

Liberación de trigo transgénico HB4 en Paraguay: peligro para la salud y la bioseguridad agroalimentaria

Campaña Pan Sin Veneno

Asunción - 2023

Contenido

Contexto sobre la liberación comercial del trigo transgénico HB4 en Paraguay	3
Características agronómicas del trigo transgénico HB4	3
Descripción de la biotecnología transgénica en general.....	3
Origen de la biotecnología transgénica y la falsa promesa de salvar del hambre al planeta.....	4
Paquete tecnológico de los cultivos genéticamente modificados	4
Biotecnología transgénica en Paraguay	5
Evidencia científica en relación con el impacto del paquete tecnológico de los transgénicos en la salud humana	6
Trabajos de investigación sobre pesticidas realizados en Paraguay	7
Impacto socio ambiental del modelo productivo basado en biotecnología transgénica.....	8
Rechazo al trigo transgénicos a los cultivos genéticamente modificados destinados a la alimentación humana	8
Estudios científicos sobre el impacto en la salud del glufosinato de amonio	9
Consumo de harina de trigo en Paraguay	15
Desregulación en materia de organismos genéticamente modificados	16
Breves conclusiones	19
Bibliografía estudios científicos	20

Contexto sobre la liberación comercial del trigo transgénico HB4 en Paraguay

La liberación del trigo transgénico HB4 se dio el 10 de mayo 2023, a través de la Resolución MAG N° 556/2023. La misma fue firmada por el Viceministro de Ganadería, a puertas cerradas, sin debate público. Esta decisión política no fue comunicada a través de las instancias oficiales.

Las primeras noticias se difundieron a través del boletín de la Unión de Gremios de la Producción (UGP) sobre el avance de la soja HB4 en el Chaco, a partir de una entrevista hecha a una representante del Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO). Mientras tanto, la citada Resolución se encuentra alojada exclusivamente en la página web de la Asociación de Productores de Semillas de Paraguay (APROSEMP).

Características agronómicas del trigo transgénico HB4

El evento de trigo transgénico HB4 (IND ØØ412 7), desarrollado en Rosario - Argentina, por el Instituto Nacional de Biotecnología de Rosario del grupo Bioceres, tiene como rasgo distintivo la introducción de dos características que generan sendos fenotipos independientes: 1) tolerancia a la sequía, y 2) la tolerancia a herbicidas cuyo principio activo es el glufosinato de amonio. Estas características están generadas por la introducción de dos genes: HaHB4 y bar, respectivamente.

Uno de los genes introducidos es natural de girasol y codifica para la proteína HAHB4 que, por ser un factor de transcripción (FT), se une a secuencias específicas del ADN y regula la expresión de ciertos genes. El segundo gen introducido es el gen bar, de la bacteria del suelo *Streptomyces hygroscopicus*. Este gen codifica para la enzima PAT (fosfotricin N acetiltransferasa), que inactiva los herbicidas del tipo glufosinato de amonio, generando tolerancia a la acción de estos químicos agrícolas. Los nuevos productos de expresión presentes en el trigo HB4 se pueden expresar en cualquier tejido y en cualquier momento del ciclo de vida del cultivo.

Descripción de la biotecnología transgénica en general

En tal sentido, cabe destacar que los organismos genéticamente modificados constituyen el resultado de manipulación genética para la producción de genotipos que expresan ciertas características, integrando en el genoma vegetal, segmentos de ADN foráneo, proveniente de cualquier origen. Este ADN altera las características de la planta, modificando su genoma, al añadir, eliminar o modificar uno o más genes (Danilova, 2007).

No hay limitación para la transferencia de genes entre plantas de la misma especie y emparentadas, ya que genes de especies no relacionadas evolutivamente, pueden ser introducidas. Se usan genes de diferentes especies, géneros y reinos, eliminando las barreras de incompatibilidad sexual y fertilidad. Es decir, con la transgénesis se saltan las barreras entre especies, introduciendo en ellos genes de especies que no podrían cruzarse en la naturaleza. Se ha investigado con genes de ratones en cerdos, genes de pescado en tomates, genes humanos en arroz, entre otros experimentos.

Origen de la biotecnología transgénica y la falsa promesa de salvar del hambre al planeta

El desarrollo de la biotecnología transgénica inició hace 40 años. El manto con el cual se arropó el mismo se centró en el argumento de “salvar de hambre al planeta”. Sin embargo, esto no se cumplió. Hoy, tras varias décadas de desarrollo de este modelo agrícola se puede ver con claridad que una parte importante de los cultivos transgénicos a nivel mundial se destinan principalmente a la alimentación animal: la soja es el cultivo transgénico más cultivado, con 98,9 millones de hectáreas en 2022, lo que representa el 48,9% de todos los cultivos transgénicos cultivados a escala global, seguida por el maíz con 66,2 millones de hectáreas, el algodón con 25,4 millones de hectáreas¹. Esta lógica se reproduce en el país: en la zafra 2022/2023 de Paraguay los cultivos de soja, maíz principalmente – junto con el algodón - suman 4,6 millones de hectáreas².

En tal sentido, es importante observar que la ganadería ocupa el 77% de la superficie agrícola mundial, lo cual equivale a la superficie de América (América del Norte, Central y del Sur juntas). Mientras tanto, sólo produce el 18% de las calorías y el 37% de las proteínas totales. El 23% restante de la superficie agrícola mundial está destinada a la producción de alimentos para el consumo humano, la cual aporta el 82% de las calorías, y el 63% de las proteínas totales³.

En ese marco de producción agropecuaria, en el año 2023, 1000 millones de personas - o uno de cada ocho habitantes del mundo - se vieron en graves dificultades para obtener alimentos y, en consecuencia, tuvieron que saltarse comidas. Esto implica un aumento de aproximadamente 330 millones de personas que padecen hambre, desde el año 2015 (FAO, 2023). Por su parte, en Paraguay, el 26,23% o 26 de cada 100 personas se vieron afectadas por inseguridad alimentaria moderada o grave durante los últimos 12 meses. La prevalencia de la inseguridad alimentaria, tanto moderada como grave es mayor en el área rural, en los hogares encabezados por mujeres y en los hogares con más niños, niñas y adolescentes⁴.

Paquete tecnológico de los cultivos genéticamente modificados

Es necesario subrayar que la principal característica de los OGM constituye su tolerancia a herbicidas: el 89% de los transgénicos en campo a nivel mundial son tolerantes a uno o más de este tipo de agrotóxicos, incluidas semillas con genes apilados, tolerantes a varios agrotóxicos y además insecticidas⁵. En Paraguay, el 41,3% presenta tolerancia a herbicidas;

¹ Disponible en: Fuente: <https://fundacion-antama.org/la-superficie-mundial-de-cultivos-transgenicos-aumento-un-33-en-2022/>, ver también en: <https://es.statista.com/estadisticas/565669/produccion-mundial-de-las-principales-semillas-oleaginosas/#:~:text=Durante%20la%20campa%C3%B1a%202022%2F2023,segunda%20y%20tercera%20posici%C3%B3n%2C%20respectivamente.>

² INBIO. 2022. Cultivos genéticamente modificados en la agricultura paraguaya. Asunción: INBIO

³ Disponible en: <https://ourworldindata.org/land-use>

⁴ INE. 2022. Aplicación de la escala de experiencia de inseguridad alimentaria en Paraguay.

Principales resultados. (Asunción: INE). Disponible en:

https://www.ine.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/documento/b0f5_Inseguridad%20Alimentaria%20FIES_DEH_INE.pdf

⁵ Ribeiro, Silvia. 2021. “Asalto corporativo a las semillas”. En: Lizárraga P. y Vicente C. (Coord.), *La revolución de una semilla*. El Colectivo y Fundación Rosa Luxemburgo Cono Sur.

y el 51,3% cuenta con eventos apilados que confieren tolerancia a más de un herbicida, y en algunos casos, insecticidas⁶.

En particular, el uso del glifosato y el glufosinato se ha extendido en todo el mundo y se han encontrado trazas de estos compuestos en ríos de Italia [11, 45] con valores mayores a los recomendados seguros o no tóxicos para la salud humana, como también se han encontrado metabolitos como el AMPA en el río Paraná [9,12].

Bioteología transgénica en Paraguay

Con la liberación del trigo transgénico HB4 en Paraguay, en la actualidad suman los 49 eventos transgénicos liberados comercialmente en el territorio, en los cultivos de soja, maíz y algodón⁷. A partir de estos eventos, se han aprobado un total de 458 variedades genéticamente en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales en los cultivos de soja, maíz y algodón⁸.

El crecimiento exponencial en la liberación comercial de eventos transgénicos en el país se llevó adelante desde el 2012, y con ese proceso, además aumentó exponencialmente la importación de pesticidas (la mayoría de ellos altamente peligrosos). De 14.011 toneladas de pesticidas importadas en el año 2011, la importación aumentó a 64.242 toneladas al 2021 según SENAVE⁹.

En ese marco, alrededor del 22% de las y los estudiantes de las instituciones educativas rurales de la región oriental del país, se encuentran expuestos directamente a las fumigaciones¹⁰. Además, cabe subrayar que el Estado paraguayo ha sido condenado por el Comité de Derechos Humanos de la Naciones Unidas en dos casos, por omitir su rol de contralor o por complicidad en los atropellos que se dan con la producción de semillas transgénicas en alrededores y dentro de las comunidades indígenas y campesinas¹¹.

