

**Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar LAICA**

**Departamento de Investigación y Extensión de la caña de Azúcar  
DIECA**

**Medio Ambiente y Nefrotoxicidad por Glifosato**



**Ing. Agr. Roberto Alfaro Portugal  
Programa de Agronomía**

**Julio 2014**

## Introducción

Ante una publicación reciente denominada **“Uso de herbicida podría estar asociado a muertes por problemas renales en Guanacaste** “difundida por [www.vozdeguanacaste.com/es/articulos/](http://www.vozdeguanacaste.com/es/articulos/) Fabiola Pomareda 2014/06/11) y publicado en internet en la página [www.elpais.cr/frontend/noticia\\_detalle/1/92469](http://www.elpais.cr/frontend/noticia_detalle/1/92469). Me parece importante hacer un análisis objetivo de lo expuesto en esta publicación ya que en la misma se hacen aseveraciones infundadas y carentes de valores científicos que respalden las mismas. Este artículo parece ser un resumen de una publicación más amplia, y la cual se ha revisado con el objetivo de tener un mayor criterio de análisis en este tema.

La molécula de Glifosato, herbicida del que hace mención el artículo es el ingrediente activo de muchas marcas comerciales de herbicidas utilizados en diversos cultivos y entre ellos la caña de azúcar, brindando un control de malezas eficiente y sobre todo económico. Varios son los aspectos que el artículo menciona y trata de integrar, pero lamentablemente enfocados a desprestigiar este herbicida en una forma poco convincente al carecer como mencione de datos técnicos que sustenten las afirmaciones allí planteadas.

Dada la importancia y los beneficios que proporciona este herbicida, resulta inaudito que por conjeturas infundadas se trate de confundir a usuarios de este producto con la finalidad de afectar su uso y hasta su venta en el mercado como sucedió en El Salvador.

Afirmar que la molécula del glifosato alcanza las fuentes de agua y su posible combinación con metales pesados es la causa de los problemas renales que padecen los cortadores de caña en Guanacaste, lo que evidencia a mi parecer es la búsqueda de un “chivo expiatorio” para justificar un problema cuyo origen bien se sabe cuál es.

A continuación se presentaran criterios de índole técnico con los cuales se puede verificar si la molécula de Glifosato es realmente la culpable total o parcial de lo expuesto en estas publicaciones. Los aportes, contradicciones y comentarios aquí expuestos pueden ser fácilmente comprobados, prevaleciendo con ello la mayor objetividad posible.

**Roberto Alfaro Portugal Departamento de Investigación y extensión de la Caña de Azúcar DIECA E-mail: ralfaro@laica.co.cr**

**Glifosato y Monsanto**

El herbicida Glifosato inicialmente fue desarrollado por la compañía Monsanto, la cual además de ser una de las compañías más grandes en el mundo en la producción de agroquímicos, también es una de las compañías más criticadas y atacadas principalmente por muchos ambientalistas debido a la producción de semillas transgénicas. Esta situación ha marcado a este herbicida como blanco de ataques por creer que el glifosato continua siendo propiedad exclusiva de Monsanto.

Esta compañía fue dueña de la molécula de Glifosato y la comercializo con la marca ROUND UP en todo el mundo aproximadamente hasta el año 2000, posterior a este año, la misma fue liberada y con ello formulada y vendida por muchas compañías en el mundo. Lamentablemente producto de estos ataques en El Salvador se llegó al extremo de prohibir la venta de este herbicida, así fue publicado recientemente en la página de internet denominada [www.millonescontramonsanto.org](http://www.millonescontramonsanto.org).

### **Glifosato y la Insuficiencia Renal Crónica**

La insuficiencia Renal Crónica IRC, es una enfermedad importante hoy día y consiste en la pérdida progresiva de la función de los riñones durante un largo periodo de tiempo. Esta deficiencia renal puede ser lenta e inicialmente no presentar síntomas entre los afectados hasta que los riñones dejan de funcionar totalmente. La diabetes, la hipertensión y otros trastornos pueden provocar esta enfermedad hasta en dos tercios de los casos.

El artículo hace mención de que esta enfermedad está afectando a miles de personas en comunidades rurales agrícolas en las costas pacíficas de Nicaragua, El Salvador, Costa Rica, Sri Lanka y la India, y la mayoría de los afectados son trabajadores del cultivo de la caña de azúcar que se ven expuestos por una parte a una deshidratación severa, lo cual es una aseveración válida y de comprobación científica, pero por otra parte se afirma como causa de esta enfermedad la posible contaminación tóxica por las aplicaciones de Glifosato.

También relacionan la presencia de la IRC con la ingesta de agua subterránea, (Pozo) típica de las zonas rurales de estos países las cuales se encuentran contaminadas con la presencia de metales pesados como el arsénico.

