

## LA CONTAMINACIÓN UN NUEVO EXPERIMENTO DEL HOMBRE CON EL HOMBRE\*

R. VILLALOBO-PIETRINI

Laboratorio de Radiobiología y Mutagénesis  
Ambiental, Instituto de Biología, UNAM.

Aunque el problema de contaminación se inició seguramente bajo condiciones específicas y dentro de espacios reducidos, en la actualidad alcanza tales proporciones que es uno de los problemas mundiales más importantes a los que se enfrenta el hombre moderno. La contaminación y el deterioro del ambiente no se refieren ya a aspectos limitados geográficamente, sino que representa un verdadero problema de ética internacional y debemos ser conscientes de que lo que se haga o deje de hacer podrá repercutir hasta en los habitantes de nuestra antípoda.

Un factor importante en el incremento explosivo de la contaminación en nuestro país está relacionado con la incorporación desorganizada a las grandes ciudades (dígase México, Monterrey, Guadalajara, etc.) de campesinos, aunada a la falta de planeación de tales emigraciones.

Es importante tener presente lo sucedido en otros países cuando la contaminación sobrepasó los niveles tolerables, en 1930, 60 habitantes del Valle de Monsa en Bélgica, murieron a consecuencia de las emanaciones industriales producidas en esa área. En Londres, en 1952, el "smog" alcanzó tal intensidad que de los 8 millones de londinenses expuestos al mismo, murieron más de 4,000 en solamente 5 días. De estos episodios trágicos no nos hemos escapado: en Poza Rica, Veracruz, en 1959, murieron 22 personas intoxicadas por sulfuro de hidrógeno escapado de una instalación de gas natural, aunque la avería fue reparada en media hora.

La búsqueda del hombre por obtener mayores satisfactores ha incrementado la explotación industrial de fuentes naturales, lo que paradójicamente ha traído consigo aumentos en la contaminación y en el deterioro ambiental.

### CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

#### *Compuestos de Azufre*

Entre los grandes contaminantes atmosféricos están los *óxidos de azufre* que provienen especialmente de la combustión de carbones y aceites minerales utilizados

\* Presentado en la 6a. Reunión del Instituto Internacional de Ecología en Monterrey, Nuevo León, México (abril, 1976).

en los automóviles, en forma doméstica y en fábricas. A estos contaminantes sulfurados se atribuyen las tragedias de Bélgica y Londres.

En los mamíferos, el *bióxido de azufre* es hidratado en la superficie del pulmón y ya en el torrente circulatorio es convertido en otras sustancias, entre las que se encuentra el *bisulfito de sodio* que produce mutaciones en bacterias y bacteriófagos. Además, se ha demostrado que el *bióxido de azufre* produce alteraciones cromosómicas e inhibiciones mitóticas en los tubos polínicos de plantas y en los linfocitos en cultivo.

Otros componentes del "smog" como el ozono, cuyas concentraciones son mayores en ciudades sobrecontaminadas, especialmente en áreas en donde operan motores eléctricos y para soldadura, también producen alteraciones cromosómicas en las raíces de las habas, en los cultivos de células humanas y en los linfocitos de animales y personas.

### *Compuestos de Nitrógeno*

Los *óxidos de nitrógeno* que salen de las escapes de los automóviles y el humo del tabaco son mutágenos potenciales. El *óxido de nitrógeno* puede ser convertido en el cuerpo en ácido nitroso, que es un potente desaminador en hongos, bacterias y virus, y por lo tanto un eficiente mutágeno.

### *La comunicación al público*

Ahora bien, en el lenguaje llano que precisamos utilizar para alertar a la opinión pública y a las autoridades, debemos señalar muy enfáticamente lo siguiente:

Los efectos directos de estos contaminantes en la salud, son alarmantes cuando sobrepasan determinados niveles, pero me pregunto ¿qué adjetivos debemos aplicar cuando tenemos datos experimentales de que los contaminantes alteran quizá lo más apriado en nuestro bagaje como especie, es decir nuestro patrimonio hereditario?

Desafortunadamente cuando logramos detectar alteraciones genéticas, mutaciones o cáncer, en la especie humana, es porque éstas ya se han realizado; por ello se requiere buscar los sensores biológicos más adecuados y precisos que nos permitan identificar anticipadamente los efectos indeseables.

Por medio de una planta, la *Tradescantia*, ha sido posible evidenciar las mutaciones somáticas inducidas por el ozono, el *bióxido de azufre* y el *bióxido de nitrógeno*, y aunque las concentraciones que producen esos efectos están por encima de los niveles tolerables por el hombre, es realmente preocupante que todos tengan acción mutagénica.

