

INFORME DE INVESTIGACIÓN

DAÑOS GENÉTICOS EN LA FRONTERA DE ECUADOR POR LAS FUMIGACIONES DEL PLAN COLOMBIA

Noviembre 2003

Para Dr. Claudio Mueckay
Defensoría del Pueblo de Ecuador

Elaborado por Adolfo Maldonado¹

¹ Médico tropicalista miembro de Acción Ecológica, integrante del CIF (Comité Interinstitucional contra las Fumigaciones) designado como Perito por la Defensoría del Pueblo de Ecuador dentro del expediente investigativo n° 9067-DAP-2002 instaurado “para determinar los impactos en el Ecuador, de las fumigaciones realizadas en la zona del Putumayo dentro del Plan Colombia”.

DAÑOS GENÉTICOS EN LA FRONTERA DE ECUADOR POR LAS FUMIGACIONES DEL PLAN COLOMBIA

Resumen

En este estudio se establece la relación de las fumigaciones aéreas del plan Colombia, con daños en el material genético. Se analizaron 47 mujeres, 22 en la línea de frontera, tanto de Ecuador como de Colombia, que fueron expuestas por las fumigaciones aéreas del plan Colombia a la mezcla del glifosato con POEA + Cosmoflux 411F. El 100% de mujeres, además de los síntomas de intoxicación presentaron daños genéticos en un tercio de las células sanguíneas. Frente a ellas, el grupo control de 25 mujeres a más de 80 km. de la zona fumigada, presentaron células con escaso daño genético, la mayoría de las células están en buenas condiciones.

Introducción

Si bien el Gobierno de Colombia fumiga con glifosato y en avionetas los cultivos ilícitos desde 1986, estas se intensifican en frecuencia, extensión de hectáreas, concentración de herbicida por hectárea, y mezcla de productos de fumigación a partir del Plan Colombia. En el Departamento del Putumayo estas fumigaciones comenzaron en el año 2000, y lo hicieron con el herbicida Glifosato a una concentración del 43,9%, (por encima de la presente en fórmulas comerciales 41%), al que se le adicionan dos surfactantes POEA y Cosmoflux[2]. A esta mezcla la empresa fabricante, Monsanto, le denomina Roundup Ultra, el cual no es utilizado comercialmente. Pero además se aplica a una dosis de 23,4 litros por hectárea, lo que supone que en las fumigaciones de enero del 2001, sobre 29.000 hectáreas[3] se vertieron 678.600 litros de Roundup Ultra. En el año 2002 se fumigaron 150.000 ha. lo que supone fumigar con 3 millones 510 mil litros de glifosato que en el 2003 ascenderán a 4 millones 680 mil litros para las 200.000 ha. que prevén fumigar[4].

La característica de esta fumigación es que, por una parte, el herbicida se usa a una concentración superior (26%) a la aconsejada por la empresa (1%) y por la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA por sus siglas en inglés) contra malezas en agricultura; y la segunda que la mezcla utilizada (glifosato + POEA + Cosmoflux 411F) no ha sido estudiada sobre animales en sus efectos, pero se está asperjando directamente sobre personas con fumigaciones aéreas que se realizan entre 15 y 60 metros de altura[5].

La importancia de estos datos viene dada por cuanto por un lado no hay estudios previos de este producto y a estas concentraciones en la literatura científica, por otro lado estas fumigaciones aéreas se realizan sobre cultivos de alimentos, fuentes de aguas, viviendas, escuelas, animales domésticos, ganado, selvas y personas.

La mezcla utilizada en las fumigaciones (glifosato + POEA + Cosmoflux 411F)[6] corresponden a un herbicida no selectivo, de amplio espectro, muy soluble en agua. Existen varias formulaciones, que se caracterizan comúnmente por contener 480g/L de sal IPA de glifosato y el surfactante POEA (polioxietil amina), dándose diferencias en las concentraciones de los ingredientes y en la clase o mezclas de POEA. En algunos casos contienen surfactantes adicionales como ocurre en su uso para las fumigaciones de cultivos ilícitos con POEA + Cosmoflux411F (Dinham, 1999; EPA, 1999; Greenpeace, 1997; Meister, 2000; Williams et. al., 2000).

En Colombia, además de su uso en los programas de erradicación forzosa de cultivos calificados como ilícitos, se usa como herbicida en la agricultura y también como desecante de granos y por vía aérea como madurante en la caña de azúcar.

Antecedentes históricos de los plaguicidas

La estrategia más frecuente de las empresas fabricantes de pesticidas consiste en hacer publicidad y no investigar. Las empresas fabricantes de glifosato, Monsanto a la cabeza, gastan ingentes cantidades de dinero en publicidad aduciendo que es inocuo. Sin embargo esta mercadotecnia no es nueva, ya existen desafortunados antecedentes. Spitzer (2002)[7], un ingeniero genético, recoge algunos de ellos.

Cuando el DDT[8] fue fabricado para controlar insectos de cultivos agrícolas, la propaganda de la industria química describía al DDT como un invento milagroso. Una compañía anunciaba que “pruebas científicas exhaustivas han demostrado que, cuando es utilizado adecuadamente, el DDT ...es un benefactor de toda la humanidad...Actualmente todos pueden disfrutar de mayor confort, salud y seguridad gracias al ...DDT”[9].

Se tardaron 10 años (Carlson, 1962) para demostrar que plaguicidas como el DDT, ingresan irreversiblemente a la cadena alimenticia, se acumulan progresivamente en las plantas y en los tejidos grasos de peces, aves y animales (incluso seres humanos), y provocan la muerte de miles de pájaros, llevando a algunas especies al borde de la extinción[10]. El DDT sólo desde hace una década ha sido calificado por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de EEUU, como cancerígeno para el ser humano[11]. Después de que sólo en los EEUU se usaran 613 millones de kg. de DDT.

Otro caso relatado por Spitzer es el del DBCP[12], fabricado entre otras empresas por Dow Chemical. Esta empresa anunciaba que:

“Es nuestra política habitual informar cabalmente a la gente sobre cuál es el material con el que trabajan y cuál es su potencial”. Sin embargo, Dow supo durante décadas del peligro que representaba el DBCP para las funciones reproductivas. En 1958, el laboratorio Dow Chemical Company Biochemical Research Laboratory, escribió: “La atrofia testicular puede ser consecuencia de una prolongada exposición reiterada” y recomendó niveles de exposición más bajos. Dow trató el informe como “interno y confidencial” y no redujo los niveles de exposición.[13]

El DBCP se sabe hoy que reduce la cantidad total de espermatozoides en el hombre y es un “posible cancerígeno según la EPA”, es contaminante del agua subterránea y sospechoso alterador del sistema endocrino. Varios estudios llevados a cabo (33 años después del informe del 58) demostraron los daños que provoca el DBCP. Uno de esos estudios reveló que los trabajadores de las fábricas de DBCP “con más de 90 días de exposición, tenían cantidades de espermatozoides marcadamente disminuidas, y hasta un 70 por ciento era estéril”[14].

De igual manera ocurre con el glifosato, Spitzer, en un apartado denominado las exageraciones sobre el glifosato menciona que Monsanto obtuvo con su herbicida Roundup en el año 2000 el 67% del total de sus ventas[15].

La compañía argumentaba en la propaganda que el Roundup es “más seguro que la sal de mesa” y “puede ser utilizado donde juegan niños y mascotas, y se degrada en materiales naturales”[16].

El Abogado General de Nueva York, Dennis Vacco, calificó los argumentos propagandísticos de Monsanto como “especialmente alarmantes” y en un acuerdo legal resuelto en 1997, obligó a la compañía a suprimir las declaraciones engañosas de sus anuncios publicitarios en el estado de Nueva York[17].

Estos no son los únicos casos, la industria de los agroquímicos describe los efectos de los plaguicidas como leves y tienen que ser décadas de investigación posteriores las que demuestren que los plaguicidas modernos provocan perjuicios humanos y ambientales generalizados[18]. La Organización Mundial de la Salud estima que los plaguicidas causan

aproximadamente 37.000 casos de cáncer al año[19].