La presencia de arsénico en las aguas del litoral Pacífico de Costa Rica ha sido comprobado por análisis de aguas subterráneas hecho por el Instituto costarricense de Acueductos y Alcantarillados, dichos análisis realizados desde el año 2009 revelan cantidades de arsénico superiores a la norma de la organización mundial de la salud (OMS) de 10 microgramos por litro de agua.

## **Glifosato y los Compuestos Nefrotóxicos**

Existen diversos compuestos o agentes nefrotóxicos específicos responsables de provocar daños renales y entre los que se incluyen: algunos Hidrocarburos Hidrogenados, metales pesados, disolventes orgánicos como la gasolina y tricloroetileno, algunos fármacos como los antibióticos y amino glucósidos.

En la revista International Journal of Environmental Research and Public Health, en febrero del 2014 se publicó un estudio en el que concluyeron que una de las principales causas de la alta incidencia de la enfermedad de Insuficiencia renal crónica en Sri Lanka se debe al uso del herbicida Glifosato y el consumo de aguas duras con presencia de metales nefrotóxicos.

Los elementos metálicos o nefrotóxicos como el Zinc, Cadmio, Mercurio, Cobre, Plomo, Níquel, Cobalto y Arsénico se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza como compuestos inorgánicos sólidos, lo que hace inevitables que sean consumidos y se acumulen a través de la cadena alimenticia.

Desde el punto de vista toxicológico es importante su presencia en los organismos, ya que muchos de ellos presentan un amplio espectro de efectos tóxicos, incluyendo la nefrotoxicidad e hipertensión entre otros males.

Un alto porcentaje de estos metales se acumulan en órganos vitales como el hígado y los riñones donde son metabolizados mediante la unión de estos a proteínas de bajo peso molecular denominadas metalotioneínas. Estas proteínas se encuentran ampliamente distribuidas en el organismo y conteniendo gran cantidad del aminoácido cisteína, responsable directa de la afinidad con los metales pesados.

El glifosato según este artículo por su parte interviene reteniendo o formando complejos estables con los metales nefrotóxicos, impidiendo su desintoxicación por parte del hígado y por tanto acumulándose en cantidades suficientes en el organismo como para llegar a afectar a los riñones.

En presencia de “aguas duras” y metales nefrotóxicos en realidad lo que sucede es que la molécula del glifosato tendera preferentemente a formar complejos estables con cationes como el calcio y el magnesio, inactivándolo como herbicida en forma total o parcial. La preferencia de estos cationes con el glifosato en disolución acuosa obedece a la mayor capacidad de oxidación que presenta el calcio y el magnesio en la serie de actividad respecto a los demás metales considerados nefrotóxicos. . Además la presencia y cantidad del calcio y magnesio en los cuerpos de agua es mayor que los metales pesados, esta situación limita

la posibilidad de que el glifosato se una a los metales nefrotóxicos y cause los problemas renales como menciona la publicación.

Por otra parte en el mismo artículo se confirma lo anterior al reconocer que la presencia de Glifosato unido a los metales pesados en las fuentes de agua no ha sido detectable mediante los análisis de rutina, pero insisten en manifestar que las cantidades de estos complejos son altas.

De los metales nefrotóxicos la literatura menciona que el Arsénico es uno de los contaminantes ambientales más abundantes por estar presente en las aguas para beber como se menciono anteriormente, sin embargo hasta el momento poco se ha relacionado a este elemento con los niveles urinarios y la insuficiencia renal crónica. Por otro lado el cadmio es el elemento más relacionado con el daño renal al que se expone el hombre y la exposición ambiental ocurre principalmente a través del humo del tabaco, el agua y el consumo de algunos alimentos contaminados como vegetales.

### **Adsorción y Persistencia del Glifosato en el suelo**

Los herbicidas al contacto con el suelo son adsorbidos o retenidos por las micelas de arcilla o materia orgánica sea por fuerzas electrostáticas o químicas las cuales serán dependientes del tipo de suelo y de las características fisicoquímicas del herbicida.

Cada herbicida cuenta con una constante de adsorción llamada coeficiente de partición orgánica (KOC) la cual para el herbicida Glifosato es de 21700 mg/g, lo que lo ubica como un herbicida con un KOC alto, sinónimo de una fuerte adsorción al suelo y por lo tanto inmóvil en el mismo.

Con esta particularidad hay una notable contradicción en la publicación al mencionar que el glifosato se acumula en el suelo y por otro lado contamina las fuentes de agua, ya que al ser este retenido e inmovilizado en el suelo, resulta muy difícil que logre alcanzar las fuentes de agua.