En tal sentido, el Relator Especial de las Naciones Unidas Marcos Orellana, ha informado en el año 2022 que el uso de *“pesticidas, también llamados plaguicidas, productos defensivos, agrotóxicos, o agroquímicos, es uno de los principales desafíos ambientales y de derechos humanos que afronta el país. (...) Desde el 2003, Paraguay entró en la lista de la FAO de “países preocupantes” por su uso de pesticidas; y a pesar de que el Estado ha recibido, desde 2007, reiteradas observaciones y recomendaciones de organismos internacionales con relación al uso de agrotóxicos; y a pesar de las decisiones del Comité de Derechos Humanos que declaran la responsabilidad internacional de Paraguay por las afectaciones de los agrotóxicos del derecho a la vida y otros derechos. Como resultado, los pesticidas afectan todos los aspectos de las comunidades a las que rodean: desde su derecho a una vida digna*

⁶ Elaboración propia en base a datos del Observatorio de Tierra, Agronegocios y Derechos Humanos de BASE-IS.

⁷ Ibid N° 2

⁸ INBIO. 2022. Cultivos genéticamente modificados en la agricultura paraguaya. Asunción: INBIO

⁹ García, Lis. 2022 “Nueve litros de plaguicidas altamente tóxicos por habitante”. En: Palau, M. *Con la soja al cuello* 2022. (Asunción: BASE-IS)

¹⁰ Palau, Marielle; Lo Bianco, Miguel. Agronegocios y escuelas rurales. El peligro de las fumigaciones en la Región Oriental. (Asunción: BASE-IS, Anivepe fumiga)

¹¹ Ver en: <https://www.codehupy.org.py/comite-de-derechos-humanos-de-la-onu-condena-a-paraguay-por-contaminacion-con-agrotoxicos-de-una-comunidad-indigena-en-canindeyu/>; <https://www.codehupy.org.py/casos-destacados/caso-colonia-yeruti/>

*y sana, a una educación, a un hogar, a la alimentación, y a un medio ambiente saludable, entre otros*¹².

Evidencia científica en relación con el impacto del paquete tecnológico de los transgénicos en la salud humana

El cultivo generalizado de organismos modificados genéticamente (OMG) condujo a un uso generalizado de herbicidas selectivos a los que los OMG son resistentes, aumentando así la preocupación por la exposición humana a los mismos. El glifosato (GLY) y el glufosinato de amonio (GLA), principios activos de las principales formulaciones, han sido investigados por sus efectos sobre la salud humana, principalmente el cáncer y la toxicidad reproductiva [21].

Las personas pueden exponerse en forma directa, a través de la piel, ojos, por vía oral y respiratoria (frecuente en poblaciones rurales). O puede ser en forma indirecta a través de residuos en alimentos y el agua. [54, 66, 67, 69, 70]

Desde la evidencia científica múltiples estudios comprueban que, la exposición a pesticidas se ha asociado a una variedad de alteraciones del sistema nervioso central en el ser humano. El espectro de enfermedades asociadas a la exposición es muy amplia y se lo conoce como neurotoxicidad inducida por pesticidas e incluye a) enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, Parkinson, esclerosis lateral amiotrófica y esclerosis múltiple, b) trastornos del neurodesarrollo como trastorno del espectro autista, déficit de atención con hiperactividad, retraso del desarrollo y alteraciones cognitivas, c) alteraciones neuropsiquiátricas y de la conducta como depresión, intento de suicidio, ansiedad entre las más frecuentes. Estas asociaciones se han reportados por diferentes vías de exposición [22]

Por su parte, residuos de pesticidas en alimentos y en agua, pueden alterar la composición y función del microbiota intestinal, la cual puede conducir a enfermedades gastrointestinales. La estabilidad de la microbiota intestinal no solo actúa como una protección del intestino de sustancias potencialmente nocivas, sino también cumple un importante rol en la absorción de los nutrientes [23].

Estudios epidemiológicos en humanos demostraron la asociación entre compuestos organoclorados, organofosforados y los nicotinoideos y disrupción endócrina, no solo en la exposición directa sino también por medio de la contaminación de los alimentos, considerando la acumulación de estos compuestos en el suelo y el agua, que lleva a la contaminación de los alimentos. El mecanismo de acción es a través de la acción de los pesticidas y algunos de sus metabolitos como disruptores endocrinos, que lleva a la programación de alteraciones metabólicas entre las que se encuentra la diabetes y la obesidad [24].

Además, una extensa revisión muy reciente, ha demostrado que las evidencias sobre la exposición a pesticidas y cáncer: existen suficientes datos que debe tenerse en cuenta acerca de la posibilidad que la exposición a los pesticidas, contribuya con el desarrollo del cáncer [25].

¹² Disponible en: <https://www.ohchr.org/sites/default/files/documents/issues/toxicwaste/2022-10-14/EOM-Statement-SR-Toxics-Paraguay-14-Oct-2022-SP.pdf>

Por su parte, la exposición directa medida por concentración de pesticidas organoclorado mostró que las mujeres embarazadas con niveles más elevados, tuvieron mayor dificultad para embarazarse, medido por el tiempo que les llevo embarazarse y la asistencia a clínicas de infertilidad(Björvang *et al.*, 2020). Se reportó mayor porcentaje de abortos en mujeres que trabajaban en invernaderos, comparado con un grupo control. Fue un estudio transversal y no se realizó estudio multivariado (Rahimi *et al.*, 2020)

A partir de una revisión sistemática realizada entre los años 2000 y 2020, se desarrollaron 16 estudios que incluyeron exposición directa y /o ambiental a organofosforados, organoclorados, piretroides y glifosato. Se han encontrado desde infertilidad femenina, disfunción ovárica, abortos entre otros. En los varones se ha reportado disminución del número, movilidad y funcionalidad (calidad y maduración) de los espermatozoides(Fucic *et al.*, 2021)

Esta situación, ha generado en muchas zonas cercanas a las plantaciones, diversos tipos de toxicidad [2,3] para otras plantas, animales y seres humanos [4,5]. En este marco, en todo el mundo, los anfibios están experimentando anomalías y descensos de población generalizados. El uso de pesticidas, sobre todo herbicidas acuáticos aplicados a hábitats acuáticos habitados por anfibios, puede contribuir a estos problemas. La posible toxicidad y teratogenicidad de estos herbicidas para los anfibios es motivo de gran preocupación [46]. Dado el caso, es conveniente denominarlos, agrotóxicos, debido a los efectos tóxicos que genera sobre los seres vivos [6].

Cabe destacar que, en el contexto del calentamiento global, un tema importante es que muchos pesticidas se vuelven más tóxicos, poniendo a los organismos no objetivo en mayor riesgo de exposición a pesticidas. [47]

Trabajos de investigación sobre pesticidas realizados en Paraguay

- Se validó un cuestionario de monitoreo comunitario sobre el uso de pesticidas, en dos distritos rurales, con alta frecuencia de afecciones relacionadas al uso de pesticidas. El cuestionario se validó con buena fiabilidad. Se detectó la necesidad de capacitación y entrenamiento en las actividades agrícolas, utilización de equipos de protección en la utilización de pesticidas, necesidad de gestionar el manejo de los residuos de pesticidas y sus envases entre otros. Se determinó además la necesidad de estudios observacionales analíticos. [59]
- Resultados de vigilancia epidemiológica sobre condiciones de vida, variables ambientales y riesgo de exposición a pesticidas. Los resultados permitieron una visión parcial de los sistemas de seguimiento del Ministerio de salud, con información de gráficos georreferenciados. [61]
- Estudio de casos y controles no emparejados que incluyó 52 casos (recién nacidos con malformaciones congénitas y 87 controles (recién nacidos sin malformaciones) Se observó mayor porcentaje de antecedentes familiares con malformaciones en neonatos con MC frente a los controles, en el análisis bivariado. No se realizó análisis multivariado. [52]
- En un estudio observacional prospectivo, se comparó la genotoxicidad y citotoxicidad de 2 poblaciones de niños expuestos y no expuestos (ensayo cometa y test de micronúcleos.) .Se observó mayor efecto de genotoxicidad y citotoxicidad en los niños expuestos a pesticidas comparado con el grupo control. [73]

- Estudio observacional prospectivo, incluyo mujeres embarazadas expuestas n=219 (vivienda a menos 1000 km de campos de cultivo y no expuestas n=252 (población urbana). Se analizó características perinatales. En el análisis multivariado, se observó menor circunferencia craneana y mayor peso de nacimiento en neonatos de madres expuestas [64]
- Estudio de casos de niños con Leucemia linfoblástica aguda, n=66 y controles n=132, emparejados. Se determinó factores de riesgo ambientales. En el análisis multivariado el factores ambientales asociado a los casos fue la procedencia (residencia) de los 3 departamentos con mayor área de monocultivos. [63]

Impacto socio ambiental del modelo productivo basado en biotecnología transgénica

En términos medioambientales, desde la aprobación de la primera semilla transgénica en el país, Paraguay se ha convertido en el país más deforestado de Sudamérica al año 2020, entre 2001 y 2019, perdió 6.033.095 hectáreas de bosques. Gran parte de la deforestación es a causa de la ampliación de la frontera agrícola del agronegocio, a base de semillas transgénicas. De acuerdo a la FAO, el modelo de agronegocios es responsable de al menos el 70% de la deforestación existente en América Latina, lo que contribuye al calentamiento global y por ende a la existencia de extremos climáticos. (STP, 2018)

Por su parte, la ampliación de la frontera agrícola con cultivos transgénicos empresariales constituye una de las principales causas del desplazamiento de campesinos/as e indígenas, así como del aumento de los casos elevados y violentos de desalojos forzosos, fumigaciones que impactan en la migración forzada, disminución de la producción de alimentos, y aumento de la desigualdad.