Sin embargo la publicidad sigue desinformando a la población. Si hace 50 años el DDT se anunciaba en televisión con una familia sonriente que recibía el polvo que caía en sus cabezas. En el 2001, Randy Beers, Secretario Auxiliar del Departamento de Estado de EEUU, dijo que "esta dispuesto a ir al Putumayo con su esposa e hijos, pararse en la mitad de un campo cultivado por la droga y dejar que los aviones de fumigación los rocíen con el químico".[20]

Antecedentes científicos

Un análisis necesario de la bibliografía científica y de información actualizada permite identificar los riesgos al ambiente y a la salud, tanto de los componentes del Roundup como del efecto sinérgico de la mezcla utilizada en las fumigaciones aéreas.

Cuando el glifosato cae a tierra el principal metabolito de degradación es el ácido aminometilfosónico (AMPA), el cual es también tóxico. El glifosato puede contener cantidades traza de N-nitroso glifosato o este compuesto puede formarse en el ambiente al combinarse con nitrato (presente en saliva humana o fertilizantes). La mayoría de compuestos N-nitroso son cancerígenos. El formaldehído, otro carcinógeno conocido, es también un producto de descomposición del glifosato. El glifosato se transforma en AMPA, de este pasa a Metilamina y de aquí a Formaldehído. (Cox, 1995; Dinham, 1999; Williams et. al., 2000)

El surfactante POEA contenido en la formulación causa daño gastrointestinal y al sistema nervioso central, problemas respiratorios y destrucción de glóbulos rojos en humanos. POEA está contaminado con 1-4 dioxano, el cual ha causado cáncer en animales y daño a hígado y riñones en humanos.

Del Cosmoflux nada se sabe, sólo que con su adición al Roundup éste producto en Colombia subió de categoría toxicológica IV a la categoría III (moderadamente tóxico), pero sin hacer ningún tipo de estudio que compruebe esa categorización[21]. Se conoce que disminuye el tamaño de las gotas de glifosato y aumenta la adherencia del mismo a la superficie donde cae, lo que permite una mayor absorción a nivel digestivo, respiratorio, cutáneo y de la cutícula de las plantas, aumentando la deriva por permitir un mayor tiempo de suspensión en el aire.

La empresa Monsanto en la etiqueta del Roundup, afirma que el herbicida que cae al suelo es inactivado inmediatamente por una reacción química que ocurre con las arcillas, sin dejar residuos que puedan afectar las siembras posteriores, ni tampoco penetrar por las raíces de los cultivos ya establecidos. Sin embargo, varios investigadores independientes afirman que el glifosato puede soltarse de las partículas del suelo pudiendo ser muy móvil (Cox,1995). Según quejas ante la Defensoría del Pueblo en Colombia, y testimonios en Ecuador los cultivos alimenticios son destruidos totalmente por las fumigaciones aéreas de Roundup y se ven afectadas las siembras posteriores.

Clínica de la intoxicación

El Roundup está asociado con un creciente riesgo de abortos y nacimientos prematuros[22]. En un estudio entre 1984 y 1990, el registro de causas de enfermedad por plaguicida más común entre los jardineros correspondió al glifosato. En otro estudio ocupó el tercer lugar entre las causas de enfermedad por plaguicidas más comúnmente registradas entre los trabajadores agrícolas de California[23].

Brian Tokar[24] recoge que algunos de los síntomas de envenenamiento agudo como consecuencia de la ingestión de Roundup en humanos incluyen calambres gastrointestinales, vomito, hinchazón- tumefacción- de pulmones, neumonía, turbación del conocimiento, y destrucción de glóbulos rojos. Se ha reportado la irritación de ojos y piel en los trabajadores que mezclan, cargan y aplican el glifosato. Este autor recoge algunos estudios sobre el glifosato:

En un Sistema de Monitoreo de Incidentes de Pesticidas-(Pesticide Incident Monitoring System) se tienen 109 reportes de efectos contra la salud asociados con exposición al glifosato, entre 1966 y 1980, entre los que se presentaron irritación de la piel y ojos; náuseas, diarrea, visión borrosa, fiebre y debilidad[25].

La (Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides) NCAP-de Oregon, revisó mas de 40 estudios científicos sobre los efectos del glifosato, y del polioxyethylene amina (POEA), utilizada como un surfactante del Roundup, concluyendo que el herbicida es muchísimo menos benigno de lo anunciado por Monsanto:

Una serie de intentos de suicidio con Roundup, en el Japón, permitió a los científicos calcular la dosis letal en seis onzas (350ml). El herbicida es 100 veces más tóxico para los peces que para las personas. Es tóxico además para las lombrices, bacterias del suelo y hongos benéficos, y los científicos han podido establecer un numero considerable de efectos fisiológicos en peces y otros animales salvajes además de efectos secundarios atribuibles a la defoliación de los bosques. La descomposición del glifosato en N-nitrosoglifosato y otros compuestos relacionados ha aumentado los temores acerca de la posible cancerogenicidad de los productos del Roundup[26].

En 1993, un estudio de la Universidad de California, en la Escuela de Salud Pública en Berkeley, estableció que el glifosato es la causa más común de enfermedades relacionadas con pesticidas entre los trabajadores de parques y jardines de California, y la tercera causa entre trabajadores del agro[27].

En 1996, una revisión de la literatura científica hecha por miembros de Vermont Citizen's Forest Roundtable reveló evidencia de daños pulmonares, palpitaciones, náusea, problemas reproductivos, aberraciones cromosómicas, y otros efectos perjudiciales debidos a la exposición al herbicida Roundup[28].

Con respecto a la aplicación de glifosato como madurante hay estudios que demuestran aumento de malformaciones congénitas en niños de regiones sometidas a fumigación con glifosato, como ha sido documentado en la Sierra Nevada de Santa Marta, la zona bananera y las regiones coqueras de Guaviare y Meta. Este herbicida es particularmente peligroso, debido a que el producto comercial posee un agente surfactante, el 1,4-dioxano, que se estima es diez veces más carcinogénico que la misma sal de glifosato[29].

De igual manera hay informes de que la fumigación aérea con glifosato en la Sierra Nevada de Santa Marta con el fin de acabar con los narcocultivos generó una acción devastadora en el ambiente y el nacimiento de niños con malformaciones congénitas.

No solo el glifosato es tóxico sino que se ha comprobado que los otros ingredientes que contiene (surfactantes) son potenciales agentes cancerígenos. El actual ministro de Medio Ambiente Juan Mayr, afirmaba en 1995 cuando era director de la Fundación Pro Sierra Nevada de Santa Marta, que "la fumigación es imprecisa si se hace de manera aérea, toda vez que se corre el riesgo que los vientos se lleven el químico a otro lado y de esta manera se terminaría afectando otra zona de bosques o cultivos e incluso la flora y la fauna" . El embate del glifosato en la Sierra Nevada de Santa Marta implicó la desaparición de 10 de los 35 ríos que bajaban del macizo y surtían de agua a los departamentos del César, Magdalena y La Guajira[30].

Toxicidad en suelos y aguas

El glifosato puede ser descompuesto por microorganismos, reportándose un tiempo de vida medio en el suelo de alrededor de 60 días según la EPA, y hasta de 1 a 3 años según estudios realizados en Canadá y Suecia. La EPA añade que en estudios de campo los residuos se encuentran a menudo al año siguiente (Dinham, 1998; Cox 1995).

El glifosato sólo, es altamente soluble en agua, con una solubilidad de 12 gramos/litro a 25°C. Su persistencia en aguas es más corta que en suelos, sin embargo en Canadá se ha encontrado

que persiste de 12 a 60 días en aguas de estanques, pero persiste más tiempo en los sedimentos del fondo. La vida media en sedimentos fue de 120 días en un estudio en Missouri, Estados Unidos. La persistencia fue mayor de un año en sedimentos en Michigan y en Oregon.