### PLAGUICIDAS

Además de los antes mencionados contaminantes atmosféricos, los plaguicidas

constituyen un capítulo especial, pues uno de los principales problemas a los que se ha enfrentado el hombre en todos los tiempos es el de su alimentación; la implantación de cultivos, ya desde su inicio trastornó profundamente los ambientes originales, al disminuir y hasta hacer desaparecer gran número de especies naturales y permitir el desarrollo de otras con fines pragmáticos. Uno de los factores más importantes en el desarrollo de la agricultura moderna es el control de las plagas y es también paradójico que éste constituya uno de los factores de mayor implicación en la contaminación ambiental.

En la historia de las plaguicidas, quizá dos hechos iniciales sean muy significativos: el descubrimiento de Kostoff en 1931 de que al fumigar con *sulfato de nicotina* plantas de tabaco, se producen anomalías morfológicas y citológicas que se expresan en esterilidad parcial de las plantas, disminuyendo la producción de semillas y mostrando en sus células meióticas muchas alteraciones cromosómicas. Otra fecha notable fue el otorgamiento del premio nobel de 1948 a Paul Müller por la demostración, en 1939, de las propiedades insecticidas de una sustancia llamada dicloro-difenil-tricloro-etano, o mejor conocida como *DDT*, sintetizada en 1876 por Zeidler.

El *DDT* fue producido en gran escala y comercializado en la segunda guerra mundial para combatir el tifo exantemático y erradicar el paludismo; es un plaguicida de los llamados persistentes, no es degradado por los organismos y al solubilizarse en los lípidos, se acumula en los tejidos grasos interfiriendo las reacciones bioquímicas normales.

Antes de seguir analizando casos específicos de plaguicidas, conviene considerar sus efectos a grandes rasgos: generalmente su empleo tiene como objetivo a organismos blanco; de ellos, el plaguicida acaba con los susceptibles dejando un campo enorme para los resistentes que se convierten en dominantes, sean plantas o animales. También es de tomarse en cuenta la acción de estas sustancias sobre organismos no blanco, como son los insectos polinizadores, que al ser eliminados producen obviamente alteraciones en la vegetación. Por otra parte, los resistentes pueden volverse plagas por la desaparición de sus competidores o sus depredadores. En resumen, es profundo el cambio que el uso de plaguicidas producen en la flora y la fauna naturales por la alteración de los ciclos normales en la naturaleza.

Se ha encontrado que los plaguicidas organoclorados persistentes como el *DDT*, el aldrín y el dieldrín, especialmente tóxicos para peces y mariscos, producen tumores en las truchas, en los ratones y en las ratas. En ratones el *DDT* induce alteraciones cromosómicas.

En varios países se ha prohibido el uso de estos agentes: en E.U.A., el *dieldrín* no se puede usar para tratar las remolachas; en Canadá, no deben mezclarlo los agricultores para el tratamiento de los terrenos de cultivo; en Austria está prohibido su empleo en las hortalizas y en Holanda está prohibido para usos domésticos. Se ha comprobado que las semillas con *dieldrín* provocan la muerte de pájaros y pequeños mamíferos que se alimentan con ellas.

Afortunadamente, el uso del *DDT* está prohibido en muchos países del mundo, pero sorpresivamente se están utilizando otros plaguicidas que son más tóxicos, como el *lindano* que se acumula también en las reservas grasas, en el hígado y los

riñones. Durante una campaña antipalúdica, a pesar de las precauciones que se tomaron para su uso, el 46% de las personas que estuvieron en contacto con él presentaron trastornos digestivos y respiratorios, síntomas cutáneos y nerviosos.

Después de varios años de aplicación de herbicidas se ha logrado obtener cultivos resistentes a ellos, se cuenta con variedades de cebada resistentes al *barban*, de maíz con resistencia a la *atrazina* (las sensibles presentan esterilidad parcial debida a translocaciones cromosómicas) y a la *simazina*, y variedades de trigo, nabo y col resistentes a la *simazina*. Parece que las resistencias del maíz y de la cebada están bajo el control de un gene recesivo simple, aunque también pueden intervenir sistemas poligénicos.

El herbicida quizás más utilizado es el ácido 2, 4-diclorofenoxiacético, mejor conocido por 2, 4-*D*, al cual las dicotiledóneas son especialmente sensibles. Se ha observado que la población de pastos resistentes al 2, 4-*D* ha aumentado 3 ó 4 veces, seis meses después del tratamiento, a expensas de las especies susceptibles.