Rechazo al trigo transgénicos a los cultivos genéticamente modificados destinados a la alimentación humana

La mayor parte de los cultivos genéticamente modificados se destinan al consumo animal. El trigo transgénico HB4 liberado en Argentina en el año 2020, fue el primer cultivo en el mundo cuyo destino principal es el consumo humano. Se dio en un contexto geopolítico marcado por la crisis económica, social, alimentaria y política producida por la pandemia del covid-19, a la que se sumó posteriormente el desarrollo de la guerra entre Rusia y Ucrania, dos de los principales productores de cereales en general - y de trigo en particular - a nivel global.

Desde el 2020 a la actualidad, se encuentra liberado ambientalmente en tan solo 4 países: Argentina, Brasil, Nigeria y Paraguay. Por su parte, se encuentra habilitado para el consumo humano en: Estados Unidos, China, Indonesia, Colombia, Australia y Nueva Zelanda. En todos los países se ha liberado en sigilo, como consecuencia de un cada vez mayor control corporativo de las instituciones estatales por parte de las empresas que controlan la producción de semillas transgénicas – así como la exportación de granos. En todos estos países, se están llevando adelante campañas en rechazo al trigo transgénico.

Como se ha desarrollado previamente, este evento transgénico tiene como característica principal la tolerancia al herbicida organofosforado llamado “glufosinato de amonio” (GLA). Las sustancias usadas a base de glufosinato de amonio constituyen un grupo de herbicidas

de amplio espectro y su uso está aumentando en todo el mundo para controlar las malas hierbas resistentes a glifosato en trigo, soja, algodón y maíz.

Este herbicida es altamente peligroso: numerosos estudios científicos han demostrado que es quince veces más tóxico que el glifosato, el herbicida más importado en el país, cuyos efectos cancerígenos han sido ampliamente estudiados¹³. De hecho, el GLA fue prohibido en la Unión Europea en 2013 debido a sus efectos neurotóxicos¹⁴, genotóxicos (afecta al sistema genético ADN), alteradores de la colinesterasa (enzima que ayuda al buen funcionamiento del sistema nervioso) en mamíferos y artrópodos¹⁵.

A ello se suman los riesgos propios de la propia biotecnología transgénica, sobre los cuales se viene advirtiendo desde hace más de 30 años, tal como expresaba Carlos Vicente: *“nada nos garantiza que el pan y todos los alimentos realizados con harina de trigo que comamos, sea igual en sus características, y que su impacto en nuestro organismo sea el mismo que el de un pan hecho con un trigo convencional”*¹⁶.

Estudios científicos sobre el impacto en la salud del glufosinato de amonio

Existen numerosos estudios científicos que han demostrado la peligrosidad del glufosinato en la salud de las personas y del ambiente. A partir de ellos se ha observado que este herbicida tiene una toxicidad aguda. El glufosinato de amonio, un ácido fosfínico análogo del ácido glutámico, es un herbicida que las células vegetales convierten en PT (Lfosfotricina).

Este herbicida es un inhibidor de la enzima glutamina sintetasa, alterando por tanto el metabolismo de la glutamina, el aminoácido no esencial más abundante en el organismo que se sintetiza principalmente en los músculos, riñones, hígado y líquido cefalorraquídeo entre otros. Tiene función detoxificante porque es el que transporta el amoníaco que es tóxico, al hígado para la formación de urea. La disminución de la producción de glutamina lleva a la acumulación del amoníaco y secundariamente acumulación de radicales libres. Tiene por tanto elevada fitotoxicidad observada en las plantas [74].

El glufosinato de amonio es un plaguicida altamente peligroso de acuerdo al Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA). Cabe destacar que la clasificación de peligros del SGA se refiere principalmente a los peligros derivados de las propiedades intrínsecas de los plaguicidas. En el caso del glufosinato de amonio, forma parte de las sustancias de las que se sabe que son tóxicas para la reproducción humana.

¹³ Estudios científicos respecto a la peligrosidad del glifosato, y los demás pesticidas importados a Paraguay, se pueden encontrar en el libro: “99+1 Artículos científicos relacionados con los pesticidas más importados en Paraguay”, realizado por la Dra. Stella Benítez Leite y el Dr. Fabián Franco, disponible en: https://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2021/06/2020_Dic-Art%C3%ADculos-cientificos_compressed-1.pdf

¹⁴ De hecho, de acuerdo al estudio “Prognostic value of neutrophil to lymphocyte ratio in the diagnosis of neurotoxicity after glufosinate ammonium poisoning” se sabe que la neurotoxicidad relacionada con el glufosinato de amonio se produce tras un periodo latente de 4-60 horas tras la ingestión de este herbicida [45].

¹⁵ La Unión Europea (Reglamento (CE) n.º 1107/2009) determina que esta sustancia está prohibida para todos los usos en la categoría de «plaguicidas» por sus efectos en mamíferos y artrópodos. Disponible: <https://www.boe.es/doi/2013/111/L00027-00029.pdf>; ver también en: Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X13001637>

¹⁶ Vicente, Carlos. 2021. “¿Paraguay se suma a la autorización del primer trigo transgénico del mundo?” En: *Con la soja al cuello 2021*. (Asunción: BASE-IS)

Además, se ha observado que es letal para organismos - considerados plagas por el agronegocio - tales como arañas, ácaros, artrópodos depredadores, mariposas, abejas y otros polinizadores y microorganismos del suelo, los cuales contribuyen naturalmente a mantener la dinámica de los agroecosistemas [29].

Asimismo, deteriora la calidad del agua dulce acelerando procesos de contaminación por un exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo (eutrofización), siendo además tóxico para algunos organismos acuáticos. También penetra hacia las aguas subterráneas, aumentando la pérdida de nutrientes de los suelos¹⁷.

Por su parte, el estudio denominado *“La exposición prenatal al glufosinato de amonio altera el microbioma intestinal e induce anomalías de comportamiento en ratones”* del científico Tianyu Dong (2020) [30], junto con un equipo de investigación de la Universidad Médica de Nanjing - China, demostró que la exposición a este herbicida durante el periodo prenatal produce un fuerte impacto negativo en el desarrollo de la motricidad y la memoria, y genera comportamientos análogos al autismo en modelos experimentales de mamíferos.

Además, este estudio demostró que, *“en el grupo de tratamiento se observó una actividad locomotora reducida, formación deficiente de la memoria y comportamientos similares al autismo. Se pudo encontrar una alteración marcada en el microbioma intestinal de los ratones descendientes del tratamiento en la cuarta semana y pareció recuperarse con el tiempo. El análisis de la metabolómica fecal indicó cambios notables en el metabolismo relacionado con el microbioma en el grupo de tratamiento, lo que podría ser la causa de la anomalía del comportamiento en los ratones”* [30].

Los problemas específicos del glufosinato se relacionan con daño genotóxico. Gallardo-Valle et.al en 2023 comprobaron este daño a distintas concentraciones en células experimentales (13). Por su parte, se ha observado que el glufosinato de amonio ejerce una actividad neurotóxica [26, 27]. In Vitro: El glufosinato de amonio (1-100 µM; 12DIV) interrumpe la adhesión célula-célula en células madre neurales (NSC) V-SVZ diferenciadas [27], y disminuye significativamente la expresión del gen *Celsr2* a 100 µM [27]. También se ha observado que el glufosinato de amonio disminuye la capacidad de las células endometriales para sintetizar cilios [27]. In Vivo: El glufosinato de amonio (10-250 mg/kg; por sonda; diariamente; en los días 6-15 de gestación) indica toxicidad materna en los grupos a los que se administraron 50 ó 250 mg/kg en ratas Wistar [28].

Un estudio del 2001 demostró que el glufosinato de amonio provoca convulsiones en roedores y humanos. Debido a las similitudes estructurales entre el glufosinato y el glutamato, la convulsión inducida por el glufosinato de amonio puede atribuirse a la activación del receptor de glutamato. Tres antagonistas de los receptores N-metil-D-asparato (NMDA), dizocilpina, LY235959 y Compuesto 40, y un antagonista de los receptores alfa-amino-3-hidroxi-5-metilisoxazol-4-propiónico (AMPA)/kainato, NBQX, se administraron conjuntamente con glufosinato de amonio (80 mg/kg, por vía intraperitoneal) en ratones. Los análisis estadísticos mostraron que los antagonistas de los receptores NMDA inhibieron notablemente las

¹⁷ Ver en: <https://agenciatierraviva.com.ar/wp-content/uploads/2022/06/Trigo-transgenico-trigo-limpio-glufosinato-2022.docx.pdf>

convulsiones, mientras que el antagonista de los receptores AMPA/kainato no tuvo ningún efecto sobre la convulsión. Estos resultados sugieren que la convulsión causada por el glufosinato de amonio está mediada a través de los receptores NMDA [31].

El estudio denominado “Los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio afectan negativamente a la eficiencia de la respiración mitocondrial del esperma humano” ha encontrado que a concentraciones ≥ 10 nM el glifosato y el glufosinato de amonio afectan negativamente a la eficiencia de la respiración mitocondrial [21].

Por su parte, el estudio denominado “Las modificaciones aberrantes de histonas inducidas por glufosinato de amonio en esperma de ratón son concordantes con el transcriptoma en embriones previos a la implantación” indica que los cambios inducidos por el glufosinato de amonio en H3K4me3 y H3K27ac en espermatozoides concuerdan con la expresión génica en embriones de preimplantación, lo que podría afectar al desarrollo embrionario y a la salud de la descendencia [33].

