
<HTML><META H

1° ENCUENTRO NACIONAL DE MEDICINA EN PUEBLOS FUMIGADOS

Facultad de Ciencias Médicas - Universidad Nacional de Córdoba.
27 y 28 de Agosto de 2010 - Ciudad Universitaria, Córdoba

Coordinadores: Dr. Medardo Avila Vazquez; Prof. Dr. Carlos Nota.



FCM
FACULTAD DE
CIENCIAS MÉDICAS
Universidad Nacional de Córdoba

Introducción

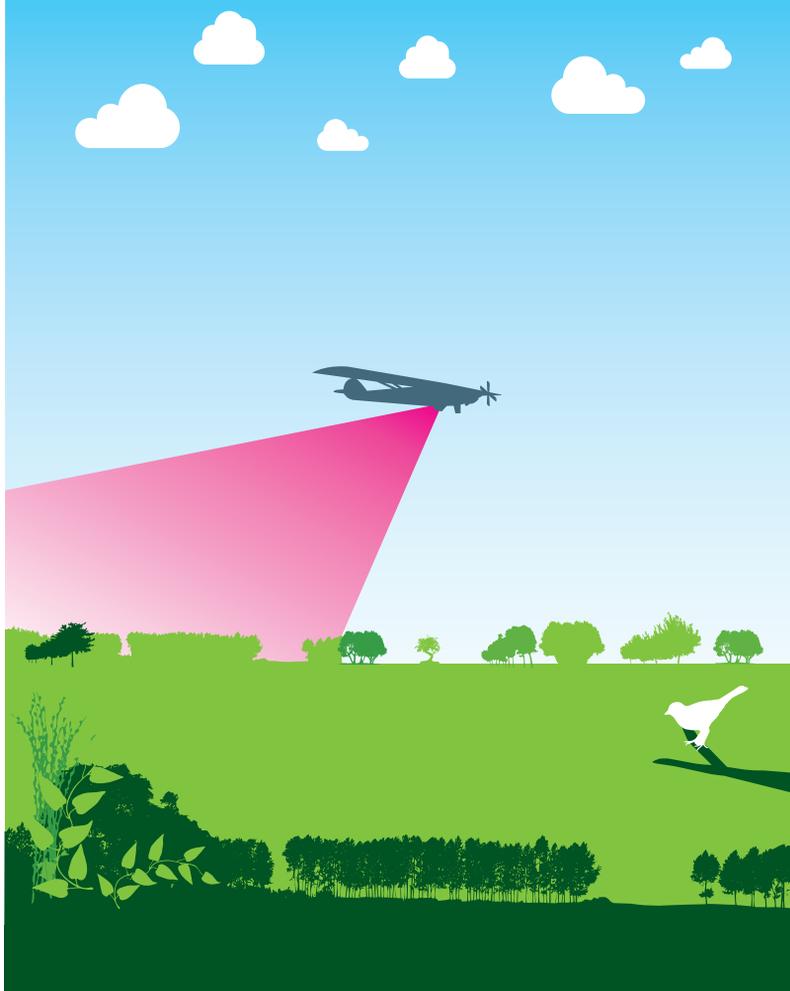
Desde hace casi 10 años los pobladores de las zonas rurales y periurbanas, donde se desarrollan actividades agropecuarias basadas en el actual modelo de producción agroindustrial, vienen reclamando, ante las autoridades políticas, ante la justicia y manifestándose ante la opinión pública, por que sienten que la salud de sus comunidades está siendo afectada ambientalmente, principalmente por las fumigaciones con agroquímicos que se utilizan en las diferentes producciones agrarias, pero también por la manipulación y depósito de estos químicos en zonas pobladas, el deshecho de envases, el acopio de granos impregnados de químicos dentro de los pueblos.

Un reflejo de estos reclamos y denuncias está contenido en la “Declaración de Caroya”¹ realizada el 13 de septiembre de 2008, por un amplio grupo de organizaciones de vecinos autoconvocados y ONG ambientalistas de Córdoba capital, Oncativo, Colonia Caroya, Jesús María, Sinsacate, Alta Gracia, Cañada de Luque, Marcos Juárez, La Granja, Anisacate, Río Ceballos y Las Peñas, entre otros. En su texto expresa textualmente: *Que los procesos de sojización, monocultivo, siembra directa, agricultura intensiva... han afectado nuestra natural convivencia en los siguientes órdenes: **Salud:** Reducción de la edad media y talla de crecimiento en pueblos fumigados por desnutrición y descenso de las defensas naturales. Malformaciones congénitas. Mutagénesis. Pérdidas de Embarazo. Depresión y Suicidios. Afecciones al sistema nervioso central y otras patologías neurológicas. Invalidez. Espina Bífida. Lupus. Leucemia y otros tipos de cáncer. Cloracné y otras afecciones cutáneas. Asma, alergias y otras afecciones respiratorias y pulmonares. Esterilidad e Impotencia masculina. Disrupción Hormonal y otros trastornos hormonales. Disminución del desarrollo en la infancia. Síndrome Febril prolongado sin foco. Mayor vulnerabilidad infantil a contaminantes. Anemia. Esclerosis Múltiple. Isquemia cerebral. Muerte...¹*

Estos reclamos y denuncias tomaron estado público nacional a través de la prensa cuando se conoció que la justicia penal ordinaria había reconocido el reclamo de los vecinos de barrio Ituzaingo Anexo de Córdoba aceptando las denuncias de la Secretaría de Salud de la Ciudad por envenenamiento a través de fumigaciones aéreas, que sometían a la población de un sector de la Ciudad muy agredido ambientalmente². En Enero de 2009 el Grupo de Reflexión Rural presentó a la Sra. Presidenta de la Nación un extenso trabajo que recoge los reclamos de los pueblos fumigados a lo largo de todo el país³.

San Jorge en Santa Fe, San Nicolás en Buenos Aires, B° Ituzaingó en Córdoba, La Leonesa en el Chaco, son solo algunos de los lugares donde el aumento de casos de cáncer, de malformaciones congénitas, de trastornos endocrinos y reproductivos, se vienen sufriendo y detectando desde que las fumigaciones sistemáticas con agrotóxicos se volvieron algo cotidiano. Los reclamos de los pueblos fumigados muchas veces fueron acompañados por miembros de sus equipos de salud, pero las respuestas de las áreas de Salud Pública estatales y la participación y el compromiso de las Universidades Públicas fueron muy escasos y aislados.

1^{ER} ENCUENTRO NACIONAL DE MEDICXS DE PUEBLOS FUMIGADOS



El 1er Encuentro Nacional de Medicxs de Pueblos Fumigados

Con el fin de generar un espacio de análisis y reflexión académica y científica sobre el estado sanitario de los pueblos fumigados, y de escuchar y contener a los miembros de los equipos de salud que vienen denunciando y enfrentando este problema, la Facultad de Ciencias Médicas de la UNC, a través de dos de sus cátedras (Medicina I y Pediatría), convocó a este 1º Encuentro.

La Universidad Pública tiene la obligación de estudiar científicamente las condiciones de vida y trabajo junto a los problemas sanitarios, sociales, económicos y culturales que se le presenten a la población de nuestro país, que por otra parte, sustenta con sus impuestos el financiamiento de la misma. Con ese objetivo se convocó en forma amplia a los médicos y demás miembros de equipos de salud y a investigadores de diferentes disciplinas a nivel nacional, a presentar sus experiencias, datos, propuestas y trabajos científicos.

Se llevó a cabo los días 27 y 28 de Agosto del corriente año en la Ciudad Universitaria de la UNC con la presencia de más de 160 participantes de las provincias de Córdoba, Santa Fé, Buenos Aires, Neuquén, Santiago del Estero, Salta, Chaco, Entre Ríos, Misiones y Catamarca; como así también de seis universidades nacionales.

El Comité organizador estaba conformado por: Dr Medardo Ávila Vázquez, Coordinador del Modulo Determinantes Sociales de la Salud, FCM-UNC.; Dr. Ariel Depetris, Epidemiólogo; Dr Gustavo Calzolari, Medico Comisión asesora de Bell Ville - Cba; Dr. Fernando Suarez, Médico Generalista de UPAS Nuestro Hogar III; Dra. Betiana Cabrera Fasolis, Adscripta Cátedra Medicina Psicosocial, UNC; y Dr. Raúl Nieto, Médico Generalista UPAS Bº Ituzaingó Anexo.

El Comité Académico estuvo integrado por: Prof. Dr. Carlos Nota: Profesor Titular de Semiología (Medicina I), UNC; Dr. Carlos Presman: Docente de Medicina Interna, UNC; Prof. Dr. Daniel Quiroga: Profesor Titular de Pediatría, UNC; Dr. Ricardo Fernández: Toxicólogo. Profesor de Pediatría, UCC; Dra. Cecilia Marchetti, Coordinadora Módulo Medicina Ambiental, FCM-UNC. Los Coordinadores del evento fueron el Dr. Medardo Ávila Vázquez y el Prof. Dr. Carlos Nota.

Informes y testimonios

Las exposiciones y relatos de los participantes fueron coincidentes con respecto a la observación clínica de una gama de enfermedades y afecciones de la salud en la población sujeta a fumigaciones. Si bien las manifestaciones de intoxicación aguda son la demanda cotidiana de estos pacientes, lo que más alarma a los médicos de los pueblos fumigados son dos observaciones principales: en primer lugar una mayor cantidad de recién nacidos que presentan malformaciones congénitas y muchos más abortos espontáneos que los que habitualmente se producían en sus poblaciones de pacientes. En segundo lugar una mayor detección de cánceres en niños y adultos, y enfermedades severas como púrpuras, hepatopatías tóxicas y trastornos neurológicos.

Los médicos destacaron que ellos atienden, en general, desde hace más de 25 años a las mismas poblaciones, pero lo que encuentran en los últimos años es absolutamente inusual y lo vinculan directamente a las fumigaciones sistemáticas con plaguicidas. Por ejemplo, el Dr. Rodolfo Páramo, médico pediatra y neonatólogo del hospital público en la ciudad del norte santafesino de Malabrigo, resaltó la alarma que le produjo encontrar 12 casos de neonatos con malformaciones sobre 200 nacimientos anuales en 2006. Situación contemporánea con los 4 casos de niños muertos a causa de malformaciones congénitas nacidos en el pequeño pueblo de Rosario del Tala en Entre Ríos, ambas zonas caracterizadas por masiva fumigación con agrotóxicos.

La Dra. María del Carmen Seveso, jefa de Terapia Intensiva del Hospital 4 de Junio de Presidencia Roque Saenz Peña-Chaco, presentó un panorama asolador en los pueblos del centro de la Provincia del Chaco como Napenay, Gancedo, Santa Silvina, Tres Isletas, Colonia Elisa y Avia Terai, en los que hubo muchos casos de enfermos con insuficiencia renal, malformaciones congénitas en hijos de madres jóvenes, cáncer en personas muy jóvenes, abortos espontáneos y dificultades para quedar embarazadas, problemas respiratorios y alérgicos agudos. Todos ellos vinculados, por los equipos de salud, a un mayor nivel de contaminación química del ambiente, generado por la práctica agroindustrial impuesta en la zona, que desplazó a los pequeños y numerosos predios de algodón preexistentes y exterminó al bosque nativo.

El mismo equipo de salud detectó numerosos casos de distress respiratorio, compatibles con inhalación del herbicida Paraquat, y además les llamó mucho la atención el aumento de los casos de Hipertensión Inducida por el Embarazo y eclampsias y preeclampsias en los últimos años, las que, sospechan, podrían estar vinculadas a la interacción de los agrotóxicos en la etiopatogénia de estos trastornos del embarazo.

En la Provincia del Chaco hubo fuertes reclamos de los vecinos por la presencia de numerosas personas afectadas en una pequeña área geográfica; situación muy parecida a la que presentó el B° Ituzaingó Anexo en la ciudad de Córdoba. A raíz de la situación sanitaria de la localidad de la Leonesa, donde se instaló una arrocera que desarrolla prácticas agroindustriales sustentadas en una intensa utilización de plaguicidas, se constituyó una Comisión oficial que estudió los contaminantes del agua. La Dra. Ana Lía Otaño, miembro de esa Comisión y delegada nacional del Ministerio de Salud en el Chaco, presentó los resultados del Primer Informe donde se destaca claramente un aumento a nivel provincial de la incidencia de malformaciones congénitas en recién nacidos, según los datos del principal efector público de la provincia, el Servicio de Neonatología del Hospital J.C. Perrando de Resistencia Chaco (Tabla No. 1).

Año	Casos registrados en un año	Nacidos vivos	Incidencia (malformados/ 10000 nacidos vivos)
1997	46 malformaciones	24.030 (nacidos vivos 1997)	19,1 por 10.000
2001	60 malformaciones	21.339 (nacidos vivos 2001)	28,1 por 10.000
2008	186 malformaciones	21.808 (nacidos vivos 2008)	85,3 por 10.000

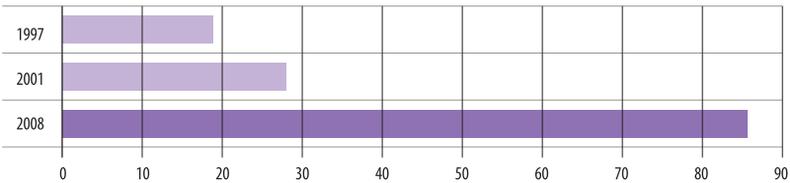
Tabla nº 1: aumento de malformaciones congénitas Servicio de Neonatología del Hospital J.C. Perrando de Resistencia Chaco.

En la Provincia del Chaco se reconoce, ahora, oficialmente lo que los pobladores venían manifestando desde hace muchos años: que la actividad laboral con agroquímicos o la exposición habitacional (por vecindad) está

relacionada con problemas reproductivos, abortos espontáneos repetidos y graves malformaciones congénitas, como la serie de casos de malformaciones congénitas cuyas madres presentan antecedentes directos de exposición con plaguicidas, recogida por el Dr. Horacio Lucero jefe del laboratorio de biología molecular del Instituto de Medicina Regional de la Universidad Nacional del Nordeste, quien los viene registrando y estudiando desde hace más de 10 años; sus observaciones han sido totalmente confirmadas.

La tasa de malformaciones congénitas cada 10.000 nacidos vivos presentó un importante aumento en los últimos años, como se observa en el gráfico n° 1.

Malformaciones por cada 10.000 nacidos vivos



Superficie sembrada con soja - Chaco - Serie 1969/70 a 2008/09 - En hectáreas

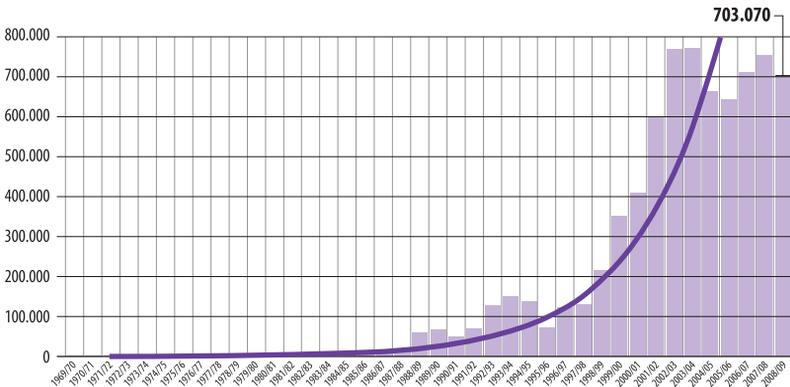
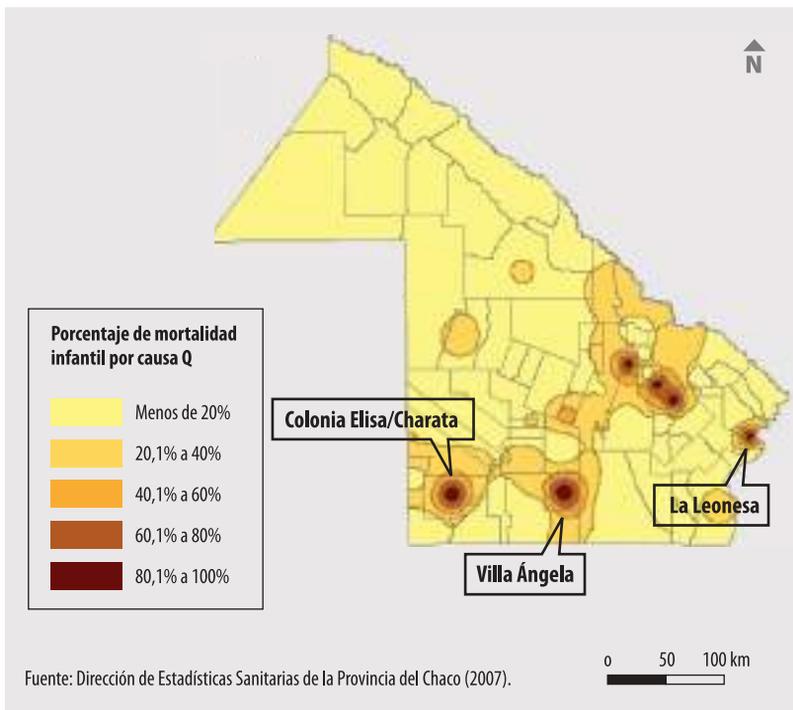


Gráfico n° 1: tasa de malformaciones congénitas por 10.000 nacidos vivos. Servicio de Neonatología del Hospital Perrando de Resistencia.

Gráfico n° 2: Evolución de la superficie sembrada de soja en la Provincia de Chaco.

En los últimos años se impuso el cultivo de la soja en el Chaco, desplazando otras actividades tradicionales de su economía regional. Se instalaron empresas que conforman pools de siembra que ahora son propietarias de grandes extensiones que eran tierras fiscales. Es notable como el avance de las has sembradas de soja en el Chaco es coincidente con el aumento de las malformaciones congénitas (grafico nº 1).

Incluso esta relación se ve fortalecida cuando se observa el mapa de la mortalidad por causas Q (malformaciones, anomalías cromosómicas y deformidades) que tiene sus incidencias más altas en las zonas sojeras y en La Leonesa, áreas con elevada utilización de glifosato y otros plaguicidas (mapa nº 1).



Mapa nº 1: Mortalidad Infantil por causa Q (Malformaciones congénitas).

Los datos sobre cáncer infantil, que presentó la Dra. Otaño también registran lo que muchos médicos encontraban en sus propias observaciones: las tasas de incidencia aumentaron marcadamente sobre los niveles preexistentes como se muestra en la tabla n° 2.

Año	Casos registrados	Población de menos de 15 años	Incidencia
1985	23 casos de Ca Infantil + 25% de registros fuera de la provincia:	275.858	10,5 por 100.000
	TOTAL: 29		
1991	21 casos de Ca Infantil + 25% de registros fuera de la provincia:	323.788	8,03 por 100.000
	TOTAL: 26		
2001	32 casos de Ca Infantil+ 25% de registros fuera de la provincia:	354.991	11,3 por 100.000
	TOTAL: 40		
2007	47 casos de Ca Infantil+ 25% de registros fuera de la provincia:	376.833	15,7 por 100.000
	TOTAL: 59		

Tabla n° 2: incidencia de Ca infantiles en el único servicio que atiende esta patología en la provincia del Chaco: 1985 – 2007 Datos aportados por el Servicio de Oncología del Hospital Pediátrico.

Además, cuando se analizó la incidencia de Cánceres infantiles en el pueblo más agredido con agrotóxicos (La Leonesa), y se lo comparo con pueblos cercanos medianamente fumigados (Las Palmas), y poco fumigados (Puerto Bermejo), los resultados reforzaron el vínculo con un mayor grado de exposición a plaguicidas, como se observa en el cuadro n° 3, porque la incidencia fue tres veces mayor en La leonesa.

Municipio	Población total 2001	Menores de 15 años. 2001	Casos esperados de Cáncer infantil / año	Casos registrados	Incidencia por año
La Leonesa	10.067	2960	0.41 casos / año (1 caso c/24-36 meses)	1996: 1 caso 1997: 1 caso 2000: 1 caso 2003: 2 casos 2004: 1 caso 2008: 1 caso 2009: 1 caso	1990 -1999 0.2 casos/año 1 caso/60 meses 2000-2009 0.6 casos/año 1 caso/20 meses
Las Palmas	6593	2146	0.3 casos / año (1 caso c/36 – 42 meses)	1993: 1 caso 1995: 1 caso 2006: 1 caso	1990 -1999 0.2 casos/año 1 caso/120 meses 2000 – 2009 0.1 caso/año 1 caso/120 meses
Puerto Bermejo	1832	652	0.09 casos / año (1 caso c/96 años)	1995: 1 caso 2008: 1 caso	1990-1999 0.1 caso/año 1 caso/120 meses 2000 – 2009 0.1 caso/año 1 caso/120 meses

Tabla nº 3: Incidencia de cánceres infantiles en tres pueblos del dpto. Bermejo, Prov. de Chaco, comparado con incidencia esperada según registro nacional de Ca infantiles.

Es importante destacar que son escasos los informes epidemiológicos oficiales; según lo que manifiestan los propios médicos, sólo cuentan con los datos de sus observaciones, ya que en general los estamentos de la Salud Pública han evitado verificar las voces de alarma de los equipos de salud como las denuncias de las poblaciones; el informe de la provincia del Chaco es uno de los únicos generados por un área pública con participación interjurisdiccional.

Otro testimonio relevante lo brindó el Dr. Hugo Gomez Demaio, cirujano pediátrico especializado en neurocirugía en Cleveland (EEUU), jefe del Servicio de Pediatría del Hospital de Posadas, Misiones; el único hospital público de la provincia que cuenta con cirugía pediátrica y al que se derivan todos los niños que requieren esa complejidad. El Centro Latinoamericano de Registro de Malformaciones Congénitas (ECLAM) informa que la Provincia de Misiones tiene una tasa de 0,1 /1000 nacidos vivos con defecto de cierre

del tubo neural; pero el Dr. Demaio registra en su hospital 7,2/1000, (70 veces más) tasa que aumenta año a año. Su equipo georeferenció el origen de las familias con estos graves e invalidantes déficits y todos provienen de zonas fuertemente fumigadas. Un panorama similar parecen presentar los cánceres infantiles en Misiones.



Foto nº 1: Mielomeningocele roto en un neonato.

Para el Dr. Demaio, el daño sobre la integridad de la salud humana que ocasionan los agrotóxicos no se reconoce en su verdadera dimensión; con respecto a las malformaciones congénitas, piensa que no conocemos la magnitud de la cantidad de abortos espontáneos.

Por otra parte, es muy probable que exista afección del neurodesarrollo y tal vez psicológica, que no se está evaluando. Esta sospecha crece a partir de estudios realizados en Colonia Alicia (Misiones) por el grupo de Demaio. Allí se realizaron análisis con un test de desarrollo neurocognitivo, los que refirieron malos resultados en la población de menores de 1 año expuesta a agroquímicos, en comparación con niños del Hospital de Posadas no procedentes de zonas fumigadas.

Este equipo de salud misionero propone el modelo del iceberg, que se grafica en la foto n° 2, para interpretar el daño a la salud que ocasionan los agrotóxicos.

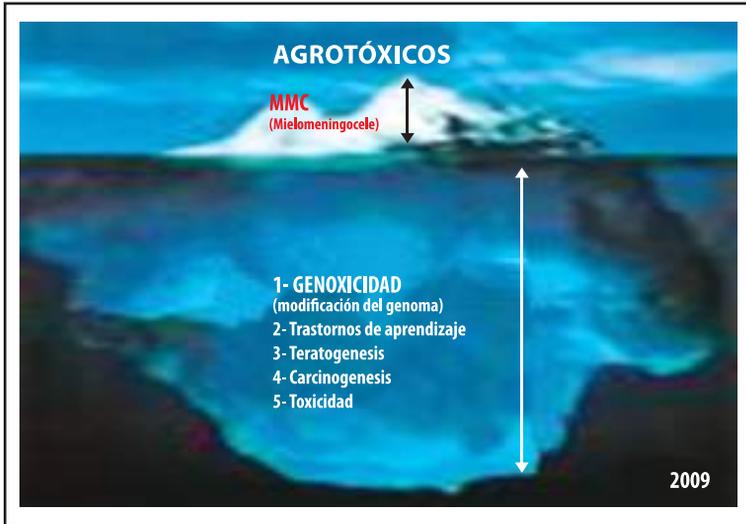


Foto n° 2: Iceberg de efectos de los agrotóxicos sobre la salud humana.

La Prof. Dra. Gladys Trombotto, genetista del Hospital Universitario de Maternidad y Neonatología de la UNC, presentó los resultados de sus estudios epidemiológicos sobre más de 111.000 nacidos vivos en la maternidad de la Universidad de Córdoba⁴.

Los bebés nacidos con malformaciones congénitas severas aumentaron entre dos y tres veces entre 1971 y 2003. Un primer informe⁵, hasta 1991, presentaba una incidencia de malformaciones congénitas mayores (MCM) de 16.2 por ‰ nacidos vivos, tasa que en 2003 llegó a 37.1‰ (Ver ejemplos en gráficos 3 y 4). El incremento es estadísticamente significativo. La Dra. Trombotto realizó un exhaustivo análisis de todos los factores de riesgo reconocidos para malformaciones congénitas, factores que estuvieran relacionadas con antecedentes biológicos, médicos y de estilos de vida de las madres y descartó absolutamente a todos ellos por falta de consistencias estadística⁴ (ver graf. n° 5).

Incidencia (x 1.000)

$$Y = 0,51605 * X - 1018,65646$$

(p < 0,0001)

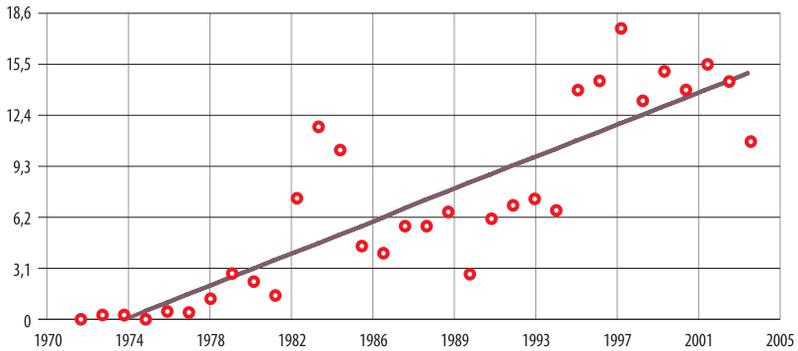


Gráfico nº 3: Evolución de cardiopatías congénitas.

Incidencia (x 1.000)

$$Y = 0,51605 * X - 1018,65646$$

(p < 0,0001)

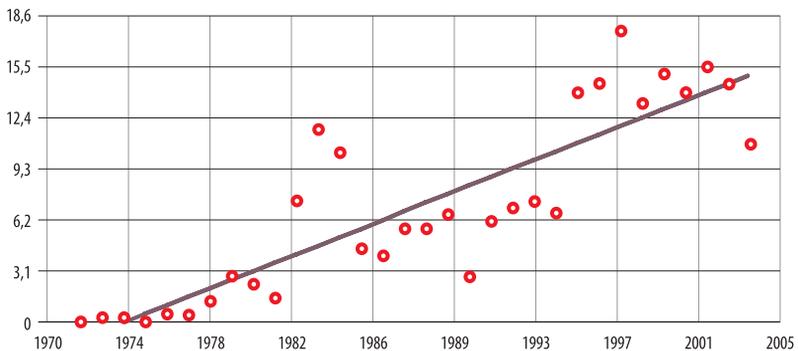


Gráfico nº 4: Evolución de malf. Músculoesqueléticas.

En los 31 años, que abarca el estudio, nacieron en la Maternidad Nacional 111 mil bebés, de los cuales 2.269 padecían malformaciones congénitas mayores. El registro europeo de malformaciones congénitas, EUROCAT⁶, sobre 69635 embarazos, refiere una prevalencia de malformaciones de 23.3% entre 2004 y 2008. El estudio latinoamericano ECLAMC⁷ refiere 26.6% con más de 88.000 casos registrados. La Maternidad de la Universidad de Córdoba registró 37.1% y una tendencia en aumento.

Incidencia (x 100)

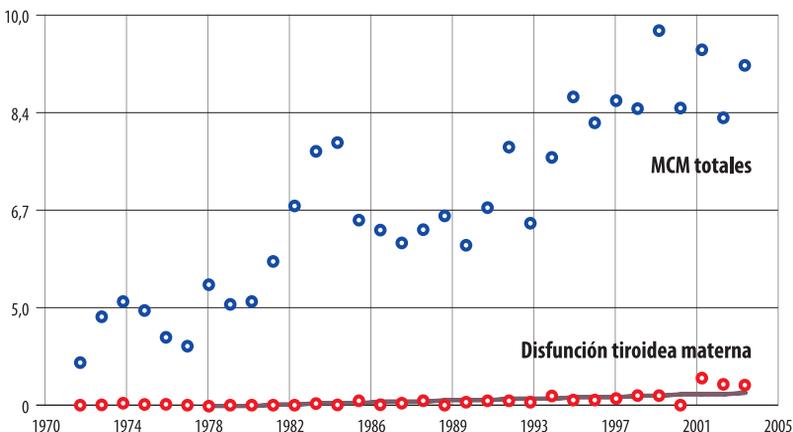


Gráfico nº 5: Distribución anual de la incidencia de MCM con disfunción tiroidea materna y MCM totales³.

La autora destaca el vínculo con agrotóxicos como factor de riesgo; señala que la intensidad de las fumigaciones aumenta en coincidencia con el incremento de la prevalencia de malformaciones. El mismo fenómeno se detecta en Chile, Paraguay, Colombia, España, USA, México, Filipinas, Canadá y países europeos; como lo destaca la abundante bibliografía científica que puso en consideración⁴.

Investigaciones de grupos universitarios argentinos

UNL: La Dra. María Fernanda Simoniello, con el equipo de la Cátedra de Toxicología, Farmacología y Bioquímica Legal de la Facultad de Bioquímica y Biología de la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe), se han dedicado al estudio de biomarcadores de reacción celular en personas expuestas a plaguicidas en forma directa (fumigadores) e indirecta (no fumigadores habitantes cercanos de los cultivos), y tienen varias publicaciones al respecto^{8,9,10}. Presentó en este Encuentro dos investigaciones realizadas con trabajadores del cordón frutihortícola de la ciudad de Santa Fe, donde los plaguicidas más usados eran clorpirifos, cipermetrina y glifosato; se realizaron, la primera entre enero y marzo del año 2007, y la segunda años después.

Utilizan, entre otros biomarcadores, el Ensayo Cometa (ensayo de electroforesis de una sola célula) que es una herramienta de gran utilidad para investigar daño al ADN y su posible correlación con mecanismos de reparación; utiliza linfocitos humanos, tanto in vivo como in vitro, y se mostró como una técnica de elección para monitorear daño en material genético en población expuesta a bajos niveles de agentes químicos.

Los resultados mostraron que ambos grupos de expuestos a los plaguicidas (ocupacional y habitacional) tenían un índice de daño genético estadísticamente muy superior al grupo control (no expuestos a plaguicidas), diferencia que es estadísticamente significativa y que se mantuvo en el análisis de reparación de daño genético.

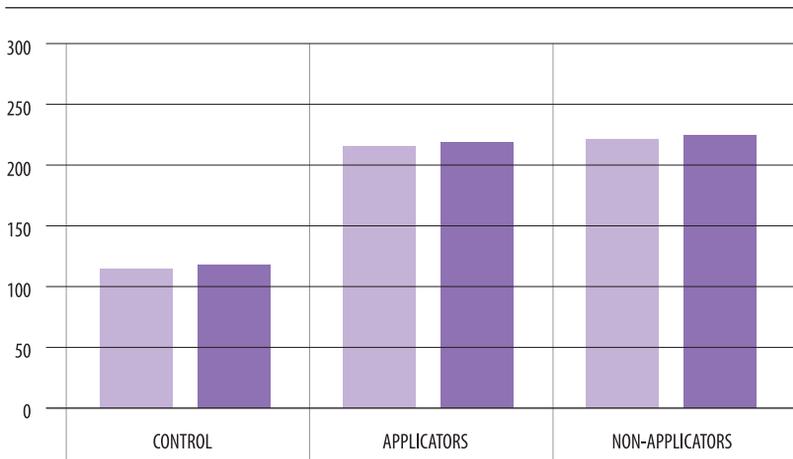
Ensayo Cometa	Control (n = 30)	Expuestos directos (n = 25)	Expuestos indirectos (n = 33)
Índice de Daño (media ± s)	113,36 ± 13,48	214,92 ± 15,44 *	221,06 ± 18,32 *

s = desvío estándar

* Diferencia estadísticamente significativa para el Índice de Daño (Test de Dunnett: P < 0,001).

Tabla nº 4: índice de daño con ensayo cometa^{7,8}.

Los grupos fueron estadísticamente compatibles y sus resultados dan plausibilidad biológica a las observaciones clínicas de los equipos de salud, ya que individuos con menor capacidad de eliminar mutaciones genéticas tendrán muchas más posibilidades de desarrollar cáncer bajo esta exposición; igualmente, embarazadas expuestas, en ventanas de tiempo de alta vulnerabilidad, tendrán abortos espontáneos o neonatos con malformaciones.



Damage index in exposed (applicators and non-applicators) and control subjects using Comet assay and repair assay.

DICA, damage index Comet assay, * $P < 0,0001$ (ANOVA). DIRA, damage index repair assay, $P < 0,0001$ (ANOVA).

Gráfico nº 6: Índice de daño al ADN por ensayo cometa (DICA) y ensayo de reparación de daño genético (DIRA)⁵.

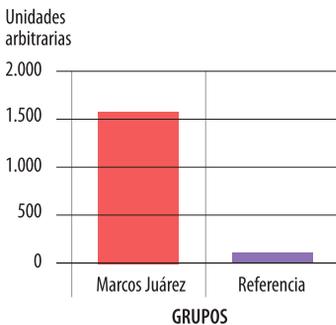
UNRC: El equipo de la Dra. Delia Aiassa, del Departamento de Salud Pública de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC (Río Cuarto) y CONICET, también viene trabajando y publicando desde hace años, sobre genotoxicidad de glifosato y exposición a plaguicidas en general^{11, 12, 13, 14, 15}. Presentaron sus trabajos multidisciplinarios sobre comunas del sur cordobés, y los resultados de pruebas de genotoxicidad utilizando técnicas de aberraciones cromosómicas, micronúcleos y ensayo cometa.

Trabajaron entrevistando y analizando muestras sanguíneas de vecinos de Río de los Sauces, Saira, Gigena, Marcos Juárez y Las Vertientes (en esta localidad el 19% de las mujeres declararon al menos un aborto espontáneo¹²). El control se formó con habitantes de la ciudad de Río Cuarto y se constituyeron grupos estadísticamente comparables; los resultados fueron parcialmente publicados¹³, el informe final del trabajo se comunicó en este Encuentro y en otros Congresos y está por ser publicado en breve.

Las prácticas agrarias en esta zona son, principalmente, cultivos de maíz y soja transgénica. Los plaguicidas mas utilizados son, en orden de frecuencia: glifosato, cipermetrina, 2.4D, endosulfan, atrazina y clorpirifos; se aplican de octubre a marzo con un promedio de 18 veces (con una rango de 6 a 42 veces) o ciclos de fumigaciones por temporada¹².

Sus resultados, al igual que para Simoniello en Santa Fe, mostraron importantes diferencias en los índices de genotoxicidad entre individuos expuestos fumigadores o no y los miembros del grupo control que no habitan una región fumigada. Las lesiones genéticas evidentes en los grupos expuestos a plaguicidas fueron de una magnitud estadística significativamente superior, lo que refuerza el vínculo causal con la exposición y muestra; también, similitud con las pruebas realizadas en animales de experimentación^{11, 14, 15} por el mismo grupo de científicos.

Marcos Juárez - Cometa



Saira - Cometa

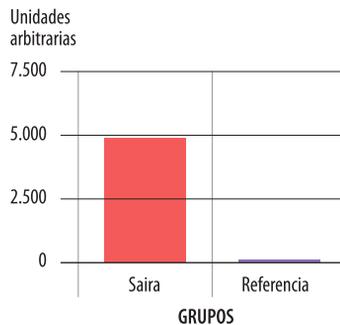


Gráfico nº 7: Genotoxicidad en Marcos Juárez y en Saira en color rojo. (Dra. Alassa 2010).

