguez, en 1957, en la Revista de Investigaciones Agrícolas del citado ministerio.

Estos primeros ensayos quedaron obligadamente limitados en razón de la muy escasa capacidad de la principal fuente de irradiación utilizada, que es la pequeña bombita de Co-^{60} armada por los técnicos de nuestro Departamento de Biología y Medicina, que contaba en esos momentos, escasamente, con una actividad de apenas unos 0,6 curies, reducidos

en la actualidad a unos 0,4 curies, que resulta totalmente insuficiente para el planteo de cualquier investigación ambiciosa en el campo de la fitotécnica con la finalidad de obtener resultados discretamente utilizables en los programas de mejoramiento de plantas cultivadas.

Si se piensa que a juzgar por los antecedentes ya acumulados se precisa irradiar una cantidad masiva de semillas del orden de las 10.000 a las 100.000 para tener algunas probabilidades de aparición de ejemplares útiles entre las numerosas mutaciones no utilizables aparecidas en las plantas sobrevivientes a los tratamientos más adecuados, que han sido fijados como los que producen alrededor del 50% de letales, se tienen las cifras siguientes, que dan el peso de 50.000 semillas de algunas de las plantas económicamente más importantes entre las irradiadas en nuestro departamento:

Alfalfa	100 g.
Centeno, sorgo, cebada, vicia	1 a 2,5 Kg.
Algodón, girasol, soja	3 a 6 Kg.
Maíz	12 Kg.

Como se ve, de semillas de pequeño tamaño como las de alfalfa pueden irradiarse unos 100 gramos, pero cuando se trata de semillas medianas se necesita irradiar de 1 a 2 Kg. o más y de semillas grandes deben irradiarse de 3 a 6 Kg. o aún más de 10 Kg., como en el caso del maíz, para cumplir con la condición predicha. Este simple hecho plantea de inmediato el problema de la potencia y capacidad de la fuente de irradiación disponible, a cuyas condiciones queda supeditado el resto del problema.

A este respecto, en nuestra Comisión Nacional de Energía Atómica se dispone de las fuentes de irradiación siguientes:

1) Rayos X. Aparato de 250 KV y 25 mA, empleándose usualmente en las irradiaciones de semillas 200 KV y 10 mA.

2) Neutrones. Se dispone de tres aparatos de producción de neutrones que citaré en el orden de la utilización que hasta ahora hemos podido obtener en la práctica:

a) Acelerador en cascadas de un potencial positivo de hasta 1,2 megavoltios, con corriente máxima de deuterones del orden de 100 microamperes. Con este aparato se obtiene un flujo del orden de 10^7 neutrones por $\text{cm}^2/\text{seg.}$

b) Reactor RA₁, con el cual, en el lugar de irradiación de las semillas, se obtiene un flujo de neutrones del orden de 10^8 por $\text{cm}^2/\text{seg.}$, pero sólo lo hemos podido utilizar hasta el momento para algunos ensayos de orientación, aunque esperamos en el próximo futuro obviar las dificultades que no han permitido un uso más intensivo de esa fuente.

c) Sincrociclotrón. Con este aparato se han efectuado algunos ensayos, aunque esperamos también poder intensificar su uso en el futuro.

3) Radiaciones gamma. En razón de la escasa potencia de la fuente de que se dispone actualmente en nuestro departamento recurrimos, en los casos

en que se ha necesitado para satisfacer los pedidos hasta ahora, a dos bombas de Co⁶⁰ de propiedad privada, ambas pertenecientes a clínicas médicas que han cedido gentilmente su uso en horas de la noche o en días feriados. Una de ellas es de 1.000 curies de actividad y la otra de 1.500 curies.

En resumen, y tomando en consideración la cantidad de material tratado hasta el presente en las distintas fuentes de irradiación utilizadas, se tienen en cifras redondas los datos siguientes: unos 48 Kg. tratados con rayos X, casi otro tanto con neutrones y cerca de 20 Kg. tratados con radiaciones gamma, lo que hace un total de más de 115 Kg.