En este sentido, otro estudio de relevancia constituye: *“El glufosinato de amonio altera la calidad y el ADN de los espermatozoides de ratón”*. El mismo fue desarrollado por un equipo de científicos de varias universidades de México y publicado en la Revista Internacional de Contaminación Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de México (2018). A partir del mismo se ha encontrado que el glufosinato de amonio altera la calidad (morfología, movilidad) y el ADN de los espermatozoides de mamíferos. El mismo expresa: *“La exposición a GLA induce incrementos en la incidencia de partos prematuros, anomalías y abortos en hembras preñadas, así como un retraso en el desarrollo del cigoto de preimplantación”* [34]

En el estudio “Effects of L-Glufosinate-ammonium and temperature on reproduction controlled by neuroendocrine system in lizard (*Eremias argus*)”, los resultados mostraron que el GLA *“interrumpe la reproducción de los lagartos a través del eje hipotálamo-hipófisis-gónada (HPG). Además, con las consecuencias del cambio climático, la temperatura no solo puede cambiar el comportamiento ambiental de los plaguicidas, sino también alterar las características fisiológicas de las lagartijas. Por lo tanto, estos resultados enfatizaron que la temperatura es un factor abiótico esencial que no debe pasarse por alto en los estudios ecotoxicológicos”*. [47]

En otro estudio realizado con lagartos machos (*Eremias argus*), expuestos a suelo contaminado con GLA durante 60 días¹⁸, se encontró el GLA afectó negativamente la condición física de éstos. Los resultados evidenciaron: *“cambios en las actividades de las enzimas antioxidantes en respuesta a los niveles elevados de malondialdehído en los testículos de lagarto indicaron que los testículos se vieron fuertemente afectados por el daño oxidativo, y el aumento del índice testicular se asoció con lesiones testiculares graves. Además, también se observaron alteraciones de los niveles de hormonas sexuales en plasma y niveles de expresión génica relacionados de esteroides sexuales, y se aclaró el mecanismo subyacente a la inducción de toxicidad reproductiva. La actividad de la glutamina sintetasa se inhibió gravemente en el hígado del grupo expuesto a GLA. Según los resultados del índice*

¹⁸ En donde se evaluaron las condiciones físicas, los coeficientes de órganos, la actividad de enzimas antioxidantes, la distribución de tejidos, el daño histopatológico, los niveles de hormonas esteroides y la expresión génica relacionada con los esteroides sexuales [50]

hepático y los exámenes histopatológicos, se confirmó el efecto de hepatotoxicidad del GLA”. [50]

Por su parte, Investigadores e investigadoras del Laboratorio de Ecotoxicología de la Universidad Nacional del Litoral - Argentina demostraron, en estudios publicados en 2013 [35] y 2014 [36], que el glufosinato inhibe la transmisión del impulso nervioso (neurotóxico) y afecta la división celular (genotóxico) en anfibios, cuyas características biológicas son similares a las de los vertebrados, entre ellos: los seres humanos¹⁹.

En el estudio denominado “Impactos de la exposición de concentraciones ambientalmente relevantes de una formulación de herbicida de glufosinato de amonio en el desarrollo larvario y la histología de la tiroides de *Xenopus laevis*”, se utilizó el protocolo estandarizado del ensayo de metamorfosis de *Xenopus* para evaluar las posibles propiedades moduladoras de la tiroides de la formulación de glufosinato de amonio Basta, en concentraciones ambientales relevantes (0,05 mg/L, 0,15 mg/L y 0,25 mg/L) durante 21 días [37].

Los resultados del estudio visibilizan que *“esta formulación redujo la longitud de las patas traseras entre los criterios de valoración morfológicos. La evaluación histológica mostró que el área media de la glándula tiroides y la altura media del epitelio del folículo tiroideo aumentaron significativamente después de exposiciones de 0,15 y 0,25 mg/L. El presente estudio confirmó que esta formulación de Basta interactúa con el eje tiroideo y, por lo tanto, representa un riesgo potencial para la salud de los anfibios en particular y de los vertebrados acuáticos potencialmente metamórficos. Además, el resultado es una señal de posibles actividades inherentes de alteración de la tiroides que deben investigarse y caracterizarse más a fondo en algunas de las formulaciones de herbicidas acuáticos para salvaguardar la biodiversidad acuática”* [37].

En el estudio denominado “Bioaccumulation, behavior changes and physiological disruptions with gender-dependent in lizards (*Eremias argus*) after exposure to glufosinate-ammonium and l-glufosinateammonium”, lagartos machos y hembras (*Eremias argus*) fueron expuestos a Glufosinato de amonio (GLA) y l - Glufosinato de amonio (L-GLA) durante 60 días. Se observó a partir de los grupos de tratamiento *“una velocidad de sprint más lenta, una mayor frecuencia de retroceso y un índice cerebral reducido. La acumulación de GLA en el cerebro de lagarto fue mayor que la de L-GLA. Además, las actividades de las enzimas relacionadas con la neurotoxicidad y los biomarcadores del estrés oxidativo también fueron investigados”* [38].

En el estudio “Immunotoxicity and transcriptome analysis of zebrafish embryos in response to glufosinate-ammonium exposure” se han investigado los efectos inmunotóxicos de la exposición a Gla en embriones de pez cebra. Los resultados demostraron que *“en primer lugar, el Gla disminuyó notablemente la tasa de supervivencia y provocó una serie de*

¹⁹ Ver en: <https://agenciatierraviva.com.ar/el-gobierno-y-bioceres-festejan-china-aprobo-la-soja-hb4-y-australia-el-cuestionado-trigo-transgenico/>

malformaciones morfológicas de forma dependiente de la dosis. Mientras tanto, el número de macrófagos y neutrófilos se redujo sustancialmente tras la exposición a Gla. Además, se modificaron los niveles de estrés oxidativo y las actividades de enzimas antioxidantes como CATy SOD se elevaron con el aumento de las concentraciones de Gla. En segundo lugar, el análisis comparativo del transcriptoma identificó 1366 genes expresados diferencialmente (DEG), incluidos 789 regulados al alza y 577 regulados a la baja en embriones de pez cebra después de la exposición a Gla”[39].

En el estudio denominado “Multiple effects of the herbicide glufosinate-ammonium and its main metabolite on neural stem cells from the subventricular zone of newborn mice”, se utilizó un in vitromodelo de cultivo de células madre neurales primarias murinas para investigar la neurotoxicidad del GLA y su principal metabolito, el ácido 4-metilfosfínico-2-oxobutanoico (PPO). [40]

A partir de este estudio se demostró que “el GLA y PPO alteran la integridad de la pared endimaria en la zona ventricular-subventricular (V-SVZ) y alteran la diferenciación neuroglial de las células madre neurales. GLA y PPO afectaron la formación de cilios, con expresión reducida de Celsr2 después de la exposición a PPO.” [40]

A su vez, “el GLA promovió la diferenciación de células neuronales y oligodendrogiales, mientras que PPO aumentó la población de células B1 y perjudicó el destino neuronal de las células madre neurales. Estos resultados confirman el anterior estudio hecho por este grupo de investigación, en el que se comprobó que la exposición del desarrollo a GLA altera la neurogénesis en la SVZ y la migración de neuroblastos a lo largo de la corriente migratoria rostral”. [40]

En ese sentido, “destacan la importancia de investigar la toxicidad de los productos de degradación de plaguicidas. De hecho, no solo GLA, sino también su metabolito PPO interrumpe la homeostasis de V-SVZ y proporciona un nuevo mecanismo celular subyacente a la toxicidad del desarrollo neurológico inducida por GLA. Además, pudimos demostrar por primera vez una actividad neurotóxica de un metabolito de GLA diferente del principio activo de GLA” [40]

Por otra parte, el estudio denominado “Evaluación comparativa de la toxicidad crónica individual y mixta del glifosato y el glufosinato de amonio en renacuajos de anfibios: un enfoque de múltiples biomarcadores”[11] se constituyó en uno de los primeros que tuvo como objetivo explicar la manera en la que interactúan los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, dos de los agrotóxicos más utilizados en el Cono Sur.

Este estudio comprobó que las moléculas de estos dos químicos pueden agruparse y formar mezclas perjudiciales para el ambiente. Es decir, que originan un nuevo contaminante que puede permanecer en el suelo, el agua y también, por ejemplo, en residuos de silobolsas. Además, “entre los principales resultados observaron que el glufosinato de amonio provocó

una mayor tasa de malformaciones, así como mayor daño genético y más alteración en los niveles de la hormona T4” [11].

Las conclusiones del documento científico señalan que: *“Se necesita poner un alto urgente a la aprobación continua de cultivos transgénicos resistentes a herbicidas, como el glufosinato de amonio, que carecen de evaluaciones bioéticas y avales científicos multidisciplinarios”. [11]*

Por su parte, un estudio reciente llamado *“Glifosato y glufosinato de amonio, herbicidas comúnmente utilizados en cultivos modificados genéticamente y su interacción con microplásticos: Ecotoxicidad en renacuajos de anuros” [41]* de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y del Conicet se propuso analizar la interacción entre los microplásticos de los silobolsas y agrotóxicos como el glifosato y el glufosinato de amonio, con el objetivo de entender el impacto en la combinación de plásticos²⁰ y agrotóxicos en anfibios.