El Ensayo Cometa tiene excelente sensibilidad y especificidad para daño de material genético; cuando el núcleo celular es sometido a electroforesis los fragmentos rotos migran fuera del mismo, dando la imagen de un cometa, dependiendo del tamaño de los fragmentos de ADN, como de la cantidad del material genético destruido.

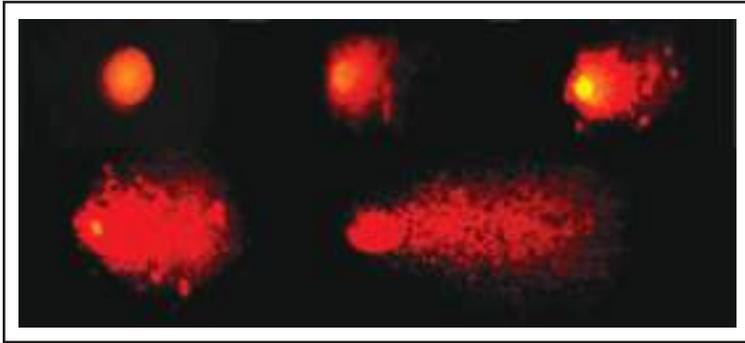


Foto n° 3: Distintos niveles de daño al ADN de células de sangre periférica: ensayo cometa.

La célula dañada tiene dos posibilidades: 1: que sea reparado el ADN por sistemas propios. 2: que no sea reparado por fallas circunstanciales o constitucionales: si afecta células germinales se ocasionaran dificultades reproductivas o efectos teratogénicos en la descendencia; si afecta células somáticas desencadenará apoptosis celular o, si la mutación no puede ser eliminada, se generaría la línea celular que ocasionara un cáncer.

Cometa

Unidades arbitrarias



Gráfico n° 8: genotoxicidad en todas las localidades estudiadas, comparación expuestos y controles no exp. (Dra. Aiassa2010).

UBA: El Laboratorio de Embriología Molecular del CONICET-UBA, dirigido por el Dr. Andrés Carrasco, también viene estudiando el glifosato como noxa del desarrollo embrionario en modelos de vertebrados con reconocida compatibilidad con el desarrollo embrionario humano. Hay muchos antecedentes internacionales de informes que relacionan este herbicida con daño al desarrollo embrionario, en distintos modelos experimentales^{16, 17, 18, 19, 20, 21}.

El trabajo de Carrasco, recientemente publicado²² y presentado en este 1º Encuentro, demostró efectos teratogénicos del glifosato, incubando e inoculando embriones anfibios y de pollos con dosis muy diluidas del herbicida. Los resultados muestran una disminución del largo del embrión, alteraciones que sugieren defectos en la formación del eje embrionario, modificación del tamaño de la zona cefálica con compromiso en la formación del cerebro y reducción de ojos (ver foto n° 4), alteraciones de los arcos branquiales y placoda auditiva y cambios anormales en los mecanismos de formación de la placa neural que podrían afectar el normal desarrollo del cerebro, del cierre del tubo neural u otras deficiencias del sistema nervioso.

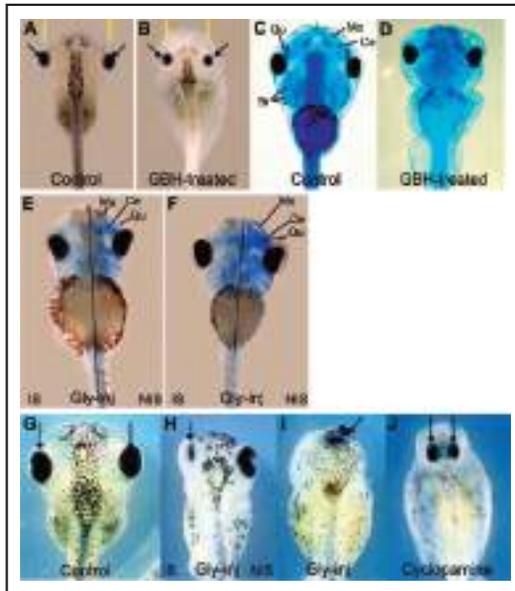


Foto n° 4: Alteración de embriones tratados con glifosato²².

A

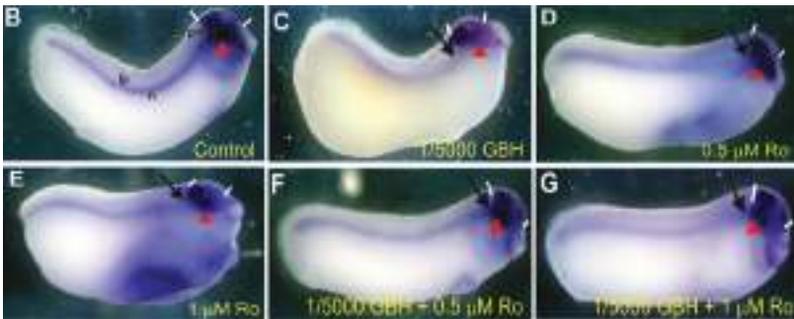
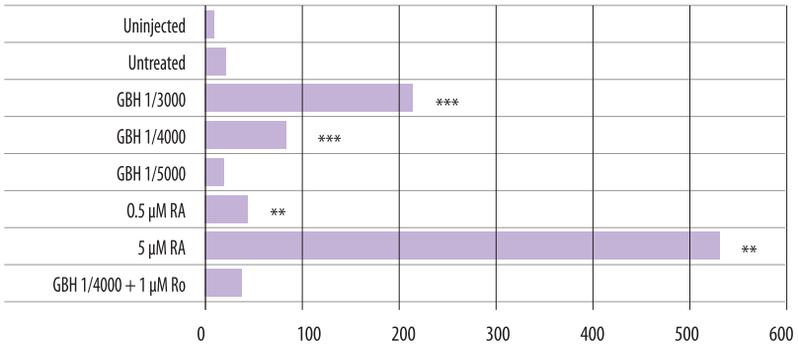


Foto n° 5 Glifosato incrementa la actividad del ácido retinoico.

Al medir la actividad de algunos sistemas enzimáticos, se descubrió que el glifosato aumenta la actividad endógena del ácido retinoico; la manifestación de los daños estructurales en los embriones fue revertida cuando se utilizó simultáneamente al herbicida, un antagonista del ácido retinoico (ver foto 5).

Los autores concluyen afirmando que el efecto directo del glifosato sobre los mecanismos iniciales de la morfogénesis en embriones de vertebrados, genera preocupación por los resultados clínicos que se observan en la descendencia de las poblaciones expuestas a glifosato en los campos agrícolas²²; resultados clínicos que fueron testimoniados por los médicos de los pueblos fumigados presentes en este Encuentro Nacional.

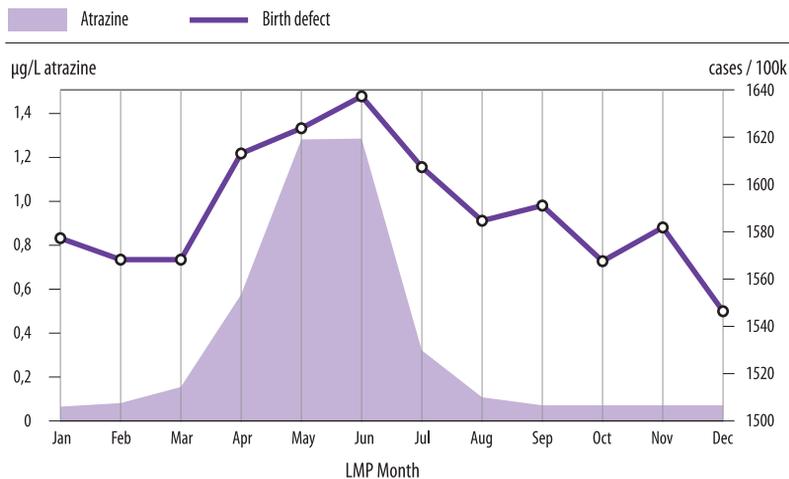
Análisis de la literatura científica

En los últimos años se ha incrementado la cantidad y calidad de la publicación epidemiológica que vincula la exposición a pesticidas con daño a la salud humana.

Malformaciones Congénitas y agroquímicos

Winchester²³ realizó un estudio epidemiológico-ecológico, que relaciona la cantidad de agroquímicos (el herbicida atrazina, nitratos y otros pesticidas) medidos en agua de superficie y las tasas de malformaciones congénitas detectadas en una población de 30.110.000 nacimientos en EEUU, entre 1996 y 2002. A los nacimientos se los agrupó según los meses de concepción, tomando la fecha de la última menstruación (FUM: en inglés LMP), para considerar el periodo embriogénico (de mayor vulnerabilidad). Los autores consideraron que la presencia de pesticidas en las aguas superficiales es un indicador importante de los niveles de exposición humana a pesticidas.

Birth defect rates versus atrazine 1996 - 2002 US



The United States birth defect rates by month of LMP versus atrazine concentrations.

Gráfico. nº 9: Tasa de malformaciones por FUM y atrazina en aguas superficiales²³

Resultados: El patrón estacional (primavera) de aumento de pesticidas en el agua coincidió con una mayor tasa de diversas malformaciones congénitas en los niños cuyas madres tenían FUM en los meses primaverales; correlación estadísticamente significativa²³.

Otro estudio epidemiológico-ecológico, realizado por la investigadora de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EEUU, **Dra. Schreinemachers**²⁴, con datos de fuentes demográficas oficiales; compara las incidencias de niños nacidos con malformaciones congénitas (1995-97), entre condados altamente productores de trigo y que utilizan cantidades importantes de 2.4D como herbicida, con la población, también rural, de condados vecinos con menor producción triguera y menor consumo de pesticidas. Compara poblaciones rurales fumigadas con poblaciones rurales no fumigadas.

Un significativo aumento de las malformaciones congénitas se encontró vinculado a la población con mayor exposición a 2.4D y cuando la FUM fue primaveral el impacto llegó a ser 5 veces mayor.

La Universidad de McMaster (Canadá), donde se desarrolló la estrategia de lo que se conoce actualmente como Medicina Basada en la Evidencia, es la que generó la revisión sistemática realizada por la Dra. **Sanborn**,²⁵ que analiza pesticidas y malformaciones. Después de seleccionar los trabajos poblacionales según una calificación de calidad metodológica, en una escala de 1 a 7, eligieron 50 estudios de 9 países con puntuación promedio de 4.83.

Los estudios, consistentemente mostraron aumento del riesgo para defectos al nacimiento con la exposición a pesticidas en las madres. Los defectos específicos incluidos fueron reducción de miembros, anomalías urogenitales, defectos del SNC, hendiduras oro faciales, defectos cardíacos y oculares. La tasa general de cualquier malformación también se halla aumentada con la exposición a plaguicidas en los padres. Dos trabajos identificaron pesticidas específicamente: glifosato y derivados de pyridil.

7 de 10 estudios que analizaron prematurez, retardo de crecimiento intrauterino y bajo peso al nacer, en relación a exposición con plaguicidas, mostraron asociación positiva.

9 de 11 estudios encontraron positiva asociación entre exposición a pesticidas y aborto espontáneo, muerte fetal, nacido muerto y muerte

neonatal; y ventanas críticas de momento de exposición con abortos precoces o tardíos. Un estudio (Filipinas) encontró un riesgo 6 (seis) veces mayor de aborto entre campesinos que usaban potentes pesticidas, comparado con campesinos que utilizaban técnicas integradas de manejo de plagas (uso minimizado de pesticidas).

Genotoxicidad: Los resultados de los 14 estudios de genotoxicidad se muestran en el gráfico n° 10, y reflejan una diferencia a favor de los expuestos de más del doble.

Percent of chromosome aberrations for 500 control and 529 pesticide exposed subjects in 14 genotoxicity studies compared with the general population.

Chromosome aberrations (%) in peripheral blood lymphocytes

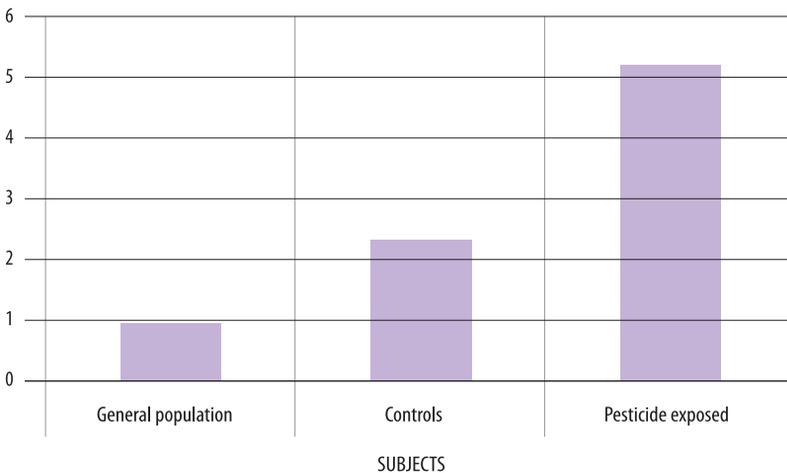


Gráfico n° 10: % de aberraciones cromosómicas en 529 individuos expuestos a pesticidas, comparada con 500 controles simultáneos y el % de la prevalencia de aberraciones cromosómicas estimada en población general²⁵.

En la práctica clínica, estas aberraciones cromosómicas pueden presentarse como aborto espontáneo, defectos de nacimiento, anomalías espermáticas o bien propender al desarrollo de cáncer.

La característica más sorprendente de los resultados de esta revisión sistemática es la coherencia de las pruebas que demuestran que la exposición a pesticidas aumenta el riesgo de malformaciones congénitas, de trastornos reproductivos y genotoxicidad (también neurotoxicidad).

Limitaciones: La principal limitación de los estudios de los efectos tóxicos de plaguicidas es su incapacidad para demostrar absolutamente la relación causa-efecto. Los sujetos de estudio no pueden ser deliberadamente expuestos a venenos peligrosos en un ensayo controlado aleatorizado (RCT); la evidencia generada por estudios clínicos y epidemiológicos de observación bien contruidos, como los aquí analizados, ***es el más alto nivel de evidencia que éticamente tenemos posibilidades de obtener***²⁵.

Conclusión: Esta revisión sistemática provee clara evidencia de que la exposición a pesticidas aumenta el riesgo de afectar la salud humana a través de una amplia gama de situaciones de exposición a poblaciones vulnerables, por lo que se debe avanzar en las restricciones públicas al uso de los pesticidas²⁵.

Cáncer y agroquímicos

Widge²⁶, de la Universidad de Ottawa, recientemente publicó un metanálisis y revisión sistemática que analiza exposición a pesticidas en ambos padres y leucemia infantil; leucemia es el principal cáncer en niños. Se incluyeron 31 trabajos, de cohorte o casos control, de buena calidad metodológica, de un universo de 1775 trabajos identificados. No se demostró asociación estadísticamente significativa entre exposición ocupacional a pesticida en el padre del niño con leucemia.

La leucemia infantil sí se asoció con la **exposición prenatal materna** ocupacional a pesticidas, OR = 2,09, IC 95%, 1,51 a 2,88 (más del doble de probabilidades de desarrollar leucemia que la desarrollada en el grupo control).

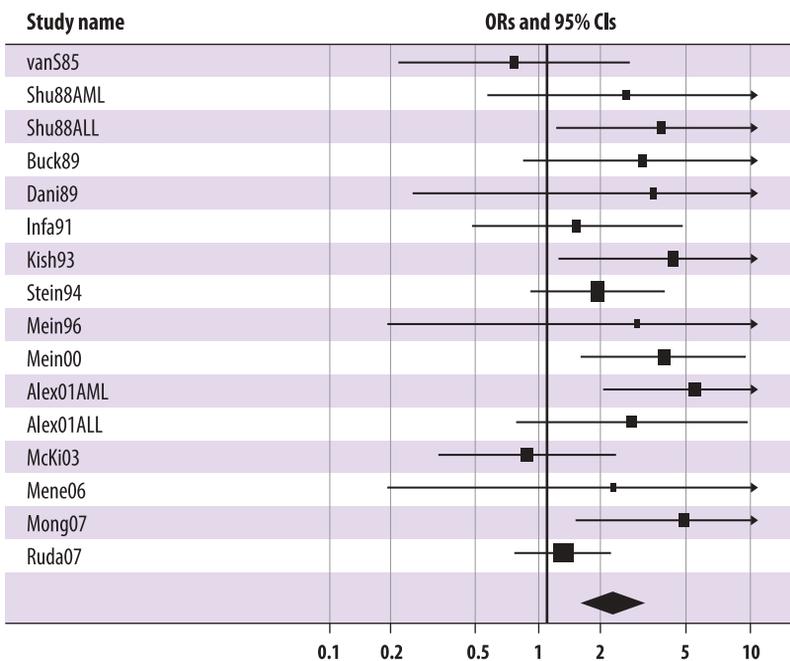


Gráfico nº 11: metanálisis leucemia infantil en relación a exposición ocupacional materna a pesticidas en general.²⁶

El riesgo de leucemia infantil también fue elevado para la exposición materna prenatal laboral a insecticidas, OR = 2,72, IC 95%, 1,47 a 5,04, y herbicidas: OR = 3,62, IC 95%, 01.28 a 10.03. Conclusión: La evidencia epidemiológica y biológica que presentan sugiere evitar la exposición materna prenatal ocupacional a pesticidas y de esta manera aporta otra herramienta para la prevención del cáncer en niños²⁶.

Infante-Rivard²⁷, actualizando una revisión de Cáncer infantil y pesticidas, llega a la conclusión, después de analizar una importante cantidad de estudios poblacionales, que en este momento se puede afirmar que existe alguna asociación entre exposición a plaguicidas y cáncer en niños. Sus datos, analizados a la luz de los criterios de Causalidad de Hill, muestran que la relación se repite en muchos estudios, dando consistencia a la asociación causal, y que otros trabajos detectan un gradiente biológico de exposición que también fortalece la asociación; que la plausibilidad biológica está presente; que la relación específica con un tipo de plaguicida en particular y un tipo de enfermedad oncológica, no fue demostrada porque probablemente el desarrollo del cáncer dependa de la presencia de muchos factores, como predisposición genética y otros que deben confluir en el momento indicado para generar la enfermedad.

La Dra. **Sanborn²⁸** de la Universidad de McMaster, tiene publicada, también, una revisión sistemática de Cáncer y uso de pesticidas, donde encuentra fuerte y consistente asociación vinculada a linfoma no Hodgkin, leucemias en niños, tumores de cerebro y próstata en adultos; también hallaron mayor vínculo cuando las exposiciones fueron mas prolongada y altas (dosis/respuesta). Concluye afirmando que sus resultados apoyan los intentos de reducir la exposición a pesticidas como una medida para prevenir el cáncer²⁸.

Como vemos en este grupo seleccionado de artículos relevantes, y a partir de la información de los mejores trabajos realizados con los métodos de investigación éticamente aceptables, hoy contamos con suficiente evidencia para afirmar que la exposición a pesticidas aumenta el riesgo de afectar la salud humana y que las observaciones clínicas de los equipos de salud de los pueblos fumigados son consecuencia de la masiva utilización de agroquímicos en ese ambiente.

La magnitud del problema

Es imperioso reconocer que contemporáneamente al aumento de cánceres y malformaciones en las zonas mencionadas, creció, también exponencialmente, la utilización de plaguicidas desde la introducción de los cultivos transgénicos. Cada vez se necesitan más y más litros de plaguicidas para sostener esta producción. En 1990 se utilizaron 35 millones de litros en la campaña agropecuaria; con el ingreso de la biotecnología transgénica en el año 1996, se aceleró el uso consumiéndose 98 millones de litros de plaguicidas; en el año 2000 ya fueron 145 millones de litros, el año pasado fueron 292 millones de litros y este año estaremos rociando los campos con más de 300 millones de litros de herbicidas, insecticidas, acaricidas, desfoliantes y demás venenos (ver gráfico n° 12). El más utilizado es el herbicida glifosato, del que se pueden llegar a aerolizar, este año, 200 millones de litros. La pulverización del venenoso insecticida endosulfan insume cerca de 4 millones de litros por año.

Aumento del uso de plaguicidas

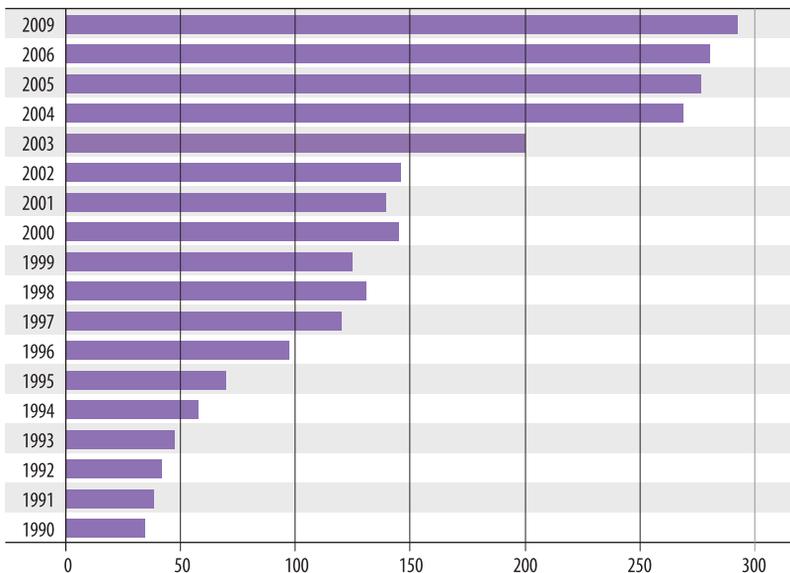
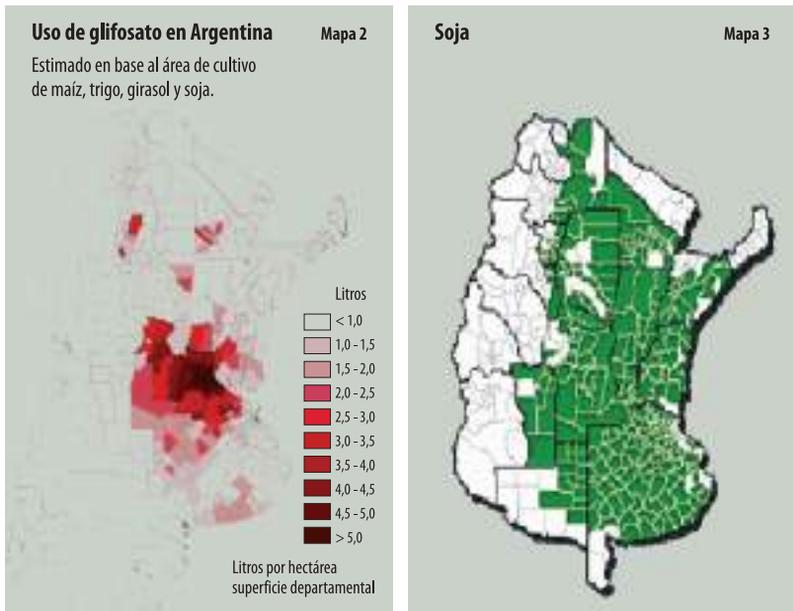


Gráfico n° 12: Evolución del consumo de plaguicidas por año y en millones de litros/kg. (Rap-All).

El consumo de Glifosato por hectárea viene aumentando en la misma parcela de tierra año tras año, probablemente por la resistencia que van adquiriendo las malezas. En 1996 se comenzó fumigando con menos de 2 litros por hectárea, hoy tenemos zonas que están arriba de los 10 lt/ha y en algunas se instila hasta cerca de 20 lt/ha.

La extensión territorial donde se pulverizan estos venenos es muy amplia.



Mapas nº 2 y nº 3: Glifosato y Soja: Dispersión geográfica estimada 2010. MSAL y SAGPyA.

Los cultivos transgénicos sujetos a fumigación sistemática cubren 22 millones de has. pertenecientes a las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, Santiago del Estero, San Luis, Chaco, Salta, Jujuy, Tucumán, La Pampa y Corrientes. En esta enorme extensión del país, en los pueblos, rodeados de campos, viven por lo menos 12 millones de habitantes, según lo calculado por geógrafos de la UNC, sin contar la población de las grandes ciudades en cada provincia.

Estos doce millones de argentinos son fumigados directamente, es decir que, reciben una parte suficiente de esos 300 millones de litros de agrotóxicos sobre sus casas, escuelas, parques, fuentes de agua, predios deportivos, lugares de trabajo: sobre sus vidas. Esta población es la población a cargo de los médicos de los pueblos fumigados, en la que observamos incrementos alarmantes de grandes y significativas cantidades de cánceres, malformaciones y trastornos reproductivos, hoy ya inocultables.

La realidad es incontrastable, como lo demuestra por ejemplo, la georeferenciación realizada por las madres de B° Ituzaingo y el equipo de atención primaria de la Municipalidad de Córdoba, en el año 2005, de los casos de B° Ituzaingo, donde si bien actuaron otros contaminantes, los agroquímicos tuvieron un papel relevante.

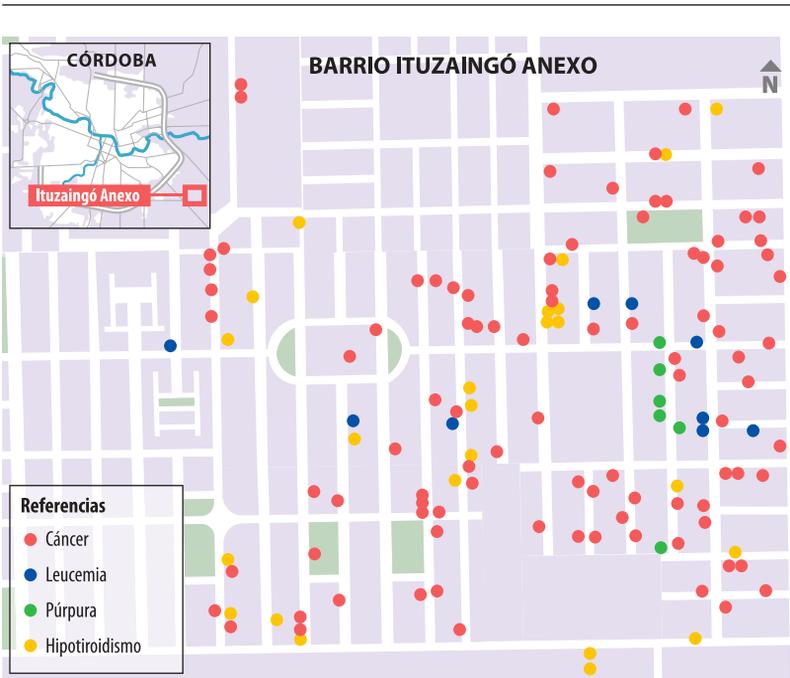


Gráfico nº 14: rojo: cáncer en general. Azul: leucemias. Verde: púrpuras. Amarillo: hipotiroidismo.

Propuestas

La primera recomendación es que la sociedad y la opinión pública, escuche, reconozca, y conozca lo que desde el ámbito académico y científico de la salud afirmamos: los plaguicidas son tóxicos, son venenos y nos están enfermando, las enfermedades que vemos y tenemos no son casuales, son generadas, principalmente, por la fumigación con estos agrotóxicos.

En razón del grave problema que hemos aquí presentado, y en función de la aplicación del **principio precautorio**, creemos que se deben tomar medidas para garantizar el derecho a la salud y a un ambiente sano para las poblaciones de los pueblos fumigados, nuestros pacientes. Es urgente avanzar en restricciones públicas al uso de los plaguicidas ya que durante al menos 6 meses al año y tres veces por mes se envenena masivamente a las poblaciones de los Pueblos Fumigados de la Argentina

Las fumigaciones realizadas por medio de aviones o helicópteros han demostrado que producen una “deriva” de los venenos que se esparcen de manera incontrolable. De hecho el Parlamento de la Unión Europea a través de su Directiva 128/09 ha determinado su prohibición en todo su territorio, y establecido la exigencia de adecuar las normativas de cada país en ese sentido, ya que pulverizaciones de plaguicidas realizadas en Francia eran detectadas en Islandia a los pocos días.

Es por ello que creemos que, considerando la magnitud de la utilización de agroquímicos en la Argentina y la fragilidad de la salud que se detecta en la población de los pueblos fumigados, es fundamental prohibir, en forma inmediata, toda fumigación aérea de plaguicidas en todo el territorio del país.

Así mismo, las fumigaciones terrestres deben alejarse de las plantas urbanas de pueblos y ciudades; ya que si bien su deriva es menor, alcanza el interior de los barrios colindantes con los sembradíos. Por lo tanto es esencial que exista una zona de retiro no menor a 1000 metros entre los cultivos que se pueden fumigar, respetando las normativas específicas, y el límite externo de las plantas urbanas de pueblos y ciudades.

Creemos que además de parar de fumigar en zonas pobladas, es preciso prohibir totalmente la utilización de plaguicidas de las clases toxicológicas la y Ib, verdaderas armas químicas.

Ponemos en cuestionamiento el actual modelo de producción agroindustrial y transgénico; existen opciones de producción agroecológicas que la universidad pública debe promover y desarrollar. Es preciso investigar, seleccionar y acordar sistemas de producción que permitan la integración social y cultural y la defensa y reproducción de las condiciones ecológicas de nuestro ambiente.

Las Universidades públicas y sus Facultades de Ciencias de la Salud humana deben comprometerse más en la investigación y formación de sus profesionales²⁹, para que estos sepan reconocer y responder en forma preventiva y en forma terapéutica ante este tipo de afecciones y enfermedades de origen ambiental.

Córdoba, 28 de Agosto de 2010

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de las siguientes instituciones, sin cuyo aporte no hubiera sido posible concretar el 1º Encuentro de Médicos de Pueblos Fumigados: Decanato de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Córdoba, Laboratorio de Hemoderivados de la UNC, ADIUC, CTA, Rap-al y Sindicato de Luz y Fuerza regional Córdoba

Próximo Encuentro

Marzo-abril de 2011 en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Rosario.

Quedo constituida la **Red Universitaria de Ambiente y Salud**, se invita a todos los interesados a visitar la página y sumarse al foro en: www.reduas.com.ar

Bibliografía

1- Declaración de Caroya: 13/09/08.

<http://semillasdeidentidad.blogspot.com/2008/09/paren-de-fumigar.html>

2- El veneno que asolo a Barrio Itzaingo. 12/01/09. <http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-118075-2009-01-12.html>

3- Pueblos Fumigados

http://www.grr.org.ar/trabajos/Pueblos_Fumigados_GRR_.pdf

4- Trombotto Gladys. Tendencia de las Malformaciones Congénitas Mayores en el Hospital Universitario de Maternidad y Neonatología de la Ciudad de Córdoba en los años 1972-2003. Un Problema Emergente en Salud Pública. TESIS MAESTRÍA SALUD PÚBLICA 2009. Biblioteca FCM, UNC.

5- Trombotto Gladys. Estudio Epidemiológico de las Malformaciones Congénitas. 2002. http://www.clinicapediatrica.fcm.unc.edu.ar/biblioteca/tesis_neonatologia/neo/DraGladisTrombotto

6- EUROCAT Prevalence Data Tables.

<http://www.eurocatnetwork.eu/prevdata/results.aspx?title=A1&allanom=false&allregf=true&allrega=falseundefined&winx=1000&winy=638>

7- Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas.

ECLAM. <http://www.histoemb.fmed.edu.uy/defectos/tabla.jpg>

8- Simoniello MF, Scagnetti JA, Kleinsorge EC. Biomonitorio de población rural expuesta a plaguicidas. Revista FACIBI. Año 2007. vol 11, pag 73-85.

http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/publicaciones/bitstream/1/955/1/FABICIB_11_2007_pag_73_85.pdf

9- Simoniello MF, Kleinsorge EC, Scagnetti JA, Grigolato RA, Poletta GL, Carballo. MA. DNA damage in workers occupationally exposed to pesticide mixtures. J Appl. Toxicol. 2008 Nov;28(8):957-65. PubMed PMID: 18636400.

10- Simoniello MF, Kleinsorge EC, Scagnetti JA, Mastandrea C, Grigolato RA, Paonessa AM, Carballo MA. Biomarkers of cellular reaction to pesticide exposure. in a rural population. Biomarkers. 2010 Feb;15(1):52-60. PubMed PMID: 19811113.

11- Mañas Torres F, Gonzalez Cid Urroz MB, La genotoxicidad del herbicida glifosato evaluada por el ensayo cometa y por la formación de micronúcleos en ratones tratados. Theoria, 2006. año/vol. 15 numero 002 Universidad de Bio Bio Chillan Chile pp 53-60-

12- Gentile N, Mañas F, Peralta L, Aiassa D; Encuestas y talleres educativos sobre plaguicidas en pobladores rurales de la comuna de Río de los Sauces, Córdoba. Revista de Toxicología en Línea http://www.sertox.com.ar/img/item_full/30004.pdf

13- Mañas F, Peralta L, Aiassa D, Bosch C. Aberraciones cromosómicas en trabajadores rurales de la Provincia de Córdoba expuestos a plaguicidas. BAG. Journal of basic and applied genetics v.20 n.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires jan./jun. 2009 versión On-line ISSN 1852-6233

14- Mañas F, Peralta L, Raviolo J, García Ovando H, Weyers A, Ugnia L, GonzalezCid M, Larripa I, Gorla N. Genotoxicity of AMPA, the environmental metabolite of glyphosate, assessed by the Comet assay and cytogenetic tests. Ecotoxicol Environ Saf. 2009 Mar;72(3):834-7. Epub 2008 Nov 14. PubMed PMID: 19013644.

15- Mañas F, Peralta L, Raviolo J, García Ovando H, Weyers A, Ugnia L, GonzalezCid M, Larripa I, Gorla N. Genotoxicity of glyphosate assessed by the comet assay and cytogenetic tests. Environmental Toxicology and Pharmacology Volume 28, Issue 1, July 2009, Pages 37-41

16- Marc J, Mulner-Lorillon O, Boulben S, Hureau D, Durand G, Bellé R. Pesticide Roundup provokes cell division dysfunction at the level of CDK1/cyclin B activation. *Chem Res Toxicol.* 2002 Mar;15(3):326-31. PubMed PMID: 11896679.

17- Marc J, Mulner-Lorillon O, Bellé R. Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation. *Biol Cell.* 2004 Apr;96(3):245-9. PubMed PMID: 15182708.

18- Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Seralini GE. Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect.* 2005 Jun;113(6):716-20. PubMed PMID: 15929894; PubMed Central PMCID: PMC1257596.

19- Benachour N, Sipahutar H, Moslemi S, Gasnier C, Travert C, Seralini GE. Time- and dose-dependent effects of roundup on human embryonic and placental cells. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2007 Jul;53(1):126-33. Epub 2007 May 4. PubMed PMID:17486286.

20- Benachour N, Seralini GE. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chem Res Toxicol.* 2009 Jan;22(1):97-105. PubMed PMID: 19105591.

21- Gasnier C, Dumont C, Benachour N, Clair E, Chagnon MC, Seralini GE. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology.* 2009 Aug 21;262(3):184-91. Epub 2009 Jun 17. PubMed PMID: 19539684.

22- Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, López SL, Carrasco AE. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chem Res Toxicol.* 2010 Aug 9. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 20695457.

23- Winchester PD, Huskins J, Ying J. Agrichemicals in surface water and birth

defects in the United States. *Acta Paediatr.* 2009 Apr;98(4):664-9. Epub 2009 Jan 22. PubMed PMID: 19183116; PubMed Central PMCID: PMC2667895.

24- Schreinemachers DM. Birth malformations and other adverse perinatal outcomes in four U.S. Wheat-producing states. *Environ Health Perspect.* 2003 Jul;111(9):1259-64. PubMed PMID: 12842783; PubMed Central PMCID: PMC1241584.

25- Sanborn M, Kerr KJ, Sanin LH, Cole DC, Bassil KL, Vakil C. Non-cancer health effects of pesticides: systematic review and implications for family doctors. *Can Fam Physician.* 2007 Oct;53(10):1712-20. Review. PubMed PMID: 17934035; PubMedCentral PMCID: PMC2231436.