Una idea aproximada del desarrollo de esta actividad en nuestro departamento la dan las cifras que siguen, indicadoras del peso de semilla irradiada: En una primera etapa, que podríamos denominar de iniciación, se trato como máximo 1 Kg.

de semillas en algo así como 2 años; en una segunda etapa, que comenzó a mediados de 1957, se trataron en cifras redondas en el primer año 25 Kg. y en el segundo 90 Kg., lo que hace el total de 115 Kg. de semillas irradiadas en los 2 últimos años.

Toda la semilla en cuestión ha sido enviada a la CNEA por las estaciones experimentales agrícolas pertenecientes al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), distribuidas en las distintas regiones del país, así como por algunas de las facultades de agronomía de las universidades nacionales de la capital y del interior, como queda indicado en el mapa que se incluye (figura 1).

Finalmente, en el cuadro 1 se agrupan las especies de plantas cultivadas (de acuerdo con la finalidad de su explotación) cuyas semillas han sido irradiadas en el programa de trabajo que se está comentando.

Cuadro 1. Material irradiado

Cereales (50 Kg)	Hortícolas (1 Kg)
<i>Avena sativa</i> (avena)	<i>Beta vulgaris</i> , var. <i>cicla</i> (acelga)
<i>Hordeum vulgare</i> (cebada)	<i>Pisum sativum</i> (arveja)
<i>Secale cereale</i> (centeno)	<i>Apium graveolens</i> (apio)
<i>Zea mays</i> (maíz)	<i>Ipomoea batatas</i> (batata; guías)
<i>Triticum aestivum</i> (trigo)	<i>Solanum melongena</i> (berenjena)
	<i>Cucurbita pepo</i> (calabacitas)
	<i>Allium cepa</i> (cebolla)
	<i>Lactuca sativa</i> (lechuga)
	<i>Cucumis melo</i> (melón)
	<i>Solanum tuberosum</i> (papa)
	<i>Cucumis sativus</i> (pepino)
	<i>Capsicum annuum</i> (pimiento)
	<i>Allium sativum</i> (puerro)
	<i>Brassica oleracea</i> (repollo)
	<i>Citrullus vulgaris</i> (sandía)
	<i>Lycopersicon esculentum</i> (tomate)
	<i>Daucus carota</i> (zanahoria)
	<i>Cucurbita maxima</i> , var (zapallitos y zapallos)
Oleaginosas (13,5 Kg)	Frutales
<i>Helianthus annuus</i> (girasol)	<i>Prunus domestica</i> (ciruelo; yemas)
<i>Linum usitatissimum</i> (lino)	<i>Pyrus malus</i> (manzano; yemas)
<i>Glycine max</i> (soja)	<i>Olea europea</i> (olivo; 2,5 Kg)
Textiles (13 Kg.)	Forestales (0,5 Kg)
<i>Gossypium hirsutum</i> (algodonero)	<i>Cupressus</i> (ciprés)
<i>Linum usitatissimum</i> (lino)	<i>Eucalyptus</i>
	<i>Pinus</i> (pino)
Forrajeras (34,5 Kg)	Florícolas (0,040 Kg.)
<i>Medicago sativa</i> (alfalfa)	<i>Mathiola incana</i> (alelí)
<i>Phalaris</i> (alpieste)	<i>Papaver somniferum</i> (amapola)
<i>Bromus brevis</i> (cebadilla pampeana)	<i>Chrysanthemum ulmifolium</i> (crisantemo)
<i>Eragrostis curvula</i> (pasto llorón)	<i>Dahlia variabilis</i> (dalia)
<i>Lolium multiflorum</i> (rye grass criollo)	
<i>Poa pratensis</i>	
<i>Beta vulgaris</i> (remolacha forrajera)	
<i>Brassica oleracea</i> (repollo forrajero)	
<i>Sorghum vulgare</i> (sorgos, de pastoreo y graníferos)	
<i>Trifolium incarnatum</i> (Trébol rojo)	
<i>Vicia benghalensis</i>	
<i>Vicia sativa</i>	