El glifosato se ha encontrado contaminando aguas superficiales y subterráneas. Contaminó dos estanques en granjas de Canadá, uno por un tratamiento agrícola y el otro por un derrame; contaminó aguas superficiales en Holanda; y siete pozos en Estados Unidos (uno en Texas y seis en Virginia) se encontraron contaminados con glifosato. En el Reino Unido, la Welsh Water Company ha detectado niveles de glifosato en aguas desde 1993, por encima de los límites permisibles fijados por la Unión Europea. De igual manera, en Dinamarca el Ministro del Ambiente acaba de prohibir, en septiembre del 2003, el uso de glifosato en la agricultura durante la época de lluvias tras el descubrimiento del Instituto de Investigaciones Geológicas de Dinamarca y Groenlandia (DGGRI) de que el glifosato estaba en las aguas subterráneas a una concentración de 5 veces el permitido en agua potable[31]. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos ha encontrado que, exposiciones a residuos de glifosato en aguas de consumo humano por encima del límite máximo autorizado de 0.7 mg/L, pueden causar respiración acelerada y congestión pulmonar, daño renal y efectos reproductivos en seres humanos (Dinham, 1999).

El glifosato sólo, por ser herbicida de amplio espectro, tiene efectos tóxicos sobre la mayoría de especies de plantas, y puede ser un riesgo para especies en peligro de extinción si se aplica en áreas donde ellas viven. De acuerdo con información de la EPA, más de 74 especies amenazadas en Estados Unidos pueden estar en riesgo por el uso del glifosato. La misma fuente añade que dosis subletales de glifosato pueden incrementar la susceptibilidad de algunas plantas (p.e. manzana, cebada, soya, tomate) a enfermedades causadas por hongos.

El glifosato puede inhibir hongos que ayudan a las plantas a absorber nutrientes y agua. Y de acuerdo con estudios reportados por Williams et. al. (2000), el Roundup puede producir aberraciones cromosómicas en células de la punta de raíz de cebolla, sugiriéndose que este efecto sobre los cromosomas de las células de las plantas podría deberse al surfactante.

Genotoxicidad asociada a las fumigaciones

Es sabido que los ingredientes activos utilizados en la elaboración de pesticidas de uso comercial tienen efectos dañinos en la salud, tanto en consumidores finales de los alimentos tratados como en los trabajadores expuestos[32] y entre los efectos que ocasionan los pesticidas, el más relevante es la genotoxicidad.

Hay numerosos estudios que relacionan el uso del glifosato con daños al material genético poniendo en evidencia la aparición de malformaciones congénitas, cáncer y abortos. El mecanismo viene dado por la genotoxicidad que los pesticidas han demostrado tener, y el glifosato no es una excepción.

En un reciente Amicus Curiae (Informe técnico) presentado en el Consejo de Estado de Colombia por Mark Chernaik, eminente toxicólogo norteamericano se afirma que “la exposición al glifosato representa un riesgo en las mujeres gestantes”. Esta afirmación está basada en el estudio realizado por Arbuckle (2001)[33] que encontró una mayor incidencia de abortos espontáneos entre las doce y diecinueve semanas de gestación en mujeres expuestas al glifosato antes de iniciada la gestación. De igual manera se encontraron efectos genéticos del glifosato en cultivos in vitro de bovinos y en linfocitos humanos.

“Este es un estudio realizado en Ontario Canadá, sobre la relación entre la exposición a varios tipos de plaguicidas y la ocurrencia de abortos espontáneos en familias de agricultores. El estudio comprendió 2.110 mujeres en base a 3.936 embarazos, e incluyó 395 abortos espontáneos.

Uno de los aspectos interesantes de este estudio es el que existe una mayor interacción entre los plaguicidas a los que está expuesta una persona a medida que pasa el tiempo. Por

lo general, los agricultores y sus familias están expuestos a una variedad de plaguicidas de diversas familias químicas (organofosforados, carbámicos, etc.) Estas interacciones causan una mayor incidencia de muerte fetal. Además de la naturaleza química del plaguicida, la toxicidad también depende del momento en que ocurre la exposición. Existen momentos críticos del desarrollo fetal y del sistema reproductivo en los cuales los plaguicidas tienen un mayor efecto tóxico.”[34]

Reporte de la investigación: trabajo de campo y laboratorio

En septiembre del 2002 se desplazó una misión de verificación, compuesta por 11 organizaciones, a la frontera colombo-ecuatoriana para señalar los daños que las fumigaciones contra cultivos de coca, realizadas en esas fechas, habían ocasionado sobre la población ecuatoriana, sus cultivos y animales.

En esa ocasión se realizaron muestras de sangre sobre 4 personas afectadas por las fumigaciones encontrándose que el número de aberraciones cromosómicas eran 17 veces más altas que las que el laboratorio tenía estandarizadas como normales.

Ante esta situación se decidió hacer un nuevo estudio que permitiera descubrir si en el origen de estas lesiones están las fumigaciones, o si son lesiones propias de la población ocasionadas por alguna otra causa.

La hipótesis de partida es que fumigar con un producto de estas características (con esa mezcla) y a esta concentración, al ser los componentes sinérgicos en su efecto sobre las plantas, es decir, unos potencian a los otros; también potencian el efecto secundario sobre las personas.

Objetivo

Verificar con una muestra representativa de población colombiana y ecuatoriana si las alteraciones genéticas detectadas en la población se deben a las fumigaciones con Glifosato + POEA + Cosmoflux 411F.

El propósito del estudio fue obtener información técnica para apoyar políticas que protejan la vida y la calidad de vida de quienes habitan en el cordón fronterizo.

Hipótesis a comprobar

Las personas que sufren de síntomas por las fumigaciones aéreas del plan Colombia, sufren también daños en el material genético.

Procedimiento:

Se hicieron encuestas y análisis de sangre[35]* a mujeres que refirieron haber sufrido sintomatología derivada por las fumigaciones y a un grupo control.

El criterio de investigar sólo a mujeres fue adoptado por cuanto los agroquímicos en agricultura son usados con menos frecuencia por las mujeres que los hombres, y por tanto están menos expuestas a genotóxicos.

Los problemas identificados en el estudio y la situación de guerra que se vive en Colombia puede tener efectos indeseables sobre las mujeres que aceptaron participar en él. Por estas razones, se

* Los estudios de laboratorio se hicieron en el Laboratorio de Genética Molecular y Citogenética Humana, en el Departamento de Ciencias Biológicas, Unidad de Genética, Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en Quito. Bajo la responsabilidad del Dr. Cesar Paz y Miño. Por cada muestra de sangre se hicieron dos pruebas, la de cometa y la de Citogenética

han ocultado los nombres reales de las personas y se les invitó a ponerse un pseudónimo, para que pudieran ser identificados en el caso de necesitar comunicarle alguna situación de gravedad. Garantizar el anonimato fue fundamental para la participación.

Antes de cada procedimiento se informó a todos los participantes de los objetivos de la investigación y se obtuvo consentimiento previo tanto para la encuesta como para la toma de sangre.

Resultados de la encuesta

Tamaño de la muestra:

Se analizaron y entrevistaron a 47 mujeres, repartidas en dos grupos de estudio: 1) El grupo de afectadas lo componen 22 mujeres (10 de Ecuador y 12 de Colombia) que habían recibido el impacto de las fumigaciones aéreas en una ocasión o más, y presentado síntomas de intoxicación. 2) El grupo control incluye a 25 mujeres ecuatorianas ubicadas a más de 80 km. de la frontera donde se realizan las fumigaciones y, por lo tanto, no han estado expuestas.

Los dos grupos de mujeres son similares con respecto a la edad 39,6 y 36,6 años de media respectivamente. Entre los 20 a 45 años se encuentra el 64% de las mujeres afectadas y el 80% del grupo control. Todas ellas pertenecen a un mismo grupo étnico, mestizo.