26- Wigle DT, Turner MC, Krewski D. A systematic review and meta-analysis of childhood leukemia and parental occupational pesticide exposure. *Environ Health Perspect.* 2009 Oct;117(10):1505-13. Epub 2009 May 19. Review. PubMed PMID: 20019898; PubMed Central PMCID: PMC2790502.

27- Infante-Rivard C, Weichenthal S. Pesticides and childhood cancer: an update of Zahm and Ward's 1998 review. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2007 Jan-Mar;10(1-2):81-99. Review. PubMed PMID: 18074305.

28- Bassil KL, Vakil C, Sanborn M, Cole DC, Kaur JS, Kerr KJ. Cancer health effects of pesticides: systematic review. *Can Fam Physician.* 2007 Oct;53(10):1704-11. Review. PubMed PMID: 17934034; PubMed Central PMCID:PMC2231435.

29_ Salud ambiental infantil: Manual para enseñanza de grado en escuelas de medicina/ compilado por Daniel Quiroga; Ricardo Fernandez; Enrique Paris – 1ª Ed- Buenos Aires: Ministerio de Salud; OPS, 2010.

Assessment of the level of damage to the genetic material of children exposed to pesticides in the province of Córdoba

Natalí Bernardi, B.S.,^a Natalia Gentile, B.S.,^a Fernando Mañas, M.D.,^a
Álvaro Méndez, M.D.,^a Nora Gorla, M.D.,^a and Delia Aiassa, M.D.^a

ABSTRACT

Introduction. In the past decades, several authors have investigated the genotoxicity caused by exposure to chemicals, but there are no reports on studies analyzing such effects on children in Argentina. The objective of this study was to establish the micronucleus frequency in exfoliated buccal mucosa cells in children from urban areas with environmental exposure (through inhalation) and to compare it with the micronucleus frequency in children from urban regions far from areas subjected to spraying.

Population and Methods. Fifty children living in the town of Marcos Juárez (Córdoba) at different distances from pesticide spraying areas and twenty-five children from the city of Río Cuarto (Córdoba), who are considered not exposed to pesticides, were studied; the micronucleus assay in buccal mucosa cells was used.

Results. A significant difference was observed between exposed children living less than 500 m from areas subjected to spraying and those who were not exposed. Forty percent of exposed children suffer some type of persistent condition, which may be associated with chronic exposure to pesticides.

Conclusions. Results indicate that genotoxicity is present in a group of children compared to the other one, and highlight the importance of the micronucleus assay in buccal mucosa cells for genetic biomonitoring and public health surveillance. This assay is capable of detecting a level of damage that can be reversible.

Key words: micronuclei, genotoxic induction, buccal mucosa, pesticide exposure, monitoring.

<http://dx.doi.org/10.5546/aap.2015.eng.126>

INTRODUCTION

Genotoxicity monitoring in humans is a useful tool to estimate the genetic risk of exposure to a compound or complex chemical mixtures¹ and is an early warning system for genetic conditions and/or cancer.² It identifies risk factors so that control measures can be implemented.³

Scientific research on human genotoxicity monitoring was first published around 1985, and

has undergone an exponential increase to date. Between 1980 and 2000, monitoring assays on human populations exposed to chemicals focused mainly on cytogenetic testing, such as chromosome aberration (CA), micronuclei (MN) and sister-chromatid exchange (SCE) assays; all these tests are done on blood.⁴

In this regard, micronucleus frequency in exfoliated buccal mucosa cells is a minimally invasive and very useful method to monitor genetic damage in humans.⁵ The Human Micronucleus Project has launched an international validation process for the micronucleus assay in buccal mucosa cells, similar to the process used previously with human lymphocyte tests.⁶

Between 2000 and 2008, the micronucleus assay in buccal mucosa cells was first used in populations exposed to pesticides in Brazil, Poland, Mexico, Spain, Hungary, Costa Rica and other European populations,^{7,8} mobile phone users,⁹ smoker students in Bolivia,¹⁰ and individuals exposed to different mutagenic agents.¹¹

This assay was also used by Peñaloza and Jaraba¹² in children with dietary deficiencies, and by Benítez-Leite, et al.,¹³ Unal, et al.,¹⁴ Minicucci, et al.,¹⁵ Holland, et al.⁶ and Gómez-Arroyo, et al.¹⁶ in children exposed to pesticide mixtures.

In Argentina, results on genotoxicity monitoring in adults exposed to pesticides through inhalation and/or dermal absorption have been reported by Larripa, et al.¹⁷ and Dulout, et al.,¹⁸ in the province of Buenos Aires, and by Simoniello, et al.,¹⁹ in the province of Santa Fe. Among others, Aiassa, et al.,^{8,23} Mañas,

a. Genetics and Environmental Mutagenesis (GeMA) Research Group. Department of Natural Sciences. Universidad Nacional de Río Cuarto.

E-mail Address:
Delia Aiassa, M.D.:
daiassa@exa.unrc.edu.ar;
delia.aiassa@gmail.com

Funding:
This study was financed with a grant from the Department of Science and Technology of Universidad Nacional de Río Cuarto. Resolution Rec. 852/11. Project: "Assessment of the level of damage to the genetic material of humans exposed to agrochemicals and its implications on education and legislation."

Conflict of Interest:
None.

Received: 05-19-2014
Accepted: 11-10-2014

et al.,²⁰⁻²², Peralta et al.,²⁴ and Gentile, et al.²⁵ have reported results obtained on exposed individuals. These studies used the CA, MN and comet assays in peripheral blood.

The proximity between houses and pesticide-treated agricultural fields has been suggested as a factor that is closely related to pesticide environmental exposure.²⁶ There are no reports on MN frequency in the buccal mucosa of children environmentally exposed to pesticides (through inhalation).

Therefore, the micronucleus frequency in exfoliated buccal mucosa cells in children from urban areas with environmental exposure (through inhalation) was studied and compared with the micronucleus frequency in children from urban regions far from areas subjected to spraying, i.e., without environmental exposure to pesticides (through inhalation).

POPULATION AND METHODS

Design: observational, cross-sectional and analytical.

Population

Group 1: healthy children aged 4 to 14 years old who have lived in Marcos Juárez for 4 or more years. In turn, this group was divided based on the limits established by Article 59 of Law 9164 of the province of Córdoba: individuals living less than 500 meters from areas where pesticides are sprayed and individuals living more than 500 meters and up to the geographic town borders.

Marcos Juárez is located in the East of the province of Córdoba. It has 27 004 inhabitants (INDEC, 2010). The town is surrounded by crops.

Group 2: healthy children aged 4 to 14 years old who have lived in Río Cuarto for 4 or more years, far from areas where pesticides are sprayed (≥ 3000 m) and whose lifestyles were similar to those in group 1.

Río Cuarto is located in the South of the province of Córdoba. It has 155 911 inhabitants (INDEC, 2010).

The sample size was established based on Preston and Hoffmann,²⁷ who suggest that "study groups with 20 or more individuals may be a reasonable surrogate for exact agreement given that confounding factors will have a lesser impact on chromosome aberration or mutation."

Samples were obtained at two different time points: one in March/April 2012, the end of the

continuous spraying season (which lasts between 4 and 6 months), and the other in August/September 2012, previous to the continuous spraying season (no spraying for at least 5 months).

The assay was repeated in 19 children living in Marcos Juárez who were randomly selected from the first sample.

The study protocol was approved by the Health Research Ethics Committees (*Comités de Ética de Investigación en Salud*, CIEIS) of Universidad Nacional de Río Cuarto and the Ministry of Health of the Province of Córdoba. It includes basic information on the study, informed consent and assent forms.

The study was disseminated by the research group through briefings open to the community. Only children and parents who agreed to voluntarily participate in the study were included.

Children whose parents or relatives were smokers, consumed coffee or tea in excess, used chronic medications, have been exposed to X-rays in the past 6 months, have been exposed to contaminants in drinking water or to any other environmental pollutants close to their place of residence²⁸ were excluded because all these factors are considered potentially confounding for results.

Both populations were considered exposed to pesticide degradation residues through food.

Before collecting buccal mucosa cells, an environmental-medical record was taken, which included demographic data, type of pesticide exposure, persistent conditions and symptoms, and lifestyle.

The micronucleus assay was performed on buccal mucosa cells collected using sterile swabs scraped inside the cheeks for 30 seconds, upon rinsing the mouth with drinking water in order to eliminate any food residue. Smears were performed as per the modified method described by Tolbert, et al.²⁹

Observations corresponded to 1000 cells per individual. Inclusion criteria for micronucleus consideration were those suggested by Budak, Diler and Ergene.¹¹

Statistical analysis: data in the medical-environmental record were analyzed using descriptive statistics (frequency and percentages).

The Kolmogorov-Smirnov test was used to establish the normal distribution of micronucleus data, followed by Student's *t* test ($p < 0.05$), using the GraphPad Prism software, version 5.02.

RESULTS

The mean age of participating children was 9.06 ± 0.39 in group 1, and 9.92 ± 0.54 in group 2.

The total sample size was 75 children ($n=75$), 31 boys and 44 girls. Group 1 consisted of 27 children who lived less than 500 meters from areas where pesticides were sprayed (166.7 ± 11.62 m) and 23 children who lived more than 500 meters from such areas (1095 ± 146.4 m); group 2 included 25 children who lived more than 1500 meters from these areas (3320 ± 192.7 m). None of the children refused to participate.

The following data was obtained based on medical-environmental records:

- The most commonly used pesticides in the region are liquid or granular glyphosate and liquid formulations of cypermethrin and chlorpyrifos.
- Of all exposed children, 20 (40%) had varying persistent symptoms: 9 had respiratory symptoms (repetitive sneezing, respiratory distress, cough and/or bronchospasm); 9 had respiratory symptoms associated with skin itching or stains, and nose itching or bleeding; and 2 had respiratory symptoms associated with lacrimation, and eye and ear burning or itching. None of the participants who had not been exposed described any persistent symptoms.
- The duration of such symptoms ranges from six months to the entire year.
- The most recent three reports on drinking water microbiological, physical and chemical analysis, requested by the municipality to the official agency (18 months prior to sampling), indicate that bacterial count and tests for ammonia, arsenic, chloride, calcium carbonate, fluoride, nitrate, nitrite, sulfate and bicarbonate comply with the specifications of the Argentine Food Code and Resolution 608/93 issued by the Provincial Department of Water and Sanitation.

Table 1 shows mean micronucleus values and standard error in the studied population. Figure 1

shows buccal mucosa cells with micronuclei.

The micronucleus frequency in children with symptoms of chronic pesticide exposure is 5.35 ± 0.97 ($n=20$), while it is 5.13 ± 0.73 ($n=30$) in those without symptoms; therefore, there are no statistically significant differences between both groups.

The mean micronucleus frequency per 1000 buccal mucosa cells was higher in children from Marcos Juárez than in those from Río Cuarto. Mean micronuclei found per 1000 cells were 5.20 ± 0.58 in the Marcos Juárez sample, and 3.36 ± 0.63 in the Río Cuarto sample.

The analysis comparing mean micronucleus frequency between participants from the first and the second samples (March/April 2012 and August/September 2012, respectively) indicated a mean micronucleus frequency of 5.78 ± 1.27 micronuclei per 1000 cells in children living less than 500 meters from areas where spraying was used and sampled in the first period and of 16.67 ± 2.37 micronuclei per 1000 cells in children included in the second sample. This is a highly significant difference ($p=0.0009$), with a greater frequency observed in the second sample when compared to the first one.

A comparison of exposed children who live more than 500 m from areas where pesticides are sprayed between the first and the second sample also shows highly significant differences ($p=0.0006$), with greater frequencies in the second period. The mean value for children in the first sample was 3.60 ± 0.99 micronuclei per 1000 cells, while in the second sample it was 19.70 ± 3.75 micronuclei per 1000 cells.

DISCUSSION

Symptoms observed in exposed children are mainly respiratory (repetitive sneezing, respiratory distress, cough and/or bronchospasm), skin itching or stains, nose itching or bleeding, lacrimation, and eye and ear burning or itching. Forty percent of children exposed have some sort of persistent condition

TABLE 1. Mean micronucleus frequency per 1000 buccal mucosa cells in studied groups

Group and place of residence	Distance from areas where spraying was used	n	Distance from place of residence (mean \pm SD)	MN/1000 cells
Group 1 Marcos Juárez	Up to 500 m	27	166.7 ± 11.62	$5.59 \pm 0.75^*$
	More than 500 m	23	1095 ± 146.4	4.74 ± 0.91
Group 2 Río Cuarto	More than 3000 m	25	3320 ± 192.7	$3.36 \pm 0.63^*$

* Statistically significant compared to group 2.

MN: micronuclei.

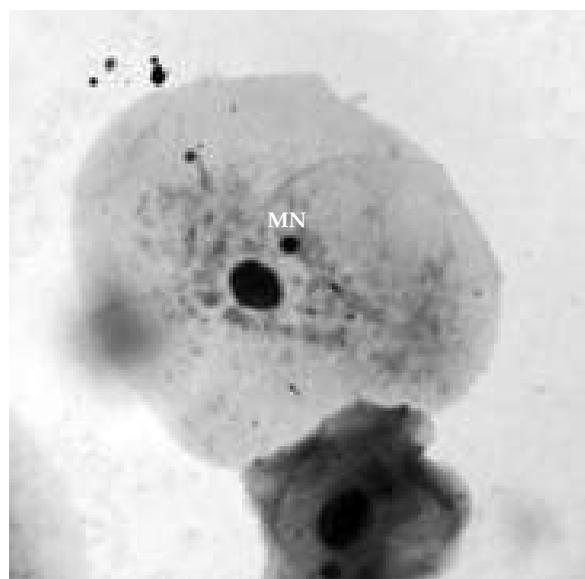
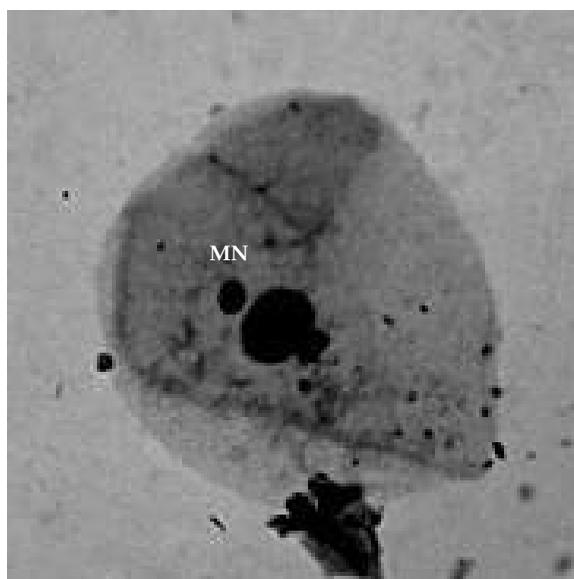
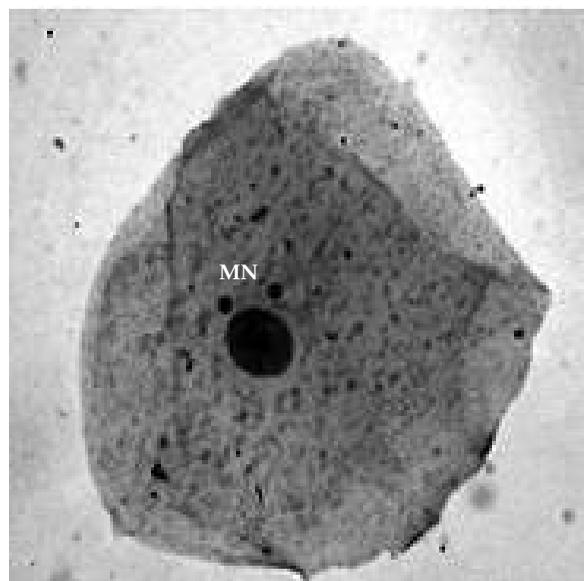
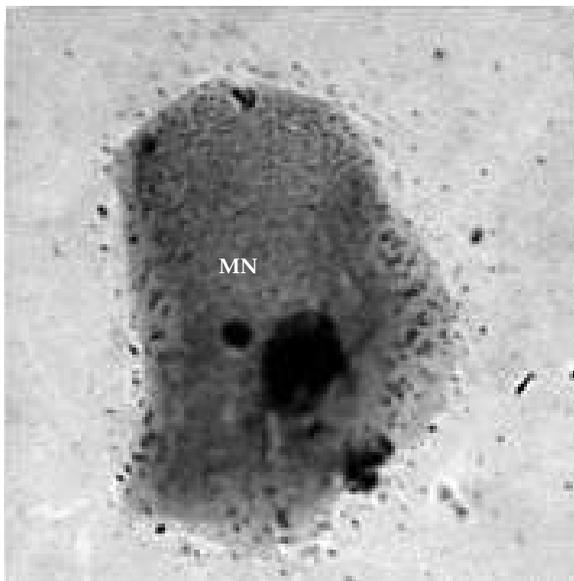
which may be associated with chronic pesticide exposure.³⁰⁻³³ In 1993, the International Labour Organization (ILO) proposed that symptoms associated with pesticide exposure may take the form of malaise, weakness, skin irritation, lacrimation, eye burning or itching, nausea, vomiting, abdominal pain, allergy, diarrhea, headache, and mood alterations, among others.

Jointly, the micronucleus frequency observed in Marcos Juárez (group 1), in relation to the distance of houses from areas where spraying was used (less than 500 m and 500-1500 m),

showed no significant differences between both sub-groups. Since this is a relatively small town, such result evidences that sprayed pesticides may reach the entire town through the air and that the vulnerable children population is subjected to an extremely high and continuous pesticide exposure because they live in an area surrounded by crops.

Considering that there are no differences between children in the study groups regarding the distance from spraying areas up to 1095 m, this information should be considered when

FIGURE 1. Micronuclei in buccal mucosa cells



MN: micronuclei.

establishing environmental protection measures in any town surrounded by crops where pesticides are sprayed.

Micronucleus frequency in the group of exposed children (less than 500 m from spraying areas) is significantly higher ($p < 0.05$) than the one observed in the group of children who live more than 1500 m from such areas. These data are consistent with the available literature.

As in this study, Gómez-Arroyo, et al.¹⁶ made the same association when studying genetic damage in children from El Porvenir, Ahome, Sinaloa. Their results suggest that exposure to pesticide mixtures is possibly the cause of significant differences observed in terms of micronucleus frequency in this population. In addition, Benítez-Leite, et al.¹³ analyzed two populations from Paraguay (San Lorenzo and Ñemby) and found a significantly higher micronucleus frequency in the group of potentially exposed children versus non-exposed children. Similar studies were conducted by Unal, et al.¹⁴ Minicucci, et al.¹⁵ and Holland, et al.⁶ which showed increased genetic damage in children exposed to pesticide mixtures.

When comparing values observed for the group who lives 500-1500 m from areas where pesticides are sprayed and the group who lives more than 1500 m from such areas, no statistically significant differences were observed; however, there was a remarkable increase in the micronucleus frequency of exposed children (4.74 in Marcos Juárez versus 3.36 in Río Cuarto), which may indicate a greater genetic damage in children from Marcos Juárez: 44% higher than in children from Río Cuarto. Likewise, the comparison of mean micronucleus frequency between children from Marcos Juárez and from Río Cuarto indicates that it is 58% higher (5.2 for Marcos Juárez versus 3.36 for Río Cuarto), suggesting that the genetic damage in children from Marcos Juárez is greater.

Few studies have assessed the association between agricultural pesticides used near population houses and pediatric diseases. Reynolds, et al.³⁴⁻³⁶ and Rull, et al.³⁷ demonstrated a relationship between childhood leukemia and the use of pesticides near living areas.

The analysis of results obtained for the first and the second samples (March/April 2012 versus August/September 2012) showed a highly significant difference ($p = 0.0009$ and $p = 0.0006$) for both the group who lives less than 500 m

and the one who lives 500-1500 m from spraying areas, respectively, with a higher frequency in the second sample when compared to the first one. Spraying ends in March/April; therefore, the second sample (August/September) was collected following a period of approximately 5 months of low exposure, i.e. of less contact with pesticides, which should translate into a decreased micronucleus frequency. However, results show an increased micronucleus frequency for the second sample. Such increase might be explained by the burning of waste dumps during April, June and July of 2012, which affected all of Marcos Juárez. Such burnings were more intense on July 10th, 19th, 21st and 29th. In addition, it rained following the burnings, on August 6th (personal communication from Doctor Méndez, Environmental Primary Care Facility, Marcos Juárez). As a result, all town inhabitants were exposed to several pollutant gases, such as dioxin, carbon dioxide, carbon monoxide, sulfur dioxide, among others, not less than 4-5 days before samples were collected. Given that buccal mucosa cells are regenerated every 7-21 days, it is theoretically possible that genotoxic effects of acute exposure are observed approximately 7-21 days later, which may account for the elevated increase in mean micronucleus frequency observed in the second sample. Such findings evidence the importance of micronucleus assay in buccal mucosa cells for genetic biomonitoring and public health surveillance.

These results indicate that one of the groups of children is actually exposed to genotoxic agents when compared to the other. The level of damage detected by this marker is one that can be reversible. Therefore, effect markers should be used for follow-up to establish whether biological markers of cell damage continue to be present.

The importance of detecting an early genetic damage through the micronucleus assay lays in that it allows to take the necessary measures to reduce or eliminate exposure to damaging agents when still reversible, thus preventing and reducing the risk of malignancies and other pathological alterations.

The health status of a society can be judged based on its children's health. This implies an early identification of preventable risks and the immediate translation of such knowledge into effective interventions and protection policies. ■

REFERENCES

1. Bolognesi C. Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies. *Mutat Res* 2003;543(3):251-72.
2. Sailaja N, Chandrasekhar M, Rekhadevi PV, Mahboob M, et al. Genotoxic evaluation of workers employed in

- pesticide production. *Mutat Res* 2006;609(1):74-80.
3. Kassie F, Parzefall W, Knasmüller S. Single cell gel electrophoresis assay: a new technique for human biomonitoring studies. *Mutat Res* 2000;463(1):13-31.
 4. Albertini RJ, Anderson D, Douglas GR, Hagmar L, et al. IPCS guidelines for the monitoring of genotoxic effects of carcinogens in humans. International Programme on Chemical Safety. *Mutat Res* 2000;463(2):111-72.
 5. Torres-Bugarín O, Ramos-Ibarra ML. Utilidad de la prueba de micronúcleos y anomalías nucleares en células exfoliadas de mucosa oral en la evaluación de daño genotóxico y citotóxico. *Int J Morphol* 2013;31(2):650-7.
 6. Holland N, Bolognesi C, Kirsch-Volders M, Bonassi S, et al. The micronucleus assay in human buccal cells as a tool for biomonitoring DNA damage: The HUMN project perspective on current status and knowledge gaps. *Mutat Res* 2008;659(1-2):93-108.
 7. Ceppi M, Biasotti B, Fenech M, Bonassi S. Human population studies with the exfoliated buccal micronucleus assay: statistical and epidemiological issues. *Mutat Res* 2010;705(1):11-9.
 8. Aiassa D, Mañas F, Bosch B, Gentile N, et al. Biomarcadores de daño genético en poblaciones humanas expuestas a plaguicidas. *Acta Biol Colomb* 2012;17(3):485-510.
 9. Hintzsche H, Stopper H. Micronucleus frequency in buccal mucosa cells of mobile phone users. *Toxicol Lett* 2010;193(1):124-30.
 10. Ayarde Romero B, Cuti M, Ascarrunz González ME, Tirado Bustillos N. Efecto genotóxico del consumo de tabaco en estudiantes de la Facultad de Medicina de la UMSA que habitan en la altura. *Biofarbo* 2008;16:67-71.
 11. Diler SB, Ergene S. Nuclear anomalies in the buccal cells of calcite factory workers. *Genet Mol Biol* 2010;33(2):374-8.
 12. Peñaloza M, Jaraba V. Determinación del daño genético por desnutrición en niños de los centros educativos de la periferia de Pamplona, usando el ensayo de micronúcleos en células epiteliales de la mucosa bucal. *Iatreia* 2011;23(4-5):S36.
 13. Benítez-Leite S, Macchi ML, Fernández V, Franco D, et al. Daño celular en una población infantil potencialmente expuesta a pesticidas. *Pediatr (Asunción)* 2010;37(2):97-106.
 14. Unal M, Celik A, Ates NA, Micozkadioglu D, et al. Cytogenetic biomonitoring in children with chronic tonsillitis: micronucleus frequency in exfoliated buccal epithelium cells. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2005;69(11):1483-8.
 15. Minicucci EM, Ribeiro DA, de Camargo B, Costa MC, et al. DNA damage in lymphocytes and buccal mucosa cells of children with malignant tumours undergoing chemotherapy. *Clin Exp Med* 2008;8(2):79-85.
 16. Gómez-Arroyo S, Martínez-Valenzuela C, Calvo-González S, Villalobos-Pietrini R, et al. Assessing the genotoxic risk for Mexican children who are in residential proximity to agricultural areas with intense aerial pesticide applications. *Rev Int Contam Ambient* 2013;29(3):217-25.
 17. Larripa I, Matos E, Vinuesa ML, Salum SB. Sister chromatid exchanges in a human population accidentally exposed to an organophosphorus pesticide. *Rev Bras Genet* 1983;6(4):719-27.
 18. Dulout FN, Grillo CA, Seoane AI, Maderna CR, et al. Chromosomal aberrations in peripheral blood lymphocytes from Andean women and children from northwestern Argentina exposed to arsenic in drinking water. *Mutat Res* 1996;370(3-4):151-8.
 19. Simoniello MF, Kleinsorge EC, Carballo MA. Evaluación bioquímica de trabajadores rurales expuestos a pesticidas. *Medicina (B Aires)* 2010;70(6):489-98.
 20. Mañas F, Peralta L, Gorla N, Bosch B, et al. Aberraciones cromosómicas en trabajadores rurales de la Provincia de Córdoba expuestos a plaguicidas. *BAG J Basic Appl Genet* 2009;20(1):9-13.
 21. Mañas F, Peralta L, Raviolo J, García Ovando H, et al. Genotoxicity and oxidative stress of glyphosate: in vivo and in vitro testing. *Environ Toxicol Pharmacol* 2009;28:37-41.
 22. Mañas F, Peralta L, Raviolo J, García Ovando H, et al. Genotoxicity of AMPA, the environmental metabolite of glyphosate, assessed by the Comet assay and cytogenetic tests. *Ecotoxicol Environ Saf* 2009;72(3):834-7.
 23. Aiassa D, Mañas F, Bosch B, Peralta L, et al. Los plaguicidas. Su relación con la salud humana y ambiental en la Provincia de Córdoba. *Exp Med* 2010;28(1):39-44.
 24. Peralta L, Mañas F, Gentile N, Bosch B, et al. Evaluación del daño genético en pobladores de Marcos Juárez expuestos a plaguicidas: estudio de un caso en Córdoba, Argentina. *DiáLogos* 2011;2(1):7-26.
 25. Gentile N, Mañas F, Bosch B, Peralta L, et al. Micronucleus assay as a biomarker of genotoxicity in the occupational exposure to agrochemicals in rural workers. *Bull Environ Contam Toxicol* 2012;88(6):816-22.
 26. Fenske RA, Kissel JC, Lu C, Kalman DA, et al. Biologically based pesticide dose estimates for children in an agricultural community. *Environ Health Perspect* 2000;108(6):515-20.
 27. Preston RJ, Hoffmann GR. Genetic toxicology. En Klaassen CD, ed. *Cassaret & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. 7th ed. Nueva York: Mc Graw Hill; 2008. Págs. 381-413.
 28. Holland N, Fucic A, Merlo DF, Sram R, et al. Micronuclei in neonates and children: effects of environmental, genetic, demographic and disease variables. *Mutagenesis* 2011;26(1):51-6.
 29. Tolbert PE, Shy CM, Allen JW. Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears: methods development. *Mutat Res* 1992;271(1):69-77.
 30. Solomon G, Ogunseitan OA, Kirsch J. Pesticides and human health: a resource for health care professionals. Santa Mónica CA: Physicians for Social Responsibility; 2000. Available at: http://www.psr-la.org/files/pesticides_and_human_health.pdf. [Accessed on: November 10, 2014].
 31. Miller RL, Chew GL, Bell CA, Biedermann SA, et al. Prenatal exposure, maternal sensitization, and sensitization in utero to indoor allergens in an inner-city cohort. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(6):995-1001.
 32. Salameh PR, Baldi I, Brochard P, Raherison C, et al. Respiratory symptoms in children and exposure to pesticides. *Eur Respir J* 2003;22(3):507-12.
 33. Salam MT, Li YF, Langholz B, Gilliland FD. Early-life environmental risk factors for asthma: findings from the Children's Health Study. *Environ Health Perspect* 2004;112(6):760-5.
 34. Reynolds P, Von Behren J, Gunier RB, Goldberg DE, et al. Childhood cancer and agricultural pesticide use: an ecologic study in California. *Environ Health Perspect* 2002;110(3):319-24.
 35. Reynolds P, Von Behren J, Gunier R, Goldberg DE, et al. Agricultural pesticides and lymphoproliferative childhood cancer in California. *Scand J Work Environ Health* 2005;31 Suppl 1:46-54.
 36. Reynolds P, Von Behren J, Gunier RB, Goldberg DE, et al. Agricultural pesticide use and childhood cancer in California. *Epidemiology* 2005;16(1):93-100.
 37. Rull RP, Gunier R, Von Behren J, Hertz A, et al. Residential proximity to agricultural pesticide applications and childhood acute lymphoblastic leukemia. *Environ Res* 2009;109(7):891-9.



Por una niñez y
adolescencia sanas
en un mundo mejor

Sociedad Argentina de Pediatría

MIEMBRO de la ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PEDIATRÍA y de la ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE PEDIATRÍA

Junio 2021

“Efecto de los Agrotóxicos en la Salud Infantil”

INDICE

Capítulos

- Capítulo 1** Introducción. Dra. *María Gracia Caletti*
- Capítulo 2** Objetivos del documento Dra. *María Gracia Caletti*
- Capítulo 3** Contribución de la SAP a la Salud Ambiental, algunos datos históricos
Dra. *M. G. Caletti*
- Capítulo 4** Situación actual del problema. *María Gracia Caletti, Florencia Arancibia, Alejandro Vallini, Javier Souza Casandinho*
- Capítulo 5** Definición y características de los agrotóxicos.
María Gracia Caletti, Florencia Arancibia, Alejandro Vallini, Javier Souza Casandinho
- Capítulo 6** Utilización y exposición a plaguicidas, su efecto en la salud.
Javier Souza Casandinho
- Capítulo 7** Salud infantil y exposición a pesticidas en Argentina.
Medardo Ávila Vázquez
- Capítulo 8** Agrotóxicos y neurodesarrollo. *Pablo Cafiero*
- Capítulo 9** Efecto de los Agrotóxicos en el desarrollo embrionario y en el sistema nervioso infantil, *Ignacio Bocles, Damián Marcov*
- Capítulo 10** Toxicidad de los Herbicidas. *Marta María Méndez*
- Capítulo 11** Registros Médicos. *María Gracia Caletti*
- Capítulo 12** Política, marco regulatorio y conflicto social.
Florencia Arancibia

ANEXOS

- Anexo I** Fases en el proceso histórico de utilización y percepción de los efectos socio ambientales
- Anexo II** Laboratorios de Toxicología en el país
- Anexo III** Modelos consultados de historia clínica ambiental

Capítulo 1

Introducción

Dra. Maria Gracia Caletti

A comienzos del año 2019, la recientemente electa Comisión directiva de la Sociedad Argentina de Pediatría invitó a los Comités nacionales a trabajar en problemas específicos de su área. El Comité de Salud Ambiental entre varias líneas de trabajo seleccionó el tema: *“Efecto de los agrotóxicos en la salud Infantil”*.

Se trata de una afortunada elección dado que el tema describe un problema de salud pública que en la Argentina adquiere una dimensión muy grande, y que no está siendo resuelto a nuestro modo de ver, de una manera adecuada. Nuestro país tiene una actividad agrícola que es de las más extensas del mundo; como consecuencia de esto, el uso de agrotóxicos es también generalizado, y su tendencia aumenta sostenidamente con el tiempo. Este fenómeno es el resultado de la concentración progresiva de los regímenes de tenencia de la tierra en el mundo, con condiciones económicas de concentración de capital invertido en el agro, extensión de las superficies cultivables en forma intensiva a expensas de tierras otrora destinadas a la cría de ganado. La consecuencia de estos cambios es doble: por un lado, crece en forma sostenida el uso de agrotóxicos por aumento de las áreas cultivables, con el consecuente impacto sobre la salud de las poblaciones expuestas, y por otro, al disminuir las tierras para cría de animales, proliferan a este fin los llamados “feed-lots”, que no son otra cosa que la cría en condiciones de extremo hacinamiento, en las que los animales se intercambian gérmenes permanentemente unos a otros, aumentando en consecuencia la contaminación de los alimentos derivados y las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS) (1).

Este fenómeno es mundial pero en Argentina adquiere una significación especial por la enorme extensión de tierras destinadas a la actividad agropecuaria, actividad que está implementada según criterios principalmente económicos, y que encuentra al país con una serie de deficiencias que impiden el control del uso de los agrotóxicos y así la protección de la salud de la población: falta de leyes, incumplimiento de las existentes, ausencia de personal de salud capacitado en el tema, falta de concientización de la población, falta de educación comunitaria, ausencia de registros médicos adecuados y ausencia de estadísticas que permitan medir la magnitud del problema.

Es de conocimiento público el efecto perjudicial de los agrotóxicos sobre la salud humana tanto a nivel agudo como crónico. Este efecto sobre la salud tiene una sólida fundamentación científica. La mayoría de los países desarrollados tiene legislación restrictiva sobre el uso de

estos productos, actualmente México, y otros como Francia que tiene una legislación que obliga a disminuir cada 5 años, el 30% de agrotóxicos usados hasta dejar de usarlos en el año 2035.

Hay mucha tarea por realizar en la Argentina, tanto dentro del sector salud como fuera de él.

En el campo de la salud infantil, y continuando la tarea de la SAP, nos hemos propuesto preparar este documento destinado a los pediatras y demás miembros del equipo de salud pediátrico. Para este fin, seguimos los siguientes pasos:

- Constitución de un equipo de trabajo. Teniendo en cuenta el carácter multidimensional del problema, invitamos a distinguidos profesionales de otras disciplinas para cubrir aspectos centrales del tema. Este grupo está descrito más abajo, y a ellos les quedamos profundamente agradecidos.
- Búsqueda bibliográfica sobre los usos de los agros tóxicos en el país, sus efectos en la salud infantil, y los productos mayormente utilizados en la Argentina, publicados en la literatura científica, libros y, revistas especializadas, con énfasis en los años recientes.
- Preparación de los objetivos, estructura y contenidos del documento. Deseábamos que no solo contuviera la información científica necesaria, sino que además brindara una contextualización de la problemática desde el punto de vista social, político, regulatorio y agronómico.

Todo el trabajo fue realizado en plena pandemia de coronavirus, cumpliendo las normas de distanciamiento físico recomendadas por las autoridades nacionales de salud, utilizando los medios actuales disponibles de comunicación: Zoom, Skype, teléfonos celulares y de línea, emails, mensajes de texto, whatsapp, etc. Decimos que cumplimos con el “distanciamiento físico” pero no, como se dice “el distanciamiento social”, porque la comunicación y el sentido de equipo se mantuvo muy presente entre nosotros en todo momento. Sin este acercamiento social no habríamos podido terminar este documento.

El documento puede serle útil a muchos profesionales, pero, como se ha dicho, fue escrito pensando especialmente en los pediatras y demás miembros del equipo de salud pediátrico.

Esperamos que les sea útil para el cuidado de la salud de los niños que atienden.

Capítulo 2

Objetivos del documento

Dra. María Gracia Caletti

Objetivos Generales:

Concientizar a los trabajadores de la salud infantil y proveer información a la comunidad médica y a la sociedad en general sobre la problemática de los agros tóxicos y el efecto de los plaguicidas en la salud infantil.