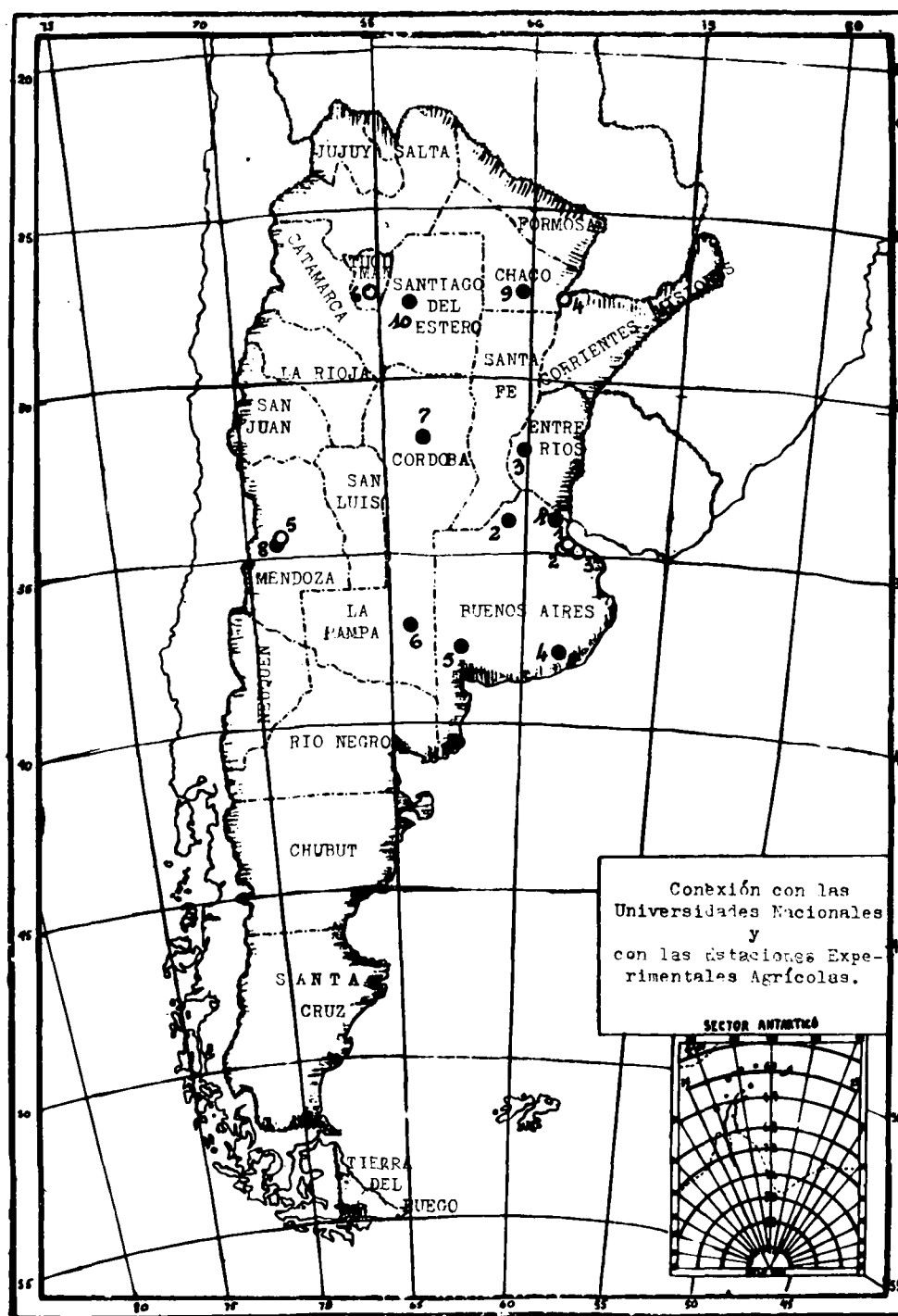


Figura 1. Universidades nacionales y estaciones experimentales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria que contribuyeron semillas al servicio de irradiación de semillas de la CNEA.

Universidades: (indicadas con círculos blancos) 1. Buenos Aires: Facultad de Agronomía y Veterinaria; 2. Instituto Fitotécnico S. Catalina (Facultad de Agronomía de La Plata); 3. La Plata: Facultad de Agronomía (Fisiología Vegetal); 4. Corrientes: Facultad de Agricultura, Ganadería e Industrias Afines; 5. Cuyo: Facultad de Ciencias Agrarias; 6. Tucumán: Facultad de Agronomía.