Tiempo y lugar de residencia:

El estudio sobre el grupo afectado se centró en comunidades del cordón fronterizo colombo-ecuatoriano, en las provincias de Sucumbíos (Ecuador) y Putumayo (Colombia) a menos de 10 km. de la frontera, al interior de Colombia, y en comunidades a menos de 3 km. de la frontera en territorio ecuatoriano. Comunidades que han sido fuertemente afectadas por las fumigaciones y que no presentan indicios de actividad petrolera.

Las mujeres afectadas de Ecuador procedían de Pto. Nuevo (1), Palma Seca (1), Playera Oriental (1), Santa Marianita(5), Corazón Orense (2). Las mujeres de Colombia procedían de tres comunidades en frecuencia de 6-3-3. En el grupo control las procedencias se repartían de la siguiente manera: Abdón Calderón (8), Huamayacu (8), Morán Valverde (6), 23 de julio (2) y Unión Manabita (1).

El tiempo medio de residencia en su vivienda actual de ambos grupos es muy semejante, mientras el grupo de mujeres afectadas tienen un tiempo medio de 15,9 años residiendo en la zona (colombianas 18 años y ecuatorianas 12) el del grupo control es de 16,7 años.

Distancia a las fumigaciones:

Las mujeres colombianas mencionaron haber recibido el impacto de las fumigaciones directamente sobre sus casas y haberse protegido en ellas durante el momento de más intensidad, aunque algunas refirieron haber sido sorprendidas en el camino y sólo protegerse con lo que las hojas de plátano le evitaban caer encima. Las mujeres ecuatorianas fueron sorprendidas a 200 metros (3) y entre los 1000 y 3000 metros. Pero ellas afirman que en vez de protegerse, salían a ver las avionetas fumigar y que notaron como les llegaba el líquido de la fumigación.

Tiempo y tipos de exposición:

Todas las mujeres afectadas por las fumigaciones refieren haber estado entre una a dos semanas sufriendo de las inhalaciones de las fumigaciones. Aunque los impactos directos, fueron de uno o dos días, las avionetas se mantenían en los alrededores durante una a dos semanas fumigando.

La toma de muestras y encuestas se hicieron en el período comprendido entre 15 días y dos meses después de las fumigaciones.

Ninguna mujer del grupo afectado había trabajado con pesticidas, ni en Ecuador ni en Colombia. Sin embargo en el grupo control, 5 (20%), refirieron haber usado químicos en algún momento para la casa o la finca, sin embargo afirmaron haberlos usado en muy poca cantidad, y hacía más de

dos meses, sólo tres mujeres dijeron haberse sentido mal, una de ellas presentó niveles del 10% de células dañadas en la prueba cometa.

Ninguna de las mujeres refirió tener contacto cercano con la actividad petrolera, o con sus productos de desecho, no usar fertilizantes, disolventes ni pinturas, tintes o metales. Las casas no tienen asbesto en los techos.

Actividad laboral:

De la totalidad de la muestra, 44 mujeres se dedican a labores domésticas como principal actividad, y como segunda actividad apoyan en las labores de la finca. Las 3 restantes mantienen otro tipo de actividad laboral: profesora, cocinera y estudiante. Las actividades en la finca consisten en la siembra, cosecha y cuidados de animales de crianza.

Hábitos:

No existen diferencias significativas entre los dos grupos. Las mujeres no son fumadoras ni consumen algún tipo de bebida alcohólica con regularidad. Cocinan con gas y cuando este falta se sustituye con leña, pero por muy cortos periodos de tiempo. Esto lo manifestaron el 40% del grupo control y el 53% de las afectadas. El 12% del grupo control refiere cocinar sólo con leña frente al 25% de las afectadas.

Enfermedades:

Ambos grupos han sido muy semejantes en los antecedentes de enfermedades que han padecido. El grupo de mujeres afectadas presentó un 68% de normalidad, frente a un 72% del grupo control. El tipo de enfermedades también es muy semejante entre ambos grupos, incluyendo casos de diabetes, problemas cardiacos, alergias y hepatitis, sin embargo en el grupo de mujeres afectadas por la contaminación encontramos dos casos de cáncer diagnosticados en el último año que tuvieron que ser operadas. Esto podría ser una nueva línea de investigación. para conocer el incremento de casos de cáncer en el grupo de mujeres afectadas.

Embarazos:

Ninguna de las mujeres ha sido diagnosticada como infértil, siendo la media de embarazos de 5,27 en el grupo de estudio y 5,72 en el grupo control. Dado el alto número de mujeres planificando y sin pareja, no se pudo revisar el posible incremento de abortos que este grupo de mujeres sufrió teniendo en cuenta sólo el periodo de fumigaciones. Junto con la línea de investigación anterior se podría hacer un trabajo más completo en la zona.

	Sin pareja	Con Planificación Familiar	Postmeno pausia	Fértiles, con pareja y sin planificación
Mujeres estudiadas	26,31%	31,58%	21,1%	21%
Mujeres Grupo Control	8%	56%	12%	24%

La media de abortos, durante toda el período fértil, fue de 1.6 entre las mujeres que tuvieron abortos, frente a un 1.5 del grupo control. El número de hijos que han sobrevivido tampoco tiene diferencias significativas, se corresponde con un 82,77% en el lugar de estudio frente a un 81.8% en el grupo control.

Antecedentes de enfermedad

En los antecedentes de cada mujer no existen diferencias significativas entre los dos grupos, las malformaciones congénitas se dan en un 15,78% de sus hijos en el grupo de estudio y en el 16% en el grupo control (de toda su historia fértil, no está separado el periodo de fumigaciones).

Entre las malformaciones o afectaciones congénitas familiares hay un 10,5% entre las afectadas y un 12% en el grupo control. Los cánceres sin embargo han estado presentes en los antecedentes de las familias en un 52,63% del grupo afectado, frente al 35% del grupo control (no está separado el periodo de fumigaciones).

Los casos de cáncer son de piel, cerebro, próstata y colon en el grupo afectado, frente a los de garganta, mama, ovario y linfoma del grupo control. Coincidiendo en los de estómago y útero.

Los datos sobre presencia de estos tipos de enfermedades a nivel comunitario hablan de una mayor frecuencia de afectaciones por malformaciones congénitas del grupo de estudio frente al cáncer del grupo control (no está separado el periodo de fumigaciones).

Resultados de laboratorio

Genotoxicidad

La genotoxicidad es la facilidad para producir alteraciones en el material genético y por lo tanto aumenta la propensión al cáncer, a las mutaciones y alteraciones en el embrión que pueden acabar en abortos. Para medir el efecto genotóxico de una sustancia se puede utilizar la prueba cometa.

La prueba cometa es muy sensible a cambios o alteraciones de una o las dos cadenas de ADN celulares sobre los que han actuado agentes genotóxicos. Su ventaja es la rapidez con que se obtienen los resultados. Esta prueba fue desarrollada por Singh (1988)[36] y en Ecuador son numerosos los trabajos donde el Laboratorio de Genética Molecular y Citogenética Humana de la PUCE aplica esta prueba, bajo la dirección del Dr. Cesar Paz y Miño. En la actualidad se usa en clínica, monitoreo humano, radiaciones en biología y toxicología genética, entre otras. Se ha demostrado que es una prueba muy sensible para la vigilancia de químicos y mezclas complejas que son genotóxicas.

La prueba de la cometa es una excelente herramienta para evaluar daño genético inducido por sustancias químicas, sin embargo, salvo por un reporte, ésta ha sido utilizada solamente en células animales. En un estudio reciente se empleó la prueba del cometa con el propósito de detectar la existencia de lesiones en el material genético de plantas de *Agave tequilana* por el glifosato[37] y se comprobó que efectivamente alteraba los núcleos celulares. Los resultados indican que la prueba del cometa puede ser utilizada para diagnosticar también daño genético en cualquier tipo de planta no utilizadas tradicionalmente como biomonitores de genotoxicidad.