Promover medidas de resguardo a la exposición a agros tóxicos que garanticen el derecho a la salud y a un ambiente sano a todos los niños que residen en el territorio nacional.

Objetivos Específicos

- 1.Brindar información relevante y actualizada a los pediatras de la SAP sobre la problemática de los agrotóxicos en el país.
- 2.Brindar información sobre los efectos nocivos de los agrotóxicos que se utilizan en Argentina.
- 3.Aportar herramientas conceptuales e información puntual para que los pediatras informen a sus pacientes sobre esta problemática.
- 4.Aportar herramientas a los pediatras para facilitar la detección temprana de los efectos nocivos de la contaminación en los niños.
- 5.Promover investigaciones dirigidas y la comunicación epidemiológica en sus respectivas zonas de trabajo, así como el compromiso con las comunidades más afectadas.
- 6.Proveer un listado de Laboratorios de todo el país donde puedan realizarse los estudios que correspondan al diagnóstico propuesto.

Capítulo 3

Actividades de Sociedad Argentina de Pediatría en pro de la salud ambiental relacionadas con los agrotóxicos:

Datos históricos. * * Fuentes: Boletines de la SAP

Dra. Maria Gracia Caletti

- En el año 2001, durante la presidencia del Dr. Horacio Lejarraga, la Sociedad Argentina de Pediatría reconoció como uno de sus objetivos primordiales la necesidad de trabajar en pro del mejoramiento de la salud ambiental infantil (SAI). La salud de los niños del mundo está estrechamente relacionada con la calidad del ambiente en el que les toca vivir. Esa relación se manifiesta ya antes de la concepción, continúa durante el muy importante periodo que comprende el embarazo, las distintas etapas de la niñez y culmina al final de la adolescencia. Investigar las amenazas ambientales a las que pueden estar expuestos los niños de un país o región determinada, constituye un verdadero desafío. Por esa razón, ese mismo año se formó en el ámbito de la SAP, un Grupo de Trabajo integrado por pediatras interesados en el tema, que sirvió de base para crear, en septiembre de 2002, la Subcomisión de Salud Infantil y Ambiente de la SAP. Para darle sustento a la decisión asumida, la SAP comenzó a interactuar con otras instituciones relacionadas con la salud ambiental. Entre ellas se destacan el Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, OMS, OPS y la ONG Asociación Argentina de Médicos por el Medio Ambiente, con la que se firmó un convenio en diciembre de 2001 a través del cual se comenzó a trabajar en forma conjunta en proyectos de educación, investigación y difusión relacionados con la salud ambiental infantil.
- En 2003 se ampliaron los contactos sobre el tema de salud ambiental infantil a las Sociedades de Pediatría del Cono Sur y, como fruto de ello, se realizó en octubre de 2003 el *Taller Internacional sobre Salud Ambiental Infantil* (OMS, AAMMA, SAP) y al finalizar el mismo los Presidentes de las Sociedades de Pediatría del Cono Sur firmaron la Declaración de Mar del Plata sobre Salud Ambiental Infantil. En 2003, también en Mar del Plata, se creó el Comité de Salud Ambiental Infantil de la IPA (siglas en inglés de la Asociación Internacional de Pediatría), de la cual forma parte la SAP en representación de Latinoamérica.

El 24 de Febrero de 2004 entró en vigencia el Convenio de Rotterdam firmado por 73 países y abarca inicialmente 22 plaguicidas y otros 5 productos. Convenio de Rotterdam www.pic.int. La SAP adhirió a este convenio.

- En el 2004, durante la presidencia del Dr. Mario Grenoville, la SAP fue invitada a la Reunión del Comité de la IPA que se realizó con motivo del Congreso Mundial de Pediatría, en Cancún (México). Desde su creación, la subcomisión le dio gran importancia a la introducción del tema SAI en las actividades de educación pediátrica continuada. Tratando de dar especial relevancia a la capacitación de

futuros capacitadores en el tema. Se intentó además de incorporar la enseñanza de la SAI en los programas de las residencias pediátricas acreditadas por la Subcomisión de Acreditación de Residencias Médicas de la SAP y, a través del Comité de Educación Médica (COEME), en la enseñanza de la pediatría de grado. En este año la OMS publica el documento “Intoxicación por plaguicidas en niños. Información para la gestión y la acción”. Preparado por el Programa de Naciones Unidas para el Ambiente, PNUMA – Organización Mundial de la Salud -Publicado en mayo de 2004 por el “Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente, (Productos Químicos PNUMA)”. Con la asistencia de la Unidad de información para Convenios del PNUMA. chemicals@unep.ch

- En noviembre de 2005 se realizó en Buenos Aires la 2° Conferencia Internacional sobre Salud Ambiental Infantil, organizada por el Ministerio de Salud de la Nación, OMS/OPS y SAP. Fruto de este importante evento científico fue la Declaración de Buenos Aires sobre salud ambiental infantil. Cuidar la calidad del desarrollo de todos los niños argentinos es una meta que incumbe no sólo a los profesionales de la salud, sino a distintos sectores de la sociedad y muy especialmente al Estado Nacional. Ya que su importancia se relaciona con la equidad, la integración social, la paz y el futuro mismo de la Argentina como nación integrada a un mundo globalizado y altamente competitivo.- Daniel Beltramino, Ex Presidente de la Subcomisión de Salud Infantil y Ambiente de la SAP.
- En 2007 la SAP participa en el proyecto del MS sobre el Perfil de la Salud Ambiental de la Niñez en la Argentina. Perfil SANA 2007, junto al Ministerio de Salud de la Nación, AAMMA, y los socios canadienses del Proyecto: Health Canada, University of Ottawa y Canadian Institute of Child Health. Los resultados del mismo se muestran en el libro Perfil SANA 2007 de 303 páginas, editado en español e inglés. La SAP realiza en ese año una Encuesta sobre salud ambiental infantil a pediatras miembros de la Sociedad Argentina de Pediatría, y publica dos estudios de caso sobre plomo en edad escolar y plaguicidas en hijos de colonos tabacaleros.
- La SAP participa en la Guía de uso responsable de agroquímicos. Edición 2012. Serie: Temas de Salud Ambiental N°7; Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones por Plaguicidas- PRECOTOX-PLAG. Ministerio de Salud. Presidencia de la Nación. Edición 2011.
- Se publica el Manual de Salud Ambiental Infantil, para enseñanza de grado en Escuelas de Medicina. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. Organización Panamericana de la Salud, Ministerio de Salud, Gobierno de Argentina. La SAP participa.
- En 2019, bajo la Presidencia de la Dra Stella Maris Gil, la SAP encomienda al Comité de Salud Ambiental trabajar sobre temas ambientales relevantes a la salud infantil, origen del presente documento.

Capítulo 4

Situación actual del problema

María Gracia Caletti, Florencia Arancibia, Alejandro Vallini, Javier Souza Casandinho

La Argentina tiene una tendencia sostenida hacia modos de producción agrícola con base en monocultivos y transgénicos que requieren una creciente utilización de insumos químicos.

Si bien hay múltiples publicaciones que dan cuenta de diversos efectos perjudiciales de los agroquímicos sobre la salud, no disponemos en el ámbito pediátrico nacional de un documento que resuma los hallazgos sobre los efectos de los agrotóxicos en la población infantil ni aborde esta problemática de modo integral. Una gran cantidad de pediatras atienden pacientes que viven en zonas agro-productivas que están expuestos en forma directa e indirecta a los agrotóxicos.

En 2014 el pediatra Medardo Ávila Vázquez describió el resultado de una encuesta en la provincia de Córdoba *"Los resultados preliminares fueron alarmantes: la población de Monte Maíz tiene cinco veces más casos de cáncer que los estimados en la OMS, un 25 por ciento más de problemas respiratorios tipo asma y casi cinco veces más de abortos espontáneos"*. El especialista indicó, además, que *"la población también registra el doble de casos de diabetes tipo II y de hipotiroidismo que las estadísticas medias y casi tres veces más frecuencia de colagenopatías (enfermedades inflamatorias del tipo autoinmunes)"*. El relevamiento llevado adelante en la localidad cordobesa, ubicada a 300 kilómetros de la capital provincial, se realizó en octubre de 2014 por un equipo universitario que durante cinco días realizó un campamento sanitario en el que se observó la historia clínica de al menos 594 personas de una población total de 8.000 habitantes.

Recientemente otro trabajo producido entre la comunidad de investigadores independientes, enmarcado en la extensión universitaria de la Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, describió la exposición a plaguicidas de niños de escuelas rurales en Tandil.

Estos trabajos han descrito una amplia gama de efectos incluyendo cáncer e impactos en la herencia en tres generaciones posteriores a la exposición y modificaciones de niveles de morfógenos, tales como Ácido Retinoico, en estadios críticos del desarrollo embrionario. A su vez, entre los componentes de los agrotóxicos, en sus solventes y vehiculizadores, se pueden encontrar compuestos clorados y una variedad importante de disruptores endocrinos (D.E.), e incluso los propios principios activos han sido descritos, en ocasiones como D.E (Gil, 2015).

Desde este equipo se llevó a cabo el proyecto de los Campamentos Sanitarios que entre 2010 y 2019 relevó datos epidemiológicos de más de 37 localidades de cuatro provincias agroindustriales del país.

Sabemos que los agros tóxicos pueden producir cáncer, y otras enfermedades en adultos. Actualmente disponemos de abundante y actualizada literatura científica sobre el efecto específico de los agrotóxicos sobre la salud de los niños. Por todo esto, los pediatras y sus

pacientes se beneficiarán enormemente de contar con un documento que les resuma los conocimientos actualizados y científicamente documentados. El presente documento también podría estimularlos a generar conocimientos científicos relacionados, a partir de sus experiencias cotidianas u observaciones clínicas hechas en sus propios territorios.

En un monitoreo citogenético realizado a trabajadores rurales de la Pcia. de Córdoba que se hallan expuestos a los plaguicidas glifosato, cipermetrina y atrazina se determinó una mayor frecuencia de aberraciones cromosómicas en comparación con el grupo tomado como testigo, lo cual evidencia el riesgo que representa la exposición a estos plaguicidas para la salud de esta población (Mañas et al. 2009).

Las figuras 1 y 2 ilustran la mortandad masiva de peces en los que se encontró glifosato. Recientemente, en la Provincia de Chaco, en el rio Pilcomayo, se encontraron miles de peces muertos en cuyo interior se encontró glifosato.



**Figura 1. Fuente; Subsecretaría de Recursos naturales. Pcia. Del Chaco
Ecos córdoba [https://ecoscordoba.com.ar/por-la-soja-muere-el-pezu/](https://ecoscordoba.com.ar/por-la-soja-muere-el-pezu)
Enero 20, 2021**



Figura 2 . Fuente: Tiempo Argentino. 20 de Enero 2021. Artículo de Gastón Rodríguez. Peces muertos del río Salado en Santa Fe, en cantidades nunca vistas. Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral encontraron glifosfato y clorpirifos en las muestras de agua y tejidos.

La legislación argentina es muy laxa en este sentido, en relación a otros países. Por ejemplo, existen en la actualidad 107 agrotóxicos prohibidos en al menos un país, que se utilizan en Argentina. Por otro lado, si bien la Ley Nacional de Ambiente prevé la estipulación de presupuestos mínimos de protección a nivel nacional, no existe todavía ninguna Ley Nacional que regule el uso de estos productos en todo el territorio nacional. De este modo, salvo las localidades donde se han dado intensas luchas por parte de los vecinos afectados y se han logrado algunas ordenanzas municipales restrictivas, casi no existen restricciones al uso de estos productos.

Así como en las últimas dos décadas la generación de conocimientos científicos sobre daños en modelos animales y linajes celulares, tanto en exposiciones agudas como crónicas y en efectos a corto y largo plazo creció exponencialmente¹, la exploración epidemiológica local no acompañó a estas búsquedas al mismo ritmo. En nuestro país hay escasa información epidemiológica local sobre la salud de pueblos sometidos a fumigación sistemática producida por instituciones sanitarias. Sin embargo, algunas comunidades afectadas han optado por desarrollar proyectos locales que involucran formas de epidemiología comunitaria y mapeos colectivos para dar cuenta de la degradación de su

salud, en algunos casos acompañados por grupos de investigadores independientes (Instituto de Salud Socio ambiental², Grupo GESTA Colectiva, equipo de Medardo Ávila Vázquez, etc.).

Sobre estas bases, tomamos conciencia de que el abordaje del problema desde la perspectiva pediátrica debería ser necesariamente multidisciplinaria, y enfocada hacia fines muy precisos. Este documento destinado a los pediatras del país, es una de todas las acciones posibles.

Bibliografía Consultada:

- 1) Caletti MG. Enfermedades transmitidas por alimentos. Ministerio de Salud Pública. Buenos Aires.
- 2) Gil SM: Disruptores endocrinos. Pronap Módulo3, 2015. Sociedad Argentina de Pediatría.
- 3) Medardo Ávila Vázquez, Capítulo 7, “Los Agrotóxicos y la salud infantil”
- 4) Alejandro Vallini Damián Verseñazzi Campamentos Capítulo12
- 5) Miguel Larguía, Pronap, Módulo 1, Año 2019
- 6) H. Lejarraga, Capítulo
- 7) Delia Aiassa, Alta Gracia, Córdoba Capítulo 12
- 8) Marisa Gaioli, Marcelo Andrade, Disruptores endócrinos, pág. 41, “El ambiente donde los niños crecen”. Ed. Fundación Garrahan
- 9) La relación entre el glifosato y el cáncer El informe argentino del Instituto Nacional del Cáncer Buenos Aires y Tandil – 15 de enero de 2021 Marcos Filardi* Claudio Lowy**Cáncer en la población
- 10)Mañas et al. 2009

Se procedió luego, a constituir un Grupo ad hoc que pudiera cubrir los principales temas a los fines de cumplir con los objetivos fijados. Este grupo está descripto más arriba, y es a ellos a quienes quedamos sumamente agradecidos por haber brindado generosamente sus saberes para poder así producir el presente documento.

Todo el trabajo fue realizado en plena pandemia de coronavirus, cumpliendo las normas de distanciamiento físico recomendadas por las autoridades nacionales de salud, utilizando los medios disponibles de comunicación: Zoom, Skype, teléfono de línea, celulares, email, mensajes de texto, whatsapp, etc.

Realizamos, convocados por el Comité de Salud Ambiental de la SAP, varios Zoom (a, b, c, d), cuyos títulos y contenidos se describen a continuación. Este hecho nos permitió contactarnos con especialistas referentes en el tema de los Agrotóxicos y la salud de los niños, tema que nos preocupa grandemente. Se desarrollaron los siguientes contenidos relacionados con nuestros objetivos:

a) **Los agroquímicos en tela de juicio: una mirada interdisciplinaria**, con la participación de Frank Sznajder en el tema “Agroquímicos usados en Argentina e impactos ambientales”; Ignacio Bocles en el tema “Evidencias sobre daños en la salud pública”

b) Perfiles epidemiológicos en los territorios agroindustriales en Argentina

- Damián Verseñazzi
- Florencia Arancibia en el tema “política, marco regulatorio y conflicto social”

c) Impacto de los plaguicidas en la salud de los niños/as. La agroecología, un camino...”

- Eduardo Cerdá Director Nacional de Agroecología
- Javier Souza Casadinho, Agrónomo, docente de la Facultad de Agronomía de la UBA

Decimos que cumplimos con el “distanciamiento físico” pero no, como se dice “el distanciamiento social”, porque la comunicación y el sentido de equipo nos mantuvo muy cerca a todos los autores. Sin este acercamiento social no hubiéramos podido terminar este documento, que no solo contiene la información científica necesaria, sino que además brinda una contextualización de la problemática desde el punto de vista social, político, regulatorio y agronómico.

El documento puede ser de utilidad a muchos profesionales, pero lo hemos elaborado pensando especialmente en los pediatras, esperamos que lo utilicen de la mejor manera posible en bien de la salud infantil de nuestro país.

Los contenidos de los Zoom pueden verse en: www.sap.org.ar

Capítulo 5

Definición y características de los agrotóxicos

María Gracia Caletti, Florencia Arancibia, Alejandro Vallini, Javier Souza Casandinho

Definición

Los agrotóxicos (o agroquímicos, pesticidas, fitosanitarios) son (en su enorme mayoría) compuestos de síntesis utilizados en la agricultura convencional/industrial por su capacidad para dañar o eliminar distintas formas de vida. Es decir son biocidas: herbicidas (matan plantas), insecticidas (matan insectos), fungicidas (matan hongos), nematocidas (matan nematodos).

Son moléculas orgánicas de síntesis industrial y presentan una gran Variedad estructural, lo que le confiere características físico químicas MUY diversas (las cuales son fundamentales para entender su movilidad y persistencia en el ambiente).

Muchos de estos compuestos son altamente tóxicos y además muchas veces los estudios toxicológicos se hacen sobre los principios activos y no los formulados. Además, no se conoce la composición exacta de muchos formulados porque están bajo secreto comercial.

Por ejemplo: en el caso del glifosato, los formulados comerciales poseen surfactantes (detergentes) que permiten abrir poros en las paredes celulares vegetales para que el glifosato pueda entrar.

Características fisicoquímicas de los plaguicidas.

Entre las propiedades más importantes a tener en cuenta se hallan:

- Vías de degradación: sol, microorganismos, otros químicos
- Solubilidad
- Adhesión a las partículas del suelo
- Capacidad de evaporación
- Vida media en el ambiente
- Acumulación en las cadenas tróficas

“Los niños presentan una vulnerabilidad particular a las exposiciones ambientales a plaguicida, en relación a su mayor superficie corporal, mayor exposición y tasa de absorción por todas las vías, la presencia de succión no nutritiva y por vía de lactancia materna (1). Lo cual, sumado a lo restringido de su dieta, hace que en los primeros cinco años, acumulará el 50% de la exposición a plaguicidas, que recibirá en toda su vida (2).

En Argentina, en los últimos años los agroquímicos han expandido su mercado fuertemente, con un aumento del consumo de 100 mill Kg/litro en 1996 a 520 para el año 2018 (M. Ávila Vazquez)(3).



La contaminación de los alimentos se puede presentar por la aplicación directa a éstos, por acumulación en las cadenas tróficas, así como durante los procesos de industrialización, transporte y almacenamiento de los productos alimenticios; se debe tener en cuenta que no son productos inofensivos, y por lo tanto requieren una estricta regulación gubernamental y una educación permanente, para el uso responsable, que asegure minimizar los riesgos, tanto para el trabajador, como para la comunidad urbana y rural vecinas, así como su impacto en el medio ambiente. Si bien esta problemática no es única en Argentina, con las actuales tendencias en la explotación agraria, dentro de un contexto económico y social particular, conspiran contra el objetivo deseado de sustentabilidad de esta actividad.

Los efectos de los agroquímicos sobre la salud infantil pueden describirse en términos de consecuencias de exposiciones agudas y crónicas. Estas exposiciones pueden a su vez ocurrir en distintas épocas de la vida: antes del nacimiento, durante la lactancia materna, en el período pre-escolar, durante el cual es frecuente la ingesta de sustancias por pica o por contacto cutáneo, con lo cual el niño puede ingerir los residuos de plaguicidas presentes, en alimentos y agua de bebida.

Otro ámbito en el que ocurren exposiciones agudas, es en la exposición ocupacional o para - ocupacional, que sufren los niños, a consecuencia en ocasión de trabajo o acompañando a sus padres en las tareas de almacenamiento, transporte, formulación y/o aplicación de los productos, así como la reutilización de los envases vacíos de plaguicidas, situación que en algunos casos puede entrañar serio riesgo de toxicidad (4), siendo los Herbicidas (Glifosato, 2-4 D, Atrazina, etc.) los Insecticidas (cipermetrina,

clorpirifos y Endosulfan, entre otro), y ciertos fungicidas, los agentes causales principalmente involucrados.

La exposición por períodos prolongados y a dosis por debajo de la letalidad aguda, pueden ocasionar efectos adversos de diferente severidad y con afección de distintos sistemas, dificultando su diagnóstico. Las dificultades metodológicas impiden una adecuada evaluación de las exposiciones, debido a la exposición simultánea a múltiples contaminantes, las condiciones ambientales imperantes, el nivel de protección del niño, el período de ventana en el que ocurre la exposición, así como el estado de salud previo, dificultan consignar una dosis acumulativa y en consecuencia una adecuada caracterización del riesgo de la exposición.

Diferentes estudios, en niños, han demostrado que la exposición prenatal a pesticidas a bajas dosis, ha sido asociada con efectos sobre el neurodesarrollo (5-6). Trastornos como déficits de atención, hiperactividad, trastornos de aprendizaje, autismo y trastornos de conducta, han sido asociados a exposición a plaguicidas. Estas consecuencias inciden directamente, en la calidad de vida de los pacientes, así como en los costos de salud (7-9).

Por otra parte, existe evidencia, proveniente de estudios epidemiológicos, que sugiere que la exposición a plaguicidas está relacionada con la presencia de enfermedades neurodegenerativas tales como la Enfermedad de Alzheimer y la Enfermedad de Parkinson (10), (11).

En revisión sistemática relevó, evidencia disponible de diferentes estudios, encontró asociación entre exposición a pesticidas y tumores sólidos de la infancia (12). Una elevada tasa de cáncer renal fue asociada con exposición paterna a pesticidas en la actividad agrícola.

Otra revisión relevó asociación con cánceres hematológicos, tal como Linfoma, Hodgkin's y Leucemia (13). Genotoxicidad, inmunotoxicidad y susceptibilidad genética, son otros de los aspectos que deben considerarse en la evidencia disponible. De acuerdo con este análisis, se encontró una asociación positiva entre la exposición a plaguicidas u aberraciones cromosómicas (14).

Desde el punto de vista neurológico y el impacto de los agrotóxicos sobre el neurodesarrollo hay numerosa bibliografía, y el tema será desarrollado en el capítulo 8.

Bibliografía Consultada

Bernardi, N., Gentile, N., Mañas, F., Méndez, A., Gorla, N., & Aiassa, D. (2015).

Assessment of the level of damage to the genetic material of children exposed to pesticides in the province of Córdoba. Archivos Argentinos de Pediatría, 113 (2), 126–132.

Aiassa, D. (2018). Genotoxic Risk in Human Populations Exposed to Pesticides. In M.L. Larramendy (Ed.), Genotoxicity. A predictable risk to our actual world (pp. 95–112). London, UK: Intechopen:10.5772/intechopen.77968

Aiassa, D., Mañas, F., Bernardi, N., Gentile, N., Méndez, A., Roma, D., & Gorla, N. (2014). Monitoreo de genotoxicidad en personas expuestas a plaguicidas.

Estudio preliminar en niños. [Monitoring genotoxicity in humans exposed top esticides. Preliminary study in children]. *Cuestiones de Población y Sociedad*,4(4), 73–84.

Souza Casadinho Javier “La agroecología: bases científicas, historia local y estrategias de producción” Javier Souza Casadinho en *La Agroecología en Francia y Argentina*. Frederic Goulet, Daniele Magda, Nathalie Girad y Valeria Hernández compiladores. Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria INTA Buenos Aires, Argentina.2014 ISBN 978-987-521

Souza Casadinho Javier “Dinámica de uso de los agrotóxicos y su relación con la salud socioambiental”. En *Justicia ambiental. El trabajo interdisciplinario en agrotóxicos y transgénicos*. Cecilia Carrizo y Mauricio Berger compiladores. e-book ISBN 978-987-33-3819-9. Córdoba 2013

Souza Casadinho Javier “La problemática del uso de plaguicidas en la región hortícola Bonaerense”. En *La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta y el ambiente* pp 29- 72. Becas Multicentricas. Ministerio de salud de la Nación. Organización Mundial de la Salud OMS. Buenos Aires abril de 2007. ISBN 978 – 987- 96256-7-5

Verzeñassi y Vallini (2019). "Transformaciones en los modos de enfermar y morir en la región agroindustrial de Argentina". ISBN: 978-987-86-2452-5. InSSA.

Arancibia, Bocles, Massarini, Verzeñassi (2018) "Tensiones entre los saberes académicos y los movimientos sociales en las problemáticas ambientales". *Revista Metatheoría*, N° 8 (2). Pag. 105-123.

Rossi, Eduardo (Comp.) (2020). *Antología toxicológica del glifosato+1000. Evidencias científicas publicadas sobre los impactos del glifosato en la salud, ambiente y biodiversidad*. Naturaleza de Derechos, 5° Edición.

Sosa, B., Fontans-Álvarez-E., Romero, D., da Fonseca, A., Achkar, M. (2019) “Analysis of scientific production of glyphosate: An example of politization of science.” *Science of the Total Environment* 681, p. 541-550.

Zyoud, SH., Waring, WS, Al-Jabi, SW, Sweileh, WM (2017) “Global research production in glyphosate intoxication from 1978-2015: A bibliometric analysis”. *Human and Experimental Toxicology*. Vol 36 (10). P. 997-1006.

Arancibia (2020) "Resistencias a la bio-economía en Argentina: las luchas contra los agrotóxicos (2001-2013)". *Revista Ciencia Digna*, N° 1, pag: 42-62.

Arancibia, Motta (2019) "Undone science and counter-expertise: fighting for justice in Argentina community contaminated by pesticides". *Revista Science as Culture*. Vol. 23, Issue 3, pág.: 277-302

Capítulo 6

Utilización y exposición a plaguicidas. Su efecto sobre la salud.

Javier Souza Casandfinho

Introducción

Tradicionalmente el concepto a partir del cual se designa un elemento, una sustancia, una tecnología suele marcar en la sociedad, y en cada cultura, cuál es su utilidad, aún cuál puede ser su origen, su comportamiento y su peligrosidad. Es así como, distintos nombres asignados a un mismo dispositivo pueden marcar distintos tipos de visiones hacia su utilidad/peligrosidad y desde allí establecer diferentes tipos de vínculos y relaciones.

Esta situación acontece con los plaguicidas, sustancias químicas utilizadas para prevenir o contrarrestar el acción de insectos, hongos, plantas silvestres ya en actividades agrarias como en campañas sanitarias y a nivel domiciliario, donde suelen ser denominados de diferente modo según los distintos actores, sectores o grupos involucrados desde su registro legal, elaboración, utilización o por parte de aquellos quienes reciben los efectos de las pulverizaciones.

Según el artículo 2° del *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas* (FAO, 1990) se denomina como plaguicida a «cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte» (FAO, 1990)³. ¹ <http://www.fao.org/>

Por su parte miembros de empresas productoras de estos químicos, sean nacionales como transnacionales, integrantes de instituciones del estado (INTA y Ministerios de agricultura nacionales y provinciales), participantes de las empresas transformadoras de la producción como las tabacaleras, incluso desde cátedras de las universidades y actores incluidos en los medios de comunicación, suelen llamarlos “defensivos”, “fitosanitarios”, “agentes para las contingencias”, “agentes para las adversidades” o “agroquímicos”. Todas denominaciones que se relacionan con su uso agrario pero que de ninguna manera denotan cierta peligrosidad en relación a su efecto socioambiental. En los casos de los integrantes de grupos ambientalistas, los miembros de las comunidades afectadas por el accionar de estas sustancias y una parte de los miembros de las instrucciones del estado y de las universidades, llaman a estos productos “plaguicidas”, “agrotóxicos”, “biocidas” enfatizando la posibilidad de eliminar, de matar “plagas” que pueden incidir en la

productividad y en la calidad de los productos de origen agropecuario, pero reforzando su carácter peligroso, su posible incidencia en la salud de los ecosistemas, seres humanos incluidos. Por último, los productores y en mayor medida los trabajadores rurales suelen llamar a estos productos “remedio” “producto” o “veneno”. Mientras que el término remedio evoca la posibilidad de “curar” que poseen los agroquímicos, la de eliminar insectos, plantas silvestres u hongos que pueden afectar a los cultivos, el término “veneno” denota su carácter perjudicial para la salud humana.

El nombre asignado provocará distintas reacciones y estrategias de prevención en los potenciales usuarios. La neutralidad pretendida con el nombre fitosanitario evita que el usuario tome una real dimensión del carácter tóxico del producto y de los problemas derivados de un uso inadecuado (Souza Casandinho, 2000)⁴.

Vinculado con las características químicas se halla su posibilidad de penetración en el cuerpo de las personas. Por lo general las vías usuales de ingreso al cuerpo son: la piel, la boca y las vías respiratorias. La vinculación entre el tóxico, la oposición de barreras, por ejemplo por parte de los aplicadores, y las condiciones climáticas pueden determinar la prominencia de unas sobre otras. La incidencia en la salud de las personas puede tener una rápida manifestación -conocida como intoxicación aguda- como por ejemplo: diarrea, cefalea, vómitos o presentar una manifestación tardía denominada intoxicación crónica. En este caso, los síntomas se presentan cuando la acumulación del tóxico en el cuerpo alcanza el nivel de daño o se altera lo suficiente el órgano afectado. En las intoxicaciones crónicas la exposición puede darse a dosis pequeñas de diferentes tóxicos durante un tiempo prolongado. Son un ejemplo, distintos tipos de cánceres, disrupciones en el sistema endocrino y el mal de Parkinson.

Este trabajo posee el objetivo de analizar el proceso histórico de utilización de plaguicidas en la Argentina haciendo hincapié en las diferentes fases de este en relación a las cantidades de plaguicidas utilizados, visualización del efecto de estas sustancias en la salud socio-ambiental, el eje de las discusiones, los actores participantes, las acciones establecidas y en referencia al trabajo realizado por las comunidades afectadas, los resultados alcanzados. A su vez se relaciona el proceso de utilización de estos productos químicos con el desarrollo de enfermedades agudas y crónicas por parte de productores, trabajadores y las comunidades expuestas.

Características físico – químicas y toxicológicas de los plaguicidas

La capacidad de producir daño de un plaguicida se halla relacionada con su estructura química, aspecto que determina la toxicidad específica, acompañada por las condiciones de uso, especialmente la exposición. En este caso cabe mencionar que las características químicas y físicas de los tóxicos inciden en las posibilidades de dispersión, acumulación en el

agua y suelo y desde allí en el contacto con los seres humanos pudiendo propiciar el desarrollo de una intoxicación.

Dentro de las características más importantes de los plaguicidas sobresalen:

- **La volatilidad** que representa la tendencia del plaguicida a pasar a la fase gaseosa. Todas las sustancias orgánicas son volátiles en algún grado dependiendo de su presión de vapor, del estado físico en que se encuentren y de la temperatura ambiente.
- La **solubilización** en agua sea esta de ríos, acequias o la existente en el suelo.
- La **bioacumulación** o Acumulación a través de la actividad metabólica de los organismos, esta puede darse por ingestión directa a través de la exposición de los seres vivos y en forma indirecta a través de la cadena alimenticia en los productos de origen animal como la leche y la carne.
- La **degradación** o descomposición por agentes físicos (luz solar), químicos (metales y agua) y biológicos (macro y microorganismos).
- La **persistencia** que se define como la capacidad de cualquier plaguicida para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio en el cual es transportado o distribuido, durante un período limitado después de su emisión. Los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente, tienen mayor probabilidad de interactuar con los diversos elementos que conforman los ecosistemas.
- La **solubilidad** en grasas. El coeficiente de partición Octanol-agua, es una medida de cómo una sustancia química puede distribuirse entre dos solventes inmiscibles, agua (es un solvente polar) y octanol (es un solvente relativamente no polar, que representa a las grasas).
- A su vez cabe mencionar las siguientes propiedades;
- La **adsorción** a las partículas del suelo- arcilla y materia orgánica- y a las ropas de dosificadores y aplicadores.
- El **efecto saltamontes** es el proceso por el cual los contaminantes orgánicos persistentes circulan por la atmósfera de la tierra, por la repetición de las emisiones (evaporación) y las deposiciones (por ej., a través de la lluvia).
- La **lixiviación**, que es el parámetro más importante de evaluación del movimiento de una sustancia en el suelo. Está ligado a la dinámica del agua, a la estructura del suelo y a factores propios del plaguicida.

A partir de las características químicas se pueden analizar el movimiento de los plaguicidas en el aire, el agua y el suelo para desde allí analizar la exposición de los seres humanos antes, durante y luego de una aplicación.

Movimiento de plaguicidas en el aire

El aire es el principal elemento natural por el cual se dispersan los plaguicidas en ambientes cercanos a los campos pulverizados llegando incluso a distancias tan lejanas como los límites del movimiento de la atmósfera lo permitan dentro del planeta.

En la atmósfera, los plaguicidas son distribuidos entre las partículas y las fases de vapor basado en la presión de vapor del producto químico, la temperatura ambiente, y la concentración de partículas en suspensión (Chang, 2011)⁵. En este caso productos con mayor tendencia a la evaporación aplicados en condiciones de baja humedad relativa y altas temperaturas pueden ser inhalados rápidamente por quienes los aplican, tal el caso del insecticida clorpirifos.

Las condiciones al momento de la aplicación no son las únicas causas de estas derivas, también los son las condiciones climáticas que pueden sucederse sobre la parcela asperjada luego de la misma. Así, el rango de temperaturas ambiente superiores a los 25°C, humedad relativa menor al 60% o mayor al 80%, velocidades de viento por debajo de los 5km/hr. o superiores a los 12 km/hr., condiciones atmosféricas en estado de reversión térmica, alta radiación solar, son algunos de los parámetros ambientales que aumentan las derivas de Plaguicidas (Leiva, 2007)⁶.

Al culminar la aplicación, los efectos de algunos factores como la existencia de altas temperaturas, alta radiación, baja humedad relativa, cambios de velocidad y dirección del viento, y reversión térmica pueden provocar una re-volatilización o evaporación de los agroquímicos arrojados. Esta nube química que aparece sobre el campo pulverizado, la que puede concentrarse aún más con los plaguicidas que se evaporaron y las gotas que aún no descendieron durante la deriva primaria, puede moverse en toda dirección fuera del campo, generando lo que se denomina Deriva Secundaria. Esta situación puede extenderse más allá de las veinticuatro horas posteriores a la aplicación, si las condiciones climáticas son favorables. Este efecto se potencia debido a que la principal época de aplicaciones en Argentina, es la temporada cálida de primavera-verano (Tomasoni, 2013)⁷.

Movimiento de los plaguicidas en el agua

Los plaguicidas muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos y por lo tanto, son fácilmente transportados del lugar de la aplicación por una fuerte lluvia, riego o escurrimiento, hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea. Los cursos de agua pueden ser alcanzados por partículas de agrotóxicos a través de las siguientes operaciones: - Pulverizaciones en las cercanías - Limpieza del equipo aspersor - Desecho de envases vacíos - Desecho de líquido remanente luego de la aplicación. En la aplicación directa, una vez alcanzados los cursos acuíferos, pueden contaminarse las napas de agua de bebida, con la posibilidad de provocar intoxicaciones en los consumidores. Este ingreso se ve facilitado cuando el agua de consumo se obtiene directamente de los acuíferos primarios.

⁵ Chang, F.Ch., Simcik, M.F., Capel, P.D. (2011). Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 30, No. 3, pp. 548–555.

⁶ Leiva, P. D. (2007). "Calidad de aplicación de plaguicidas". Centro Internacional de Capacitación INTA-CIMMYT. I Jornada de Control Químico de enfermedades del trigo. Centro Internacional de Capacitación INTA –CIMMYT. CDRom interactivo Bayer – División Agrícola. 2007.

⁷ Tomasoni, M (2013) Generación de derivas de plaguicidas. Red universitaria de ambiente y salud. Arnetina

La atrazina es uno de los herbicidas más utilizados en la Argentina, el mismo muestra una gran solubilidad en el agua siendo detectado, tanto su compuesto original como sus metabolitos, en suelos y aguas superficiales y subterráneas. Urseler y su equipo realizaron una investigación con el objetivo de detectar y cuantificar la presencia de atrazina en muestras de aguas subterráneas y superficiales pertenecientes a la región centro-sur de Córdoba. A partir del trabajo de campo se establecieron diez estaciones de muestreo en diferentes cursos de aguas superficiales de la cuenca del río Tercero y doce sitios de muestreo para aguas subterráneas (perforaciones de 8-30 m de profundidad) en tambos de la región. A partir de los muestreos se detectaron residuos de atrazina en el 85% de los puntos monitoreados en concentraciones medias que oscilaron entre 0,06 a 2 µg/L (n=32). Según los autores *“la presencia de atrazina en cuerpos de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Tercero revela que en la región se produce una considerable llegada del herbicida a los ambientes acuáticos, relacionada directamente con el período de aplicación del herbicida y la abundancia de precipitaciones ocurridas”* (Urseler, N, 2014)⁸.