Estaciones experimentales: (indicadas con círculos llenos): (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) 1. Delta; 2. Pergamino; 3. Tezanos Pinto; 4. Balcarce; 5. Bordenave; 6. Anguil; 7. Manfredi; 8. La Consulta; 9. Sáenz Peña; 10. La Banda.

Empleo de Radioisótopos

Otra actividad que se ha comenzado a desarrollar en la División de Investigaciones Agropecuarias de la CNEA es la que se refiere al uso de radioisótopos en el estudio de problemas de fertilidad del suelo. Este asunto merece nuestra mayor atención debido a la enorme importancia que tiene para el inmediato porvenir de nuestro agro, puesto que una de las posibilidades más accesibles para un mejoramiento más rápido de la producción agropecuaria lo constituye el manejo adecuado del suelo en relación con la conservación o aumento de su fertilidad.

Para este programa fue necesario obtener el adiestramiento técnico inicial del profesional que está en condiciones de dedicarse a esta tarea, y una vez cumplida esta etapa se han planeado y están ya en curso de desarrollo los primeros ensayos relativos al tema.

A simple título de referencia, y sin la pretensión de presentarlo como un trabajo de investigación cumplido pero que servirá para indicar el tipo de labor que se está desarrollando a este respecto, mencionaré la experiencia que ha realizado el Ing. Ghelfi con sus colaboradores el Ing. Manuel Amor Asunción y el Sr. Alberto Zappe, en nuestro Departamento y en la Facultad de Agronomía de Buenos Aires, con el objeto de aclarar una cuestión que se ha presentado al analizar los resultados de los interesantes trabajos realizados por Sauberán y Molina en los últimos años en nuestro país.

Estos autores han encontrado en experiencias efectuadas a campo que en dos lotes de tierra colindantes, uno de los cuales se continuó cultivando por el método común en la zona consistente en el uso del arado de reja tras la quema de los rastrojos y el otro, en forma diferente, dejando la materia orgánica de los rastrojos en superficie, para su descomposición parcial, e incorporándola superficialmente al suelo mediante el empleo de rastra pesada de discos. La investigación de fósforo asimilable en el suelo de ambos lotes, realizada por el método microbiológico del *Azotobacter*, en síntesis, dio el resultado siguiente: en el suelo en que se incorporó cenizas del rastrojo y se aró profundo no se encontró fósforo asimilable, mientras que en el que se incorporó superficialmente la materia orgánica del rastrojo parcialmente descompuesta se encontró fósforo asimilable en proporción discreta. Nuestra interpretación ha sido que el fósforo existente en el suelo en forma no asimilable pasó a la forma asimilable por efectos de la adición de materia orgánica, lo cual, desde muchos puntos de vista, resulta perfectamente aceptable.

Para demostrar la realidad de este aserto se planteó el siguiente ensayo. Se eligió tierra relativamente pobre en fosfatos que se distribuyó uniformemente en cuatro macetas, a dos de las cuales se les agregó estiércol madurado en la proporción de 100 toneladas por hectárea, trasplantándose luego 10 plantitas de cebada por maceta, previamente germinadas en arena desde hacía una semana. A las 2

semanas se agregó fosfato disódico marcado con P^{32} a un par de macetas (una con y la otra sin estiércol) y fosfato monocalcico marcado con P^{32} al otro par; luego dejase continuar el desarrollo de las plantas. Los resultados fueron los que se indican en el cuadro 2.

Cuadro 2. Ensayo con radioisótopos

		Cuentas/minuto (en cenizas de planta entera, a los 8 días)
$P^{32}O_4HNa_2$ (Eq. 13 ton/Ha) Actividad específica: 1 $\mu C/gr$	1. Con estiércol Eq. 100 ton/Ha	2.309
	2. Sin estiércol	596
$P^{32}O_4HCa$ (Eq. 13 ton/Ha) Actividad específica: 1 $\mu C/gr$	3. Con estiércol (Eq. 100 ton/Ha)	105
	4. Sin estiércol	112

Los autores consideran estos resultados como de orientación, en base a los cuales se plantea la continuación del trabajo, pero las cifras citadas permitieron desde ya deducir lo que sigue:

1) A los 8 días, en la maceta con fosfato disódico y estiércol, la asimilación del fósforo proveniente del suelo lo fue en proporción, en cifras redondas, cuatro veces mayor que en la maceta en que no se agregó materia orgánica.