En síntesis, la prueba consiste en someter unas células a un campo eléctrico. Si no hay daño celular el material genético no se altera y los núcleos celulares se mantienen circulares. Conforme se incrementa el daño al material genético, los núcleos celulares se van deformando y adquiriendo una forma de cometa estelar, de ahí su nombre, que en función del daño tendrá mayor o menor dispersión (ver fotografía 1 y cuadro adjunto de tipologías de cometa A-E)

Un incremento en la frecuencia de aberraciones cromosómicas (AC) está relacionado con exposición a agentes genotóxicos y se conoce que existe una asociación entre la frecuencia de AC y el riesgo de desarrollar cáncer. Se ha informado de duplicaciones en la incidencia de cáncer en individuos con alta frecuencia de AC, por lo que el análisis de AC puede ser utilizado para estimar riesgo de cáncer y enfermedades genéticas"[38].

Es por ello que se realizaron análisis de sangre a estos dos grupos de población, buscando determinar si la población afectada por las fumigaciones presentaba alteraciones significativas en sus cromosomas. Para ello se utilizó: la "prueba cometa" que ha demostrado ser un adecuado biomarcador de fragilidad cromosómica.

En la Tabla 1 se puede observar como el 100% de las mujeres estudiadas en la frontera y que estuvieron en contacto con las fumigaciones presentaron una alta incidencia de daño genético en sus células en la categoría C de daño medio.

TIPOS DE COMETA VISIBLES EN LA PRUEBA DE LA COMETA

A 22.5-25nm sin daño 70-90%	C 37.5-75nm daño medio - 2%	E 112.5nm - + daño muy alto - 1 %
B 27.5-35nm daño bajo 30-10%	D 75 – 110nm daño alto - 1 %	E La misma valoración

FOTO-1

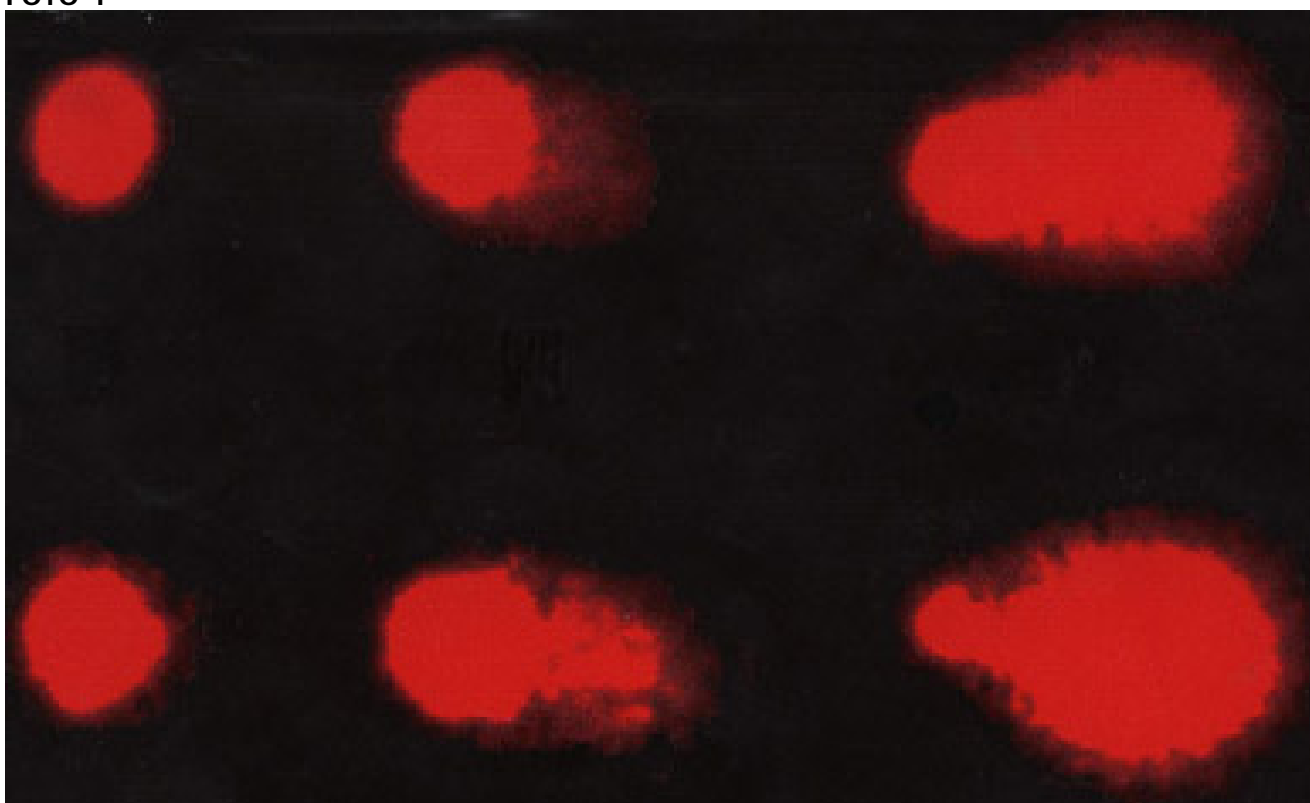


Imagen cedida por el Laboratorio de Genética Molecular (PUCE)

El número de células con daño genético (C+D+E) en el grupo de mujeres colombianas alcanza una media del 36%, es decir, 9 veces más que los datos considerados normales por el laboratorio de Quito (4% ver gráfico 1). En este grupo los valores extremos de las muestras oscilaron entre 18,7% y 85,3% de células dañadas, es decir, entre 4 y 21 veces más de lo esperado según el laboratorio de Quito.

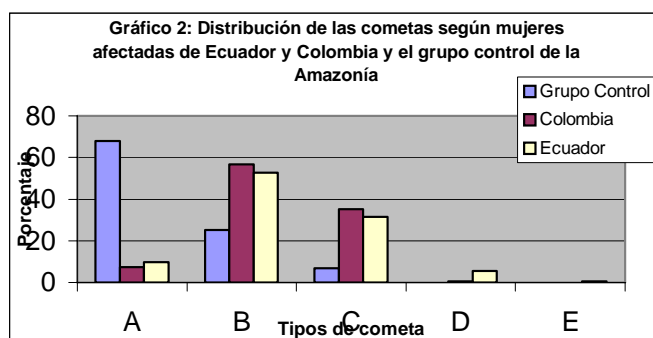
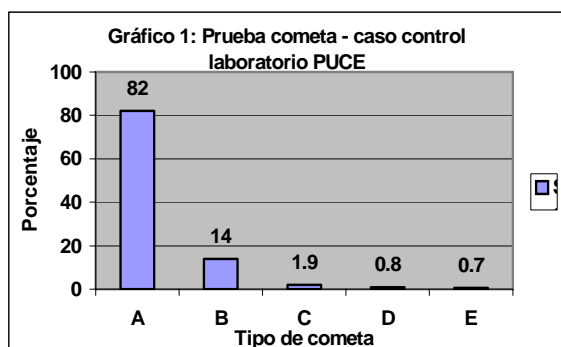
Los valores (Tabla 1) se repartieron de la siguiente forma: entre 16% y 32% con células dañadas, es decir, entre 4 y 8 veces por encima de lo esperado, estaban el 50% de las mujeres; con más de 32% y hasta 56% de células dañadas (entre 8 y 14 veces el daño esperado) estaba el 41,6%, presentándose una mujer (8.3% de la muestra) con un daño del 85,3%, es decir, 21 veces lo esperado.

En las mujeres ecuatorianas que recibieron los impactos de las fumigaciones los resultados son muy semejantes, por lo que se puede constituir entre ambos grupos uno solo. Las características son muy semejantes y no hay diferencias significativas, lo cual indica que el impacto en la frontera afecta por igual a las dos poblaciones.