Las y los autores de este estudio científico reconocen que el aumento de pesticidas químicos aplicados a cultivos genéticamente modificados tolerantes al herbicida glifosato *“se ha convertido en una de las mayores amenazas para la conservación ecológica y la salud pública a nivel mundial”. [41]*

En un estudio observacional retrospectivo recopiló datos de pacientes consecutivos diagnosticados de intoxicación aguda por glufosinato de amonio entre enero de 2005 y diciembre de 2020, publicado en el del año 2022, se observó el desarrollo de neurotoxicidad tras la intoxicación aguda por glufosinato de amonio. Este estudio tuvo como resultado que: *“de los 72 pacientes seleccionados, 44 pacientes (61,1%) presentaron síntomas neurotóxicos. La neurotoxicidad apareció con un periodo de latencia aproximado de 12 h. El cociente neutrófilo-linfocito (NLR) fue significativamente mayor en el grupo que presentaba neurotoxicidad. El análisis multivariable mostró que el NLR era significativo para predecir la neurotoxicidad. El NLR se asoció de forma independiente con la neurotoxicidad iniciada por el glufosinato de amonio”. [44]*

En tal sentido, el estudio *“Clinical analysis of 15 cases of acute glufosinate poisoning”* realizado en el 2020, demostró que la intoxicación por glufosinato puede causar daño al sistema respiratorio y al sistema nervioso. En casos severos, la insuficiencia respiratoria y la encefalopatía tóxica son potencialmente mortales. [48]. Además, la intoxicación por glufosinato de amonio puede causar complicaciones neurológicas incluso después de un periodo sin síntomas. [49]

Por su parte, estudios demuestran que los metabolitos derivados del glufosinato se transportan preferentemente a las regiones superiores de la planta y pueden ser depositados en las semillas o frutos. Por lo tanto, independientemente del momento de la aplicación, el glufosinato se transporta dentro de la planta y se metaboliza en otros compuestos químicos. Si nos alimentamos con trigo HB4, consumimos sus metabolitos (N-acetil-glufosinato). [42, 43]

Cabe destacar que en el país existe una Guía Nacional de Vigilancia y Control de Eventos de Notificación Obligatoria de Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica en Paraguay

²⁰ Ya que los silobolsas, utilizados para el almacenamiento de granos, están compuestos por polietileno

[7], que incluye a la intoxicación por agrotóxicos. La misma debe ser revisada a fin de evaluar si se está o no usando el protocolo correspondiente. Los motivos, no son tan difíciles de investigar ni de averiguar, pues existen normativas para la aplicación de los agrotóxicos en las plantaciones y si estas no se cumplen, es lógico que afecta a las poblaciones biológicas cercanas [8, 10].

Es necesario evaluar, monitorizar la contaminación producida por los pesticidas, enfocando en la exposición ocupacional, las poblaciones rurales, y la exposición ambiental, que incluye contaminación de agua, frutas verduras etc. (Wang *et al.*, 2018)

El impacto de los pesticidas sobre la salud humano es un desafío por el gran potencial de daño que tienen. Es importante que cada país reporte los datos sobre los efectos de estos compuestos sobre la población. Pueden tener un rol fundamental para guiar las políticas públicas con el objetivo de establecer las medidas y guías de medidas para mitigar los efectos sobre la población y así reducir los episodios tanto de intoxicaciones agudas no intencionales, como efectos a largo plazo de la exposición a los diferentes compuestos químicos. Se estima que el 44% de los agricultores sufren intoxicaciones agudas no intencional por pesticidas, por año en todo el mundo. Aproximadamente 11.000 caso al año son fatales.(Boedeker *et al.*, 2020)

Consumo de harina de trigo en Paraguay

La harina de trigo constituye desde hace algunas décadas, uno de los pilares fundamentales de la alimentación paraguaya. El consumo de panificados (galletas, galletitas pan masas) es de unos 70 kg/año/cápita. A ello se agrega el consumo de harina (en salsas y otros, fideos y pastas frescas), en total unos 117 kg/año per cápita.

Representa el 21% de lo consumido, en promedio. Es uno de los más altos de Latinoamérica, junto con Argentina y Chile. Los principales productos que se consumen son Pan Felipe (francés), Galleta y productos secos.

El consumo de pastas secas en el mercado paraguayo, según información publicada en el diario La Nación, alcanza las 35 mil toneladas por año. Este dato representa, a su vez, un consumo per cápita aproximado de 5,4 kg/año. El área de mayor consumo de pastas es el interior del país, con una participación del 56% en las ventas; mientras que el 44% restante corresponde a Asunción y Gran Asunción.

La disponibilidad de alimentos en cereales y panificados pasó de 114,8 kg/ capita /año en 2014 a 939 kg/cápita/año (FAO Stat). Representa, para las poblaciones pobres, el 45,07% a nivel urbano y el 35,6% a nivel rural (en % de las calorías consumidas). Es el primer grupo de alimentos en caloría consumido por las poblaciones en situación de pobreza (que consumen menos proteínas)

La Encuesta de Ingresos y Gastos 2011 muestra que los ultraprocesados representaron 26,5% (EE 0,5) del consumo total de energía, con diferencia significativa entre el área rural y urbana (20,7% vs. 30,2%).

Cabe señalar, que la ingesta en calorías de las poblaciones empobrecidas descansa sobre los panificados, fideos y ultraprocesados con derivados de trigo. En particular: los niños y niñas. El 37,9% (935.775 personas) de los niños, niñas y adolescentes viven en la pobreza total, donde el 31,6% corresponde a pobres no extremos y el 6,3% a quienes se encuentran en la pobreza extrema. Este sector vulnerabilizado, será el más afectado a partir del cultivo de trigo transgénico en el país.

Desregulación en materia de organismos genéticamente modificados

Desde el año 2012, el marco normativo en materia de liberación de organismos genéticamente modificados atraviesa un proceso de desregulación. Desde el gobierno de Federico Franco, el Ministerio de Agricultura y Ganadería concentra el poder de decisión en materia de liberación comercial de OGM.

Esto se institucionalizó a través de la Resolución MAG N° 1348/12, donde se reglamentó el Decreto 9.699/2012 “Que crea la Comisión Nacional de Bioseguridad agropecuaria y forestal (CONBIO)”. A partir de ésta el impacto ambiental de los OGMs dejó de ser considerado con criterios claramente establecidos por parte de la CONBIO; además, se desdibujaron los criterios respecto a la bioseguridad, así como la aptitud alimentaria y animal (González, 2015). Con ello, se liberaron cuatro eventos de maíz transgénico y un evento de algodón genéticamente modificado. Y permitió, durante el gobierno de Horacio Cartes, la liberación de más de 20 eventos transgénicos.

Bajo el gobierno de Mario Abdo, se avanzó en la desregulación de este marco normativo, a partir de la promulgación de las Resoluciones del MAG N° 1030 y N° 1071 en el año 2019. Como consecuencia de este proceso, en Paraguay solo se necesita completar la evaluación de un formulario, cuyos requisitos procedimentales son meramente descriptivos, para aprobar cultivos genéticamente modificados liberados comercialmente en terceros países.

Como consecuencia de ese proceso, el dictamen en el que se basó la liberación comercial del evento transgénico de trigo HB4 contó tan solo con un informe técnico producido por la misma empresa productora de esta semilla transgénica. Es decir, el país no cuenta con criterios propios ni independientes para la liberación de eventos transgénicos. Es decir, el Estado renunció a tener examen y criterio técnico propio con respecto a los eventos transgénicos aprobados en otros países. Con ello, además, se suprimió la posibilidad de “...acceso a *informaciones sobre pruebas de campo y otros usos propuestos de los eventos autorizados*” que tiene el público en general.

Todos los decretos mencionados, fueron motivados y sancionados por dos cuestiones fundamentales: 1) por considerarse riesgoso cualquier evento transgénico, y 2) para asegurar y garantizar las medidas de seguridad indispensables para la protección de la salud y el medio ambiente.

Tanto la salud como el medio ambiente, son derechos de rango Constitucional, de interés común y público. Justamente, por ser de interés público, desde un principio, los decretos sobre la materia vienen planteando artículos sobre la transparencia e información al público en general en el proceso de aprobación relacionado a los eventos transgénicos

Por ello, el procedimiento actual para la aprobación de eventos transgénicos, colisiona con los fines u objetivos de varias otras normas de rangos superiores, como la Constitución Nacional que garantiza el derecho a la salud y al ambiente saludable, y otras legislaciones respecto a derechos campesinos.

Tabla 1 Artículos de la Constitución Nacional con los que colisiona la liberación de trigo transgénico HB4 en Paraguay

Constitución Nacional de Paraguay	Artículo 6 - DE LA CALIDAD DE VIDA	La calidad de vida será promovida por el Estado mediante planes y políticas que reconozcan factores condicionantes, tales como la extrema pobreza y los impedimentos de la discapacidad o de la edad. El Estado también fomentará la investigación de los factores de población y sus vínculos con el desarrollo económico social, con la preservación del ambiente y con la calidad de vida de los habitantes.
	Artículo 7 - DEL DERECHO A UN AMBIENTE SALUDABLE	Toda persona tiene derecho a habitar en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado. Constituyen objetivos prioritarios de interés social la preservación, la conservación, la recomposición y el mejoramiento del ambiente, así como su conciliación con el desarrollo humano integral. Estos propósitos orientarán la legislación y la política gubernamental.
	Artículo 8 - DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL	Las actividades susceptibles de producir alteración ambiental serán reguladas por la ley. Asimismo, ésta podrá restringir o prohibir aquéllas que califique peligrosas. Se prohíbe la fabricación, el montaje, la importación, la comercialización, la posesión o el uso de armas nucleares, químicas y biológicas, así como la introducción al país de residuos tóxicos. La ley podrá extender ésta prohibición a otros elementos peligrosos; asimismo, regulará el tráfico de recursos genéticos y de su tecnología, precautelando los intereses nacionales. El delito ecológico será definido y sancionado por la ley. Todo daño al ambiente importará la obligación de recomponer e indemnizar.
	Artículo 28 - DEL DERECHO A INFORMARSE	Se reconoce el derecho de las personas a recibir información veraz, responsable y ecuánime. Las fuentes públicas de información son libres para todos. La ley regulará las modalidades, plazos y sanciones correspondientes a las mismas, a fin de que este derecho sea efectivo. Toda persona afectada por la difusión de una información falsa, distorsionada o ambigua tiene derecho a exigir su rectificación o su aclaración por el mismo medio y en las mismas condiciones que haya sido divulgada, sin perjuicio de los demás derechos compensatorios.
	Artículo 117 - DE LOS DERECHOS POLITICOS	Los ciudadanos, sin distinción de sexo, tienen el derecho a participar en los asuntos públicos, directamente o por medio de sus representantes, en la forma que determine esta Constitución y las leyes. Se promoverá el acceso de la mujer a las funciones públicas.