Además sobre la acumulación en el suelo de los herbicidas, si bien es cierto que se da como en el caso del Glifosato, existe un límite determinado por un proceso de biodegradación que se da al estar este y cualquier plaguicida expuesto al medio ambiente. Por lo tanto la biodegradación y persistencia de un herbicida puede llevarse a cabo por cualquier transformación estructural en el compuesto original y por lo general es inducida biológicamente al punto de cambiar la integridad de la molécula e inactivarla.

Una forma conveniente de cuantificar dicho efecto es mediante la vida media  $T_{1/2}$  y está definida como el tiempo en días, semanas o años requerido para que la mitad del producto después de una aplicación se descomponga en subproductos de degradación.

Esta condición se encuentra fuertemente ligada a las condiciones ambientales imperantes en el suelo tales como humedad, temperatura, oxigenación y acidez, así como en la calidad y cantidad de la micro flora y micro fauna permanente en el sustrato donde se deposita el herbicida.

La vida media del glifosato es de 47 días, este valor es considerado como poco persistente en un rango que va de 30 hasta los 180 días, o sea este herbicida es uno de los menos persistentes en una gran lista de herbicidas que se encuentran en uso en diversos cultivos.

### **Bioacumulación y Toxicidad del glifosato**

Antes de hablar de la toxicidad del glifosato es importante considerar las vías de penetración de un herbicida al cuerpo humano, las cuales pueden ser por la ingestión, por la respiración y por la piel al entrar en contacto con el herbicida.

La bioacumulación o bioconcentración de una sustancia en un organismo de un medio se define como el acumulo de la sustancia en el organismo en relación a la concentración de la sustancia donde fue aplicado.

Todos los herbicidas cuentan con un factor de bioconcentración (BCF) el cual es estimado por el cociente entre la concentración del herbicida en el organismo y la concentración de este en el medio, dentro de un sistema en estado de equilibrio químico.

En general la bioconcentración de un herbicida guarda una relación directa sobre todo con el carácter lipofílico de esta sustancia, este carácter se mide por medio de un coeficiente de reparto octanol agua (KOW); el cual mide la afinidad del herbicida entre el fluido acuoso corporal y el fluido lipofílico de un determinado organismo. Por lo tanto el coeficiente de partición dependerá de las características moleculares de la sustancia química del herbicida.

El herbicida Glifosato presenta un valor en el log de KOW de -3.20 el cual es considerado como hidrofílico con estos valores este herbicida no está propenso a bioacumularse en la grasa corporal de animales y humanos. Se hace referencia en este artículo que el glifosato puede penetrar por varias vías al cuerpo tales como la ingestión, por adsorción a través de la piel y por medio de las vías respiratorias, por cualquier vía de las descritas que penetre el glifosato al organismo posiblemente no se acumulara en el tejido adiposo como si ocurre con otros plaguicidas.

La principal referencia utilizada para describir la toxicidad es la dosis letal media (DL50), definida como los mg de herbicida necesario por peso suficientes para provocar la muerte del 50 % de los individuos de la especie considerada. La medición por lo general se hace en población de ratas, y aunque es posible medirla por inhalación o penetración dérmica la más utilizada es la oral crónica o aguda y se mide en mg de sustancia por kilogramo de peso vivo.

Según la WSSA (2007) la toxicidad oral aguda en ratas para el glifosato es de 5600 mg /kg, siendo más toxica la aspirina con un valor de 1750 mg/kg y la sal común con 3000 mg / kg por este motivo este herbicida se considera no toxico para la fauna (mamíferos, aves), micro fauna (artrópodos) ni sobre la salud humana, además no tiene efectos adversos sobre el ambiente.

### **Glifosato y la Contaminación de las aguas**

Entendemos de acuerdo a la publicación que el glifosato es responsable de contaminar las fuentes de agua subterránea, textualmente este menciona "...el glifosato es absorbido por el suelo, se filtra a las aguas subterráneas y por ahí puede estar en el agua que se consume." Si bien es cierto que la alta solubilidad del Glifosato de 900000 mg / litro de agua, lo hacen muy propenso a disolverse en las fuentes de agua, también es cierto que a este herbicida se le dificultara llegar por percolación o infiltración a dichas fuentes de agua gracias a su alta retención o adsorción que sufre al hacer contacto con la materia orgánica.

Por este motivo la lixiviación es otro factor medible en los plaguicidas y se define como el paso del agua a través de las capas de suelo por acción de de la fuerza de la gravedad, el cual arrastra a su paso de partículas de suelo y sustancias solubles en agua (Glifosato) que no se encuentran adsorbidas a las partículas de suelo.