TABLA - 1						
Pruebas Ecuador	A	B	C	D	E	EDAD
X	0.9	53.7	38	5.55	1.89	53
Y	0.9	29.7	28.7	36.1	4.65	40
Z	6.93	45.5	40.6	6.93		37
1	7.2	62.2	28.8	1.8		44
2	26	57	15	2		50
3	10.3	65.4	22.4	1.87		38
4	10.3	54.2	33.6	1.87		46
5	10	54	36	0		55
6	12.4	47.6	40	0		50
7	13.2	58.5	28.3	0		22
Media Ecuador	9.8	52.78	31.4	5.6	0.6	
Pruebas Colombia	A	B	C	D	E	EDAD
8	4.8	62.5	29.8	2.88		59
9	18.7	61.7	18.7	0.93		28
10	4.9	47.1	48	0		59
11	17.3	52.9	29.8	0		55
12	29.1	49.5	21.4	0		17
13	3.37	64	32.6	0		34
14	4.67	70.1	23.4	1.87		45
15	5.55	74.1	20.4	0		28
16	0	75.5	23.5	0.98		21
17	0.94	66	33	0		34
18	0	14.7	85.3	0		23
19	0	43.1	55.9	0		34
Media Colombia	7.4	56.76	35.15	0.5	0	
MediaTotal Afectadas	8.52	55	33.3	2.85	0.3	

Efectivamente, las mujeres ecuatorianas también presentan un 100% de daño celular (C+D+E) alcanzando entre todas ellas una media de 37,6%, es decir, también 9 veces más que los datos considerados normales (4% del laboratorio de Quito) para la totalidad de células dañadas. De igual manera, las mujeres ecuatorianas tuvieron un daño celular que osciló en sus valores extremos entre 17% y 69,5%, es decir, entre 4 y 17 veces, por encima de los valores normales del laboratorio de Quito.

Los valores se repartieron de la siguiente forma: entre 16% y 32% con células dañadas, es decir, entre 4 y 8 veces por encima de lo esperado, estaban el 40% de las mujeres; con más de 32% y hasta 56% de células dañadas (entre 8 y 14 veces el daño esperado) estaba el 50%, presentándose una mujer (10% de la muestra) con un daño del 69,5%, es decir, 17 veces lo esperado.



En todas las mujeres del estudio (100%), tanto de Ecuador como de Colombia están aumentados los porcentajes de células del tipo C, es decir, con daño medio. El porcentaje de daño celular de todas las muestras del grupo afectado asciende a un 36,45% como término medio, siendo en Ecuador de un 37,6% y en Colombia de 35,5%. En esta pequeña diferencia tal vez influyo que las muestras se tomaron primero en Ecuador y un mes después se realizaron en Colombia.

Las muestras X,Y,Z correspondieron a mujeres fumigadas en octubre del 2002, cuando la intensidad de las fumigaciones arrasó el cordón fronterizo con virulencia sin precedentes. En ellas destaca que el daño celular comprometió a los tipos D y E, con daño muy grave. Es posible que las concentraciones de los químicos cambien en los diferentes periodos de fumigaciones y por esto se de esas diferencias.

La comparación de los gráficos 1 y 2 nos puede dar una idea de las diferencias encontradas entre el grupo estudiado en la frontera, tanto de Ecuador como Colombia, junto a los grupos controles tanto del laboratorio de Quito como de las comunidades a 80 km. de la frontera.

Los gráficos 3 y 4 muestran la distribución de las diferentes tipos de cometas en cada uno de los grupos de mujeres a ambos lados de la frontera, visualizándose en todas ellas el incremento del tipo C. El gráfico 5 demuestra que la edad no influye en la aparición de los diferente tipos de cometa.

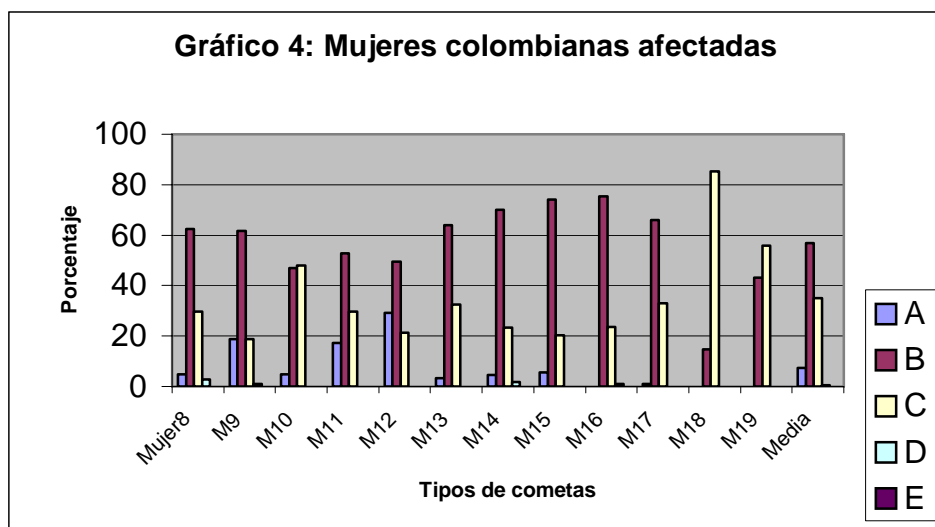
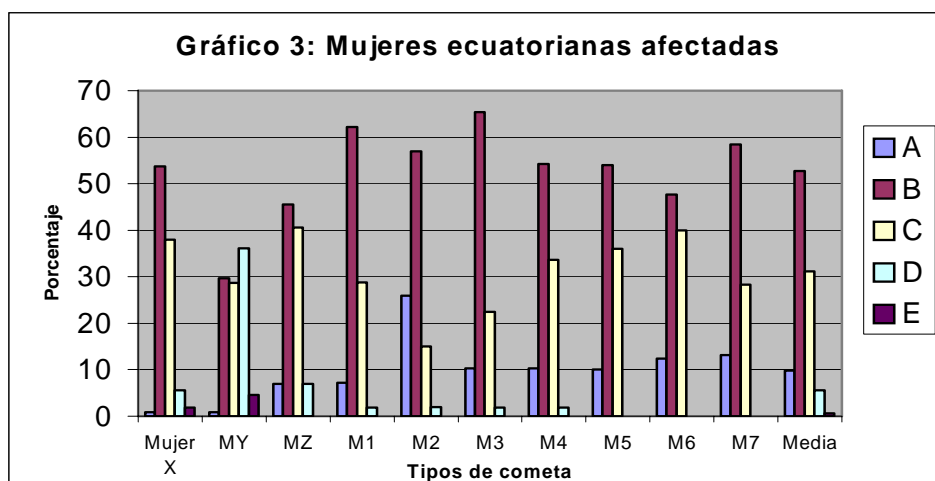
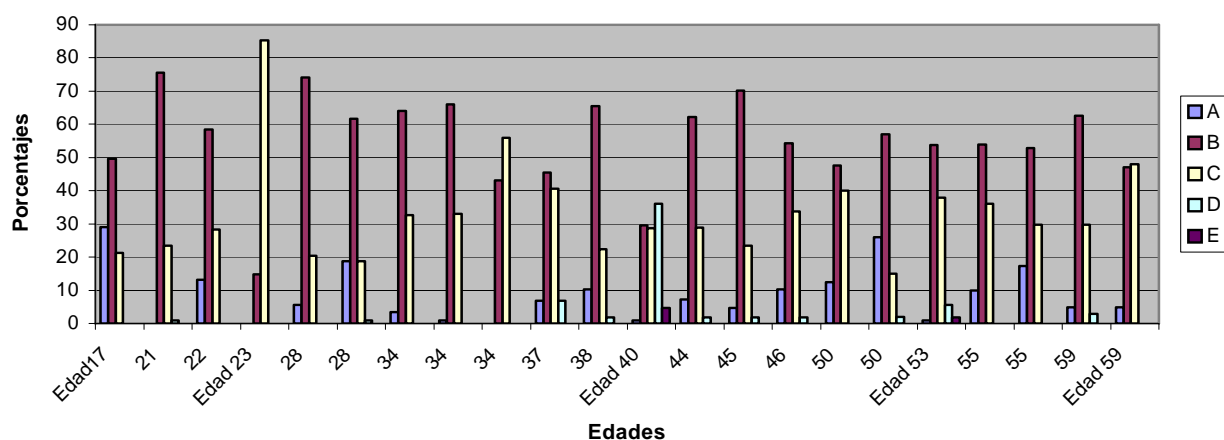


Gráfico 5: Cometas según edades en mujeres afectadas



En la tabla 2 se encuentran los datos del grupo control en la Amazonía, 25 mujeres a 80 km. de distancia de la zona fumigada del estudio. Las diferencias con respecto al grupo afectado son notables.