Tabla 2 Principios consagrados en la Ley N° 5310 "De alimentación escolar y control sanitario", con los que colisiona la liberación de trigo transgénico HB4

LEY N° 5210 DE ALIMENTACION ESCOLAR Y CONTROL SANITARIO	Se entiende como alimentación escolar: alimentación, variada, balanceada, de calidad óptima y adecuada a los requerimientos nutricionales de cada grupo etáreo, proporcionado en el marco del régimen escolar, conforme a las características socio-culturales y la disponibilidad de los productos e insumos alimenticios característicos de los territorios, y que al mismo tiempo, promuevan acciones pedagógicas que permitan que se conviertan en una experiencia educativa para la formación de hábitos alimentarios saludables en la población escolar atendida por el Sistema Educativo y el desarrollo de los componentes pedagógicos en materia de derecho a la alimentación y seguridad alimentaria, con la participación de la comunidad educativa.
	Artículo 8°.- En reconocimiento de la importancia educativa y social la Ley de Alimentación Escolar y Control Sanitario y, teniendo en cuenta de que las satisfactorias condiciones de salud y nutrición de los estudiantes son requisitos esenciales para el rendimiento escolar, el Gobierno Central, Departamental y Municipal, deberán desarrollar e implementar estrategias de monitoreo y evaluación de procesos, y de impacto de la implementación de la alimentación escolar.
	Artículo 10.- Se establecen como directrices de la alimentación escolar: a) Que la misma deberá basarse en una dieta saludable y adecuada para el estudiante. b) Que deberá comprender el uso de alimentos variados e ino cuos, utilizando los grupos de alimentos establecidos en las Guías Alimentarias del Paraguay y reflejadas en la Olla Nutricional, respetándose las preferencias nutricionales, los hábitos alimentarios, la cultura y la tradición alimentaria de la localidad donde habita el estudiante. c) Que los productos alimenticios que forman parte de la alimentación escolar deben cumplir con las exigencias de inocuidad y calidad establecidas en las normativas vigentes.

Tabla 3 Ley N° 253 "Que aprueba el convenio sobre diversidad biológica, adoptado durante la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo"

LEY N° 253 QUE APRUEBA EL CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLOGICA, ADOPTADO DURANTE LA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO -LA CUMBRE PARA LA TIERRA-, CELEBRADO EN LA CIUDAD DE RIO DE JANEIRO, BRASIL	Artículo 8 - g) Establecerá o mantendrá medios para regular, administrar o controlar los riesgos derivados de la utilización y la liberación de organismos vivos modificados como resultado de la biotecnología que es probable tengan repercusiones ambientales adversas que puedan afectar a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana
	Artículo 10°. Utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda: a) Integrará el examen de la conservación y la utilización sostenible de los recursos biológicos en los procesos nacionales de adopción de decisiones; b) Adoptará medidas relativas a la utilización de los recursos biológicos para evitar o reducir al mínimo los efectos adversos para la diversidad biológica; c) Protegerá y alentará la utilización consuetudinaria de los recursos biológicos, de conformidad con las prácticas culturales tradicionales que sean compatibles con las exigencias de la conservación o de la utilización sostenible; d) Prestará ayuda a las poblaciones locales para preparar y aplicar medidas correctivas en las zonas degradadas donde la diversidad biológica se ha reducido;

Tabla 4 Otras leyes que consagran derechos campesinos contra las que colisiona la liberación comercial de trigo transgénico HB4 en Paraguay

LEY N° 5.446/15 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA MUJERES RURALES
o LEY N° 3.481/08 DE FOMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA

Breves conclusiones

La soberanía alimentaria y la salud de la población paraguaya se han puesto nuevamente en peligro en el territorio paraguayo, tras la sigilosa liberación comercial del trigo genéticamente modificado (trigo HB4), por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Si no se logra frenar el cultivo de este trigo, los transgénicos se encontrarán presentes en la mayor parte de los alimentos cotidianos, con lo cual en las mesas se podría multiplicar el consumo de agrotóxicos.

Por lo mismo, solicitamos la derogación de la Resolución MAG N° 556/2023, que permitió la liberación comercial del trigo transgénico HB4 en Paraguay, a puertas cerradas, como consecuencia de la desregulación que el país atraviesa en esta materia desde el año 2012.

Con todos estos antecedentes, creemos fundamental el establecimiento de espacios de diálogo participativos e informados, donde se pueda discutir acerca del impacto sobre la salud de las personas, la liberación comercial del evento transgénico de trigo HB4.

Bibliografía estudios científicos

1. Aitor Guisasola Yeregui, José Ignacio Cabrerizo Benito, José Manuel Guisasola Yeregui. Guía para la utilización segura de productos fitosanitarios. 2018;170. Available from: www.osalan.euskadi.eus%0AOSALAN
2. Martinez DA, Loening UE, Graham MC. Impacts of glyphosate-based herbicides on disease resistance and health of crops: a review. *Environ Sci Eur* [Internet]. 2018;30(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0131-7>
3. Monger A, Mahat K, Dorjee, Om N, Mongar P, Dorji T, et al. Assessment of exposure to pesticides and the knowledge, attitude and practice among farmers of western Bhutan. *PLoS One* [Internet]. 2023;18(5):e0286348. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0286348>
4. Franco F, Viviana N, Prieto R. Glifosato ¿Inocuo para la Vida animal? *NOVAPOLIS* [Internet]. 2019;(14):125–34. Available from: https://www.siemi.pyglobal.com/pdf/novapolis_ns_14.pdf
5. Faria NMX, Rosa JAR da, Facchini LA. Intoxicações por agrotóxicos entre trabalhadores rurais de fruticultura, Bento Gonçalves, RS. TT - [Poisoning by pesticides among family fruit farmers, Bento Gonçalves, Southern Brazil]. *Rev Saude Publica* [Internet]. 2009;43(2):335–44. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&nrm=iso&lng=pt&tlng=pt&pid=S0034-89102009000200015%0Ahttp://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&nrm=iso&lng=pt&tlng=pt&pid=S0034-89102009000200015
6. Camila J, Ramos O, Dias T, Pongeluppi M, Rodrigues GA, Bovério MA, et al. Riscos Do Descarte Inadequado De Embalagens De Agrotóxicos. Mobilizar o Conhecimento para Aliment o Bras . 2018;170–9.
7. Dirección General de Vigilancia de la Salud. Guia Nacional De Vigilancia Y Control De Eventos De Notificacion Obligatoria [Internet]. https://dgvs.mspbs.gov.py/files/guiaNacional/Guia_de_Vigilancia_2022_act_28_julio.pdf. 2022. 1–360 p. Available from: https://dgvs.mspbs.gov.py/files/guiaNacional/Guia_de_Vigilancia_2022_act_28_julio.pdf
8. Sutris JM, How V, Sumeri SA, Muhammad M, Sardi D, Mohd Mokhtar MT, et al. Genotoxicity following organophosphate pesticides exposure among orang asli children living in an agricultural island in kuala langat, Selangor, Malaysia. *Int J Occup Environ Med*. 2016;7(1):42–51.

9. Reno U, Gutierrez MF, Regaldo L, Gagneten AM. The Impact of Eskoba®, a Glyphosate Formulation, on the Freshwater Plankton Community. *Water Environ Res.* 2014;86(12):2294–300.
10. Annett R, Habibi HR, Hontela A. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. *J Appl Toxicol.* 2014;34(5):458–79.
11. Cuzziol-Boccioni AP, Lener A, Peluso J, Peltzer PM, Attademo AM, Aronzón C, et al. Comparative assessment of individual and mixture chronic toxicity of glyphosate and glufosinate ammonium on amphibian tadpoles: A multibiomarker approach. *Quimiosfera.* 2022; 309(1).
12. Bonansea R, Filippi I, Wunderlin D, Marino D, Amé M. The Fate of Glyphosate and AMPA in a Freshwater Endorheic Basin: An Ecotoxicological Risk Assessment. *Toxics [Internet].* 2017;6(1):3. Available from: <http://www.mdpi.com/2305-6304/6/1/3>
13. Gallardo-Valle ED, Carbajal-Noguera D, Moreno-Godínez ME, Flores-Alfaro E, Parra-Rojas I, Huerta-Beristain G, et al. Evaluation of the cytotoxicity and genotoxicity of glufosinate-ammonium at technical and commercial grades in HepG2 cells. *J Environ Sci Heal - Part B Pestic Food Contam Agric Wastes.* 2023;58(8):2023.
14. Castelli L, Branchiccela B, Zunino P, Antúnez K. Insights into the effects of sublethal doses of pesticides glufosinate-ammonium and sulfoxaflor on honey bee health. *Sci Total Environ.* 2023;868(April).
15. Benítez-Leite S, Almada M, Franco D, Arbo BAT. DNA damage induced by exposure to pesticides in children of rural areas in Paraguay Article. *Indian J Med Res.* 2020;150(3):290–6.
16. Benedetti D, Nunes E, Sarmiento M, Porto C, Santos CEI dos, Dias JF, et al. Genetic damage in soybean workers exposed to pesticides: Evaluation with the comet and buccal micronucleus cytome assays. *Mutat Res - Genet Toxicol Environ Mutagen [Internet].* 2013;752(1–2):28–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.01.001>
17. Milić M, Žunec S, Micek V, Kašuba V, Mikolić A, Lovaković BT, et al. Oxidative stress, cholinesterase activity, and DNA damage in the liver, whole blood, and plasma of Wistar rats following a 28-day exposure to glyphosate. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2018;69(2):154–68.
18. Kwiatkowska M, Reszka E, Woźniak K, Jabłońska E, Michałowicz J, Bukowska B. DNA damage and methylation induced by glyphosate in human peripheral blood mononuclear cells (in vitro study). *Food Chem Toxicol [Internet].* 2017;105:93–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2017.03.051>