En el área de Rung Sat en Vitenam, al sureste de Saigón, 100,000 acres o sea alrededor de 40,500 hectáreas de manglares, fueron asperjados con 2, 4-*D* y 2, 4, 5-*T* (ácido, 2, 4-5-triclorofenoxiacético) por varios años; con esta desfoliación, el bambú creció rápidamente y es el componente dominante de la vegetación. Obviamente esto afecta a la población animal asociada. Se ha demostrado que el 2, 4-*D* produce anomalías en las raíces de varias plantas (cebolla, haba, trigo, cebada, etc.) y en la cebada induce mutantes albinos.

Otra sustancia utilizada como herbicida es la *hidracida* mállica que actúa disminuyendo el número de divisiones celulares como resultado de la interferencia en el movimiento cromosómico; los rompimientos cromosómicos que induce, producen esterilidad en el grano de polen y la consecuente disminución del número de semillas.

En California, E.U.A., se aplica *dalapon* al suelo para impedir la emergencia de la maleza, pero en una ocasión en que el frío impidió la disolución del herbicida, el trigo y la cebada fueron afectados produciéndose plantas enanas y otras con malformaciones en las espigas cuya fertilidad se redujo por 4 generaciones.

La alfalfa y el girasol son sumamente sensibles al *picloram* y sólo se pueden establecer los cultivos sin que aparezcan mutantes, cuando a los suelos se les libera del herbicida por un período mayor de 5 años.

Entre los plaguicidas no persistentes, o sea que tienen vida breve, se cuenta el *malatión*, especialmente usado para destruir las cochinillas y los pulgones; ésta sustancia produce trastornos en el sistema cardiovascular y en el funcionamiento del aparato digestivo. Tanto el *paratión* como el *metilparatión* son compuestos organofosforados sumamente tóxicos, ya que se han descrito casos de malformaciones en niños recién nacidos y muertes antes del nacimiento cuando las madres quedaron expuestas a estas sustancias.

Otros agentes conocidos como *diclorvos*, o preparados comerciales que los contienen como "vaporette bar", "dedevap", "vaponax", "fly-cake", "Herkol", "nuvan", etc., son utilizados en restaurantes, aviones, habitaciones, graneros, gallineros invernaderos, etc., para la destrucción de insectos; se ha comprobado que producen al-

teraciones en los cromosomas y mutaciones de tipo manchado en las hojas del chícharo al exponer las semillas a los vapores de las tiras quemadas que contienen esas sustancias. También se ha encontrado que mata a ratones en pocas horas intoxica gravemente a las vacas y aumenta la actividad y la agresividad de los perros. Aparentemente su inhalación es más peligrosa que su ingestión.

Son muchos los ejemplos que podrían citarse de otros insecticidas, herbicidas, fungicidas, rodenticidas, nematocidas, de biocidas en general y de sus efectos en organismos blanco y no blanco. La mayor parte de estos agentes lanzada al medio justificando sólo razones económicas, sin la verificación de pruebas para demostrar su inocuidad a sistemas tan importantes como los hereditarios, que están prioritariamente involucrados en la calidad de vida de las especies vegetales y animales y especialmente en la del hombre.

Un agente, el 1, 2-dibromo-etano o *DBE*, que se ha usado como fumigante comercial y para el tratamiento del trigo en grano o molido y de las naranjas en período de almacenamiento y también, por otro lado, como aditivo en la gasolina, provocó la muerte en 54 horas de una mujer que ingirió poco más de 4 ml. de esa sustancia. Se ha demostrado que sus residuos afectan la fertilidad de los toros, producen cambios bioquímicos en los órganos de pollos y ratas que afectan su crecimiento, su desarrollo sexual y su fertilidad, alteran la formación y la liberación de hormonas en las gallinas y el tamaño del huevo y su producción, a las que se administró alimento fumigado con *DBE*. Se ha comprobado también la inducción de mutaciones somáticas por vapores de *DBE* en *Tradescantia*, al producir el cambio de coloración azul a rosa de las células de los pelos estaminales de la planta y el incremento de las mutaciones al aumentar las dosis aplicadas.

En el estado del Idaho, en E.U.A., se realizaron análisis cromosómicos en individuos expuestos a plaguicidas durante las operaciones de aspersión y fue posible demostrar un marcado incremento de aberraciones cromosómicas especialmente en los períodos de máxima actividad de aspersión.