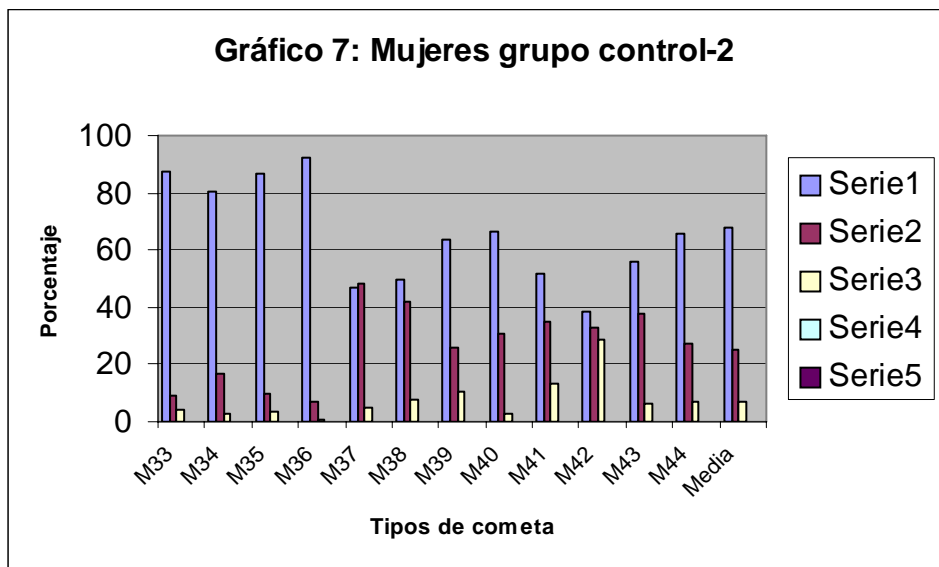
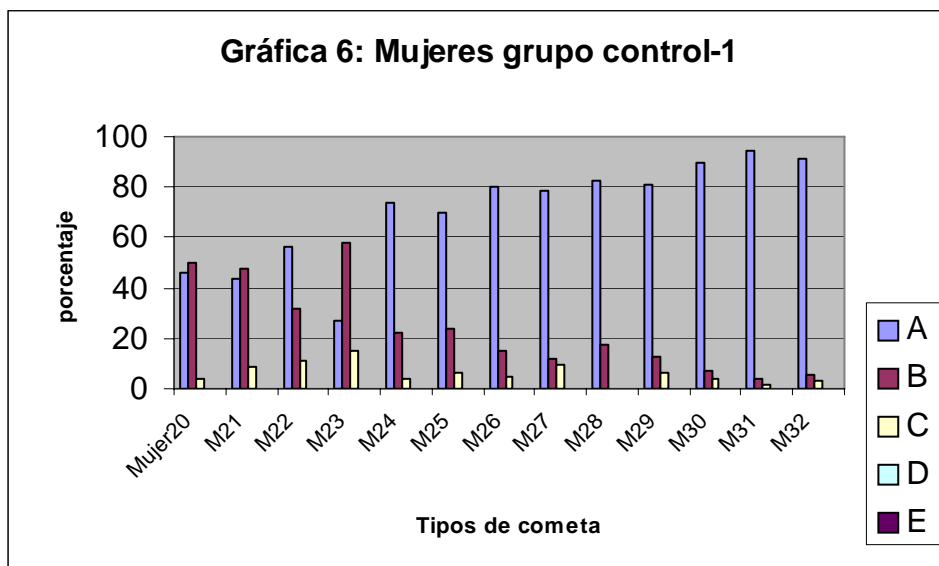
TABLA - 2

Grupo Control	A	B	C	D	E	EDAD
20	46.1	50	3.92			42
21	43.5	47.8	8.69			40
22	56.6	32.1	11.3			29
23	27.1	57.9	15			32
24	73.5	22.6	3.92			21
25	69.8	23.6	6.6			43
26	80	15	5			53
27	78.9	11.5	9.61			35
28	82.9	17.1				57
29	80.8	12.5	6.73			38
30	89.3	6.79	3.88			22
31	94.1	3.96	1.98			71
32	91.6	5.6	2.8			39
33	87.3	8.82	3.92			25
34	80.2	16.8	2.97			21
35	86.5	9.61	3.84			21
36	92.2	6.79	0.97			50
37	46.6	48.5	4.85			40
38	50	42	8			21
39	63.6	26.2	10.3			38
40	66.3	30.8	2.88			38
41	51.5	35	13.6			43
42	38.3	32.7	29			28
43	55.7	37.7	6.6			50
44	66	27.3	7			41
Subtotal Grupo C.	67.9	25.1	6.93	0	0	

El número de células con daño genético (sólo C) en el grupo control de la amazonía alcanza una media del 6,9%, es decir, menos del doble de los datos considerados normales por el laboratorio de Quito (4% ver gráfico 1). En este grupo los valores extremos de las muestras oscilaron entre la ausencia completa y el 29% de células dañadas, es decir, entre la normalidad y un techo de 7 veces más de lo esperado según el laboratorio de Quito.

Los valores se repartieron de la siguiente forma (Tabla 2): menos del 4% con células dañadas, es decir, normalidad coincidente con la de Quito presentaron el 44% de las mujeres; entre un 4 y 8% es decir hasta el doble de lo esperado presentaron un 32%, hasta 4 veces por encima del daño esperado presentaron el 20% de las células y sólo un 4% de las mujeres presentaron el valor de 29% de células dañadas equivalente a 7 veces lo esperado.

En los gráficos 6 y 7 están representadas todas las cometas del grupo control (25) y se pueden apreciar los altos valores de normalidad alcanzada por este grupo.



Los datos de laboratorio para el grupo control de Quito, difieren de los encontrados en la Amazonía. Mientras en el primero las células anormales con daño considerado patológico no deben superar el 4%, en el grupo control de la Amazonía se alcanza una media de 7%. Sin embargo la media encontrada en el grupo afectado por las fumigaciones presentan cantidades notablemente superiores a las del grupo control de la Amazonía. De un 7% en el grupo control a un 36% del grupo afectado estaríamos hablando de 5 veces más daño en la región fronteriza que recibió el impacto de las fumigaciones esta diferencia es significativa y permite afirmar las siguientes conclusiones.

8. Conclusiones

La totalidad (100%) de mujeres estudiadas que recibieron el impacto de las fumigaciones y sufrieron con síntomas de intoxicación, presentan lesiones genéticas en el 36% de sus células.

El daño genético en estas mujeres es de un 800% por encima del grupo control establecido por el laboratorio de Quito. Y un 500% superior a los daños encontrados en población de similares características en la Región Amazónica, a 80 km. de la zona de estudio.

La población estudiada que recibió los impactos de las fumigaciones, había sido afectada con, al menos, una fumigación anterior 9 meses antes, por lo que no se puede determinar si las lesiones producidas son efecto del impacto recibido en las últimas fumigaciones o producto de la acumulación de fumigaciones previas.

Sin embargo, sí se puede afirmar que someter a la población a más fumigaciones puede aumentar el riesgo de daño celular y que, una vez permanente, se incrementen los casos de cáncer, mutaciones y alteraciones embrionarias importantes que den lugar entre otras posibilidades al incremento del número de abortos en la zona.