Movimiento de los plaguicidas en el suelo

El Coeficiente de adsorción suelo/agua o el Coeficiente de adsorción constituye una medida de la tendencia de un compuesto orgánico a ser adsorbido (retenido) por los suelos o sedimentos. Un Coeficiente de adsorción suelo/agua elevado, indica que el plaguicida orgánico se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo, por lo que poca cantidad del compuesto se mueve a las aguas superficiales o a los acuíferos (FAO; 2011)⁹.

En el suelo puede contaminarse por cualquiera de las siguientes vías:

- Aplicación directa de herbicidas e insecticidas.
- Entierro de plaguicidas obsoletos y envases vacíos.
- Desecho de líquidos remanentes. Mientras que la mayoría de los herbicidas e insecticidas fosforados son lixiviados por las corrientes de agua incorporándose al flujo sub-superficial de la misma, los insecticidas clorados quedan fuertemente adheridos a las partículas del suelo, liberándose lentamente. En estos casos pueden permanecer adsorbidos varios años a las partículas con la posibilidad de incorporarse a los cultivos implantados en el lugar, (Giannuzzi, L-. 1994)¹⁰.

La existencia de partículas de suelo contaminadas puede afectar a los seres humanos en forma directa durante la ingestión de tierra sobremanera en países donde los niños acompañan a los padres en la ejecución de tareas productivas.

Respecto a la movilidad de los plaguicidas en el suelo existen marcadas diferencias entre

⁸ Urseler, N., Bachetti R., Rotondaro D. Tutoras: Porporatto C., Morgante C. 2014 Contaminación por Atrazina de aguas superficiales Y subterráneas. En La Región Agrícola-ganadera Centro-sur De Córdoba Instituto AP de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María. Córdoba, Argentina

⁹ FAO Parámetros de los plaguicidas que influyen en los procesos que tienen lugar en el suelo <http://www.fao.org/3/x2570s/x2570s08.htm>

¹⁰ Giannuzzi, Leda: “Residuos de plaguicidas organoclorados en papas que se comercializan en la ciudad de La Plata y Gran La Plata” en Acta Farmaceutica Bonaerense, La Plata, mayo / agosto de 1994, Vol. 2 n° 2, pag. 103

ellos, lo que a su vez determina una mayor peligrosidad tanto por su acción sobre insectos, crustáceos como por la contaminación de las aguas. En este caso la movilidad del plaguicida se haya influida tanto por la calidad y cantidad de agua presente como por las propiedades físicas y químicas del suelo – textura, cantidad de materia orgánica, profundidad-, además de las propiedades propias del plaguicida – solubilidad en agua, adsorción al suelo.

La persistencia está definida como el tiempo (en días, semanas o años) requerido para que la mitad del plaguicida presente después de una aplicación se descomponga en productos de degradación. La descomposición depende de varios factores incluidos la temperatura, el pH del suelo, los microorganismos presentes en el suelo, el clima, la exposición del plaguicida a la luz, agua y oxígeno (Souza Casadinho, J. 2007)¹¹. Al respecto cabe destacar la problemática originada por el amplio uso de plaguicidas para el control de hormigas basados en el principio activo sulfluramida. Estos hormiguicidas se utilizan tanto en las producciones agrícolas como en parques, jardines y huertas domésticas. La sulfluramida al degradarse se transforma en sulfonato de perfluorooctano, un contaminante tóxico, extremadamente persistente, y bioacumulable sujeto a medidas de restricción en su utilización por el convenio de Estocolmo sobre contaminantes persistentes. Se ha demostrado su toxicidad para los mamíferos en estudios donde se han aplicado dosis repetidas en bajas concentraciones, así como su toxicidad reproductiva en ratas, con mortalidad de cachorros poco después de su nacimiento (Bejerano F. y otros, 2019)¹².

Evolución histórica de los plaguicidas

Desde los inicios mismos de la agricultura, los seres humanos debimos enfrentar problemas derivados del ataque de insectos, hongos y aunque parezca paradójico de plantas silvestres emparentadas con aquellas cultivadas, los cuales mermaban en cantidad y calidad la cosecha de productos destinados a la alimentación.

Tradicionalmente, se encararon estrategias basadas en la prevención del ataque de “plagas” ya mediante la quema de los pastizales y rastrojos, el cultivo durante varios años en el mismo terrero para luego dejarlo en descanso o barbecho, con posteridad, y a partir del desarrollo de conocimiento específico y situado, se desarrollan estrategias y prácticas definidas haciendo hincapié en el mantenimiento de la diversidad biológica y la nutrición equilibrada de los suelos. La biodiversidad entendida como la inclusión de diferentes cultivos anuales y perennes, ya sean silvestres cuanto cultivados, en un mismo predio, no sólo posibilita el aprovechamiento integral de la energía solar y de los nichos ecológicos existentes en el suelo, sino que además reduce la cantidad de alimento disponible para los insectos aprovechando el efecto protector de alguna de ellas tal el caso de las plantas que exudan sustancias repelentes de insectos perjudiciales, plantas que suministran polen, néctar y sitios de refugio a los insectos benéficos y plantas capaces de asociarse bacterias fijadoras de nitrógeno.

De la misma manera las rotaciones y el reciclaje de nutrientes, brindaban a las plantas un equilibrado suministro de alimentos que les permitía crecer en forma armónica, y así enfrentar potenciales ataques de insectos o hierbas. En general para casi todas las

¹¹ Souza Casadinho J. 2007 Los plaguicidas clorados y sus alternativas Programa de Naciones unidas para el Ambiente- Red de acción en Plaguicidas y secretaria de Ambiente de la Nación. 22 p , Bs. As. Argentina

¹² Bejerano y otros, 2019. No a la sulfluramida . Razones para la prohibición mundial de este agrotóxico. Edicioens IPEN, México.

culturas fue fundamental el respeto por el medio ambiente conviviendo con insectos y plantas silvestres. También dentro de las estrategias a fin de prevenir el accionar de las adversidades, cabe mencionar el rol que han cumplido, y aun cumplen en la actualidad, las ceremonias y las ofrendas a fin de “reintegrar” a la naturaleza una parte de los cultivos obtenidos o de agradecer a Dioses y Diosas los alimentos suministrados. Las ceremonias a la Pacha mama son una muestra de ello.

El empleo de productos químicos inorgánicos para destruir insectos se remonta posiblemente a los tiempos de Grecia y Roma. Homero menciona la utilidad del azufre quemado como fumigante, mientras que Plinio el Viejo recomienda el arsénico como insecticida y alude al empleo de soja y aceite de oliva para tratar las semillas de leguminosas. En el siglo XVI, los chinos empleaban pequeñas cantidades de arsenicales como agente insecticida y poco después empezó a usarse la nicotina en forma de extracto de tabaco (OMS; 1992)¹³.

La especialización productiva derivada de la división internacional del trabajo junto con el incremento poblacional, las migraciones del campo a la ciudad y el desarrollo tecnológico produjo tanto una homogenización al interior de las especies cultivadas, así como una elevación en la superficie cultivada con una sola especie. De esta manera se expande el monocultivo. Esta práctica no posibilita la sustentabilidad de los agro-ecosistemas dado que se interrumpen ciclos, relaciones y flujos naturales, y además se suministra más alimento a los insectos perjudiciales a la vez que se reducen los sitios de cobijo, alimentación y apareamiento de parásitos y predadores.

Hacia fines del siglo XIX, influenciado por las ideas científicas económicas-productivas de la época, se puso más énfasis en la obtención de productos que permitieran la eliminación de los insectos que atacaban las plantas que prevenir su accionar. En 1783, en la ciudad de Nueva York se utilizaba estiércol blando de vaca remojado en agua junto a brotes de saúco a fin de ahuyentar a la mosca de los pepinos. La búsqueda de nuevos productos estaba asociada más con el creciente intercambio comercial, el mayor consumo de alimentos y un avance en el conocimiento de la vida de los insectos, que con daño ocasionado por ellos. Se incrementó la utilización de pociones, mezclas y remedios caseros, un ejemplo de ello es una mezcla de cal y de azufre que en 1885 se comercializaba a fin de combatir a la filoxera de la vid (Souza Casadinho, 2000)¹⁴. En 1867, los trabajos realizados con arsenicales se plasmaron en la introducción del verde de Paris, forma impura del arsenito de cobre, que se utilizó en los Estados Unidos para poner coto al escarabajo de la patata; hacia 1900 su uso estaba tan extendido que dio lugar a la introducción de una legislación que es probablemente la primera que se promulgó en el mundo para regular el uso de plaguicidas (OMS; 1992)¹⁵.

El desarrollo tecnológico alcanzado durante la primera guerra mundial sumado a la necesidad de encontrar productos químicos capaces de combatir a insectos vectores de enfermedades llevó a la industria química mundial a una incesante investigación. La misma se realizó mediante síntesis química a partir de derivados del petróleo. Durante la década del '30 se sintetiza el D.D.T, el primer insecticida sintético de la historia. Fueron tan grandes, y promocionados, sus logros respecto al control de insectos que a su descubridor el suizo Paul Müller, le fue otorgado el Premio Nobel de Fisiología o Medicina

¹³ Organización Mundial de la Salud , 1992, Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura, OMS, Ginebra , Suiza

¹⁴ Souza Casadinho, J.2000, Estudio de la dinámica de los pesticidas en cuatro partidos de la región hortícola bonaerense tendiente a conocer los factores con incidencia en las intoxicaciones humanas. Tesis de graduación, Maestría en Metodología de la Investigación, UNER. Entre Ríos.

¹⁵ Organización Mundial de la Salud , 1992, Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura, OMS, Ginebra , Suiza

en el año 1948. Se lo presentó como un producto capaz de combinar un rápido volteo con una larga persistencia sobre el cultivo, evitando aplicaciones continuas. A partir de los logros tanto en aplicaciones sanitarias como agrícolas, se produjo una rápida aceptación, expandiéndose a gran parte del mundo. Pocos años después de su distribución masiva aparecerían los efectos no deseados: disturbios corporales agudos y crónicos tanto en trabajadores como en consumidores de productos agropecuarios, contaminación de cursos de aguas, aparición de resistencias en insectos perjudiciales y muerte de insectos benéficos(Souza Casadinho, 2000)¹⁶.

Como consecuencia de la aparición de resistencias genéticas en los insectos perjudiciales se hizo necesario utilizar dosis más elevadas de este toxico, aumentando su impacto en el ambiente en general y en la salud de quienes se hallaban expuestos, de manera directa e indirecta, en particular. Años después aparecen una serie de productos del mismo tipo que el D.D.T. denominados genéricamente "organoclorados". Estos también combinaban una gran efectividad en el control de insectos con persistencia en el ambiente, algo que se juzgó como positivo desde el punto de vista del manejo de "plagas" agrícolas pero que resultó notoriamente negativo a nivel de la salud socio-ambiental dado que aún hoy, pese a que estos productos ya no se usan en la mayoría de los países del mundo, todavía aparecen trazas de estas sustancias en la leche materna. Esta situación demuestra una perspectiva sesgada, reduccionista, cortoplacista y poco sistemática acerca de la dinámica de vida de los insectos y del accionar ambiental de las sustancias químicas utilizadas para su control. Los órgano-clorados son sustancias neurotóxicas que actúan en el ámbito de las membranas nerviosas. La existencia de efectos nocivos, en especial la posibilidad de acumularse en las grasas y desde allí producir distintos tipos de cánceres, junto con la necesidad de aprovechar los conocimientos acumulados, incentivan a las industrias al desarrollo de una nueva generación de productos denominados de manera general "organofosforados", cuyo representante más conocido, y utilizado ampliamente en las actividades agrícolas, es el Parathión. Estos productos de acción inmediata, sobre las "plagas" -poder de volteo- pero en comparación con el grupo anterior, merma su persistencia en el ambiente. Esta situación presenta por lo menos dos aristas con diferentes implicancias: una necesidad de aplicar productos con mayor frecuencia junto a una menor contaminación residual. Respecto a la salud socio-ambiental, se trata de productos neurotóxicos, compiten con la acetilcolina por la acetilcolinesterasa, afectando al sistema nervioso. Los productos fosforados son capaces de producir efectos agudos. más potentes que los insecticidas clorados entre los que sobresalen el edema pulmonar, los vómitos y la miásis. Según investigaciones recientes son capaces de producir afecciones de tipo crónico como cáncer y mal de Parkinson.

Un tiempo después se lanzan al mercado los productos denominados "carbamatos", derivados del ácido carbámico. La mayoría de los carbamatos tienen una toxicidad baja a moderada, por la reversibilidad de su reacción con la acetilcolinesterasa y su rápida degradación. Suele destacarse su selectividad respecto a los insectos sobre los cuales actúan, aunque las abejas pueden constituir una excepción ya que son muy sensibles a la presencia de carbamatos. Pueden bioacumularse en peces, si su metabolización es lenta, a pesar de ser inestables en el agua debido a su degradación mediante hidrólisis. Su

¹⁶ Souza Casadinho, J.2000, Estudio de la dinámica de los pesticidas en cuatro partidos de la región hortícola bonaerense tendiente a conocer los factores con incidencia en las intoxicaciones humanas. Tesis de graduación, Maestría en Metodología de la Investigación, UNER. Entre Ríos.

toxicidad es baja en mamíferos. La mayor parte de sus metabolitos son menos tóxicos y son biodegradados rápidamente(OMS, 1986)¹⁷. Al igual que los fosforados, inhiben la acción de la acetilcolinesterasa.

En la década de los años '60 se expande la utilización de los denominados plaguicidas Piretroides, compuestos similares al piretronatural pero obtenidos por síntesis química. Existen dos grupos, aquellos que poseen el grupo ciano afectan al sistema nervioso central, mientras que el resto afecta al sistema nervioso periférico. Tienen una baja absorción cutánea. Su baja toxicidad en mamíferos depende probablemente de su activa metabolización por hidrólisis. Algunos, como la permetrina, son débiles inductores enzimáticos. Son moléculas neuroactivas. Las de tipo 1, sin grupo ciano, causan descargas repetitivas en las fibras y terminales nerviosas, conduciendo a hiperexcitación. Las de tipo 2, con un grupo ciano en el carbono alfa producen despolarización y bloqueo de la membrana nerviosa que conduce a la parálisis e inhiben la acción del GABA en su receptor. En animales de experimentación producen ataxia, falta de coordinación, hiperexcitación, convulsiones y parálisis. Predominan unos u otros fenómenos según el tipo de molécula. En humanos es raro que se alcance la dosis tóxica, en especial con los de tipo 1. Los del tipo 2, más peligrosos, han producido parestesias, náuseas, vómitos, fasciculaciones, convulsiones, coma y edema de pulmón (Ferrer, A, 2003)¹⁸.

Mientras que estos productos poseen una menor persistencia en el medio ambiente, existen controversias sobre sus efectos en la salud humana. Es así como mientras para la industria su efecto es leve, investigaciones realizadas por T. Colborn, lograron demostrar la influencia de los plaguicidas en la alteración del sistema endocrino. Los plaguicidas pueden actuar como disruptores interfiriendo el funcionamiento del sistema a partir del bloqueo de las hormonas, suplantándolas, aumentando o disminuyendo su nivel. Este efecto disruptor posee influencia en la reproducción, crecimiento y supervivencia en los animales alcanzados por los tóxicos, seres humanos incluidos.(Colborn, 1997)¹⁹.

Además de los productos citados, existen otros que no se encuadran en las clasificaciones mencionadas, pero poseen amplia difusión en actividades agrícolas. Tal el caso de los derivados de la Atrazina -en general herbicidas y defoliantes- utilizados para reducir tanto el efecto competidor de las plantas silvestres como para adelantar las cosechas de cultivos como el trigo y colza. Entre estos se encuentra el Glifosato, herbicida de contacto, con efectos nocivos sobre el tejido epitelial y alteraciones en pulmones, hígado y riñones. Más recientemente en el tiempo se expande el uso de los insecticidas denominados neonicotinoides, que como el fipronil y el imidacloprod afectan el sistema nervioso de las abejas (Souza Casadinho, 2011)²⁰. Estos productos insecticidas se retiraron inicialmente del mercado Europeo, para luego prohibirse su utilización en la mayoría de los cultivos excepto la remolacha azucarera dentro de la Unión Europea.

¹⁷OMS, 1986. CarbamatePesticides: A General Introduction, EnviromentalHealthcriteria 64, Ginebra, Suiza

¹⁸ Ferrer, A. 2003 Intoxicación por plaguicidas. Anales Sis San Navarra vol.26 supl.1 Pamplona

¹⁹Colborn, Theo. 1997 "nuestro futuro robado" en revista GAIA, Madrid nº12, pp.14

²⁰Souza Casadinho, J. 2011. Utilización de agrotóxicos en las producciones agrícolas desarrolladas en el Paraje "el Lavarropas" Misiones. Prácticas cotidianas y percepción de enfermedades VII jornadas de Estudios interdisciplinarios Agrarios y Agroindustriales -Ciudad de Buenos Aires

Fases en el proceso histórico de utilización y percepción de los efectos socio ambientales

Aunque pareciera ser un proceso reciente, a la luz de las discusiones, presencia en los medios de difusión, dentro de los tomadores de decisión, y, en los ámbitos académicos, la problemática del uso de plaguicidas y sus consecuente impacto socio ambiental es un proceso de larga data que se fue re-significando en el tiempo, relacionado con modificaciones en los componentes de estructura agraria, por ejemplo en la tenencia de la tierra, en la estructura productiva y el desarrollo tecnológico - pero también con cambios y disputas en los territorio en conflicto, producto del avance de las pulverizaciones con plaguicidas y de las investigaciones que dan cuenta de su efecto en la salud socio-ambiental.

La idea de tomar el concepto de "fase", respecto al de etapa, es buscar una cierta mirada holística y sistémica respecto a la problemática de la utilización de plaguicidas, su efecto ambiental y la visibilización de los problemas en la salud humana. Samaja afirma que "el término fase permite introducir una metáfora más rica y próxima a la complejidad real de las relaciones que se dan entre los componentes o momentos del proceso investigación..." las funciones que se desarrollarán en las fases más avanzadas y complejas, ya están presentes en las etapas iniciales. (Samaja, J, 1993)²¹. De este modo es posible distinguir tres fases respecto a la utilización de plaguicidas, su relación con las actividades agrarias, la visibilizarían de sus efectos socio-ambientales y la participación de la sociedad en las discusiones. Pero antes de describir y analizar dichas etapas se hace importante definir que entendemos por salud y las causas que pueden determinar un deterioro en sus condiciones integrales.

En referencia a la salud, entendida como un estado de bienestar y equilibrio bio-psicosocial de plenitud de los seres vivos, recibe una influencia continua del ambiente en el cual las personas nacemos, crecemos, realizamos nuestras actividades cotidianas y por lo cual los miembros de una sociedad buscan los modos y medios para transformar aquello que deba ser transformado y que permita las condiciones donde pueda expresarse el óptimo considerado como vital según cada cultura y proceso histórico. Al respecto Ferrara afirma "El dinamismo requerido para interpretar el proceso salud-enfermedad, pues se trata efectivamente de un proceso incesante, hace a la idea de acción frente al conflicto de transformación ante la realidad. La salud nunca es la misma como tampoco lo es la enfermedad (Ferrara, 1985)²². Sumando a la complejidad de conceptualizar a la salud, o su ausencia, Canguilhem afirma: "No existe un hecho normal o patológico en sí. La anomalía o la mutación no son de por sí patológicas, expresan en sí otras formas de vida, si estas formas son inferiores en cuanto a la estabilidad, la fecundidad y la variabilidad de la vida con respecto a las normas anteriores, se las denominara patológicas. Lo patológico no es la ausencia de norma biológica, sino una norma diferente pero que ha sido comparativamente rechazada por la vida" (Canguilhem, G. 1971)²³. En referencia a la exposición a contaminantes de tipo ambiental la Organización Mundial de la Salud (O.M.S., 1975) aporta su visión afirmando que, al tratar de fijar normas sanitarias aplicables al medio de trabajo, no es pertinente realizarlas en función de un ser humano medio, inexistente, sino en función de los trabajadores realmente expuestos, habida

²¹Samaja, j. 1993. Epistemología y Metodología. EUDEBA. Bs. As

²² Ferrara, Floreal. Teoría social y salud. Bs. As. Catalogo editora. 1985.

²³ Canguilhem, G. 1971. Lo normal y Lo patológico. Ed siglo XXI.

cuenta de la variabilidad en la exposición de la respuesta(OMS, 1975)²⁴.

Todo lo dicho redefine el proceso salud-enfermedad acercándolo a una perspectiva tanto histórica, territorial y social. Cuando se hace referencia a lo social se debe hacer hincapié en las clases sociales dado que tanto la percepción, como el acceso a la salud se hallan fuertemente relacionadas u condicionadas por el lugar que cada uno ocupa en la sociedad.

Para entender el proceso de salud-enfermedad dentro de la estructura social determinante, se debe incorporar el componente histórico. Esto permite reconocer la importancia de la estructura económica en la determinación de los niveles de salud según las diferentes clases sociales. “En cada clase social su delimitación está brindada por la inserción de cada grupo en el aparato productivo, así como también por las relaciones en que tales grupos se encuentran frente a los medios de producción, por el juego que desarrollan en la propia organización laboral y por la fórmula, cantidad y proporción que reciben del producto social del que en gran medida son sus creadores” (Ferrara, 1985)²⁵. De allí que en el caso de los plaguicidas se hace necesario tener en cuenta la expansión agrícola, los productos utilizados, así como analizar los campos económicos – productivos y el modo en los cuales se insertan aquellos que utilizan plaguicidas y aquellos que sin participar de este campo de acciones reciben sus consecuencias.

Bordieu define a los campos sociales como “Espacios de juego históricamente constituidos con sus instituciones específicas y sus leyes de funcionamiento propias. Los campos se presentan como sistemas de posiciones y de relaciones entre posiciones”. La posición ocupada por cada agente es la resultante de hechos históricos, con relación a esta situación dice Bordieu “Se trata de espacios estructurados de posiciones, a las cuales están ligadas ciertos números de propiedades que pueden ser analizadas independientemente de las características de quienes las ocupan. Dentro de ese campo se producen luchas destinadas a mantener o incrementar la dotación de capital. El lugar ocupado en cada campo se relaciona con la dotación de capital específico. Esa posición definirá las estrategias de los agentes y sus vínculos. Las estrategias implementadas por los agentes tendrán como objetivo defender su lugar en el campo, con expectativas de elevar su **posición**. La aplicación de agrotóxicos forma parte de dichas estrategias (Bourdieu, P. 1988)²⁶. De esta manera cuando los actores participantes del campo de acciones relacionados con la utilización y efecto de los plaguicidas plantean sus estrategias y prácticas, lo hacen desde su propia posición en ese campo, su dotación de capital y sus propios intereses, sean estos económicos o el cuidado de la salud

La invisibilización o el problema circunscripto en determinadas áreas o productos químicos

Los plaguicidas comienzan a utilizarse en la Argentina en los años cincuenta fundamentalmente los herbicidas como el 2, 4 D y los insecticidas clorados como el DDT y el clordano, especialmente en la lucha contra la langosta. En esta larga fase que puede

²⁴ Organización Mundial de la salud. Detección precoz del deterioro de la salud debido a la exposición profesional. Ginebra. Informes técnicos, Serie INTE N° 586. 1975.

²⁵ Ferrara, Floreal. Teoría social y salud. Bs. As. Catalogo editora. 1985

²⁶ Bourdieu, Pierre. Cosas dichas, Gedisa, Bs. As. Argentina. 1988.

extenderse hasta fines de los años 80 los problemas derivados del uso de plaguicidas aparecen circunscriptos a áreas geográficas y cultivos concretos como el algodón en el Chaco, la fruticultura del alto valle o a productos claves como el Insecticida fosforado Paratión, el herbicida 2, 4, 5 T y a los insecticidas DDT y sus derivados. Las dificultades procedentes de la utilización de plaguicidas pueden visualizarse en las quejas de los países importadores frente a la comercialización de alimentos conteniendo alta carga de agrotóxicos, aspecto que deriva en prohibiciones parciales de, por ejemplo, el DDT. En el caso de este producto y las restricciones que se imponen a su utilización, resulta paradigmático, mientras que se prohíbe para el control de la garrapata en baños animales en los años '70, se continúa utilizando hasta 1994 en las campañas sanitarias para combatir a la vinchuca y el mosquito Anopheles (paludismo).

En este período y respecto a la salud se hacen evidentes los daños, por ejemplo en el sistema nervioso, de los niños que acompañan a sus padres en el desarrollo de tareas productivas agrarias y que comienzan a ser atendidos en hospitales de la Ciudad de Bs. As, el caso del hospital de niños. (Laviano, Nelson, 1994)²⁷. Respecto a las luchas en los territorios las mismas, se circunscribían a campañas de información sobre el accionar de productos como el paratión, que recién se prohíbe en el año 1997. (CETAAR, 1994)²⁸. En el caso del herbicida 2, 4, 5 T, de amplio uso durante la guerra de Vietnam, se prohíbe en 1984 luego del accionar de notables ambientalistas (Brailovsky, E. 1988)²⁹. Este herbicida de amplio uso en las zonas de desmonte, para la implantación de cultivos o cría de ganado (provincias de Chaco, Santiago del Estero, Corrientes) producía la liberación de dioxinas con comprobado efecto cancerígeno.

Las apariciones en los medios de comunicación se circunscribían a accidentes vinculados al almacenaje, el reciclado de envases o a contaminación con otros elementos, por ejemplo pañales (Souza Casadinho, 1995)³⁰. Ya en esta época se visualizan las primeras manifestaciones de la generación de resistencias en plantas silvestres ante el uso reiterado del herbicida, por ejemplo en la avena fatua frente al reiterado uso del herbicida 2, 4 D. (Brailovsky, E. 1988)³¹.

El énfasis en los modos de la aplicación

En una segunda fase y cuando se hacen más evidentes los daños en la salud de trabajadores/as y productores/as quienes aplican los plaguicidas se evidencia un cruce de visiones respecto al problema. Es posible situar el inicio de esta fase a mediados de los años '90 cuando desde las empresas fabricantes y proveedoras de plaguicidas se enfatiza en que el problema no es el producto sino la aplicación. Por su parte desde grupos ambientalistas e incipientemente desde la población expuesta, comienzan a generarse estrategias y acciones coordinadas, sistemáticas y continuas en el tiempo. En esta fase resultan evidentes los daños en la salud a nivel crónico. En éstas la aparición de los síntomas puede retardarse lo suficiente en el tiempo como para causar daños irreversibles en el organismo. La bibliografía cita una extensa cantidad de casos de este tipo de intoxicación. Fagioli realizó un estudio de trayectoria laboral mediante entrevistas a trabajadores que hubieran manipulado plaguicidas o solventes orgánicos. En el mismo se

²⁷ Laviano, Nelson. Comunicación personal 1994

²⁸ Centro de Estudios Sobre Tecnologías apropiadas de la Argentina. Campaña de información "los plaguicidas matan más que las plagas" sobre los efectos de los plaguicidas 1992/1998

²⁹ Brailovsky, Antonio. 1988. El negocio de envenenar. Buenos Aires. Editorial Fraternal

³⁰ Souza Casadinho, Javier. 1995. Plaguicidas. Su efecto en el medio ambiente y alternativas de cambio. Buenos Aires. CETAAR ediciones.

³¹ Brailovsky, Antonio. 1988. El negocio de envenenar. Buenos Aires. Editorial Fraternal

demuestra una relación entre la mutación genética y las probabilidades de contraer cáncer entre los trabajadores y productores agrícolas que manipulan plaguicidas, respecto aquellos que no lo hacen (Fagioli, 1991)³². Por su parte, Baghurst, a partir de un estudio con 1500 personas pudo comprobar la influencia de diversos factores ambientales y nutricionales en la presentación de distintos tipos de cánceres. Luego del tabaco, la manipulación de plaguicidas aparece con una alta incidencia en la manifestación de cáncer. El trabajo también sugiere que la ingestión de alimentos contaminados con pesticidas es uno de los factores que contribuyen a aumentar el riesgo de producir este tipo de alteración celular (Baghurst, 1991)³³. En el Reino Unido T. Colborn, luego de amplios estudios, logró demostrar la influencia de los plaguicidas en la alteración del sistema endocrino. Los plaguicidas pueden actuar como disruptores (DE), interfiriendo el funcionamiento del sistema a partir del bloqueo de las hormonas, suplantándolas, aumentando o disminuyendo su nivel. Este efecto disruptor posee influencia en la reproducción, crecimiento y supervivencia de los animales alcanzados por los tóxicos seres humanos incluidos. (Colborn, T.1997)³⁴. En las áreas agrícolas de la Argentina, como por ejemplo en el cultivo de tabaco, investigaciones han registrado casos de intoxicación de tipo agudo y crónico. Las dificultades en la respiración, fatiga sinusitis, cansancio, dolor muscular, constituyen dolencias típicas que evidencian un inadecuado funcionamiento corporal. Estas alteraciones pueden revestir el carácter de irreversibles o dejar graves secuelas. Productores y trabajadores intoxicados han manifestado tener alguna secuela de tipo crónico: cánceres, alteraciones en el sistema cardiaco, problemas en el sistema nervioso (Souza Casadinho, 2011)³⁵. Aquellos que defienden la utilización de agrotóxicos manifiestan que el problema no son los productos químicos, su toxicidad específica, la movilidad ambiental producto de sus características químicas, su capacidad de producir daño agudo y crónico, sino los modos en que estos se aplican, esta postura respecto a las “las malas praxis” hablan de prácticas inadecuadas de aquellos que los aplican, la preparación rápida, la aplicación en días ventosos, la inadecuada revisión de los equipos especialmente las pastillas dosificadoras. A estas prácticas llamadas inadecuadas se oponen las llamadas “buenas prácticas agrícolas”. Las BPA se definen como “un conjunto de prácticas aplicadas con el objetivo fundamental de obtener alimentos sanos e inoctrinos, cuidando el medio ambiente, la salud de los trabajadores y de la sociedad en su conjunto” o como “Acciones orientadas a la sostenibilidad ambiental, económica y social de los procesos productivos agropecuarios que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos y de los productos no alimenticios” (SENASA / INTA, 2018)³⁶.

No se han escuchado críticas ni hacia los productos prohibidos en otros países, ni hacia los inadecuados modos de comercialización, tampoco a las aplicaciones realizadas por personas que no han recibido la capacitación específica, ni información toxicológica. Está claro que la mayor visualización de la problemática se haya relacionada con la expansión de los monocultivos derivada del incremento de la demanda internacional de soja y maíz. Las políticas públicas nacionales, las tecnológicas, las arancelarias, las cambiarias, vinculadas al sector, aunque con matices, reforzaron la producción de una canasta escasa

³² Fagioli, Franca et al: “Distinct Cytogenetic and clinicopathologic features in Acute Myeloid Leukemia. After occupational exposure to pesticides and organic solvents” en *Cancer*, New York, julio de 1992, volume 70, n° 1

³³ Baghurst, Katrine et al: “Public perceptions of the role of dietary and other environmental factors in cancer causation or prevention” en *Journal of Epidemiology and Community Health*, Australia, Noviembre de 1992, n° 46,

³⁴ Colborn, Theo: “Nuestro futuro robado” en revista GAIA, Madrid, mayo de 1997, n° 12, pag 14 a 17.

³⁵ Souza Casadinho, J. 2011. Utilización de agrotóxicos en las producciones agrícolas desarrolladas en el Paraje “el Lavarropas” Misiones. Prácticas cotidianas y percepción de enfermedades VII jornadas de Estudios interdisciplinarios Agrarios y Agroindustriales -Ciudad de Buenos Aires

³⁶ http://www.alimentosargentinos.gov.ar/bpa/bibliografia/manual_BPA_obligatorias.pdf

de productos y su paquete tecnológico asociado ante la necesidad de generar divisas a partir de la exportación de materias primas.

La expansión de la frontera agrícola, la difuminación de los límites entre las áreas rurales y las urbanas, la expansión de las pulverizaciones aéreas y las terrestres realizadas con maquinaria autopropulsada (mosquitos), junto a una mayor visibilización de los efectos de los plaguicidas en la salud, llevó a un mayor nivel de conflictividad entre habitantes de municipios con actividades agrícolas. En este caso desde los concejos deliberantes e intendentes se trató de neutralizar los conflictos a través de la sanción de ordenanzas que restringen la aplicación de plaguicidas, creando zonas de amortiguamiento o Buffer alrededor de escuelas y centros urbanos. También en algunas situaciones se prohibió la aplicación de determinados productos, tal el caso de los productos categorizados como I y II en el municipio de Ramallo ubicado en la provincia de Buenos Aires. Estas ordenanzas, de dudoso control y cumplimiento, solo disminuyen parcialmente la exposición de los miembros de la comunidad dado que los plaguicidas pueden trasladarse por el agua y el aire.

En este sentido, y como un logro parcial pero que genera antecedentes, las comunidades luego de constatar la vinculación entre la aparición de enfermedades con la masiva utilización de agroquímicos, han conseguido la sanción en los municipios de ordenanzas que restringen la aplicación de agrotóxicos, si bien las franjas obtenidas van de los 2000 metros en Cañuelas hasta los cero metros en muchos distritos. Aunque subsisten muchas quejas del real cumplimiento de estas normativas, de todas maneras ponen un límite al uso de agrotóxicos. En este periodo la inexistencia de ordenanzas que fomenten producciones agroecológicas, así como la baja internalización de esta propuesta entre los productores agrarios impidió un cambio real en los modos de producción, aunque es digno destacar la labor realizada ya por organizaciones de la sociedad Civil, por algunas universidades como por parte de los servicios de investigación y extensión del Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria.

Las luchas en y por los territorios

Aunque con matices, en la actualidad se hace dificultoso ocultar el efecto de los plaguicidas en la salud, más allá de los modos de aplicación utilizados, por lo cual la disputa se centra en los modos de ocupación del espacio y en especial en las estrategias, prácticas y tecnologías utilizadas en la producción agraria dentro de un territorio determinado.