19. Townsend M, Peck C, Meng W, Heaton M, Robison R, O'Neill K. Evaluation of various glyphosate concentrations on DNA damage in human Raji cells and its impact on cytotoxicity. *Regul Toxicol Pharmacol* [Internet]. 2017;85:79–85. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.02.002>
20. Woźniak E, Sicińska P, Michałowicz J, Woźniak K, Reszka E, Huras B, et al. The mechanism of DNA damage induced by Roundup 360 PLUS, glyphosate and AMPA in human peripheral blood mononuclear cells - genotoxic risk assessment. *Food Chem Toxicol* [Internet]. 2018;120:510–22. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.07.0>
21. Ferramosca A, Lorenzetti S, Di Giacomo M, Murrieri F, Coppola L, Zara V. Herbicides glyphosate and glufosinate ammonium negatively affect human sperm mitochondria respiration efficiency. *Reprod Toxicol*. 2021 Jan;99:48-55. doi: 10.1016/j.reprotox.2020.11.011. Epub 2020 Nov 26. PMID: 33249231.
22. Arab A et al. *Int J Environ Health Res*2022;32(12):2718-2755. doi: 10.1080/09603123.2021.1987396
23. Giambò F et al. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(11):5510. DOI: 10.3390/ijerph18115510; ver también en: Utembe W et al *Chemosphere*. 2021;271 DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.129817
24. Miranda RA et al. *Endocrine*2023 Mar;79(3):437-447. doi: 10.1007/s12020-022-03229; ver también en: Pinos H et al. *Int J Environ Res Public Health*2021 ;18(13):7170.doi: 10.3390/ijerph18137170.
25. Cavalier H et al. *Int J Cancer*. 2023 ; 152(5): 879–912. doi: 10.1002/ijc.34300
26. Áy Z, et al. The effect of high concentrations of glufosinate ammonium on the yield components of transgenic spring wheat (*Triticum aestivum* L.) constitutively expressing the bar gene. *ScientificWorldJournal*. 2012;2012:657945.
27. Feat-Vetel J, et al. Multiple effects of the herbicide glufosinate-ammonium and its main metabolite on neural stem cells from the subventricular zone of newborn mice. *Neurotoxicology*. 2018 Dec;69:152-163.
28. Ebert E, et al. Summary of safety evaluation toxicity studies of glufosinate ammonium. *Food Chem Toxicol*. 1990 May;28(5):339-49.
29. Rafael C. Lajmanovich, Mariana C. Cabagna-Zenklusen, Andrés M. Attademo, Celina M. Junges, Paola M. Peltzer, Agustín Bassó, Eduardo Lorenzatti, Induction of micronuclei and nuclear abnormalities in tadpoles of the common toad (*Rhinella arenarum*) treated with the herbicides Liberty® and glufosinate-ammonium, *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, Volume 769, 2014, Pages 7-12, ISSN 1383-5718,

<https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2014.04.009>.

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138357181400103X>

30. Tianyu Dong, Quanquan Guan, Weiyue Hu, Mingzhi Zhang, Yuqing Zhang, Minjian Chen, Xinru Wang, Yankai Xia, Prenatal exposure to glufosinate ammonium disturbs gut microbiome and induces behavioral abnormalities in mice, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 389, 2020, 122152, ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122152>. Disponible en> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389420301400>

31. Matsumura N, Takeuchi C, Hishikawa K, Fujii T, Nakaki T. Glufosinate ammonium induces convulsion through N-methyl-D-aspartate receptors in mice. *Neurosci Lett*. 2001 May 18;304(1-2):123-5. doi: 10.1016/s0304-3940(01)01765-7. PMID: 11335070. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11335070/#&dopt=Abstract>

32. Ferramosca A, Lorenzetti S, Di Giacomo M, Murrieri F, Coppola L, Zara V. Herbicides glyphosate and glufosinate ammonium negatively affect human sperm mitochondria respiration efficiency. *Reprod Toxicol*. 2021 Jan;99:48-55. doi: 10.1016/j.reprotox.2020.11.011. Epub 2020 Nov 26. PMID: 33249231. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33249231/#&dopt=Abstract>

33. Ma X, Fan Y, Xiao W, Ding X, Hu W, Xia Y. Glufosinate-Ammonium Induced Aberrant Histone Modifications in Mouse Sperm Are Concordant With Transcriptome in Preimplantation Embryos. *Front Physiol*. 2022 Jan 25;12:819856. doi: 10.3389/fphys.2021.819856. PMID: 35145430; PMCID: PMC8821811. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35145430/>

34. González Calixto C, Moreno Godínez María, Maruris Reducindo M, Hernández Ochoa M, Quintanilla Vega M, Uriostegui Acosta M. El glufosinato de amonio altera la calidad y el ADN de los espermatozoides de ratón. *Rev. Int. Contam. Ambie*. 34 (especial sobre contaminación y toxicología por plaguicidas (ctp) 7-15, 2018. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.Esp01.01. Disponible En: <https://www.revistascca.unam.mx/RICA/Index.Php/RICA/Article/View/RICA.2018.34.Esp01.01/46725>

35. Peltzer, P.M., Junges, C.M., Attademo, A.M. et al. Cholinesterase activities and behavioral changes in *Hypsiboas pulchellus* (Anura: Hylidae) tadpoles exposed to glufosinate ammonium herbicide. *Ecotoxicology* 22, 1165–1173 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10646-013-1103-8>

36. Rafael C. Lajmanovich, Mariana C. Cabagna-Zenklusen, Andrés M. Attademo, Celina M. Junges, Paola M. Peltzer, Agustín Bassó, Eduardo Lorenzatti, Induction of micronuclei and nuclear abnormalities in tadpoles of the common toad (*Rhinella arenarum*) treated with the herbicides Liberty® and glufosinate-ammonium, *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, Volume 769, 2014, Pages 7-12, ISSN 1383-5718, <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2014.04.009>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138357181400103X>

37. Babalola, O.O., Truter, J.C., Archer, E. *et al*. Exposure Impacts of Environmentally Relevant Concentrations of a Glufosinate Ammonium Herbicide Formulation on Larval

Development and Thyroid Histology of *Xenopus laevis*. *Arch Environ Contam Toxicol* 80, 717–725 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00244-020-00758-3>

38. Luyao Zhang, Li Chen, Zhiyuan Meng, Wenjun Zhang, Xin Xu, Zikang Wang, Yinan Qin, Yue Deng, Rui Liu, Zhiqiang Zhou, Jinling Diao, Bioaccumulation, behavior changes and physiological disruptions with gender-dependent in lizards (*Eremias argus*) after exposure to glufosinate-ammonium and l-glufosinate-ammonium, *Chemosphere*, Volume 226, 2019, Pages 817-824, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.007>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519306538>

39. Guanghua Xiong, Yunyun Deng, Jiali Li, Zigang Cao, Xinjun Liao, Yi Liu, Huiqiang Lu, Immunotoxicity and transcriptome analysis of zebrafish embryos in response to glufosinate-ammonium exposure, *Chemosphere*, Volume 236, 2019, 124423, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124423>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519316443>

40. Justyne Feat-Vetel, Vanessa Larrigaldie, Géraldine Meyer-Dilhet, Ameziane Herzine, Camille Mougin, Anthony Laugeray, Thierry Gefflaut, Olivier Richard, Valérie Quesniaux, Céline Montécot-Dubourg, Stéphane Mortaud, Multiple effects of the herbicide glufosinate-ammonium and its main metabolite on neural stem cells from the subventricular zone of newborn mice, *NeuroToxicology*, Volume 69, 2018, Pages 152-163, ISSN 0161-813X, <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2018.10.001>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161813X18301785>

41. Rafael C. Lajmanovich, Andrés M. Attademo, Germán Lener, Ana P. Cuzziol Boccioni, Paola M. Peltzer, Candela S. Martinuzzi, Luisina D. Demonte, María R. Repetti, Glyphosate and glufosinate ammonium, herbicides commonly used on genetically modified crops, and their interaction with microplastics: Ecotoxicity in anuran tadpoles, *Science of The Total Environment*, Volume 804, 2022, 150177, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150177>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721052542>

42. Droge-Laser W, Siemeling U, Puhler A, Broer I. The Metabolites of the Herbicide L-Phosphinothricin (Glufosinate) (Identification, Stability, and Mobility in Transgenic, Herbicide-Resistant, and Untransformed Plants). *Plant Physiol.* 1994 May;105(1):159-166. doi: 10.1104/pp.105.1.159. PMID: 12232195; PMCID: PMC159341. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12232195/>;

43. Dröge, W., Broer, I. & Pühler, A. Transgenic plants containing the phosphinothricin-N-acetyltransferase gene metabolize the herbicide L-phosphinothricin (glufosinate) differently from untransformed plants. *Planta* 187, 142–151 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF00201636> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24177979/>

44. Kim J, Chun BJ, Moon JM, Cho Y. Prognostic value of neutrophil to lymphocyte ratio in the diagnosis of neurotoxicity after glufosinate ammonium poisoning. *J Toxicol Environ Health A.* 2022 Jun 18;85(12):511-519. doi: 10.1080/15287394.2022.2040670. Epub 2022 Feb 14. PMID: 35164661.