#### PROPOSICIONES Y CONCLUSIONES

De todo lo expuesto surge una pregunta clave relacionada con la preocupación por el mejoramiento de la calidad de vida: siendo el sustrato hereditario, el DNA, parecido desde los virus hasta el hombre, al demostrar que los agentes mencionados alteran genéticamente a las plantas superiores, a los animales como las moscas de la fruta, los ratones y las ratas, a microorganismos como los hongos, las bacterias del aparato digestivo y los bacteriófagos, ¿es posible todavía tener reticencia para pensar que el hombre está exento de esos efectos? Se requiere el desarrollo de los mejores sensores biológicos que permitan extrapolar los resultados al hombre, porque como ya se mencionó antes, los efectos en el hombre se detectan cuando ya se están sufriendo.

Por lo anteriormente expresado y para terminar, es urgente el apoyo a la investigación básica y a la formación de los cuadros de investigación con el objeto

de llegar a un mejor conocimiento de la biota nacional para obtener sistemas de control biológico más efectivos y que permitan eliminar a todos esos "biocidas" que están actuando como verdaderos selectores artificiales para las plantas, los animales y el hombre mismo, en este dramático experimento que hemos creado.

## LITERATURA

- AMIR, D. y VOLGANI, R. (1965). Effect of dietary ethylene dibromide on bull semen. *Nature* 206, 99-100.
- BONDI, A. OLOMUCKI, E. y CALDERON, M. (1955). Problems connected with ethylene dibromide fumigation of cereals. II. Feeding experiments with laying hens. *J. Sci. Food Agric.* 6, 600-612.
- BURLINGHAM, G. K. (1971). Efectos antagónicos del 2, 4-dinitrofenol en las anomalías del crecimiento inducidas por 2, 4-D. En: Problemas de Investigación en Botánica. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, México, pp. 217-223.
- DAVIS, K. G. y FITZHUGH, O. G. (1962). Tumorigenic potential of aldrin and dieldrin for mice. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 15, 343-373.
- DEICHMANN, W. B., MACDONALD, W. E., BLUM, E., BEVLACQUA, M., RADOMSKI, J., KEPLIGER, M. y BALKUS, M. (1970). Tumorigenicity of aldrin, dieldrin and endrin in the albino rat. *Ind. Med.* 39, 426-434.
- FETNER, R. H. (1958). Chromosome breakage in *Vicia faba* by ozone. *Nature* 181, 504-505.
- (1962). Ozone-induced chromosome breakage in human cell cultures. *Nature* 194, 793-794.
- FITZHUGH, O. G. y NELSON, A. A. (1947). Chronic oral toxicity of DDT (2, 2-bis p-chlorophenyl)-1, 1, 1-trichloroethane). *J. Pharmacol. Exp. Therap.* 89, 18-30.
- FULLER, H. L. y MORRIS, G. K. (1963). The comparative toxicity of ethylene dibromide when fed as fumigated grain and when administered in single daily doses. *Poultry Sci.* 42, 508-514.
- GRANT, W. F. (1972). Pesticides-subtle promoters of evolution. *Symp. Biol. Hung.* 12, 43-50.
- y HARNEY, P. M. (1960). Cytogenetic effects of maleic hidrazide treatment of tomato seed. *Can. J. Genet. Cytol.* 2, 162-174.
- HALVER, J. E. (1975). Crystalline aflatoxin and other vectors for trout hepatoma. Trout hepatoma research conference papers: U.S. Fish and Wildlife Service Res. Rep. 70, 78-102.
- HAYATSU, H. y MIJRA, A. (1970). The mutagenic action of sodium bisulfite. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 39, 156-160.
- HAYES, J. D., PFEIFFER, R. K. y RANA M. S. (1965). The genetic response of barley to DDT and barban and its significance in crop protection. *Weed Res.* 5, 191-206.
- INNES, J. R. M., ULLAND, B. M., VALERIO, M. G. PETRUCCELLI, L., FISHBEIN, L., MART, E. R., PALLOTA, A. J., BALES, R. R., FALK, H. L., GART, J. J., KLEIN, M., MITCHELL, I. y PETERS, S. (1969). Bioassay of pesticides and industrial chemicals for tumorigenesis in mice: a preliminary note. *J. Nat. Cancer Inst.* 42, 1101-1114.
- JOHNSON, G. A. y JALAL, S. M. (1973). DDT-induced chromosomal damage in mice *J. Heredity* 63, 7-8.
- KARIM, A. y BRADSHAW, A. D. (1968). Genetic variation in simazine resistance in wheat, rape and mustard. *Weed Res.* 8, 283-291.
- MA, T. M., ISBANDI, D., KHAN, S. H. y TSENG, Y. S. (1973). Low level of SO<sub>2</sub> enhanced chromatid aberrations in Tradescantia pollen tubes and seasonal variation of the aberrations rates. *Mutation Res.* 21, 93-100.
- MERTZ, T., BENDER, M. A., KERR, H. D. y KULLE, T. J. (1975). Observations of aberrations in chromosomes of lymphocytes from human subjects exposed to ozone at a concentrations of 0.5 ppm for 6 and 10 hours. *Mutation Res.* 31, 299-302.
- MOHANDAS, T. y GRANT, W. F. (1972). Cytogenetic effects of 2, 4-D and amitrole in relation to nuclear volume and DNA content in some higher plants. *Can. J. Genet. Cytol.* 14, 773-783.
- MUKAI, F., HAWRYLUK, I. y SHAPIRO, R. (1970). The mutagenic specificity of sodium bisulfite. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 39, 983-988.