En esta fase, que puede situarse desde los inicios del año 2000 hasta la actualidad, la disputa incluye a las actividades que se realizan en cada jurisdicción, tomando al territorio como un espacio en el que las personas, viven y desarrollan sus actividades cotidianas, se vinculan, producen, comercializan y se establecen relaciones con los bienes comunes naturales, de diferente manera y bajo diferentes formas. En estos territorios se vinculan, oponen y consensuan estrategias y acciones diversos actores que poseen diferentes tipos, y cantidad, de capital específico (cultural, social, económico, simbólico) y cantidades de estos. Aunque con matices las luchas en los diferentes territorios comienzan por la percepción de afecciones en la salud de grupos y personas expuestas a los plaguicidas. Familias o personas aisladas que confluyen con otras en las acciones. Las mujeres, en la mayoría de los casos, son las más comprometidas, las involucradas en las acciones. Si bien las luchas se enfocan sobre los plaguicidas, en los últimos tiempos, la inclusión de

grupos con diversas cosmovisiones y miradas críticas respecto del progreso tecnológico y el crecimiento económico sin límites, llevan la discusión hacia procesos más amplios e integrales como la expansión de los monocultivos y su paquete tecnológico asociado. En la Argentina es posible visualizar una expansión de la frontera agrícola ligada a factores que la trascienden y que se implican mutuamente como el incremento en la demanda externa de determinados bienes de origen agropecuario –y consecuentemente los precios, la vigencia de estos bienes como productos de especulación financiera y la alteración de los márgenes brutos entre actividades agrarias. El proceso de incremento en la superficie sembrada con soja, ligado a la adopción de un paquete tecnológico basado en la utilización de semillas modificadas genéticamente y del herbicida glifosato; reúne características y efectos ambientales y sociales que les son propios. El incremento en la superficie tiene su correlato con el aumento en la utilización de plaguicidas, y dado que no se realizan rotaciones y exagera la utilización de estos químicos, se ha afectado la supervivencia de los insectos benéficos y recreados mecanismos de resistencia en los perjudiciales (Souza Casadinho, Javier, 2008)³⁷. Es posible visualizar el desarrollo de actividades agrícolas en áreas urbanas y actividades no agrícolas en áreas rurales lo cual comporta el desarrollo de fronteras permeables al paso de personas, bienes, insumos y en particular el paso de tractores, aviones, “mosquitos” que cargan y aplican plaguicidas. Los plaguicidas no reconocen fronteras, dadas su características químicas como la adsorción, persistencia y solubilidad en agua son transportados por el aire, al agua y los alimentos, pudiendo alcanzar a los seres humanos que se hallan a considerables distancias respecto de las cuales son aplicados. Entonces el debate, además de la utilización e impacto de los plaguicidas en áreas urbanas, rurales y periurbanas se extiende a las semillas como base de sustentación de las producciones agrarias. Si bien no se da un debate directo sobre los monocultivos en sí mismos, sino que se deriva hacia el paquete tecnológico asociado – plaguicidas, semillas OGM-, en algunos territorios de la Argentina se ha extendido el debate sobre la expansión del cultivo de la soja transgénica como del maíz y los árboles exóticos (pinos y eucaliptos). La discusión en este caso se da en torno a cómo la expansión de estos cultivos y la utilización de plaguicidas impactan en la salud socio ambiental pero sumando otros ítems como la expulsión de productores familiares en la puja por el acceso y utilización de la tierra, las migraciones de los miembros despojados de su derechos ancestrales en el territorio y el impacto sobre la soberanía alimentaria en espacial sobre la producción de alimentos y su calidad intrínseca. La conjunción de nuevas áreas de aplicación, las pulverizaciones aéreas y terrestres en momentos de clima poco propicio y sobremanera, la utilización de plaguicidas controvertidos como el Glifosato, han determinado la movilización de una parte de las comunidades afectadas. La aparición de casos de intoxicación junto con la confirmación por parte del sector científico de que los plaguicidas poseen incidencia en el desarrollo de estas enfermedades, ha incrementado las acciones ciudadanas. Indudablemente la mayor generación de información a partir de las investigaciones realizadas en Argentina sobre el efecto de los plaguicidas en la salud catalizó la lucha de las comunidades (Souza Casadinho, J. 2014).

En este período las comunidades han propuesto, luchado por y obtenido la sanción de ordenanzas que establecen ya la restricción al uso de plaguicidas, pero sumado la sanción de ordenanzas que promueven la producción agroecológica. La determinación de franjas rodeando a los núcleos poblacionales, escuelas y cursos de agua en los cuales se

³⁷ Souza Casadinho, 2008. Alternativas al endosulfan en la soja” en el Endosulfán y sus alternativas. Red De Acción en Plaguicidas. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes orgánicos persistentes IPEN2004.

establecen restricciones y/o prohibiciones para la aplicación de plaguicidas constituye un conjunto heterogéneo yendo de los 700 metros en el distrito de Luján a los 2.000 metros en el distrito de Cañuelas. Respecto a las políticas públicas, se evidencia un doble discurso asociado a la puja que mantienen el gobierno Nacional y varios provinciales, con productores y las entidades que lo representan por la renta generada en la producción /comercialización de productos de exportación. Por un lado, las políticas intentan generar y captar una mayor porción de la renta respecto de los productores, pero por otro favorecen la expansión de los monocultivos y su paquete asociado. En este caso resultan paradigmáticas las políticas públicas que intentan incrementar la producción agrícola a nivel nacional (la iniciativa 200 millones de toneladas), por ejemplo reduciendo las zonas de amortiguamiento; también cabe destacar las acciones conjuntas realizadas con empresas de agroquímicos, el caso de los acuerdos del gobierno nacional con la empresa Syngenta, o la presentación de leyes sobre “fitosanitarios” y semillas en el parlamento Nacional que claramente favorecen a la expansión de los monocultivos, y dada su insustentabilidad, de la utilización de plaguicidas.

Uso de plaguicidas en las áreas hortícola y tabacalera

Las estrategias productivas, ya para incrementar la productividad de los cultivos como para mantener la calidad formal de los productos ha llevado a los productores agrarios a incrementar la utilización de plaguicidas.

La relación establecida con los plaguicidas entre los productores familiares, a partir de la creación de hábitos arraigados en el núcleo doméstico, y desde allí los sucesos de intoxicaciones, amerita un análisis en torno a cinco ejes:

- a) El conocimiento sobre las características y el accionar de los tóxicos.
- b) La comprensión de los mecanismos que derivan en la toxicidad de los productos.
- c) El establecimiento de barreras a fin de disminuir el riesgo sobre el accionar de los tóxicos.
- d) El registro corporal de las intoxicaciones.
- e) Las posibilidades de acudir a los centros de salud.

a) El conocimiento sobre el accionar de los tóxicos

De las entrevistas surge que los productores desconocen las características físico-química de los tóxicos y solo mencionan las posibilidades de ingreso por la nariz y la piel lo cual refuerza la ausencia de puesta en práctica de medidas de protección efectivas.

b) La comprensión de los mecanismos que derivan en la toxicidad de los productos

Con la finalidad de advertir a los usuarios sobre las características tóxicas de los productos químicos se los clasifica en categorías toxicológicas. En investigaciones realizadas en laboratorios se alimenta a una población de ratas con diferentes cantidades de plaguicida, cuando la mitad de la población de los animales muere, esa cantidad de producto ingerido se denomina dosis letal cincuenta – DL 50-. Cuanto menor en la cantidad ingerida más peligrosa es la sustancia. A partir de dicha dosis se lo categoriza entre productos extremadamente peligrosos –categoría Ia–a productos que normalmente no ofrecen peligro -categoría IV-. En dicha categorización no se tienen en cuenta la

posibilidad de producir enfermedades crónicas, ni mucho menos las interacciones del plaguicida con el resto de los factores ambientales (Souza Casadinho, J. 2005)³⁸.

A partir de la clasificación toxicológica se establece, de manera obligatoria, que los envases lleven bandas de color identificadoras. Las mismas alternan desde el rojo en los productos más tóxicos a verdes en los que “normalmente no ofrecen peligro”. Por lo general los productores identifican la peligrosidad a partir de la banda pero mucho más por el olor del producto recreando clasificaciones subjetivas y de dudosa eficacia. Este reconocimiento no implica la puesta en acción de prácticas que reduzcan la exposición y con ello el riesgo de sufrir una intoxicación

c) El establecimiento de barreras a fin de disminuir el riesgo sobre el accionar de los tóxicos

El discurso de las empresas, algunos integrantes de organizaciones de extensión INTA e incluso organizaciones de productores/as agrícolas puesto de manifiesto en folletos y guías de buenas prácticas agrícolas, aseguran que es posible un “manejo seguro” de los plaguicidas, si se establecen una serie de estrategias y prácticas efectivas, además de utilizar las tecnologías adecuadas, entre las que sobresale la utilización de un equipo de protección personal que establece una barrera entre quien aplica y las partículas del tóxico. Diversos estudios han puesto en duda la eficacia y el acceso a estos equipos (García, J. 1998)³⁹. Aunque reconocen la utilidad de los equipos de protección, los productores no los usan reemplazándolos por elementos aislados como botas, pañuelos, etc. Los trabajadores arguyen que nunca están disponibles, los productores además de decir que son caros argumentan que las condiciones climáticas imperantes durante el trabajo cotidiano sobre los cultivos, llevarían a la muerte ya no por el accionar del tóxico, sino por asfixia. No emplear el equipo implica mayor exposición a los plaguicidas y asumir un mayor riesgo durante el uso, que trata de disminuirse mediante la puesta en práctica de acciones que fueron recreándose durante el aprendizaje realizado en el entorno familiar. Prácticas que en la realidad suelen mostrarse poco eficaces.

d) El registro corporal de las intoxicaciones

Los plaguicidas que ingresan a nuestro cuerpo impactan en el mismo produciendo reacciones en los diferentes órganos dando origen a manifestaciones que pueden ser inmediatas, así pueden sentirse dolores de cabeza, náuseas, vómitos, fatiga cambios a nivel de las enzimas –como en el caso de los plaguicidas fosforados–. Pero también pueden aparecer enfermedades de lenta manifestación, las llamadas enfermedades crónicas. ¿Qué posibilidades poseen los productores/as y trabajadores/as de registrar estas perturbaciones? ¿Qué posibilidades poseen de vincularlas con el uso de los plaguicidas? ¿Qué posibilidades de ligarlas a las prácticas puestas en juego? El arco de respuestas es muy heterogéneo, variando con el tipo social de productor, su historia laboral, los sucesos de intoxicaciones en la familia, la asistencia a reuniones, etc. La concurrencia a los servicios de salud exige que las personas se perciban enfermas. Esta percepción se halla determinada por el desempeño laboral, la historia ocupacional y la

³⁸ Souza casadinho, j. 2005. Campaña contra los plaguicidas clasificados como altamente peligrosos. Rapal, ediciones , Buenos aires, Argentina

³⁹ García, Jaime. 1998. El mito del manejo “seguro” de los plaguicidas en los países desarrollados. Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica.

clase social. Citando a Boltansky⁴⁰, “Pareciera que las sensaciones mórbidas se percibieran con distinta agudeza en las distintas clases sociales o que las mismas fueran objeto de una selección o de una atribución según la clase social de los que las sienten”. Los sectores populares, a los cuales pertenecen los trabajadores y pequeños productores del área tabacalera, poseen una menor disposición y posibilidad de registrar sensaciones mórbidas, una cierta sensación a no percibir al cuerpo como emisor de señales o a registrarlas a niveles más altos que otras clases sociales.

Se perciben en el cuerpo sensaciones anormales, sin registro real en la vida del productor o trabajador. “*A veces uno se siente mal, está mareado pero hay que seguir...*” es la frase recurrente. En este sentido Llovet afirma ⁴¹: “La raíz de esta desconexión podría hallarse en el uso que estos sectores hacen de su cuerpo. El interés y atención que los individuos atribuyen al cuerpo se retraducen en sus conductas sanitarias y dependen del grado en que los individuos obtienen sus medios materiales de existencia en la respectiva actividad física. Cuanto más obligados están los individuos a actuar físicamente, menor es la atención que prestan a su cuerpo y menos consciente es su relación con él”.

Los trabajadores/as y productores/as que pasan más de 12 horas diarias realizando tareas que requieren esfuerzo físico, en posturas incómodas, carecen de la posibilidad de atender a este llamado, ya porque el cuerpo se halla limitado o se carece del tiempo para un adecuado registro.

e) La posibilidad de acudir a los centros de salud

Aquellas personas que se han intoxicado no tuvieron las mismas posibilidades de reconocer esta circunstancia. Mientras que para algunos los síntomas pasaron desapercibidos, otros sufrieron molestias que excepto en casos graves no han sido relacionados con la manipulación de productos tóxicos. Citando a Llovet ⁴²“ En boca del profano sentirse mal, no poder caminar, vomitar, en boca del profesional tener algo agudo. El común denominador de estas situaciones reside en su carácter de instancias que simbolizan un “piso”, más abajo del cual, es imposible seguir cumpliendo con las tareas, obligaciones, expectativas, que el rol de cada persona, por edad y sexo, prescribe”. Entonces las personas se acercan a los centros de salud cuando perciben graves molestias en su cuerpo que les impiden realizar tareas cotidianas. El análisis de las entrevistas surge que los niños tienen alguna prioridad de atención.

La asistencia tardía a los centros de salud se relaciona con el uso del cuerpo por parte de los trabajadores/as, la estructura de cotidianidad en relación al contacto directo con los plaguicidas y el stock de recursos monetarios existente en la familia.

A diferencia de otras actividades agrícolas, en el caso del tabaco, los productores al vincularse con la empresa reciben los beneficios de una obra social. Poseer este beneficio les permite acceder a la medicina preventiva.

El Efecto de los plaguicidas en la salud

La persistencia ambiental, la probabilidad o tendencia a acumularse en los seres vivos y la toxicidad manifiesta son atributos compartidos por la mayoría de los compuestos

⁴⁰Boltansky, Luc: 1975. Los usos sociales del cuerpo. Bs. As., Periferia,

⁴¹Llovet, Juan. 1984. Servicios de salud y sectores populares. Buenos Aires. CEDES

⁴²Llovet, Juan. 1984. Servicios de salud y sectores populares. Buenos Aires. CEDES

químicos de interés para la toxicología ambiental⁴³ (Hodgson, 2004). Diversos estudios vinculan a los tóxicos con el desarrollo de enfermedades. Los niños y adultos difieren en el cuadro clínico que presentan en caso de intoxicación por organofosforados o carbamatos.

Las convulsiones y las alteraciones mentales incluyendo letargo y coma son más comunes en niños que en adultos ⁴⁴(Solomon, 2000). En cambio, entre los adultos son más comunes la braquicardia, fasciculaciones musculares, lagrimeo y transpiración. Otros signos comunes en niños son debilidad y miosis ⁴⁵ (Reigart y Roberts, 1999). Unos pocos plaguicidas son conocidos como sensibilizadores y pueden producir reacciones alérgicas, incluyendo asma. El paraquat –de amplio uso en el área- afecta principalmente a los pulmones produciendo fibrosis pulmonar, edema y hemorragia. El paro respiratorio se ha presentado aun cuando la exposición a este herbicida ha sido exclusivamente por vía dérmica. ⁴⁶(Reigart y Roberts,1999). Tanto el Paraquat como los plaguicidas organofosforados y los fungicidas Maneb y Mancozeb están implicados en casos de mal de Parkinson⁴⁷ (Ferraz, 1988).

La exposición prolongada a bajas dosis de plaguicidas organofosforados y carbamatos pueden provocar alteraciones neurosicológicas cuyos síntomas son deterioro de la memoria, de la vigilancia, y de la velocidad psicomotora, otros síntomas descritos son: ansiedad, irritabilidad, y depresión.⁴⁸(Reigart y Roberts, 1999).

Respecto al Glifosato en las intoxicaciones agudas pueden aparecer los siguientes síntomas: irritación de los ojos y de la piel, daños en el sistemas respiratorio y a nivel pulmonar, mareos, descenso de la presión sanguínea, dolor abdominal, destrucción de glóbulos rojos y fallas renales (Enlace, 2008)⁴⁹. Pero lo que es más importante es la aparición de enfermedades de tipo crónico; desarrollo neurológico anormal (Gary, 2002)⁵⁰, incremento en la incidencia del linfoma no–hodking (De Ross, 2003)⁵¹, afección en la placenta humana con probable incidencia en el desarrollo de abortos⁵². También puede actuar en la división celular con una posible incidencia en la aparición de cáncer (Enlace, 2008)⁵³.

Es lógico suponer que en ambas zonas, la hortícola y la tabacalera, dada la vinculación permanente con los agrotóxicos, ya desde la misma concepción, se registren problemas de salud aunque en muchos casos no se verifiquen los síntomas, se niegue el deterioro corporal y se establezcan relaciones falaces entre causas y efectos. Lo primero que aparece es la negación “a mí no me pasa nada... porque lo hago despacio, yo sé hacerlo”, “yo tengo resistencias” es corriente escuchar. Para dar paso luego a las relaciones causales erróneas. Por último las relaciones de confianza recreadas en el trabajo de campo dan paso a un acercamiento y posibilidad de comprender y enhebrar un relato

⁴³ Hodgson, E. 2004. A textbook on modern toxicology. Nueva York. John wiley& Sons, Inc

⁴⁴ Solomon, G. 2000. Pesticides and Human Health. A Resouse for Health care professionals , Berkeley, Physicians for social responsibility, Californians for pesticide reform

⁴⁵ Reigart, R. – Roberts, J. 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas . EPA. Washington DC.

⁴⁶ Reigart, R. – Roberts, J. 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas .EPA. Washington DC

⁴⁷ Ferraz, H. 1988. “chronic exposure to the fungicide mane b may produce symptoms and signs of CNS manganese intoxication” Neurology, 38; 550-533.

⁴⁸ Reigart, R. – Roberts, J. 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas . EPA. Washington DC

⁴⁹ Revista Enlace. 2008. Plaguicidas con prontuario, el Glifosato. Revista de la Red de Acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina Nº 80. Santiago de Chile. Chile

⁵⁰ Gary, V. y otros 2002 Birth defects , season of conception, and sex of children born to pesticide applicators living in the red River valley of Minnesota. Environmental health perspectives Nº 110 Supplement 3. USA

⁵¹ De Ross A. y otros. 2003. Integrative assessment e of multiple pesticide and risk factors for non Hodgkin’s lymphoma among men. Occupational and Environmental Medicine. USA.

⁵² YokeHeong, Chee. 2005. Nuevas pruebas del peligro del herbicida Round – Up. Revista bioseguridad Nº 160

⁵³ Revista Enlace. 2008. Plaguicidas con prontuario, el Glifosato. Revista de la Red de Acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina Nº 80. Santiago de Chile. chile

donde se reconocen los problemas “¿sabes una cosa? .. nosotros sabemos lo que nos pasa, como nos enfermamos, pero no queremos saberlo, para seguir,.... para no sentirnos enfermos ...”

En el área hortícola es común la aparición de síntomas agudos, luego de la aplicación, tales como el dolor de cabeza, dolor de pecho, mareos, cansancio, etc. Que se “curan” “descansando un poco”. Como ya fue dicho en muchos casos estos síntomas pasan desapercibidos o no son correctamente atendidos.

Por otra parte se verifica la aparición de problemas de salud derivados de la exposición a los plaguicidas que tardan en aparecer, las denominadas enfermedades crónicas. Aunque se destaca que las enfermedades pueden ocasionarse por múltiples causas, la denominada “multi-causalidad” cabe destacar la probable vinculación de la utilización de los plaguicidas con la aparición de ciertos deterioros específicos en las condiciones de salud. De esta manera se han detectado personas con enfermedades coronarias, algunas con marcapasos, problemas respiratorios, problemas oculares hasta el registro de abortos.

Respecto al trabajo de campo y en referencia a los testimonios de los tabacaleros es posible decir que las dermatitis son mencionadas como una de las enfermedades más comunes en el área, estas pueden revestir las características de sarpullidos, manchas, eccemas, costras, ampollas, etc. En segundo lugar se mencionan las afecciones referidas al sistema nervioso; dolor de cabeza, mareos, fatiga, cansancio, dolor de piernas, calambres.

Luego aparecen las enfermedades vinculadas al aparato respiratorio; dificultades para respirar, ahogo, respiración acelerada, catarro, etc.

Por último, se han mencionado el suceso de abortos y de nacimientos de niños con malformaciones.

Está claro que no siempre se vincula directamente el desarrollo de la enfermedad con la exposición a los plaguicidas, como si el negar la vinculación les permitiera seguir utilizándolos de la misma manera que en la actualidad, permitiéndoles seguir adelante trocando capital corporal por capital monetario.

Conclusiones:

El proceso de modernización de la agricultura, se incluye, dentro un proceso más amplio que es el de Artificialización de la naturaleza; no es nuevo en la agricultura argentina, muy por el contrario se trata de varias fases que en su génesis reconocen causas diferente pero que van enriqueciendo en el tiempo para que este adquiera su fisonomía actual. De esta manera al expandirse la superficie sembrada con monocultivos se interrumpen flujos, ciclos y relaciones haciéndose la agricultura más dependiente de la utilización de plaguicidas.

La utilización de plaguicidas no es nueva en Argentina, ya desde los años 50 se utilizan formulaciones como el 2, 4 D para combatir plantas silvestres y el DDT a fin de enfrentar insectos y si bien posibilitaron un incremento en los rendimientos y la calidad formal de los productos se generaron problemas como el desarrollo de resistencias genética en los insectos y plantas silvestres, la contaminación del agua y el suelo y el desarrollo de enfermedades crónicas y agudas. Al respecto si bien los primeros casos de intoxicaciones agudas se registran entre los años '60 y '70 sobremanera en zonas de producciones

intensivas con elevada utilización de plaguicidas, no es hasta fines de la década de los '90 y principio del nuevo milenio, donde se comienza a magnificar el problema y a generar reacciones en las comunidades expuestas. Varios factores han contribuido a generar esta situación; el incremento en el uso de agrotóxicos, la utilización de plaguicidas categorizados como altamente tóxicos, las mezclas de hasta cuatro principios activos, la ampliación en el uso de tecnologías de aplicación aéreas, las pulverizaciones en las cercanías de las comunidades, las pulverizaciones sobre escuelas, la ampliación y disponibilidad de información sobre el efecto de los agrotóxicos.

La problemática sobre el uso de plaguicidas en Argentina posee varias aristas pudiéndose registrar y utilizar plaguicidas prohibidos en otros países. En este caso cabe destacar que no se realizan investigaciones fin de corroborar el impacto de dichos plaguicidas en la salud y el ambiente.

En referencia al registro de una intoxicación por parte de trabajadores y productores, la ejecución de múltiples tareas, el tipo de tareas vinculados con el esfuerzo corporal y la ausencia de información determinan, que una parte de las intoxicaciones pasen desapercibidas para quienes la padecen. Solo se acude al servicio de salud cuando se pierde la conciencia o las secuelas impiden el desarrollo de las tareas. Es escasa la información sobre las vías de ingreso e impacto de los plaguicidas en la salud, máximo los efectos crónicos.

Capítulo 7

Salud Infantil y exposición a pesticidas en Argentina

Dr. Medardo Ávila Vázquez. Médico Pediatra y Neonatólogo, docente Facultad de Ciencias Médicas de UNC. Coordinador de la Red de Médicos de Pueblos Fumigados.

La experiencia de los pediatras de la Red de Médicos de Pueblos Fumigados

Exposición ambiental a pesticidas

Desde el año 1996 la cantidad de pesticidas que se aplican en el país aumenta permanentemente, por la extensión de cultivos de semillas genéticamente modificadas. Actualmente esos cultivos cubren 30 millones de hectáreas de un territorio donde viven (en pequeñas ciudades y pueblos) más de 12 millones de personas y tres millones de niños. Esta es la población expuesta a pesticidas por vivir en regiones donde estos se utilizan intensamente; es una forma de exposición ambiental, **los pesticidas están en el aire, el agua y el suelo.**

Es un fenómeno nuevo, en general los médicos teníamos información del vínculo pesticidas-enfermedad en relación a exposición ocupacional, es decir, la de los trabajadores de las plantas químicas que los fabrican y la de los trabajadores que las aplican sobre los cultivos. Pero con su utilización creciente, la población no vinculada laboralmente comenzó a sufrir exposición por su sola presencia en los ambientes contaminados con pesticidas. Tengamos en cuenta que las dosis de aplicación se multiplicaron en corto tiempo. Para el herbicida Glifosato (Round Up^o), el pesticida más usado en Argentina y que conforma el 65% del total anual, las dosis de aplicación que eran de 3 litros por ha por año en 1996, pasaron a 12 litros para la misma hectárea por año. Y lo mismo paso con otros herbicidas e insecticidas, plantas e insectos fueron desarrollando resistencia a los pesticidas (como nosotros conocemos que hacen las bacterias cuando usamos demasiados antibióticos) y los productores debieron aumentar las dosis de aplicación todos los años para poder lograr los mismos resultados. De esta manera los ambientes agrícolas se cargaron de pesticidas y las personas entran en contactos con ellos al respirar el aire, tomar el agua o aspirar el polvo de la tierra.

Son numerosos los datos publicados sobre esta contaminación. El más significativo es el de un grupo del CONICET de La Plata que demuestra que el agua de lluvia en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y Bs. As¹ contiene pesticidas. Esto significa que el glifosato se encuentra en la atmosfera, en el aire que respiramos y que cuando llueve, el agua, que contiene pesticidas, al caer lo arrastra al suelo y allí lo podemos recoger y medir. Por otro lado, en estos momentos hay un conflicto judicial en Pergamino (Bs. As.) por la presencia de

pesticidas que contaminan las napas subterráneas de agua donde se provee a la red domiciliaria de agua potable.

La carga de exposición

La contaminación del ambiente pone en contacto directo a la población de esos lugares con pesticidas, es decir que las personas están expuestas a los mismos y en riesgo de que estos afecten su salud. A nivel nacional, en 2018, se utilizaron 500 millones de litros de pesticidas en el país, la carga de exposición potencial a pesticidas es de 11,9 litros por argentinos y por año, pero es mucho mayor y real para aquellas personas que viven en las zonas agrícolas; en la zona sojera, la exposición de los habitantes de pueblos agrícolas como Monte Maíz es de 121 litros por persona para todos los agrotóxicos y de 80 litros para el glifosato². Estos cálculos devienen de reconocer las dosis de aplicación por ha y por año en cada área de cultivo de influencia de los pueblos, regiones o provincias y dividirla por la población del lugar. La carga de exposición de alguna manera nos sirve para cuantificar niveles de riesgo para la salud. La carga de exposición ambiental en todo el país es de 11.9 litros/persona, para la Provincia de Córdoba es de 25 litros/persona y para pueblos productivos cordobeses es entre 80 y 121 litros/persona.

El impacto en la salud de esta exposición se verifica en que los médicos que atienden estas poblaciones identifican un perfil de morbilidad distinto e incluso, un perfil de mortalidad distinto, a los que existían antes de que se generalizase esta forma de producción agrícola sustentada en pesticidas^{3,4}. Ahora la primera causa de muerte es el cáncer, que explica entre un 30% a un 50% de los óbitos de los vecinos en los pueblos con alta exposición a pesticidas, cuando en todo el país y en las grandes ciudades, el cáncer está presente solo en el 20 % de los decesos. Incluso la población de enfermos oncológicos es más joven que la del promedio de todo el país. Otra característica es la **elevada frecuencia de hipotiroidismo, asma bronquial y trastornos reproductivos como abortos espontáneos, malformaciones congénitas y trastornos inmunológicos** encontrados en estudios epidemiológicos realizados en pueblos agrícolas por grupos de las Facultades de Medicina de la Universidad Nacional de Rosario y de la Universidad Nacional de Córdoba^{5,6}.

Las manifestaciones de daño en la salud dependen también de las características individuales de cada persona. Por un lado es muy importante reconocer si dentro de una comunidad con alta exposición ambiental a pesticidas, el paciente en cuestión es miembro de un subgrupo poblacional con mayor riesgo aun. En el estudio de la comunidad de Monte Maíz, de 5000 personas estudiadas, más de 900 formaban las familias de los trabajadores rurales, aplicadores de pesticidas, productores agrícolas y agrónomos, este subgrupo presentaba un riesgo de cáncer medido como OR tres veces mayor al resto de las familias del mismo

pueblo⁷. También las características individuales son muy importantes, la edad determina ventanas de vulnerabilidades neurológicas, endocrinas e inmunológicas dependientes de distintas capacidades de defensa contra radicales oxidantes y protección y reparación contra daño genotóxico que se expresan mucho más en los niños y en mujeres gestantes (8 Larguía).

Exposición a pesticidas y asma bronquial en niños

Bronco espasmo y asma bronquial en una frecuencia mayor a la esperada es una observación clínica muy reiterada entre los pediatras de los pueblos fumigados en Argentina. El asma es la enfermedad crónica infantil más frecuente. El **Estudio Internacional sobre Asma y Enfermedades Alérgicas en Niños (ISAAC)** demostró que el asma es un problema de salud global y que los factores ambientales son claves^{8,9}, según el Reporte Global de Asma 2014 (GAR 2014), el 14% de los niños del mundo y el 8.6% de los adultos jóvenes experimentan asma, ubicando a la Argentina entre los países de prevalencia media¹⁰. La exposición a tóxicos ambientales puede explicar la tendencia en ascenso de las tasas globales de asma puesto que la investigación epidemiológica ha correlacionado la exposición a sustancias químicas ambientales, como pesticidas y otros, con tasas crecientes de asma y, pruebas experimentales han documentado a algunos químicos como agentes causales capaces de producir desequilibrios inmunológicos característicos del asma^{11,12}.

El **Estudio de la Salud Ambiental de Monte Maíz** es una de las investigaciones más completas realizadas en el contexto de un pueblo con alta exposición a los pesticidas. Fue hecho en el año 2014, por miembros de la Red de Médicos de Pueblos Fumigados y docentes de la Facultad de Ciencias Médicas de la UNC, que realizaron un campamento sanitario con 60 estudiantes de la Cátedra de Clínica Pediátrica, más docentes y estudiantes de Geografía de la UNC y de Química de la UNLP. Fue solicitado por el Intendente de la localidad, también médico pediatra, lo que permitió concretar un estudio transversal de prevalencia de algunas enfermedades y cruzar esos datos con información ambiental y de contaminación química en matrices ambientales tomadas en el lugar.

En Monte Maíz se midió la prevalencia de asma en niños utilizando el mismo marco metodológico del ISAAC que años atrás midió prevalencia de asma en Argentina sobre la base de la presencia de sibilancias y el dato objetivo de uso reiterado de aerosoles broncodilatadores, en niños de 6 y 7 años y niños de 13 y 14 años, que son los grupos etarios de seguimiento epidemiológico del asma a nivel global.

El ISAAC a través de encuestas auto-informadas de niños o sus padres, idénticas a las utilizadas en Monte Maíz, detectó una prevalencia de asma y sibilancias del 12.5% entre

12.716 niños¹³; en la ciudad de Córdoba, la gran ciudad de referencia para Monte Maíz la prevalencia ISAAC fue de 13,6% para 13-14 años, la más reciente publicación de la Sociedad Argentina de Pediatría reconoce una prevalencia de 16,4% en niños de 6-7 años y 10,9% en los de 13-14 años¹⁴; en Monte Maíz, en los 307 niños de esas edades, la prevalencia es siempre tres veces mayor, 39,86% y 52,43%, en este último grupo (13 a 14 años) el riesgo de asma por vivir en Monte Maíz medido en OR fue de 4,64 (CI:3,26 a 6,60)¹⁵.

Sorprende que en los niños de 13 y 14 años más de la mitad necesite utilizar bronco dilatadores inhalados. Estas prevalencias eran mayores aún entre los niños que habitaba a sotavento de los silos y acopios de granos del pueblo, lugar hacia donde generalmente el viento dispersa la cascarilla de maíz y soja que emiten los silos, cascarilla que en los estudios químicos demostró cargar con altos residuos de pesticidas, principalmente glifosato.

Estos resultados son congruentes con datos internacionales en contextos similares. Un estudio de cohorte con exposición crónica residencial a pesticidas organofosforados en niños comprobó que daña la función pulmonar tanto o más que el humo de cigarrillo como fumador pasivo¹⁶. Un reciente estudio ecológico comparando niños de granjas orgánicas vs granjas convencionales (que utilizan pesticidas) encontró sibilancias más frecuentes en niños que habitan granjas convencionales¹⁷.

En un potente estudio poblacional, el Children's Health Study, con más de 4.000 niños del sur de California se encontró que la exposición precoz a herbicidas (como glifosato) aumenta significativamente el riesgo de asma: OR = 4.58 (95% CI, 1.36-15.43)¹⁸, un resultado llamativamente idéntico al encontrado en Monte Maíz: OR = 4,64 (95% CI, 3,26-6,60). lo que indica que en estas poblaciones está actuando un factor ecológico más allá de cualquier variabilidad natural de la población.

Se reconoce que muchos productos químicos de bajo peso molecular, incluidos algunos herbicidas, pueden inducir asma ocupacional¹⁹. Según el modelo SAR (relaciones estructura-actividad) de Jarvis el valor del índice de riesgo del glifosato es de 0,6257, lo que evidentemente respalda su potencial peligrosidad en la inducción de síntomas asmáticos²⁰. Los efectos inhalatorios experimentales del glifosato en sus estudios iniciales de bioseguridad señalaban que causaba sibilancias, actividad ciliar reducida y secreción nasal espesa, incluso a niveles bajos de exposición en ratas¹².

Recientemente en Toxicology Kumar et al. demostraron que la exposición a respirar muestras de aire ricas en glifosato recogidas en granjas, o glifosato inhalado, aumenta el recuento de eosinófilos y neutrófilos, la desgranulación de mastocitos y la producción de IL-33, TSLP, IL-13 e IL-5 en las vías aéreas de ratas, confirmando el papel del glifosato en la patogénesis del

asma²¹. Situaciones que dan plausibilidad biológica a los hallazgos de elevada prevalencia de asma en una población expuesta ambientalmente a pesticidas. Toda esta información fue presentada en el 37° CONARPE (trabajo n° 676) y a fecha de hoy se encuentra en proceso de publicación¹⁵.

Exposición ambiental a pesticidas y malformaciones congénitas

Los neonatólogos de zonas agrícolas y los de las UCIN que reciben derivaciones de esas zonas observan un aumento de la frecuencia de niños que nacen con malformaciones congénitas. La tasa habitual de anomalías congénitas en los mamíferos es siempre inferior al 2% de los nacimientos, muchos neonatólogos, obstetras y pediatras de Santa Fe, Chaco, Tucumán, Misiones, Córdoba y Bs. As. refieren tener tasas mucho más altas, y que incluso en algunos años triplican a la prevalencia de malformados esperados.

En Monte Maíz, en 2014, también se exploró la prevalencia de malformados, se buscó niños vivos con malformaciones congénitas mayores, nacidos en los últimos 10 años. En ese tiempo habían nacido 853 niños, 25 de ellos con anomalías congénitas, conformando una tasa de prevalencia de 2,93%, no se incluyó en la pesquisa los niños malformados que murieron en este lapso (los que se estimaron en 12 casos más, generando una tasa de prevalencia presunta de 4,33%)²².

El Registro Nacional de Anomalías Congénitas de Argentina (RENAC) en 2014 informa que entre 281.249 recién nacidos se registró un total de 4.120 anomalías congénitas estructurales mayores, con una prevalencia del 1,4%; en Monte Maíz la prevalencia fue entre dos y tres veces mayor que la prevalencia nacional. Los tipos de anomalías congénitas no difieren significativamente de los informados por el RENAC para toda la provincia y las detectadas en Monte Maíz²³. No se pudo comparar la tasa de Monte Maíz con la de ciudad de Córdoba porque se encontró que en el 62% de los casos informados a RENAC como nacidos en hospitales de maternidad de esa ciudad las madres de los neonatos procedían de pueblos de las zonas agrícolas y habían sido derivadas a Córdoba antes del nacimiento. El riesgo de malformaciones en relación a exposición a pesticidas se verifica por exposiciones en las primeras semanas de gestación o en escasas semanas previas a la concepción.

La mayor frecuencia de niños nacidos con anomalías congénitas en poblaciones expuestas a pesticidas se describe en diseños de investigación por registros de maternidades, casos-control, estudios ecológicos americanos y revisiones sistemáticas canadienses^{24,25,26,27,28,29}, entre otros. El estudio de casos-controles realizado por docentes de la cátedra de Pediatría de la Universidad de Asunción es muy interesante al encontrar y cuantificar riesgo de

malformaciones congénitas en familias que viven a menos de 1000 metros de los campos fumigados o que conviven con depósitos de pesticidas.

En 2010 Andrés Carrasco del CONICET-UBA demuestra que los herbicidas a base de glifosato producen efectos teratogénicos sobre vertebrados al alterar la señalización del ácido retinoico³⁰ y en los últimos años se publicó información sobre la genotoxicidad de glifosato en modelos experimentales, información desconocida anteriormente. Utilizando pruebas de aberraciones cromosómicas, micro núcleos y ensayo cometa se verificó el daño a las cadenas de ADN^{31,32}, incluso en las células humanas^{33,34}. Más recientemente, estos mismos estudios se llevaron a cabo en personas ambiental y laboralmente expuestas a pesticidas en general y al glifosato en particular, que informaron tasas de daño genético muy superiores a las encontradas en poblaciones no expuestas a pesticidas utilizados como grupos de referencia o de control^{35,36}.