45. Nicoleta Suci, Elisabetta Russo, Maura Calliera, Gian Piero Luciani, Marco Trevisan, Ettore Capri, Glyphosate, glufosinate ammonium, and AMPA occurrences and sources in groundwater of hilly vineyards, *Science of The Total Environment*, Volume 866, 2023, 161171, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161171>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722082742>
46. Babalola, O.O., Truter, J.C. & Van Wyk, J.H. Lethal and Teratogenic Impacts of Imazapyr, Diquat Dibromide, and Glufosinate Ammonium Herbicide Formulations Using Frog Embryo Teratogenesis Assay-Xenopus (FETAX). *Arch Environ Contam Toxicol* 80, 708–716 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00244-020-00756-5>
47. Luyao Zhang, Li Chen, Zhiyuan Meng, Ming Jia, Ruisheng Li, Sen Yan, Sinuo Tian, Zhiqiang Zhou, Jinling Diao, Effects of L-Glufosinate-ammonium and temperature on reproduction controlled by neuroendocrine system in lizard (*Eremias argus*), *Environmental Pollution*, Volume 257, 2020, 113564, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113564>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119337492>
48. Zhao JB, Dong JG. [Clinical analysis of 15 cases of acute glufosinate poisoning]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2020 May 20;38(5):372-374. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.cn121094-20190514-00201. PMID: 32536077.
49. Cha YS, Kim H, Lee Y, Choi EH, Kim HI, Kim OH, Cha KC, Lee KH, Hwang SO. The relationship between serum ammonia level and neurologic complications in patients with acute glufosinate ammonium poisoning: A prospective observational study. *Hum Exp Toxicol*. 2018 Jun;37(6):571-579. doi: 10.1177/0960327117715902. Epub 2017 Jul 25. PMID: 28741381.
50. Luyao Zhang, Jinling Diao, Li Chen, Zikang Wang, Wenjun Zhang, Yao Li, Zhongnan Tian, Zhiqiang Zhou, Hepatotoxicity and reproductive disruption in male lizards (*Eremias argus*) exposed to glufosinate-ammonium contaminated soil, *Environmental Pollution*, Volume 246, 2019, Pages 190-197, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.004>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974911833954X>
51. Aktar, W., Sengupta, D. and Chowdhury, A. (2009) 'Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards', *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), pp. 1–12. doi: 10.2478/v10102-009-0001-7.
52. Benítez-Leite S, Macchi ML and Acosta M (2007) 'Malformaciones congénitas asociadas a agrotóxicos', *Pediatr(Asuncion)*, 34(2), pp. 111–121. Available at: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v80n4/art10.pdf>.
53. Björvang, R. D. *et al.* (2020) 'Persistent organic pollutants, pre-pregnancy use of combined oral contraceptives, age, and time-to-pregnancy in the SELMA cohort', *Environmental Health: A Global Access Science Source*. *Environmental Health*, 19(1), pp. 1–14. doi: 10.1186/s12940-020-00608-8.
54. Boedeker, W. *et al.* (2020) 'The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review', *BMC Public Health*. *BMC Public Health*, 20(1), pp. 1–19. doi: 10.1186/s12889-020-09939-0.
55. de Castro Lima, J. A. M. *et al.* (2020) "'Modern agriculture" transfers many pesticides to watercourses: a case study of a representative rural catchment of southern Brazil',

Environmental Science and Pollution Research. Environmental Science and Pollution Research, 27(10), pp. 10581–10598. doi: 10.1007/s11356-019-06550-8.

56. Cavalier, H., Trasande, L. and Porta, M. (2023) 'Exposures to pesticides and risk of cancer: Evaluation of recent epidemiological evidence in humans and paths forward', *International Journal of Cancer*, 152(5), pp. 879–912. doi: 10.1002/ijc.34300.

57. van den Dries, M. A. *et al.* (2018) 'Determinants of organophosphate pesticide exposure in pregnant women: A population-based cohort study in the Netherlands', *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Elsevier GmbH., 221(3), pp. 489–501. doi: 10.1016/j.ijheh.2018.01.013.

58. Feulefack, J. *et al.* (2021) 'Parental pesticide exposure and childhood brain cancer: A systematic review and meta-analysis confirming the IARC/WHO monographs on some organophosphate insecticides and herbicides', *Children*, 8(12). doi: 10.3390/children8121096.

59. Flores, L., Gamarra, G. and Paredes, M. (2019) 'Monitoreo comunitario para la vigilancia de exposición al uso de plaguicidas en Paraguay , Año 2018', 9, pp. 9–18.

60. Fucic, A. *et al.* (2021) 'Reproductive health risks associated with occupational and environmental exposure to pesticides', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12). doi: 10.3390/ijerph18126576.

61. Gamarra, G. *et al.* (2019) 'Implementación de herramienta tecnológica (TIC) para la vigilancia de factores ambientales y posibles afecciones relacionadas a la exposición por uso de plaguicidas agrícolas en Paraguay TT - Implementation of a technological tool (TIC) for the monitorin', *Rev. salud pública Parag*, 9(1), p. [P19-P32]. Available at: <http://fi-admin.bvsalud.org/document/view/cv6v8>.

62. Hsiao, J. T. *et al.* (2021) 'Assessment of glufosinate-containing herbicide exposure: A multi-center retrospective study', *American Journal of Emergency Medicine*. Elsevier Inc., 50, pp. 232–236. doi: 10.1016/j.ajem.2021.08.017.

63. Martínez, M. *et al.* (2022) 'Factores de riesgo ambientales y perinatales en pacientes pediátricos con Leucemia Linfoblástica aguda, de una población hospitalaria. Estudio de caso-control.', *Pediatría (Asunción)*, 49(2), pp. 67–76. doi: 10.31698/ped.49022022002.

64. Mesquita Ramirez, M. N. *et al.* (2023) 'Perinatal outcomes and newborn head circumference and birth weight in residents near soybean fields of Alto Parana, Paraguay', *International Journal of Environmental Studies*. Routledge, 00(00), pp. 1–11. doi: 10.1080/00207233.2023.2170644.

65. Monographs, I. (2016) 'Q&A on Glyphosate', 33(March 2015), pp. 2015–2017. Available at: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/11/QA_Glyphosate.pdf.

66. Ou, J. *et al.* (2020) 'Degradation, adsorption and leaching of phenazine-1-carboxamide in agricultural soils', *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Elsevier Inc., 205(May), p. 111374. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111374.

67. Oummadi, A. *et al.* (2023) 'The herbicides glyphosate and glufosinate and the cyanotoxin β -N-methylamino-L-alanine induce long-term motor disorders following postnatal exposure: the importance of prior asymptomatic maternal inflammatory sensitization', *Frontiers in Neuroscience*, 17(June), pp. 1–12. doi: 10.3389/fnins.2023.1172693.
68. Pedon de Araujo Cardoso, T. *et al.* (2020) 'Pesticide dermal absorption: Case study x in vitro study', *Environmental Toxicology and Pharmacology*. Elsevier, 75(July 2019), p. 103313. doi: 10.1016/j.etap.2019.103313.
69. Pinto-Ferreira, F. *et al.* (2019) 'Patterns of transmission and sources of infection in outbreaks of human toxoplasmosis', *Emerging Infectious Diseases*, 25(12), pp. 2177–2182. doi: 10.3201/eid2512.181565.
70. Rahimi, T. *et al.* (2020) 'General and reproductive health outcomes among female greenhouse workers: A comparative study', *BMC Women's Health*. BMC Women's Health, 20(1), pp. 1–7. doi: 10.1186/s12905-020-00966-y.
71. Silva, H. C. M. P. da *et al.* (2020) 'Ethephon and fosetyl residues in fruits from São Francisco Valley, Brazil', *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*. Taylor & Francis, 13(1), pp. 16–24. doi: 10.1080/19393210.2019.1675779.
72. Van Steenwyk, R. A. *et al.* (2021) 'Spray drift mitigation using opposing synchronized air-blast sprayers', *Pest Management Science*, 77(2), pp. 895–905. doi: 10.1002/ps.6094.
73. Stela Benitez Leite, Deidamia Mercedes Franco de Diana, J. A. S. A. and Domingo Santiago Avalos, Marta Almada Denis, Cristina Coronel Ovelar, M. J. S. R. (2019) 'NoDNA damage induced by exposure to pesticides in children of rural areas in Paraguay Title', *Indian J Med Res*, 150. doi: DOI: 10.4103/ijmr.IJMR_1497_17.
74. Takano, H. K. and Dayan, F. E. (2020) *Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge*, *Pest Management Science*. doi: 10.1002/ps.5965.
75. Wang, Y. *et al.* (2018) 'Polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in surface water from the Yongding River basin, China: Seasonal distribution, source apportionment, and potential risk assessment', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 618, pp. 419–429. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.066.
76. Wu, L. *et al.* (2018) 'Characterizing chemical transformation of organophosphorus compounds by ^{13}C and ^2H stable isotope analysis', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 615, pp. 20–28. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.233.
77. Zhang, H. *et al.* (2020) 'Numerical simulation of airflow field from a six-rotor plant protection drone using lattice Boltzmann method', *Biosystems Engineering*. Elsevier Ltd, 197, pp. 336–351. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2020.07.018.
78. Zhu, S. *et al.* (2017) 'Spatial and seasonal variations in air-soil exchange, enantiomeric signatures and associated health risks of hexachlorocyclohexanes (HCHs) in a megacity Hangzhou in the Yangtze River Delta region, China', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 599–600, pp. 264–272. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.181.