En la medición de la lixiviación de los herbicidas se aplican diferentes modelos, entre los más utilizados se encuentran los índices GUS (Ground wáter ubiquity score) y el LIX (índice de lixiviación) los cuales consideran las propiedades del herbicida como son: KOC y su vida media.

Por ejemplo en el índice **GUS**, el glifosato presenta un valor de -0.43 considerado por este valor con un potencial de contaminar fuentes de agua subterránea de bajo riesgo. Por ejemplo valores superiores a 2.94 se consideran plaguicidas con un alto riesgo de contaminación de las aguas. De acuerdo al índice de lixiviación ( **LIX**) con un valor de 0 para el Glifosato, e igual valor para el factor de atenuación(**AF**) indican también que el glifosato no presenta ningún potencial de lixiviación y por lo consecuente la imposibilidad de contaminar aguas subterráneas.

## Conclusión

De acuerdo a este análisis donde se valoró la participación del herbicida Glifosato en el problema de la enfermedad de Insuficiencia Renal Crónica (IRC) aparecida entre trabajadores en el cultivo de la caña de azúcares es posible concluir lo siguiente:

- 1) La Insuficiencia Renal Crónica entre los trabajadores de campo en Centroamérica y Sry Lanka y en cultivos como la caña de azúcar, arroz y algodón se debe a mi parecer, a deshidrataciones severas de dichos trabajadores al estar expuestos a altas temperaturas durante varias horas y jornadas de trabajo sin hidratarse adecuadamente.
- 2) Buscando culpables al respecto algunos grupos con intereses particulares y creyendo que el herbicida Glifosato pertenece a la compañía Monsanto han tratado con el afán de perjudicar a dicha compañía en señalar a este herbicida como responsable de la Insuficiencia Renal Crónica.
- 3) La formación de complejos con metales nefrotóxicos por parte del Glifosato es poco probable por competir estos con minerales no tóxicos como son el Calcio y el Magnesio, quienes a su vez se encuentran en mayor proporción en el medio ambiente que los metales pesados.
- 4) Por las características físico químicas de la molécula de Glifosato y con ellas su adherencia a las partículas de suelo la materia orgánica, resulta difícil que alcance fácilmente por vía de escurrimiento y lixiviación las fuentes de agua.
- 5) También resulta inviable su persistencia en el suelo ya que su vida media es sumamente corta al estar expuesto a un proceso rápido de biodegradación.
- 6) De acuerdo a su DL50 la molécula del Glifosato es una de los plaguicidas menos tóxicos que hay en el mercado, además aunque penetre por cualquier vía oral, dermal o respiratoria no existe riesgo de acumularse en el tejido adiposo.
- 7) El manejo adecuado de cualquier plaguicida es básico para lograr además de una buena efectividad en el campo, un bajo riesgo de contaminación del medio ambiente y su inocuidad a la biota y sobre todo al ser humano.
- 8) Por la carencia de valores científicos y técnicos que respalden o justifiquen las aseveraciones hechas en esta publicación deja claro que el objetivo de la misma es dañar la imagen de un buen herbicida, y alarmar y confundir a los trabajadores del campo sobre las causas de un problema cuyos orígenes son otros.

## Revisión de Literatura

1) Alfaro, P.R 2013 Herbicidas asociados a la caña de azúcar y su potencial de contaminación del medio ambiente Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar LAICA DIECA San Jose, Costa Rica.63 pg

2) Barbier, O.C 2009 Insuficiencia renal por metales pesados. Efecto nefrotóxico de los metales pesados y su reabsorción /Eliminación por el riñón. Rev. Bioquímica Vol 34 n1 Enero a Mayo 2009 Consultado en [www.redalyc.org/articulo.o?id=57613001041](http://www.redalyc.org/articulo.o?id=57613001041).

3) Bejarano, R. F 2014 Investigación sugiere nexo entre el uso de glifosato; Fertilizantes con metales y aguas duras como posible causa de la epidemia de enfermedad renal crónica en Sry Lanka. Consultado en Julio 2014 [www.millonescontramonsanto.org/investigacion](http://www.millonescontramonsanto.org/investigacion).

4) Brown, L.T et al 2004 . Química La ciencia central Pearson educación de México. novena edición Ciudad Juárez México 1046 pg

5) La Voz de Guanacaste 2014 .Uso de herbicidas podría estar asociado a muertes por problemas renales en Guanacaste Publicado 11 Junio 2014 [www.vozdeguanacaste.com/es/articulos/2014/06](http://www.vozdeguanacaste.com/es/articulos/2014/06).

6) Sabath, E; Dobles,O.L 2012 Medio Ambiente y Riñón : Nefrotoxicidad por metales pesados Enero 2012, consultado julio 2014 [www.revistanefrologia.com](http://www.revistanefrologia.com).