2) En el mismo período de tiempo no se ha notado diferencia significativa alguna en las dos macetas con fosfato monocalcico, abstracción hecha de la adición de materia orgánica, debido probablemente a la mayor dificultad de disolución de la sal de calcio.

Sin entrar en las diversas consideraciones que pueden presentarse en el análisis de este modesto experimento, se pone por lo pronto en evidencia la importancia que tiene la materia orgánica en la asimilación del fósforo del suelo, lo cual adquiere, en la práctica de sus labores y manejo respecto de la conservación de su fertilidad, una significación excepcional.

En la comunicación que precedió a ésta el Dr. Saiz del Río, del personal científico del Instituto Interamericano de Investigaciones Agrícolas de Turrialba, Costa Rica, perteneciente a la Organización de los Estados Americanos, dio cuenta de trabajos relativos a problemas de fertilidad del suelo con la

autoridad que acreditan sus antecedentes, por lo cual me apresuro a declarar que el único objeto de mencionar el ensayo antes referido ha sido el de dejar constancia de la iniciación de estas actividades en nuestra institución.

En relación con el empleo de radioisótopos en el estudio de problemas agropecuarios, la CNEA ha promovido, como ya se dijo, la formación de centros de radiobiología en las distintas facultades de agronomía de las universidades nacionales de todo el país y ya han sido fundados o están en vías de constituirse en todas ellas, a saber: Buenos Aires, La Plata, Nordeste (Corrientes), Tucumán, y Cuyo (Mendoza).

Para su funcionamiento, cada centro dispone ya de un profesional adiestrado en el manejo técnico indispensable que ha seguido un curso completo de radioisótopos en la CNEA. Hasta el presente, diez ingenieros agrónomos y un médico veterinario han completado dicho curso.

Ensayos con Microorganismos

La otra actividad que se ha podido organizar en nuestro departamento, correspondiente al programa de investigaciones agropecuarias, es la del empleo de microorganismos, con el triple objeto de estudiar:

1) El efecto mutagénico de las radiaciones, en especial sobre microorganismos utilizables en procesos de importancia agrícola e industrial.

2) El efecto letal, especialmente en combinación con otros factores como el calor y la acción de antibióticos, con la finalidad de aplicar sus resultados al problema de la conservación de alimentos por irradiación.

3) El efecto fisiológico y bioquímico.

De estos tres objetivos, solamente el primero, y en algunos pocos ensayos, ha podido ser comenzado a tratar.

Apesar del corto tiempo transcurrido desde que se comenzó a trabajar en nuestro departamento en problemas de microbiología, estamos sin embargo en condiciones de comunicar los resultados hasta ahora obtenidos relativos al problema de los puntos más arriba mencionados, por juzgarlos de cierto interés.

Como material de estudio se utilizaron: a) bacterias esporuladas aerobias del grupo del *Bacillus subtilis*, por ser un grupo relativamente rico en especies de aparente interrelación; b) *Azotobacter chroococcum* y una especie afín: *Azotobacter beijerinckii*, por tratarse de bacterias de una gran importancia agrícola debido a su capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico y por haberse utilizado ampliamente la primera especie por un buen número de autores en estudios relativos a la llamada ciclogenia de las bacterias, que tiene evidentes relaciones con la moderna genética bacteriana; c) *Saccaromyces cerevisiae* y *Saccaromyces ellipsoideus*, por pertenecer a un grupo de microorganismos (levaduras de cerveza, de vino, de destilería y de panificación) de gran importancia industrial.