La genotoxicidad, confirmada en los daños en las cadenas de ADN de los núcleos celulares, significa biológicamente que cuando las rupturas en las cadenas de ADN no se reparan, ni la célula puede ser eliminada, se pueden provocar mutaciones de células germinales con impacto en la salud reproductiva. O en momentos de intensa transcripción de información genética alterar el desarrollo somático como es el momento de la etapa embrionaria, cuando se concretan las anomalías. Cerca de Monte Maíz, en la ciudad de Marcos Juárez, los estudios publicados mostraron una frecuencia doble de aberraciones cromosómicas y micronúcleos en personas expuestas a glifosato ambiental u otros plaguicidas³⁷ al igual que un estudio de genotoxicidad en niños expuestos a plaguicidas por vivir cerca de los campos fumigados de Marcos Juárez comparando con no expuestos, utilizando descamación de células de la mucosa yugal y que fue publicado en Archivos Argentinos de Pediatría³⁸.

Además de anomalías congénitas, en estos contextos, obstetras y médicos generalistas observan numerosos abortos espontáneos, embarazos deseados y controlados que se pierden inexplicablemente en mujeres jóvenes y sanas; en Monte Maíz buscamos medir este fenómeno, la tasa de abortos espontáneos en cinco años fue de 10%, tres veces más alta que la informada en un análisis nacional realizado en 2005 por el Ministerio de Salud Nacional (0,6% por año)²³.

Exposición ambiental a pesticidas y cáncer

El cáncer es una enfermedad de baja frecuencia, aunque estaría aumentando su frecuencia en todo el mundo. En Argentina la carga de cáncer expresa una incidencia anual (casos nuevos) de 2 cada 1000 habitantes (206/100.000) y una prevalencia en 5 años de 8 cada 1000 habitantes. Los relevamientos realizados por miembros de la Facultad de Medicina de la

Universidad Nacional de Rosario, como los de Córdoba muestran que pueblos expuestos a pesticidas tienen incidencia y prevalencias entre dos y tres veces superiores. El trabajo de campo del estudio de Monte Maíz se realizó en octubre de 2014 por médicos de la universidad de Córdoba, en marzo de 2015, otro grupo, esta vez de la universidad pública de Rosario realizó un estudio similar en María Juana, localidad agrícola de la Provincia de Santa Fe; Monte Maíz tuvo una prevalencia de cáncer (todas las localizaciones y tipos celulares) de 21/1000, mientras que en María Juana hubo 20/1000 aunque la prevalencia esperada era de 8/1000⁷.

La mortalidad por cáncer es otra manera contundente de medir la carga de cáncer en una población. En nuestro país el cáncer está explicando cerca del 20% de todos los fallecimientos en un año y es la segunda causa de muerte después de los problemas cardiovasculares. En Monte Maíz fue del 40%, el grupo de Rosario encontró cerca del 50% de mortalidad por cáncer en San Salvador, un pueblo agrícola de Entre Ríos³⁹. Otros estudios en Canals, cerca de Monte Maíz, detectaron mortalidad por cáncer en 56% de los fallecidos en el año 2016⁴⁰.

Un estudio multicéntrico del Ministerio de Salud de la Nación, de 2012, reportó una sustancial diferencia de mortalidad por cáncer entre pueblos agrícolas sojeros (que usan pesticidas masivamente) y pueblos ganaderos (que no usan, no hay exposición), en los pueblos de AviaTeraí, Campo Largo y Napenay las frecuencias de muertos por cáncer fueron 31,3%, 29,8% y 38,9% respectivamente, mientras que en Cole Lai y en Charadai era solo de 5,4% y 3,1%⁴¹.

No es fácil detectar aumento de cánceres infantiles estudiando comunidades relativamente pequeñas. El cáncer en sí es una enfermedad de baja frecuencia y el cáncer infantil es mucho menos frecuente aún, la carga de cánceres infantiles en Argentina es de 1400 casos incidentes anuales, entre 88.000 casos totales en todos los grupos etarios, son solo el 1,6% de todos los enfermos de cánceres.

En general predomina la idea de que en comunidades con una estructura demográfica donde predominan los adultos mayores hay más cánceres, pero los datos de los pueblos expuestos a pesticidas no confirman esta impresión, más bien, la niegan. En Monte Maíz se comparó la edad de los enfermos de cáncer con la edad de los enfermos de toda la provincia informada por el Registro Provincial de Tumores de Córdoba, se separó los enfermos en dos grupos, en mayores y en menores de 44 años. El grupo de todos los enfermos de la provincia de menores de 44 años conformaban el 11,6% de los casos, pero en Monte Maíz los menores de 44 años eran casi el doble, un 21,9%, una diferencia significativa desde el punto de vista

estadístico y el riesgo de cáncer en Monte Maíz para los menores de 44 años es casi el doble (RR de 1,88 (IC: 1,31 – 2,70) con un valor de p de 0,001⁷.

Los datos a nivel mundial destacan el vínculo pesticidas y cáncer incluso en niños incluso considerando leucemias que son los cánceres más frecuentes en la niñez. La revisión sistemática y meta-análisis realizada por Wigle en 2009 destaca que el riesgo de que hijos de madres expuestas a pesticidas desarrollen leucemia es de 2,4 veces mayor a la de las madres que no están expuestas⁴². Un estudio más reciente, en este caso una cohorte, multicéntrico internacional (The International Childhood Cancer Cohort Consortium) prospectivo publicado en 2020 encontró el mismo vínculo con un poco más de intensidad en la fuerza del mismo⁴³.

Muchos pesticidas han sido analizados por el Grupo de Trabajo y monografías de la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC) de la OMS por Evaluación de Carcinogénicos con riesgos en humanos y la mayoría han sido clasificados como cancerígenos con distintos niveles de evidencia, Glifosato, el pesticida más utilizado en Argentina está clasificado en el segundo nivel de riesgo 2A⁴⁴. La monografía sobre glifosato dice textualmente: *“hay fuerte evidencia que glifosato puede operar a través de dos vías particulares de carcinogenicidad conocidas en humanos, y que éstas pueden ser operativas en humanos. Específicamente: hay fuerte evidencia que la exposición a glifosato o formulaciones basadas en glifosato son genotóxicas según estudios en humanos in vitro y en experimentos en animales. Y hay fuerte evidencia que glifosato, formulaciones a base de glifosato pueden actuar induciendo estrés oxidativo basado en estudios experimentales en animales y en vitro en humanos”*.

Los estudios de genotoxicidad del glifosato enfatizan la ocurrencia de daño en las cadenas de ADN que cuando el daño no puede repararse y de ser irreparable esas células no son eliminadas, pueden aparecer y persistir mutaciones celulares que dan origen a un linaje autónomo de células sin control conformando el comienzo de la biología manifiesta del cáncer⁴⁵. También, la evidencia epidemiológica y experimental muestra que aberraciones cromosómicas (Cas) estructurales y numéricas generadas por agentes genotóxicos están involucradas en la carcinogénesis⁴⁶. Cerca de Monte Maíz, en la ciudad agrícola de Marcos Juárez, dos estudios comparativos mostraron un aumento del doble en las frecuencias de CAs en personas ambientalmente expuestas a pesticidas³⁷ y genotoxicidad en niños expuestos a pesticidas en comparación con grupos de personas no expuestas³⁸, estos datos confirman la situación de riesgo oncológico en que se encuentra la niñez expuesta ambientalmente a pesticidas.

Exposición ambiental a pesticidas y Trastornos General del Desarrollo neurológico e intelectual

TGD y autismo para los pediatras veteranos son problemas “emergentes” o que no habíamos detectado en tiempos anteriores. Los problemas de aprendizaje se relacionan con antecedentes de prematuridad, padres adolescentes, desnutrición, de privación materna, contexto de pobreza y vulnerabilidad familiar y adicción a drogas en los padres. Sin embargo, familias bien constituidas, niños de término, hijos deseados y buenas condiciones socioculturales conforman la enorme mayoría de las familias de los pueblos agrícolas de Bs.As., Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos, cuyos hijos presentan serios problemas de aprendizaje o dificultades en la socialización en sus diferentes grados.

Muchos de los pueblos agrícolas que hemos recorrido tienen instituciones para contener a estos niños, las escuelas multiplican sus grados y el número de maestras integradoras. Es un problema de muy difícil cuantificación epidemiológica, principalmente por el componente de subjetividad que conlleva el diagnóstico y la falta de acuerdos en sus criterios, no solo aquí, sino a nivel mundial. De todos modos, llama mucho la atención que las maestras de primaria relaten que tienen en sus grados demasiados niños que no llegan a cumplir los objetivos mínimos del aprendizaje, y no son escuelas de poblaciones socialmente vulnerables como las de villas miserias. En general, durante muchísimos años, en las escuelas de todo el país, todos tuvimos 1 o 2 compañeros de banco que nunca pudieron saber la lección, pero hoy las maestras no dicen que aquí son el **25** o el **30%** de sus alumnos.

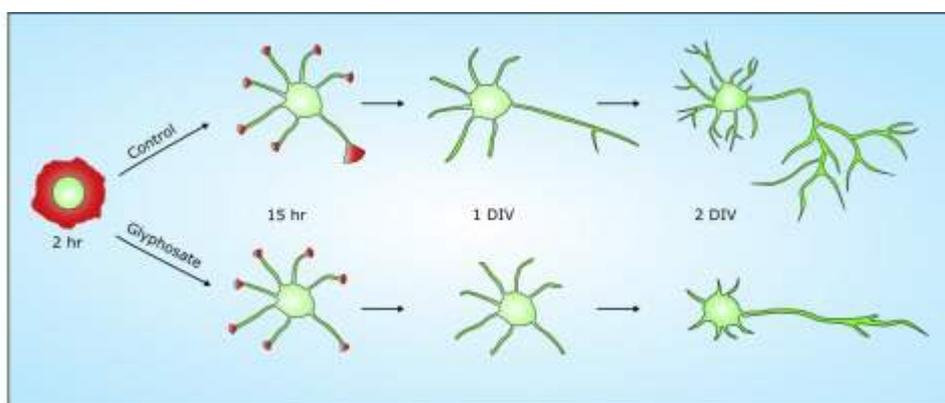
No sabemos a ciencia cierta cuál es la carga de TGD en nuestra infancia en estos años, y pocos estudios hay sobre esto, y menos aún en contextos de exposición a pesticidas. Sabemos que está presente como una carga de morbilidad nueva que amenaza a nuestros niños. En el año 2012 el Dr. Nicolas Loyacono, pediatra actualmente especialista en TGD nos contaba un viaje por los pueblos del interior bonaerense y como se chocó con esta realidad a través de las maestras de grados de esos pueblos casi innominados⁴⁷.

Los pesticidas que más se usan en nuestro modelo agrícola son el herbicida glifosato y el insecticida clorpirifós, ellos constituyen el 70% de todos los pesticidas aplicados en el país. Ambos están vinculados a daño en el desarrollo neurológico e intelectual.

En marzo de 2019 el British Medical Journal publicó un paper titulado: *Exposición prenatal e infantil a pesticidas ambientales y trastorno del espectro autista en niños: estudio de control de casos basado en la población*⁴⁸. Un enorme estudio de casos controles en California, donde se demostró que la exposición pre y posnatal a glifosato y a clorpirifós afectaba seriamente el desarrollo intelectual y neurológico. En sus conclusiones afirma que: “**Los**

hallazgos sugieren que el riesgo de trastorno del espectro autista en la descendencia aumenta luego de la exposición prenatal a pesticidas ambientales dentro de los 2000 m de la residencia de su madre durante el embarazo, en comparación con los hijos de mujeres de la misma región agrícola sin dicha exposición. La exposición infantil podría aumentar aún más los riesgos de trastorno del espectro autista con discapacidad intelectual comórbida.” Este estudio incluyó 2961 individuos con diagnóstico de trastorno del espectro autista que fueron apareados con 30.000 niños sanos de similares condiciones.

Estos datos epidemiológicos demandan aún mayor compromiso cuando se conocen investigaciones experimentales que demuestran que el glifosato daña seriamente el proceso de maduración neuronal por que frena la intercomunicación de las neuronas, deteniendo así, el proceso de dendrificación e interconexión, proceso clave para la integridad cerebral del sujeto durante los dos primeros años de vida. Esos datos fueron publicados en 2016 en la revista *Neurotoxicology*, su título es: **El desarrollo neuronal y el crecimiento del axón se alteran por el glifosato a través de una vía de señalización no canónica WNT**⁴⁹. Los autores encabezados por la Dra. Rosso son del CONICET de Rosario y ellos cultivaron neuronas, algunas las expusieron a ínfimas concentraciones del herbicida y los resultados se expresan en las siguientes imágenes.



Neuronas de 2 hs. de vida y su desarrollo con o sin presencia de glifosato.

Neurotoxicology 2016 Jan; 52:150-61. Doi: 10.1016/j.neuro. 2015.12.004.

Epub 2015 Dec 10 PMID: 26688330

Comentario Final

La información clínica, epidemiológica, experimental e incluso de revisiones sistemáticas de Medicina Basada en la Evidencia²⁴ de la Universidad de Mc Master, donde surgió el concepto de Medicina basada en la Evidencia, **determina la necesidad de proteger a la población de la exposición de los pesticidas, sobre todo a los niños.**

Las escuelas rurales del país son fumigadas por aviones o equipos terrestres sin ningún tipo de consideración mientras crece la evidencia de que hay formas de producir agrícolas que no requieren pesticidas contaminantes, formas productivas que sostienen los rendimientos y que

mantienen la ganancia de los productores. La Sociedad Brasileña de Pediatría ha empezado a exigir ese camino con fuerza, reclamando en su país, una política de reducción en el uso de agrotóxicos⁵⁰ (como se denominan vulgar y científicamente los pesticidas en ese país), en nuestro país también debemos solicitar ese tipo de políticas que se desarrollan en otros países del mundo con éxito². **Necesitamos decisiones políticas en ese camino, pero también que los pediatras garantes de los Derechos del Niño los reclamemos con firmeza.**

Bibliografía

- 1.- Alonso LL, Demetrio PM, Agustina Etchegoyen M, Marino DJ. Glyphosate and atrazine in rainfall and soils in agro productive areas of the pampas region in Argentina. *Sci Total Environ*. 2018 Dec15;645:89-96. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.134.
- 2.- Red Universitaria de Ambiente y Salud (REDUAS). 2019. Plan Nacional de Redacción de uso de Agrotóxicos. <https://reduas.com.ar/plan-nacional-de-reduccion-de-uso-de-agrotoxicos/>
- 3.- Avila-Vazquez M, Nota C. 2010. Informe 1º Encuentro Nacional de Médicos de pueblos fumigados. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba. – 27 y 28 de agosto de 2010, Ciudad Universitaria, Córdoba. <https://reduas.com.ar/informe-encuentro-medicos-pueblos-fumigados/>
- 4.- Avila-Vazquez, M. and Difilippo, F.S. (2016) Agricultura Tóxica y Pueblos Fumigados de Argentina. Crítica y Resistencias. *Revista de conflictos sociales latinoamericanos*, No. 2, 23-45.
file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/70-Texto%20del%20art%C3%ADculo-124-1-10-20190314.pdf
- 5.- Fernandez, M. (2015) Hallan mayor incidencia de tumores en el sur santafesino. *La Voz del Interior. Sect Ciudadanos*.
<http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/hallan-mayor-incidencia-de-tumores-en-el-sur-santafesino>
- 6.- Avila-Vazquez, M. Difilippo, F., Lean, B., Maturano, E. and Etchegoyen, A. (2018) Environmental Exposure to Glyphosate and Reproductive Health Impacts in Agricultural Population of Argentina. *Journal of Environmental Protection*, 9, 241-253. doi: 10.4236/jep.2018.93016.
- 7.- Avila-Vazquez, M., Maturano, E., Etchegoyen, A., Difilippo, F.S. and Maclean, B. (2017) Association between Cancer and Environmental Exposure to Glyphosate. *International Journal of Clinical Medicine*, 8, 73-85. doi: 10.4236/ijcm.2017.82007.
- 8.- J. Mallol, J. Crane, E. von Mutius, J. Odhiambo, U. Keil, A. Stewart. The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Phase Three: A global synthesis, *Allergologia et Immunopathologia*, Volume 41, Issue 2, 2013, Pages 73-85 doi: 10.1016/j.aller.2012.03.001

- 9.- Ellwood P, Asher MI, Billo NE, Bissell K, Chiang Ch, Ellwood EM, Et al. The Global Asthma Network rationale and methods for Phase I global surveillance: prevalence, severity, management and risk factors. *European Respiratory Journal* Jan 2017, 49 (1). DOI: 10.1183/13993003.01605-2016
- 10.- The Global Asthma Network. The Global Asthma Report 2014: Global Burden of Disease Due to Asthma. [consultado Feb 2019.] Disponible en:
<http://www.globalasthmareport.org/2014/burden/burden.php>
- 11.- Ye M, Beach J, Martin JW, Senthilselvan A. Occupational pesticide exposures and respiratory health. *Int J Environ Res Public Health*. 2013;10(12):6442-71.
- 12.- Crinnion WJ. Do environmental toxicants contribute to allergy and asthma? *Altern Med Rev*. 2012 Mar;17(1):6-18. PMID: 22502619
- 13.- Mallol J, Solé D, Baeza-Bacab M, Aguirre-Camposano V, Soto-Quiros M, Baena-Cagnani C, and Grupo latinoamericano ISAAC. Regional Variation in Asthma Symptom Prevalence in Latin American Children. *J asthma* Agosto 2010; 47 (6): 644-50. DOI: 10.3109/02770901003686480
- 14.- Giubergia V, Ramirez Farías MJ, Pérez V, et al. Asma grave en pediatría: resultados de la implementación de un protocolo especial de atención. *Arch Argent Pediatr* 2018;116(2):105-111
<https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2018/v116n2a05.pdf>
- 15.- Avila-Vazquez M, Difilippo F, Maclean B y Maturano E. Prevalencia de Asma en un Pueblo Agrícola de Córdoba, 37 Congreso Argentino de Pediatría (2015) trabajo nº 676
<https://reduas.com.ar/prevalencia-de-asma-en-un-pueblo-fumigado-de-cordoba/>. PAPER COMPLETO EN PRENSA: "Environmental Exposure to Glyphosate and Risk of Asthma in an Ecological Study" *Global Journal of Medical Research*. The research paper is expected to be published in GJMR Volume 21 Issue 1 Version 1.0
- 16.- Raanan R, Balmes JR, Harley KG, Gunier RB, Magzamen S, Bradman A, Et al. Decreased lung function in 7-year-old children with early-life organophosphate exposure. *Thorax*. 2016 Feb;71(2):148-53. doi: 10.1136/thoraxjnl-2014-206622.
- 17.- Kudagammana ST, Mohotti K. Environmental exposure to agrochemicals and allergic diseases in preschool children in high grown tea plantations of Sri Lanka. *Allergy Asthma Clin Immunol*. 2018 Dec 4;14:84. doi: 10.1186/s13223-018-0308-z.
- 18.- Salam MT, Li YF, Langholz B, Gilliland FD; Children's Health Study. Early-life environmental risk factors for asthma: findings from the Children's Health Study. *Environ Health Perspect*. 2004 May;112(6):760-5. DOI: 10.1289/ehp.6662
- 19.- Henneberger PK, Liang X, London SJ, Umbach DM, Sandler DP, Hoppin JA. Exacerbation of symptoms in agricultural pesticide applicators with asthma. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2014;87:423–432.

- 20.- Jarvis J, Seed MJ, Elton R, Sawyer L, Agius R. Relationship between chemical structure and the occupational asthma hazard of low molecular weight organic compounds. *Occup Environ Med.* 2005;62:243–250
- 21.- Kumar S, Khodoun M, Kettleson EM, McKnight C, Reponen T, Grinshpun SA, et al. glyphosate-rich air samples induce IL-33, TSLP and generate IL-13 dependent airway inflammation. *Toxicology.* 2014 Nov. 5;325:42-51. doi: 10.1016/j.tox.2014.08.008.
- 22.- Avila-Vazquez M, Difilippo F, Maclean B y Maturano E. Anomalías Congénitas y abortos espontáneos asociados a exposición ambiental a glifosato en un pueblo agrícola argentino. 38º CONARPE-SAP. 2017. Trabajo 112.
<https://reduas.com.ar/anomalias-congenitas-y-abortos-espontaneos-asociados-a-exposicion-ambiental-a-glifosato-en-un-pueblo-agricola-argentino/>
- 23.- Avila-Vazquez, M., Difilippo, F., Lean, B., Maturano, E. and Etchegoyen, A. (2018) Environmental Exposure to Glyphosate and Reproductive Health Impacts in Agricultural Population of Argentina. *Journal of Environmental Protection*, 9, 241-253. doi: 10.4236/jep.2018.93016.
- 24.- Sanborn, M., Bassil, K., Vakil, C. and Kerr, K. (2012) Systematic Review of Pesticide Health Effects. Department of Family Medicine, McMaster University, Ontario College of Family Physicians, Toronto. <http://ocfp.on.ca/docs/pesticides-paper/2012-systematic-review-of-pesticide.pdf>
- 25.- Trombotto, G.L. (2009) Tendencia de las Malformaciones Congénitas Mayores en el Hospital Universitario de Maternidad y Neonatología de la Ciudad de Córdoba en los años 1972-2003. Un Problema Emergente en Salud Pública (tesis). Universidad Nacional, Córdoba.
- 26.- Benitez Leite, S., Macchi, M.L. and Acosta, M. (2007) Malformaciones congénitas asociadas a agrotóxicos. *Pediatría (Asunción)*, 34, 111-121.
- 27.- Silva, S.R., Martins, J.L., Seixas, S., Silva, D.C., Lemos, S.P. and Lemos, P.V. (2011) Congenital Defects and Exposure to Pesticides in São Francisco Valley. *Revista Brasileira De Ginecologia E Obstetricia*, 33, 20-26.
- 28.- Winchester, P.D., Huskins, J. and Ying, J. (2009) Agrichemicals in Surface Water and Birth Defects in the United States. *Acta Paediatrica*, 98, 664-669. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2008.01207.x>
- 29.- Schreinemachers, D.M. (2003) Birth Malformations and Other Adverse Perinatal Outcomes in Four U.S. Wheat-Producing States. *Environmental Health Perspectives*, 111, 1259-1264. <https://doi.org/10.1289/ehp.5830>
- 30.- Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., López, S.L. and Carrasco, A.E. (2010) Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chemical Research in Toxicology*, 23, 1586-1595. <https://doi.org/10.1021/tx1001749>

- 31.- Dallegrave, E., Mantese, F.D., Coelho, R.S., Pereira, J.D., Dalsenter, P.R. and Langeloh, A. (2003) The Teratogenic Potential of the Herbicide Glyphosate-Roundup in Wistar Rats. *Toxicology Letters*, 142, 45-52. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(02\)00483-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(02)00483-6)
- 3.- Cava, T. and Könen, S. (2007) Detection of Cytogenetic and DNA Damage in Peripheral Erythrocytes of Goldfish (*Carassius auratus*) Exposed to a Glyphosate Formulation using the Micronucleus Test and the Comet Assay. *Mutagenesis*, 22, 263-268. <https://doi.org/10.1093/mutage/gem012>
- 33.- Mañas, F., Peralta, L., Raviolo, J., García Ovando, H. and Garcia-Schuler, H. (2009) Genotoxicity and Oxidative Stress of Glyphosate: In Vivo and in Vitro Testing. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 28, 37-41. DOI: 10.1016/j.etap.2009.02.001
- 34.- Alvarez-Moya, C., Silva, M.R., Ramírez, C.V., Gallardo, D.G., Sánchez, R.L., Aguirre, A.C. and Velasco, A.F. (2014) Comparison of the in Vivo and in Vitro Genotoxicity of Glyphosate Isopropylamine Salt in Three Different Organisms. *Genetics and Molecular Biology*, 37, 105-110. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572014000100016>
- 35.- Simoniello, M.F., Kleinsorge, E.C. and Carballo, M.A. (2010) Evaluación bioquímica de trabajadores rurales expuestos a pesticidas. *Medicina (B. Aires)*, 70, 489-498.
- 36.- Paz-y-Miño, C., Sánchez, M.E., Arévalo, M., Muñoz, M.J., Witte, T., De-la-Carrera, G.O. and Leone, P.E. (2007) Evaluation of DNA Damage in an Ecuadorian Population Exposed to Glyphosate. *Genetics and Molecular Biology*, 30, 456-460. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572007000300026>
- 37.- Peralta, L., Mañas, F., Gentile, N., Bosch, B., Mnedez, A. and Aiassa, D. (2011) Evaluación del daño genético en pobladores de Marcos Juárez expuestos a plaguicidas: Estudio de un caso en Córdoba, Argentina. *Diálogos*, 2, 7-26.
- 38.- Bernardi, N., Gentile, N., Mañas, F., Méndez, A., Gorla, N. and Aiassa, D. (2015) Assessment of the Level of Damage to the Genetic Material of Children Exposed to Pesticides in the Province of Córdoba. *Archivos Argentinos De Pediatría*, 113, 126-132. DOI: 10.5546/aap.2015.126
- 39.- Verseñazzi, D. (2016) Informe Final estudio de investigación perfil de morbilidad de San Salvador, Entre Ríos. Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario y Municipalidad de San Salvador. Recuperado de: <http://sansalvadorer.gov.ar/> https://drive.google.com/file/d/0BxleZzzva6_XWWI2UkJSekV1X1U/view
- 40.- Garay M, Zubiri JC, Estrella A, Avila- Vazquez M. Cáncer, la epidemia silenciosa: Mortalidad por cáncer en Canals entre abril de 2017 y marzo de 2018. 2 agosto, 2018 <https://reduas.com.ar/cancer-la-epidemia-silenciosa/>
- 41.- Ramirez, M.L., Berlingheri, B., Nicoli, M.B., Seveso, M.C., Ramirez, L., et al. (2012) Relación entre el uso de agroquímicos y el estado sanitario de la población en localidades de los Departamentos Bermejo, Independencia y Tapenagá de la Provincia del Chaco. Departamento de Geografía de la

Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste, Salud Investiga, Ministerio de Salud de la Nación.

http://redaf.org.ar/wp-content/uploads/2014/05/agroquimicos_salud_informechaco_minsalud.pdf

42.- Wigle DT, Turner MC, Krewski D. A systematic review and meta-analysis of childhood leukemia and parental occupational pesticide exposure. *Environ Health Perspect*. 2009 Oct;117(10):1505-13. doi: 10.1289/ehp.0900582.

43.- Patel DM, Jones RR, Booth BJ, Olsson AC, Kromhout H, Straif K, and International Childhood Cancer Cohort Consortium. Parental occupational exposure to pesticides, animals and organic dust and risk of childhood leukemia and central nervous system tumors: Findings from the International Childhood Cancer Cohort Consortium (I4C). *Int J Cancer*. 2020 Feb 15;146(4):943-952. doi: 10.1002/ijc.32388. Epub 2019 May 24. PMID: 31054169.

44.- Guyton, K.Z., Loomis, D., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., et al. (2015) Carcinogenicity of Tetrachlorvinphos, Parathion, Malathion, Diazinon, and Glyphosate. *Lancet Oncology*, 16, 490-491.

45.- Clapp RW, Jacobs MM, Loechler EL. Environmental and occupational causes of cancer: new evidence 2005-2007. *Rev Environ Health*. 2008 Jan-Mar;23(1):1-37. doi: 10.1515/reveh.2008.23.1.1. PMID: 18557596; PMCID: PMC2791455.

46.- Clapp RW, Jacobs MM, Loechler EL. Environmental and occupational causes of cancer: new evidence 2005-2007. *Rev Environ Health*. 2008 Jan-Mar;23(1):1-37. doi: 10.1515/reveh.2008.23.1.1. PMID: 18557596; PMCID: PMC2791455.

47.- Loyacono N. Crónica de un viaje por la provincia que me parió. 31 mayo, 2012. REDUAS. <https://reduas.com.ar/cronica-de-un-viaje-por-la-provincia-que-me-pario/>

48.- Von Ehrenstein OS, Ling C, Cui X, Cockburn M, Park AS, Yu F, Wu J, Ritz B. Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children: population based case-control study. *BMJ*. 2019 Mar 20;364:l962. doi: 10.1136/bmj.l962.

49.- Coullery RP, Ferrari ME, Rosso SB. Neuronal development and axon growth are altered by glyphosate through a WNT non-canonical signaling pathway. *Neurotoxicology*. 2016 Jan;52:150-61-doi: 10.1016/j.neuro.2015.12.004. Epub 2015 Dec 10. PMID: 26688330.

50.- REDUAS: Sociedad Brasileira de Pediatría lanza campaña por la reducción de agrotóxicos.2019. <https://reduas.com.ar/sociedad-brasileira-de-pediatria-contra-los-agrotoxicos/>

51.- Avila-Vazquez M, Difilippo FS, Mac Lean B, Maturano E. Environmental Exposure to Glyphosate and Risk of Asthma in an Ecological Study. *Global Journal of Medical Reserch*. Volume 21 Issue1 Version 1.0 Year 2021;DOI: 10.17406/GJMRA

Capítulo 8

Impacto de los agros tóxicos sobre la salud ambiental y neurodesarrollo.

Dr. Pablo Cafiero

La polución ambiental es la causa más importante de enfermedad y muerte prematura en el mundo de hoy, afecta en una forma desproporcionada a la población pobre, vulnerable, marginalizada y a las minorías. Los niños y niñas tienen mayor riesgo, y la exposición a dosis muy bajas durante períodos de ventanas de vulnerabilidad en la vida intrauterina y los primeros años de vida, puede provocar enfermedad, discapacidad y muerte en la infancia y a lo largo del ciclo vital.

Los efectos de la polución sobre la salud humana y el medio ambiente en general, han sido históricamente subestimados en términos de carga de enfermedad y costos económicos, sobre todo en países de bajos y medianos ingresos, donde además se suma un marco legal y de control laxo, escaso o ausente. Sumado a esto, en su mayoría son enfermedades no comunicables y están en gran medida fuera de las agendas de prevención y control. Pone en riesgo la salud planetaria, destruye ecosistemas y se encuentra en íntima relación con el cambio climático global.

La polución ambiental tiene un costo alto, es inequitativa y su carga muchas veces está subestimada y escondida en los gastos presupuestarios. La conexión entre polución y salud es fuerte y no ha sido lo suficientemente considerada en las agendas de salud global a pesar de la gran magnitud del problema. Más del 90% de las muertes causadas por polución se dan en países de bajos y medianos ingresos. La polución del ambiente aéreo, acuático y del suelo, producidos por la industria, minería, generación de electricidad, agricultura mecanizada y los vehículos basados en energía derivada del petróleo, continúan en aumento sobre todo en países emergentes de rápido desarrollo.

Dentro de los agentes más relevantes por sus efectos en la salud humana se encuentran los agrotóxicos. Estos efectos han sido pobremente definidos y subestimados, y en general, no se incluyen en los programas de enseñanza formación de grado y post grado. Nuevas y numerosas sustancias químicas y pesticidas han sido sintetizadas y producidas desde la década del 50 del siglo XX. Muchas de ellas están ampliamente dispersas en el medio ambiente y son responsables de una exposición humana prácticamente universal. Menos de la mitad han sido evaluadas para definir su seguridad y toxicidad, y solo en la última década y en países de altos ingresos han sido definidos protocolos de evaluación rigurosos previos a su introducción en el mercado.

Múltiples sustancias químicas y pesticidas/plaguicidas utilizadas sin ser previamente examinadas y evaluadas son responsables de episodios de enfermedad, muerte y degradación del medio ambiente. Ejemplos históricos incluyen el plomo, asbestos, DDT, PCBs y carbonos clorofluorados destructores de la capa de ozono.

En los últimos 20/30 años se han sumado al mercado nuevas sustancias neurotóxicas, disruptores endocrinos, herbicidas químicos, insecticidas, fármacos y nanomateriales con capacidad de causar daño a la salud humana y al medio ambiente. Estudios sobre los mismos vienen demostrando que estos agentes causan daño en la salud humana y en el ambiente.

La búsqueda de productividad a corto plazo sin considerar la sustentabilidad ecológica, ha provocado niveles insostenibles de contaminación.

La polución, tanto en ámbitos urbanos como rurales, se ha transformado en una causa mayor de enfermedad en los niños. A los tradicionales riesgos de la polución del aire en ambientes cerrados y la contaminación del agua, se agregan la polución ambiental del aire en las ciudades, el cambio climático, los químicos industriales, pesticidas, metales pesados y basura peligrosa. La OMS estima que un 17% de las muertes de niños en naciones desarrolladas es atribuible a la exposición medio ambiental y 24% en países en desarrollo, provocando más muertes que el SIDA, la tuberculosis y la malaria combinados.

A diferencia de las formas tradicionales de contaminación en los países más pobres, que provocan en los niños diarrea, neumonía y otras enfermedades infecciosas, las amenazas modernas provocan principalmente condiciones crónicas, como el asma, trastornos del neurodesarrollo, malformaciones congénitas, obesidad, diabetes, enfermedad cardiovascular, problemas de la salud mental y cáncer. En países emergentes y con rápido desarrollo industrial se combinan ambas amenazas, y en países pobres se suma y potencia además el riesgo provocado por más de 2 millones de toneladas por año de sustancias tóxicas importadas.

Los pesticidas comprenden un grupo numeroso de sustancias, con toxicidad heterogénea, algunas altamente tóxicas y prohibidas en muchos países desarrollados, que se continúan usando masivamente en distintas áreas del mundo para mejorar el rendimiento de los cultivos en la agricultura (85% de la producción mundial), en salud pública (10%) para el control de las enfermedades transmitidas por vectores (malaria, dengue, Chagas), control de roedores, en la ganadería y en el cuidado de animales de cría y domésticos, para mantener el cuidado de jardines y en los hogares, etc.

La contaminación ambiental por plaguicidas se origina fundamentalmente en las aplicaciones en campos cultivados, donde los restos se dispersan y se convierten en contaminantes para animales y plantas, suelo, aire y agua. Ingresan en las cadenas alimentarias y se distribuyen a través de ellas, se concentran y acumulan.

Son clasificados según el tipo de organismo-blanco o por su composición química, vida media y según su uso, e incluyen insecticidas, herbicidas, rodenticidas y fungicidas. Pueden provocar intoxicación por exposición accidental o intencional con efectos agudos o a largo plazo por exposición crónica a bajas dosis. Están descritas cuatro formas: toxicidad oral aguda, toxicidad dérmica, toxicidad por inhalación y toxicidad crónica.

Representan un desafío sustancial a la salud humana, sobre todo de la población pediátrica, la cual tiene una vulnerabilidad única en vista de factores relacionados con su desarrollo, factores nutricionales y fisiológicos/metabólicos. La exposición puede ocurrir intra-útero por vía transplacentaria, por ingestión de comida y bebida contaminada (incluyendo leche materna), inhalación o a través de la piel y va a estar influenciada por el grado de la exposición en su hogar, y por la cercanía con áreas cultivadas tratadas con pesticidas.

Los niños están más expuestos por realizar actividades de juego cerca o en el suelo, explorar objetos oralmente, consumir por peso mayor cantidad de agua y alimentos (con sistemas excretores y función hepática más inmaduros), consumir más aire en relación con su peso corporal, tener mayor proporción de agua versus grasa corporal, estar en períodos sensibles y

de ventana del neurodesarrollo, tener órganos en período de formación en la vida postnatal, y por estar expuestos durante un período de vida más largo desde la concepción, incorporando además la historia de exposición ambiental por parte de sus padres. Asimismo, los metabolitos de los pesticidas pueden bloquear la absorción de nutrientes críticos.

La exposición a pesticidas y otros tóxicos medioambientales es un factor mayor causal de disfunción del sistema nervioso central en ventanas de vulnerabilidad en períodos críticos de la organogénesis e histogénesis, provocando alteraciones cognitivas y conductuales como consecuencia de la afectación a nivel histológico, químico y fisiológico y/o provocando malformaciones de estructuras en desarrollo. Varias clases de agroquímicos pueden causar alteraciones del desarrollo cerebral al interferir con la función neuroendocrina (disruptores endocrinos). Este compromiso se acompaña de consecuencias funcionales de distinto grado de impacto, a veces, permanente, y gran costo familiar, social, económico y en la calidad de vida.

Se lo considera una pandemia silente y prevenible de la sociedad moderna, y ha sido ligado a peor pronóstico en habilidades verbales, memoria, problemas de aprendizaje, menor CI, mayor riesgo de TEA y TDAH. La exposición a tóxicos medioambientales, podría en parte, explicar el aumento de la prevalencia de los trastornos del neurodesarrollo en las últimas décadas, donde a factores de predisposición genética se sumarían factores epigenéticos, (Larguía M., PRONAP Cap 1, Año 2020).