NOTAS Y CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Médico tropicalista miembro de Acción Ecológica, integrante del CIF (Comité Interinstitucional contra las Fumigaciones conformado por: Acción Ecológica, Acción Creativa, Asamblea Latinoamericana por los Derechos Humanos-ALDHU, Asociación Americana de Juristas, Comisión Ecuánica de Derechos Humanos-CEDHU, Comité Andino de Servicios-CAS, Fundación Regional de Asesoría en Derechos Humanos-INREDH, Red Contra el Uso de Plaguicidas en América Latina –RAPAL-Ecuador, Servicio Paz y Justicia -SERPAJ-Ecuador,) designado como Perito por la Defensoría del Pueblo de Ecuador dentro del expediente investigativo n° 9067-DAP-2002 instaurado “para determinar los impactos en el Ecuador, de las fumigaciones realizadas en la zona del Putumayo dentro del Plan Colombia”.
- [2] Nivia, Elsa. efectos de las fumigaciones. WWW.S-XXI.net nov.2003
- [3] Embajada de EEUU en Colombia.2001. Summary Counternarcotics in Putumayo.
- [4] ONIC, PCN, FENSUAGRO-CUT 2002. Evaluación de las fumigaciones en Colombia. Destrucción de las zonas rurales por el Plan Colombia. Bogotá. Agosto 2002
- [5] Informe Conjunto sobre el Seminario-Taller “Erradicación de cultivos ilícitos” Bogotá- Colombia. 13 al 15 de febrero del 2002. Pag.11
- [6] Basado en el documento de Elsa Nivia citado con anterioridad.
- [7] Spitzer, Skip. 17/07/2002. ¿Confiamos en la biotecnología?
<http://biodiversidadla.org/article/articleprint/974/-1/20/>
- [8] DDT significa dicloro-difenil-tricloroetano.
- [9] En junio de 1954 la revista Time publicó esta propaganda.
- [10] Giuliano, Jackie. Healing Our World clumn, sitio Web de Environment News Service, 1999, <http://ens.lycos.com/ens/sep99/1999L-09-07g.html> el 16 de septiembre de 2001.
- [11] Ficha técnica del DDT, Departamento de Salud de Estados Unidos y Agencia de Servicios Humanos para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, septiembre de 1995, <http://www.atsdr.cdc.gov/2p-about-atsdr.html> del 25 de setiembre de 2001.
- [12] DBCP significa 1,2-dibromo-3 cloropropano
- [13] Transcripción de “Trade Secrets: A Moyers Report”, Public Broadcasting Service, <http://www.pbs.org/tradesecrets/transcript.html>
- [14] Circle of Poison: Impact of U.S. pesticides on Third World workers, audiencia ante el Comité de Agricultura, Nutrición y Forestación, Senado de Estados Unidos, 102° Congreso, primera sesión, 5 de junio de 1991.
- [15] Pesticide Action Network Updates Service (PANUPS), “Top Sevens Agrochemical Companies in 2000”, 23 de mayo de 2001.
- [16] Feldman, Jay. NCAMP/Beyond Pesticides, “Why Alternatives to Herbicides Should Be Used, on Earth Day and Everyday”, Boulder Weekly, 27 de agosto de 1998.
- [17] Feldman, Jay. Op. Cit.
- [18] Pesticide Action Network North America en <http://www.panna.org>
- [19] Jeyaratnam, J. “Acute Pesticide Poisoning: A Major Global Health Problem”, World Health Statistics Quarterly, 43(3): 139-144, 1990.
- [20] El TIEMPO. EU defiende el Glifosato. Agosto 17/2001. Citado por Mery Constanza García, en “Plan Colombia: las fumigaciones aéreas son un atentado a la salud pública y ambiental de los colombianos. (Profesora de la Facultad de Enfermería Universidad Nacional. Experta en salud pública. Coordinadora de proyectos académicos, investigativos y de extensión en promoción y prevención para la salud y la vida digna.) www.mamacoca.org/FSMT_sept_2003/es/doc/garcia_plancol_fumigaciones_es.htm
- [21] Sara Ordóñez. Declaración siendo Ministra de Salud en la Acción Popular n°01-022, interpuesta por Claudia Sampedro y otros, en el Tribunal Administrativo de Cundinamarca, folios 1174 a 1178
- [22] Ficha de datos de herbicida: Glyphosate (Roundup) Journal of Pesticide Reform. Otoño de 1998, actualizado en octubre de 2000.
- [23] Pesticide Action Network Updates Service (PANUPS), “Monsanto Agrees to Change Ads and EPA Fines Northrup King”, 10 de enero de 1997.
- [24] Tokar, Brian. Octubre 2003. Monsanto: un perfil de arrogancia corporativa. www.ecoport.net. Brian Tokar es autor de " Tierra para la Venta " (Earth for Sale, South End Press, 1997) La Alternativa Verde (The Green Alternative , Edición Revisada, New Society Publishers, 1992), y editor de Rediseñando la Vida? (Redesigning Life? A new collection on the politics of Biotechnology, Zed Books, 2001.) Es un miembro del colegio de profesores y Director del Proyecto de Biotecnología en el Instituto de Ecología Social en Plainfield, Vermont, USA. Tokar recibió en 1999 el Premio al Proyecto Crítico (Project Censored

- Award) por la investigación histórica de Monsanto aparecida inicialmente en *The Ecologist*, Vol.28, No. 5 Sept/Oct . 1998
- [25] Carolyn Cox, "Glyphosate Fact Sheet," *Journal of Pesticide Reform*, Volume 11, No. 2, Spring 1991.
- [26] Ibid. See also Joseph Mendelson, " Roundup: The World's Biggest-Selling Herbicide," *The Ecologist* Vol. 28, No. 5, Sept./Oct. 1998, pp. 270-275.
- [27] Carolyn Cox, "Glyphosate, Part 2: Human Exposure and Ecological Effects," *Journal of Pesticide Reform*, Volume 15, No. 4, Fall 1995.
- [28] Sylvia Knight, "Glyphosate, Roundup and Other Herbicides -- An Annotated Bibliography," Vermont Citizens' Forest Roundtable, January 1996.
- [29] Contraloría Departamental Del Valle Del Cauca, 1995. Informe del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en el Valle del Cauca. División de recursos naturales y medio ambiente. Citado por Molina E.J. et col. en el Estudio de Caso Sobre el Manejo Convencional y Agroecológico del Cultivo de la Caña de Azúcar en el Valle del Cauca, Colombia.
- [30] Piedad Córdoba (Senadora de la República. Presidenta Comisión de DD.HH del Senado. Codirectora del Partido Liberal) El plan Colombia: el escalamiento del conflicto social y armado. Ecuador Debate n° 49
- [31] <http://www.nodo50.org/derechosparatodos/Areas/AreaEscand2.htm>
- [32] Ballantyne, B. Et. Col. *General and Applied Toxicology*. Stockton Press, New York, 1994.
- [33] Arbuckle, T. (2001) An exploratory Analysis of the Effects of Pesticide Exposure on the Risk of Spontaneous Abortion in an Ontario Farm Population *Env. Health Perspectives*, vol. 109 No. 8.
- [34] Chernaik, Mark L. 29 de Octubre del 2003. Amicus Curiae al Consejo de Estado dirigido al magistrado Manuel Santiago Urueta sobre el caso con referencia 25000-23-25-000-2001-00022-02.
- [35] Los estudios de laboratorio se hicieron en el Laboratorio de Genética Molecular y Citogenética Humana, en el Departamento de Ciencias Biológicas, Unidad de Genética, Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en Quito. Bajo la responsabilidad del Dr. Cesar Paz y Miño. Por cada muestra de sangre se hicieron dos pruebas, la de cometa y la de Citogenética
- [36] Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL. 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175: 84-191.
- [37] Carlos Alvarez-Moya, Anne Santerre-Lucas, Guillermo Zúñiga-González, Eduardo Padilla-Camberos, y Alfredo Feria-Velasco. Un Modelo para la Detección de DNA dañado en Células Enfermas y Células de *Agave tequilana* Weber Expuestas a Glifosato. *Revista Mexicana de Fitopatología*, pp. 78-83. Vol. 19, 2001 Vol. 19-1 (enero-junio)
- [38] Paz y Miño, C. Et. Col. "Monitoreo citogenético en población ecuatoriana expuesta ocupacionalmente a pesticidas". *Rev. Fac.Cs.Med.* Vol 25, n°1, pag.15, abril 2000. Quito, Ecuador.