Las irradiaciones fueron dadas con rayos X, rayos gamma de Co^{60} y neutrones; los primeros ensayos no tardaron en mostrar las dificultades inherentes al uso de las bacterias esporuladas aerobias, especialmente por las altas dosis requeridas para exhibir efectos mutagénicos y letales. Las levaduras mostraron también una complejidad bastante acentuada en la obtención de formas mutadas, que en principio se consideraron de difícil manejo sin una organización más completa en la marcha del trabajo.

Las dos especies de *Azotobacter* citadas dieron en cambio resultados prometedores, por lo cual se resolvió intensificar su estudio.

Las irradiaciones con rayos X en dosis de hasta 50.000 r que ya son letales, así como con neutrones en exposiciones de hasta $1,25 \times 10^{12}$ neutrones/cm² dados en unas 50 horas, no dieron hasta ahora resultado alguno del punto de vista de la obtención de mutantes, pero la irradiación crónica con la pequeña bombita de Co^{60} , con emisión de radiaciones gamma de unos 750 r por hora, produjo formas mutantes hacia el octavo y décimoquinto días en la segunda y primera especies citadas, respectivamente.

Dos mutantes, una de cada una de las especies indicadas, se mostraron suficientemente diferenciables a simple vista de sus formas originales como para asignarles importancia desde un comienzo.

A esta altura del trabajo no se está en condiciones de suministrar datos completos del punto de vista cuantitativo, pero sí pueden exhibirse las características más salientes que muestran las colonias de los cultivos mutantes en comparación con las de los originales, sin entrar en otros detalles accesorios, de la manera que se indica a continuación:

Especie	Original	Mutante
<i>Azotobacter chroococcum</i>	{ oscuro mucoso	oscuro no mucoso
<i>A. beijerinckii</i>	{ claro no mucoso	claro mucoso

En ambos casos se ha obtenido, como se ve, una mutación en el carácter mucoso, pasando de positivo a negativo en el primer caso y a la inversa en el segundo.

Naturalmente, falta profundizar el estudio de este comportamiento singular, pero hasta ahora no es posible pasar por alto una hipótesis de trabajo que surge de la observación de este simple resultado y es que, si se obtuviera éxito en la transformación del carácter pigmento, no sería absurdo pensar en una transformación específica experimental de estas formas, por otra parte suficientemente semejantes entre sí como para pensar que ése podría ser el mecanismo de formación de una de ellas derivada de la otra en la naturaleza. Experiencias en este sentido ya han sido iniciadas y se espera intensificarlas en el próximo futuro hasta aclarar, si es posible, la cuestión planteada.



Figura 2. Mutaciones inducidas en *Azotobacter* por irradiaciones. El *A. chroococcum* cambia de mucoso a no mucoso, y el *A. beijerinckii* al revés.

RESUMEN

Lo expuesto puede resumirse en los cuatro puntos siguientes:

1) En el Departamento de Biología y Medicina de la CNEA argentina, su División de Investigaciones Agropecuarias mantiene un servicio de irradiación de semillas con rayos X, neutrones y rayos gamma, en el que se llevan ya tratados más de 115 Kg. de semillas seleccionadas, enviadas desde diversas regiones del país, correspondientes a unas 50 especies de plantas cultivadas, la mayor parte de las cuales tienen importancia económica consideradas del punto de vista agronómico.

2) En la misma institución se han comenzado a utilizar métodos radioisotópicos para el estudio de problemas atinentes a la conservación de la fertilidad

del suelo, comunicándose en esta ocasión la realización de un ensayo mediante el cual se ha podido comprobar la intensificación de la asimilación de fósforo del suelo por efecto de la adición de materia orgánica.

3) La CNEA argentina ha promovido la formación de centros de radiobiología en las facultades de agronomía de las universidades nacionales y en todas ellas ya están constituidos, o en vías de constituirse, los que corresponden a las de Buenos Aires, La Plata, Nordeste (Corrientes), Tucumán, y Cuyo (Mendoza).

4) En el estudio de problemas microbiológicos ha sido posible obtener, por efecto mutagénico de radiaciones gamma, sendos mutantes de dos especies de bacterias vecinas, *Azotobacter chroococcum* y *A. beijerinckii*, que han planteado un interesante problema de especiación natural, cuya implicación sistemática se está sometiendo a la investigación experimental.