- OLOMUCKI, E. y MANDEL, E. (1969). Gonadotropic hormones in hens treated with ethylene dibromide. *Poultry Sci.* 48, 957-960.
- , NACHTOMI, E., KEMPENICH-PINTO, O., MANDEL, E., y SCHINDLER, H. (1968). The effect of ethylene dibromide in feed on growth, sexual development and fertility of chickens. *Poultry Sci.* 41, 1979-1985.
- SCHNEIDER, L. K. y CALKINS, C. A. (1970). Sulfur dioxide-induced lymphocyte defects in human peripheral blood cultures. *Environ. Res.* 3, 473-483.
- SCOTT, G. E. y GROGAN, C. O. (1969). Location of a gene in maize conditioning susceptibility to atrazine. *Crop. Sci.* 9, 669-670.
- SHAPIRO, R., SERVIS, R. R. y WELCHER, M. (1970). Reaction of uracil and cytosine derivatives with sodium bisulfite, a specific deamination method. *J. Am. Chem. Soc.*, 92, 422-424.
- SPARROW, A. H., SCHAIRER, L. A. y VILLALOBOS-PIETRINI, R. (1974). Comparison of somatic mutation rates induced in *Tradescantia* by chemical and physical mutagens. *Mutation Res.* 26, 265-276.
- SUMMERS, G. A. y DRAKE, J. W. (1971). Bisulfite mutagenesis in bacteriophage T<sub>4</sub>. *Genetics* 68, 603-607.
- SUNESON, C. A. y JONES, L. G. (1960). Herbicides may produce instability. *Agron. J.* 52, 120-121.
- TAYAN, R., KEMENY, T., TARTAJAN, R. y KEMEY, T. (1969). Multigeneration on DDT in mice. *Food Cosmet. Toxicol.* 7, 215-222.
- TOMATIS, L., TURUSOV, V., U. y CHARLES, R. T. (1972). The effect of long term exposure to DDT on CF-1 mice. *Int. J. Cancer* 10, 489-506.
- UNDERBRINK, A. G., SCHAIRER, L. A. y SPARROW, A. H. (1973). *Tradescantia* stamens hairs: A radiobiological test system applicable to chemical mutagenesis. In: A. Hollaender (Ed.), *Chemical mutagens; principles and methods for their detection*. Vol. 3, Plenum, Nueva York, pp. 171-207.
- VANDEN BORN, W. H. (1969). Picloram residues and crop production. *Can. J. Plant Sci.* 49, 628-629.
- WALLACE, A. T., RILLO, F. O. y BROWING, R. M. (1968). DDT resistance in barley, *Hordeum vulgare*. I. Induced mutants for resistance. *Radiat. Bot.* 8, 381-388.
- YODER, J., WATSON, M. y BENSON, W. W. (1973). Lymphocyte chromosome analysis of agricultural workers during extensive occupational exposure to pesticides. *Mutation Res.* 21, 335-340.
- ZELAC, R. E., CROMROY, W. E., BOLCH, JR., W. E., DUNAVANT, B. G. y BEVIS, H. A. (1971a). Inhaled ozone as mutagen. I. Chromosome aberrations induced in Chinese hamster lymphocytes. *Environ. Res.* 4, 262-282.
- , CROMROY, W. E., BOLD, W. E., DUNAVANT, B. G. y BEVIS, H. A. (1971b). Inhaled ozone as mutagen. I. Effect on the frequency of chromosome aberrations observed in irradiated Chinese hamster. *Environ. Res.* 4, 325-342.