Por lo tanto, se recomienda que los protocolos de evaluación de toxicidad incluyan evaluaciones del desarrollo psicomotor, de funciones neurocognitivas y de la conducta, dado que los protocolos abreviados usados para pesquisa de toxicidad subestiman estos efectos sobre el neurodesarrollo. La afectación en la fisiología del desarrollo del SNC comprobada por el efecto de algunas de estas sustancias debe ser considerada la punta de un gran iceberg. Dependiendo de la edad, período del desarrollo del niño, tipo, dosis y tiempo de exposición pueden afectar el sistema nervioso en forma insidiosa, inicialmente inadvertida (neurotoxicidad silente). Por lo tanto, se recomienda que los protocolos de evaluación de toxicidad incluyan evaluaciones de funciones neurocognitivas y de la conducta, dado que los protocolos abreviados usados para pesquisa de toxicidad subestiman los efectos sobre el neurodesarrollo. La afectación en la fisiología del desarrollo del SNC comprobada por el efecto de algunas de estas sustancias debe ser considerada la punta de un gran iceberg. Dependiendo de la edad, período del desarrollo del niño, tipo, dosis y tiempo de exposición pueden afectar el sistema nervioso en forma insidiosa o de forma inicialmente inadvertida (neurotoxicidad silente).

Son necesarios estudios prospectivos epidemiológicos a gran escala, que incluyan cohortes de recién nacidos y que permitan evaluar los efectos tóxicos de la exposición temprana sobre la salud pediátrica y los riesgos de la exposición sobre el neurodesarrollo. La vulnerabilidad del cerebro humano y su especial susceptibilidad en el desarrollo temprano requieren cambios en la agenda preventiva de salud pública de todos los países.

Los pediatras deberán evaluar el crecimiento físico del niño (en base a las Tablas argentinas de crecimiento) y el desarrollo psicomotor del niño con la Prueba Nacional de Pesquisa (PRUNAPE), herramientas ambas creadas y validadas en nuestro país. La PRUNAPE es recomendada por el Comité de Crecimiento y Desarrollo y el Comité de Pediatría Ambulatoria de la Sociedad Argentina de Pediatría. La PRUNAPE es una herramienta sencilla, confiable y

costo-efectiva para la detección de problemas inaparentes del desarrollo. Ha sido debidamente validada y tiene una alta especificidad y sensibilidad para detectar una amplia gama de problemas de desarrollo (1). Para su administración segura, es necesario capacitarse. El Hospital Garrahan dicta cursos de capacitación presenciales y a distancia (informes: prunapevirtual@gmail.com y prunape_garrahan@yahoo.com.ar, o en el campus del hospital Garrahan: dadi@garrahan.edu.ar)

En niños de bajo riesgo, se recomienda a administrarla a los 18 meses y a los 3-4 años (2); en niños de riesgo (que viven en zonas fumigadas) recomendamos administrarla una vez por año. Para su implementación en grupos de población, ver una publicación específica (3).

La introducción de cambios orientados a la prevención es una posible solución para mitigar los efectos de la polución en la salud humana y aliviar los efectos del cambio climático. La polución puede ser prevenida y ya no debe ser vista como una causa inevitable que impida el desarrollo económico. Esto requiere una combinación de cambios en el marco legal regulatorio y del tipo de tecnología usada para producir energía. Estas modificaciones han demostrado en los países de altos ingresos una reducción en el número de muertes por causa cardiovascular y enfermedad respiratoria, así como una mayor productividad económica.

Por otra parte, la alternativa a los efectos sobre la salud y el ambiente del empleo excesivo e indiscriminado de pesticidas, es el uso de productos y sistemas naturales, orientados a la agricultura ecológica realizando un manejo integrado y ecológico de plagas, fomentando la agricultura orgánica.

Desde el campo de la atención pediátrica, es fundamental el registro de la información relevante. hay varias propuestas de historia clínica ambiental pediátrica, ver capítulo 12 y ANEXO 3.

Bibliografía consultada

- 1) Landrigan P, Fuller R, Acosta N et al. The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet Commissions. October, 2017
- 2) Miller M, Marty M, Landrigan P. Children's Environmental Health. Beyond National Boundaries. *Pediatr Clin N Am* 63 (2016) 149-165
- 3) Sheffield P, Landrigan P. Global Climate Change and Children's Health: Threats and Strategies for Prevention. *Environmental Health Perspectives*. Volume 119, Number 3, March 2011.
- 4) Arguello Velazquez J, Negrutiu I. Agriculture and global physicochemical deregulation: planetary boundaries that challenge planetary health. *Lancet Planet Health*, Vol 3, January 2019
- 5) Pepson P, Murray K, Bach O, Bonilla M, Neumeister L. Selection of pesticides to reduce human and environmental health risks: a global guideline and minimum pesticides list. *Lancet Planet Health* 2020; 4: e56-63
- 6) Landrigan P, Fuller R, Horton R. Environmental pollution, health, and development: a Lancet-Global Alliance on Health and Pollution-Icahn School of Medicine at Mount Sinai Commission. *Lancet*, Vol 386, October 10, 2015
- 7) Hirtz D, Campbell C, Lanphear B. Targeting environmental neurodevelopmental risks to protect children. *Pediatrics* Vol 39, No. 2, February 2017
- 8) Roberts J, Karr C and Council on Environmental Health. Pesticide exposure in children. *Pediatrics*, Vol 130, No.6, December 2012
- 9) *Environmental Health Perspectives*. 2015 Children's Health Collection

- 10) Colborn T. A case of revisiting the safety of Pesticides: A closer look at Neurodevelopment. Vol 114, No. 1, January 2006. Environmental Health Perspectives.
- 11) Bernardi N, Gentile N, Mañas F, et al. Evaluación del nivel de daño en el material genético de niños de la provincia de Córdoba expuestos a plaguicidas. Arch Argent Pediatr 2015; 113(2):126-132.
- 12) Liu J, Schelar E. Pesticide Exposure and Child Neurodevelopment. Summary and Implications. Workplace Health&Safety. Vol.60, No.5, 2012.
- 13) Sappamrer R, Hongsibsong S. Effect of prenatal and postnatal exposure to organophosphate pesticides on child neurodevelopment in different age groups: a systematic review. Environmental Science and Pollution Research (2019) 26:18267-18290.
- 14) Tellerías L. Paris E. Impacto de los tóxicos en el neurodesarrollo. Rev Chil Pediatr 2008; 79 Supl (1): 55-63
- 15) Del Puerto Rodríguez A, Suárez Tamayo S, Palacio Estrada D. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 2014; 52(3):372-387.
- 16) Arroyo H, Fernández MC. Tóxicos ambientales y su efecto sobre el neurodesarrollo. Medicina (Buenos Aires) 2013; (Supl. I): 93-102
- 17) Molina J, Zarate S, González J, Núñez N. Efectos sobre el neurodesarrollo asociados a un ambiente de riesgo de exposición a pesticidas. Cuadernos de Neuropsicología/ Panamerican Journal of Neuropsychology. 2019, Vol. 13 No. 3 41-47.
- 18) Morales Ovalles Y, Miranda de Contreras L, Di Bernardo Navas M. Neurotoxicidad de los plaguicidas como agentes disruptores endocrinos: Una revisión. Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel". 2014; 45(2).
- 19) Pascucci MC, Lejarraga H, Kelmansky D, y col. Validación de la Prueba Nacional de Pesquisa PRUNAPE. Archivos Argentinos de Pediatría, 100 (5) 374 – 385, 2002.
- 20) Lejarraga H. La detección oportuna de problemas de desarrollo. La Prueba Nacional de Pesquisa (PRUNAPE). pp 447-450: Comité Nacional de Pediatría Ambulatoria. Sociedad Argentina de Pediatría. Manual para la Supervisión de la Salud de Niños, Niñas y Adolescentes. Coordinadores: Boggiano E, Breitman F, Andrade M. SAP – Fundasap. 20103.104 Lejarraga H, Kelmansky DM: Desarrollo infantil en Argentina. 2021. Paidós, Buenos Aires, en prensa.

Capítulo 9

Efectos de los agrotóxicos en el desarrollo embrionario y en el sistema nervioso infantil.

Dr. Damián E. Markov, Dr. Ignacio Bocles

Introducción

Nos proponemos aquí dar cuenta sobre la evidencia existente respecto a los efectos nocivos de los agrotóxicos en el desarrollo embrionario.

El estudio sistemático de las enfermedades y condiciones generadas a nivel prenatal es históricamente incumbencia del campo del conocimiento llamado tradicionalmente “**teratología**” aunque en la actualidad distintas áreas confluyen en la descripción de la influencia del ambiente en el desarrollo: los estudios sobre **carcinogénesis** y **disrupción endocrina**, así como aquellos referidos a la **programación fetal** y la **herencia epigenética** nos obligan a configurar nuevamente la forma en que entendemos el desarrollo en general y el embrionario/fetal en particular.

La noción sobre los complejos sentidos que imprime el ambiente en la génesis y desarrollo de los individuos y poblaciones es intuitiva desde Paracelso, y se encuentra muy jerarquizada en conocimientos populares de diversas culturas. Solo en las últimas décadas comenzamos a acumular evidencia científica novedosa que nos permite describir algunas de las maneras en que suceden estos fenómenos.

En este apartado nos proponemos abordar estos aspectos de lo simple a lo complejo, explorando en particular las evidencias acumuladas en la embriología respecto a los daños que generan los agrotóxicos en el desarrollo.

Según la Teratología clásica, las alteraciones del desarrollo se pueden clasificar por diversos criterios, rescatamos en particular dos de ellos que consideramos oportunos para los fines de este texto:

1) De acuerdo con la repercusión clínica:

- a. *Anomalías mayores*: tienen consecuencias médicas, funcionales o cosméticas
- b. *Anomalías menores*: suelen considerarse variantes de la normalidad, aunque la asociación de dos o más anomalías menores generalmente se asocia con una mayor probabilidad de padecer una anomalía mayor

2) De acuerdo con el momento del desarrollo en el cual sucede*

- a. *Malformación*: alude a alteraciones estructurales de un órgano o parte de un órgano. Pueden derivar en la ausencia de un órgano, o en el déficit total o parcial de función. Se originan en los “períodos críticos” del desarrollo de ese órgano o aparato, que más allá de ciertas variaciones y excepciones suelen situarse entre la 3° y 8° semana del desarrollo.
- b. *Disrupción*: de la misma manera que las malformaciones, alude a alteraciones estructurales de un órgano o parte de un órgano, que se suelen originar por presiones mecánicas o interrupción de la irrigación.

- c. *Deformación*: En este caso, la alteración del desarrollo es un cambio en la forma de una estructura.

A su vez, conviene recordar que se suelen considerar las primeras dos semanas del embarazo como período de “todo o nada”, en las cuales el embrión puede regular la injuria ambiental y desarrollar normalmente o devenir en un aborto (subclínico).

La etapa inmediatamente siguiente (entre la tercera y octava semana) es la que se vincula más frecuentemente con la malformación como resultado de la injuria de los teratógenos. Siguiendo la línea temporal, el impacto de los teratógenos en el período siguiente se caracteriza por la aparición de deformaciones y disrupciones. Finalmente, el efecto de la injuria más tardía se vincula con retrasos del crecimiento intrauterino y trastornos funcionales.

Desde este punto de vista, un mismo teratógeno puede, de acuerdo con el momento del desarrollo en que esté generando injuria, provocar cualesquiera de las variables patológicas en distintos órganos.

¿Dosis sola facit venenum?

El estudio experimental en modelos animales permitió describir diversos modos de toxicidad de los teratógenos en relación con sus características fisicoquímicas. En algunos casos, la relación es lineal y a mayores dosis de determinada sustancia en exposiciones agudas se observa mayor impacto directo. Pero es frecuente que nos encontremos con tóxicos que se comportan de otras maneras, sea por generar más daño en exposiciones a bajas dosis a lo largo del tiempo o incluso, en ciertos casos, exposiciones breves a bajas dosis de una sustancia pueden generar efectos gravísimos en el desarrollo y la salud.

Si bien hay ejemplos de estudios epidemiológicos que acompañan estas clasificaciones (por ejemplo, en el daño generado por la comercialización de la talidomida en la década del 60'), el único medio en donde podemos acercarnos a la situación “ideal” en donde una sustancia exógena actúa “sola” en el desarrollo embrionario es en la experimentación de mesada de laboratorio, en modelos animales. En el ambiente, múltiples sustancias interactúan entre sí, generando variaciones cinéticas y dinámicas, aumentando o disminuyendo su vida media, aumentando o disminuyendo su toxicidad aguda y en algunos casos modificando la calidad de su toxicidad. Sin embargo, el estudio experimental de las interacciones tóxicas de distintos compuestos es un área prácticamente vacante, con valiosas excepciones en nuestro territorio.⁵⁴

Así como en el análisis eco sistémico se complejiza el estudio de las múltiples sustancias que tienen impacto en la salud e interactúan entre sí, en una población también se expresará la diversidad: habrá embriones, fetos e individuos más o menos susceptibles a esas sustancias, ya sea por su capacidad de metabolizarlas, por su historia nutricional previa, por comorbilidades o incluso por las situaciones materiales que signifiquen estar más o menos expuestos en un mismo territorio a esos tóxicos.

⁵⁴Rafael Lajmanovich del laboratorio de Eco toxicología de la Universidad Nacional del Litoral dedica buena parte de su trabajo en modelos animales para comprender los sinergismos entre distintos agrotóxicos y elementos que pueden estar presente en el ambiente.

Todas estas aristas suman complejidad a la problemática, haciendo imposible que un solo modelo o forma de estudio sea suficiente para abordar el impacto en la salud socio-ambiental de los contaminantes ambientales.

Formas clásicas de generación de injuria en el desarrollo

El complejo conjunto de instrucciones que organiza la génesis de un individuo es llamado “programa de desarrollo”. Este programa de desarrollo está codificado en la información citoplasmática y nuclear de las células del embrión. Esto nos aleja de la concepción reduccionista del ADN como un organizador absoluto del desarrollo tanto normal como anómalo y nos plantea la necesidad de interpretar al desarrollo como un proceso dinámico, en el que interactúan el genoma y las moléculas y sustancias citoplasmáticas, mientras que cada una de ellas mantiene un vínculo particular con el ambiente embrionario y extraembrionario. Esto quiere decir que el ambiente -tanto el saludable como el tóxico- puede interactuar con el embrión en todos los niveles de organización de la materia y tener efectos protectores, coherentes con el desarrollo, o generar injuria en alguno o varios de esos niveles.

Los teratógenos podrán entonces generar impactos mediante mecanismos de **genotoxicidad** con el consiguiente aumento de probabilidad de aparición de aberraciones cromosómicas o mutaciones, o disminuyendo la capacidad de reparación del ADN. Podrán generar su impacto provocando mecanismos de **citotoxicidad**, dañando las membranas celulares o gatillando la muerte celular por distintas formas de alteración de la integridad celular. Pero también podrán generar su impacto alterando la compleja **red informativa extracelular**, alterando la matriz extracelular o interfiriendo en gradientes de morfógenos y sustancias que regulan el diálogo celular y tisular, instruyendo a los tejidos a comportarse de una manera u otra (proliferar, migrar, diferenciarse, desencadenar apoptosis) en un sentido particular del desarrollo.

El estado del arte en el estudio del impacto ambiental en el desarrollo, incorporó recientemente las nociones de **programación fetal** y **herencia epigenética**. Resulta particularmente importante destacar estas áreas, porque describen cada vez más formas de respuesta de diversas especies (incluida la humana) a contextos ambientales desde momentos tempranos del desarrollo y que tienen efectos que se pueden evaluar individual y poblacionalmente.

La programación fetal estudia cómo la presencia o ausencia de determinados estímulos (desde tóxicos hasta nutrientes) en momentos prenatales pueden condicionar el desarrollo postnatal del individuo de manera tal que tenga cierta tendencia a metabolizar de una u otra manera ciertos nutrientes o aumente las chances de aparición de enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión o incluso diversas formas de cáncer en momentos más tardíos de la vida.

La herencia epigenética, por su parte, incorpora el efecto que puede tener la exposición ambiental a ciertos tóxicos o los efectos de la restricción nutricional⁵⁵ de manera tal que se

⁵⁵ Estrictamente hablando, los estudios que dieron pie a las nociones sobre herencia trans-generacional fueron epidemiológicos. Tanto aquellos referidos a la “hambruna holandesa” (ocurrida en el contexto de la segunda guerra mundial, en el invierno entre 1944 y 1945) como los estudios de la ciudad agrícola de Overkalix, en Suecia, dan cuenta sobre los impactos transgeneracionales que tienen tanto de la restricción dietaria como de la satisfacción de las necesidades dietarias, de manera diferencial en varones y mujeres a lo largo de las generaciones subsiguientes: Aumento de probabilidad de padecer enfermedades metabólicas y cardiovasculares, efectos en la fertilidad y expectativa de vida, entre otros parámetros, se vieron alterados en estos primeros estudios.

generen impactos en la descendencia incluidos aquellos embarazos que se desarrollaron cuando la exposición tóxica o la restricción nutricional hayan cesado.

Los productos estrella de la industria química moderna (desde los bifenilo policlorados hasta los agrotóxicos) son los tristes protagonistas de los estudios de laboratorio que nos están permitiendo conocer estos procesos ontogenéticos, poblacionales y probablemente filogenéticos en mayor profundidad. Con este conocimiento, la exposición masiva de la población a estos químicos, con un crecimiento potencial desde los años 70 a la actualidad, es el experimento a cielo abierto más grande y antiético que la humanidad conozca.

Efectos de los agrotóxicos en el desarrollo

Los agrotóxicos modernos cumplen de diversas maneras todos los tipos de efectos tóxicos en el desarrollo descritos previamente: genotoxicidad y citotoxicidad, disruptor del diálogo intercelular actuando a nivel de morfógenos o incluso como disruptores endocrinos, y generando impactos crónicos en el contexto de programación fetal y transgeneracionales, según estudios de herencia epigenética.

La identificación de la participación de los agrotóxicos en esta amplia gama de procesos resulta problemática para la evaluación del médico asistencial dado que, en lo inmediato, corresponde evaluar la exposición a agrotóxicos en casos de abortos espontáneos y malformaciones mayores, así como en enfermedades oncológicas y onco-hematológicas en la niñez y trastornos endócrino-metabólicos de temprana aparición.

Los estudios epidemiológicos en territorio, asociando agrotóxicos con defectos congénitos **encuentran asociaciones positivas entre zonas agroextractivistas / épocas de fumigaciones y gestas con alteraciones en el desarrollo.** La mayoría de estos estudios se enfocó en el estudio de las variaciones en la frecuencia de aparición de las anomalías congénitas más frecuentes (malformaciones cardiovasculares, defectos del cierre del tubo neural, alteraciones urogenitales y defectos musculo esqueléticos). Corresponde señalar que aún son pocos los estudios de estas características y resta mucho trabajo para poder describir cabalmente el daño efectivo generado en cada territorio.

En este contexto, nos parece adecuado señalar que en las tareas preventivas y en la responsabilidad del médico inmerso en las comunidades, **resulta cada vez más evidente la necesidad de generar registros epidemiológicos particulares de nuestras comunidades para evidenciar tanto perfiles de morbi-mortalidad como “variantes de la normalidad” que puedan estar siendo generadas o condicionadas por esas exposiciones ambientales.**

No nos detendremos aquí en la discusión sobre la cantidad de un tóxico aceptable a la que podría ser expuesto un niño o una población. Bajo ningún punto de vista podemos avalar la exposición a agentes dañinos a ningún sector de la población, siendo la niñez uno de los más vulnerables. Pero, así como debemos abogar por la erradicación de estos químicos en

nuestros ambientes, es igualmente necesario evaluar el daño que están teniendo en tanto estén presentes para diseñar las medidas sanitarias más adecuadas para cada territorio.

A continuación, exploraremos a modo de ejemplo, diversos tipos de evidencias respecto a la toxicidad en el desarrollo que genera la exposición a algunos de estos productos químicos.

No pretendemos aquí dar cuenta de toda la evidencia de cada uno de los compuestos, sino proponer algunos trabajos ilustrativos tanto epidemiológicos en humanos, como experimentales en modelos animales.

Los agrotóxicos fueron elegidos en base a tres criterios:

- 1) Que su uso sea legal en la actualidad en el territorio argentino o, en su defecto, que se encuentre en territorio a pesar de las restricciones que pesen sobre el mismo.
- 2) Que correspondan a distintos “objetivos biocidas” (herbicidas, insecticidas, fungicidas, acaricidas, etc.).
- 3) Que dentro de sus grupos correspondan a productos de mayor uso.

Sin lugar a duda, tanto el herbicida glifosato como el más reciente glufosinato, son productos de particular importancia en el contexto del sistema agro-extractivista basado en semillas intervenidas genéticamente para tolerarlos, lo cual llevó al primero a ser el agrotóxico con mayores magnitudes de liberación ambiental en los últimos 20 años. Dejaremos este caso para el final.

Clorpirifos

Se trata de un **insecticida** organofosforado, cuyo mecanismo de acción es la inhibición de la acetilcolinesterasa que genera el colapso del sistema nervioso de los insectos. Su registro data de 1965 por la corporación Dow Chemical, pero en la actualidad es producida por varias compañías químicas.

Diversos estudios epidemiológicos dan cuenta del impacto de la exposición prenatal a clorpirifos en el neurodesarrollo de los niños, han observado **efectos dosis-dependientes** que involucran **alteración del desarrollo psicomotor, alteraciones en la atención e hiperactividad.**

Existe una relación estadísticamente significativa entre la exposición a concentraciones elevadas de clorpirifos de forma subaguda en período prenatal y bajo peso y talla al nacer, deterioro cognitivo y motor, trastornos por déficit de atención e hiperactividad, y problemas de desarrollo a los 3 años, trastornos de memoria y coeficiente intelectual a los 7 años, y temblores infantiles a los 11 años.

También se han demostrado alteraciones estructurales significativas en cerebros de niños de 7-9 años, comparado con controles de la misma edad.

Por lo tanto, la toxicidad en el neurodesarrollo del **clorpirifos** puede manifestarse aún en ausencia de una significativa inhibición de AChE. Adicionalmente, no se puede descartar la posibilidad que los niveles intrauterinos de clorpirifos sean sustancialmente más elevados que los medidos en cordón umbilical debido a que la vida media de los mismos está calculada en 27 hs. Los niveles de clorpirifos en cordón umbilical proveen una imagen estática del grado de

exposición más que una evaluación precisa de la carga prenatal total de organofosforados experimentada por el organismo en gestación.

En modelos animales, el clorpirifos ha demostrado **generar toxicidad reproductiva**. Incluso a dosis menores a las reportadas como tóxicas, se observa **aumento en abortos tardíos**, pero también **alteraciones en la histoarquitectura del sistema nervioso central y en la musculatura**. En varones adultos se describió la disminución en la cantidad de espermatozoides y alteraciones morfológicas en los mismos.

La exposición aguda de clorpirifos en ratas gestantes, en dosis consideradas seguras para las mismas, generó en su descendencia un aumento significativo tanto de abortos como de malformaciones esqueléticas a nivel troncal y paladar hendido.

El clorpirifos es uno de los ejemplos a señalar dentro de los **disruptores endocrinos**. En diversos experimentos se demostró que en “dosis ambientales” puede generar **alteraciones en los ejes tiroideo y gonadal**, asociándolo no solo a una variación en los parámetros bioquímicos en el dosaje de hormonas, sino también a alteraciones de la histoarquitectura de la mama, como aumento de la proliferación ductal y adenosis. En esta misma línea, estudios en carcinogénesis han demostrado el aumento de incidencia de tumores de mama hormono-dependientes en modelos animales expuestos a este tóxico. En estudios realizados en ratas macho, la exposición a clorpirifos en dosis bajas generó disminución en el conteo de espermatozoides, así como aumento de las anomalías morfológicas de los mismos.

Atrazina

Se trata de un **herbicida** del grupo de las triazinas, se ubica entre los más utilizados del mundo luego del Glifosato. Es uno de los ejemplos de toxicidad probada más diversa en distintos modelos animales y estudios epidemiológicos. En trabajos hechos en modelos animales, en particular en ranas (uno de los modelos más ampliamente aceptados para evaluar la probabilidad de aparición de anomalías mayores en humanos), la atrazina generó **malformaciones a nivel del eje mayor del cuerpo, a nivel vertebral y neural, así como también a nivel renal, cardiovascular y digestivo**. En todos los casos se observó aumento en la tasa de apoptosis y una disminución en el crecimiento.

En modelos de rata, se observaron **alteraciones en la formación de genitales externos**, en particular hipospadias a bajas dosis de exposición a las ratas gestantes, sin efecto observado en las hembras gestantes. Acumula evidencia respecto a **su genotoxicidad** y como **disruptor endocrino** se la relaciona fuertemente con **nacimientos pretérmino, con defectos de cierre del tubo neural y con alteraciones de los miembros**.

En cuanto a su rol como disruptor endocrino, acumula evidencia sobre su **efecto en el eje gonadal tanto en testículo como en ovario**. Los efectos tóxicos en la línea XY fueron estudiados con modelos animales para evaluar la **herencia transgeneracional**, en los que **se han observado efectos que se manifiestan hasta tres generaciones después de la exposición a la sustancia**.

Imidacloprid

Este tóxico es uno de los **insecticidas neonicotinoides** más utilizados. Este grupo de químicos se encuentra en el foco de discusión por sus efectos sobre las abejas y su relación

con la dramática caída en la población mundial de estos insectos (desorden de colapso de colonias), en algunos casos poniendo en riesgo a algunas especies completas de los mismos.

Si bien no es motivo de este texto, nos parece relevante destacar que este es uno de los casos en donde los efectos eco-sistémicos –en este caso de un único tipo de químico- pone sobre la mesa cómo los efectos “indirectos” pueden ser cualitativamente superiores a los directos. La disminución/desaparición de la población de abejas en cualquier territorio es dramática, y el análisis de sus efectos se complejiza, porque requiere interpretar la interrupción de los ciclos biológicos de muchísimas plantas, con la reducción de la biodiversidad “corriente abajo”, alterando dinámicas ambientales, diezmando la agricultura (más de la mitad de los cultivos más desarrollados en todo el mundo requieren a las abejas como polinizadoras) afectando la disponibilidad de nutrientes y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Por otro lado la disminución de los ciclos de vida de gran cantidad de plantas también significa el aumento de la erosión de los suelos, y cambios en los ciclos locales de agua, entre varios etcéteras cada vez más complejos de analizar y con un daño profundo a la vida en general y a la humanidad muy difícil de calcular en su extensión.

Los estudios en modelos animales demostraron efectos variados en el desarrollo. En el modelo de pollo se observó **retraso en el crecimiento, deformaciones de miembros y ectopias viscerales**, pero también **defectos en la histoarquitectura del sistema nervioso**. En ratas se describen efectos similares, con alteraciones cefálicas (en donde incluyen también **hidrocefalia y anoftalmia**), **hipoplasia pulmonar y renal**, así como también **cardiomegalia**. Otros estudios han demostrado su **toxicidad reproductiva**, alterando la histoarquitectura testicular a nivel posnatal. Su intervención como **disruptor endocrino** se observó en mamíferos, con efectos tanto receptores **estrogénicos como tiroideos**, generando una acumulación de lípidos, con lo cual se lo propone como **obesógeno**.

En los estudios sobre exposición de humanos, se ha asociado a **cardiopatías congénitas**, como tetralogía de Fallot, y **defectos del tubo neural/anencefalia**.

Se ha reportado tanto la **citotoxicidad** como la **genotoxicidad** marcada de los neonicotinoides en general y del imidacloprid en particular, vinculándolo con los reportes de carcinogenicidad.

2,4-D

Se trata de uno de los **herbicidas** más utilizados en el mundo. Sus mecanismos de toxicidad tisular, además de la **cito y genotoxicidad**, involucran la **inducción de la apoptosis a bajas dosis**.

En modelos animales, su teratogenicidad como único agente de exposición se describió como **dosis-dependiente**. Ha demostrado **neurotoxicidad, teratogenicidad y efectos a nivel reproductivo**, tanto a nivel directo en gónadas y afectando al líquido seminal. Se han descrito también sus efectos **como disruptor endocrino en el eje gonadal**, tanto ovárico como testicular. En modelos de rana ha demostrado **teratogenicidad** afectando tanto a la **región faríngea como a la caudal**, además de generar **alteraciones en la histoarquitectura renal**. En cultivos celulares de línea neural de mamíferos ha demostrado alterar la actividad de las células de Schwann y la consiguiente alteración de la capa perineural. Estos resultados son

coincidentes con los estudios que reportan la desmielinización cerebral en ratas expuestas a este tóxico.

En estudios epidemiológicos se lo relacionó con **abortos de segundo y tercer trimestre**, así como al aumento de casos de **meningocele**.

Paraquat

Este producto es un **herbicida** de contacto usualmente conocido por su toxicidad aguda en adultos y niños. Si bien desde el 2020 está en camino de prohibirse, sigue estando presente en nuestro medio y ha ejercido su efecto por muchos años.

No solo ha demostrado un severo **aumento en la mortalidad embrionaria** en *Xenopus* (*un género de rana africana*) expuestos a bajas dosis, sino que se ha descrito su efecto embriotóxico en diversos momentos del desarrollo, con **alteraciones morfológicas severas en desarrollo temprano** y generando **restricción del crecimiento** y alteraciones morfológicas mayores, que incluyen **malformaciones en el esqueleto axial** (vértebras /costillas) y **microcefalia**. En modelos de rata, a nivel del sistema nervioso, promueve cambios en su histoarquitectura por mecanismos inflamatorios en la microglia, así como por **inhibición de la neuroproliferación**. Su efecto ha sido descrito particularmente a nivel del hipocampo en diversos estudios en modelos animales.

Carbofuran

Este **insecticida** es uno de los **carbamatos** más tóxicos que se conocen, y si bien está prohibida su producción desde 2018, es probable encontrarlo en territorio. En Argentina fue tristemente célebre en los últimos años por la muerte de una niña en corrientes en 2017 y por la muerte de 34 cóndores en Mendoza en 2018. Ambos casos por intoxicaciones agudas.

Se trata, a su vez, de un **disruptor endocrino** a bajas dosis, con un efecto antagonista a testosterona y actuando también en el eje gonadal femenino de manera indirecta, al aumentar las concentraciones circulantes de progesterona.

En modelo de *Xenopus* ha demostrado tener **efectos en la gran anatomía**, con la **alteración del tamaño de las cavidades corporales**. Ese mismo estudio describe también alteraciones en la **histoarquitectura a nivel visceral** en el tubo digestivo. *

Glifosato

Este compuesto merece particular atención en la actualidad por diversos motivos: además de ser el herbicida más utilizado, es el agrotóxico que mayor volumen se libera al ambiente en el mundo. A pesar de que la promesa tecnológica planteaba que cada vez se requeriría menos del mismo, su uso aumentó drásticamente por la aparición progresiva de plantas resistentes y por ser, al igual que el glufosinato, una pieza clave del “paquete tecnológico” que involucra semillas modificadas por transgénesis y edición genética para tolerar estos venenos.

El crecimiento exponencial de su uso desde mediados de la década de 1990 hasta la fecha, en paralelo con la creciente manifestación de comunidades respecto al aumento de

enfermedades crónicas no transmisibles (trastornos metabólicos, patologías tiroideas, enfermedades congénitas y distintos tipos de cáncer) motivó que cada vez más grupos de investigación de todo el mundo estudiaran el comportamiento y los efectos de esta molécula y sus distintas formulaciones comerciales.

Un estudio realizado en Septiembre 2019 analizó toda la producción científica vinculada al glifosato en el período entre 1974 y 2016, usando la WOS (Web Of Science - Red de Ciencia) como fuente de información y “glifosato” como criterio de búsqueda. Se encontraron 8174 artículos, con un sustancial crecimiento en la producción bibliográfica en los últimos años. Hubo una concentración de conocimiento generado principalmente por EEUU. La compañía Monsanto (productora del compuesto) produjo la mayor cantidad de artículos durante los primeros 30 años del desarrollo de este tema (entre 1974 y 2000) focalizándose en problemas técnicos. Investigaciones acerca del glifosato en Sudamérica ganaron importancia a partir del año 2000, asociado al modelo de agro negocio vinculado a la producción de soja, principalmente en Brasil, Argentina, Uruguay, Paraguay y Bolivia. La producción de conocimiento acerca del glifosato se focalizó en los efectos toxicológicos y ambientales y puede haber sido impulsada por este contexto.

Este producto solo, es el protagonista de estudios sobre sus efectos en el desarrollo temprano en diversos modelos animales, así como en modelos de **cito y genotoxicidad en linajes celulares** (y en sangre de **población expuesta ambientalmente al mismo**). También se lo ha estudiado como **disruptor endocrino** y ha abierto puertas en estudios de **herencia epigenética y programación fetal**.

Argentina y Brasil son de los países que más estudian este químico y sus efectos, dado que en el cono sur la producción industrial agrícola rápidamente adoptó la tecnología transgénica en el monocultivo, con particular interés en la soja, pero sin limitarse a ella.

Si bien los primeros estudios científicos en la primera década del 2000 fueron objeto de persecución política (caso Andrés Carrasco en Argentina y Seralini en Francia), en la actualidad no solo sus trabajos son ampliamente aceptados, sino que también se multiplicaron los grupos de investigación que estudian su toxicidad desde diversos puntos de vista.

Las primeras evidencias demostraron que, tanto en el modelo de rana, como en pollo, el glifosato alteraba el desarrollo por diversas vías: genera estrés celular y la consiguiente citotoxicidad, se ha observado que es genotóxico, y también se ha observado que altera las concentraciones de ácido retinoico en el embrión, el morfógeno más potente que se conoce, con la consiguiente generación de **alteraciones en el desarrollo de la región cefálica y toda la línea media de los embriones**. Estos estudios remarcaban la coherencia con informes de comisiones investigadoras de distintos ministerios provinciales, como fue el caso del Informe de la comisión investigadora de contaminantes del agua de la provincia de Chaco, de 2010.

Otros grupos de trabajo en otras latitudes observaron comportamientos compatibles en otras especies, en modelos de rata se observó **retraso en la osificación dorsal y cefálica** así como **anomalías en la línea media**. En modelos animales se observó que corderos expuestos a glifosato desarrollaron alteraciones histoarquitectónicas y funcionales de ovario y útero*(56).

Estudios en zonas de producción ganadera (porcina) con aumentos extraordinarios en las tasas de **malformaciones congénitas** demostraron presencia de glifosato en todos los animales afectados.

Recientemente se observó que los precursores neuronales tratados con glifosato presentaron una significativa alteración en la formación axonal con pérdida de polaridad celular, secundarias a la disminución de la expresión de genes vinculados con la dendritogénesis y sinaptogénesis.

Estas observaciones indican que la exposición neuronal temprana al glifosato induce a un retraso en el desarrollo neuronal que podría relacionarse con defectos en la conectividad y función sináptica de la neurona madura.

En el caso del glifosato se prestó especial atención a los surfactantes y vehiculizadores que se utilizan. Diversos estudios comparan la teratogenicidad y la letalidad de distintas formulaciones, mostrando diferencias significativas no solo en la dosis letal 50, sino también en su teratogenicidad, observándose particularidades en cada formulación.

En los últimos años algunos grupos de investigación han empezado a explorar los **efectos sinérgicos que pueden tener distintos agrotóxicos entre sí y en sus interacciones con elementos propios del ambiente**. Estos estudios han permitido advertir que la combinación de diversos tóxicos puede potenciar su genotoxicidad, como en el caso de la asociación de 2,4-D y glifosato, o aumentar la genotoxicidad y sus efectos como disruptor endocrino, el caso de asociación del glifosato con arsénico u otros metales presentes en el ambiente.

En cuanto a los estudios sobre **herencia epigenética y programación fetal**, se ha demostrado en el modelo de rata, que la exposición a glifosato genera **efectos anatómo-funcionales en el tracto genital de las hembras con alteraciones reproductivas**. Pero el trabajo más notable al respecto pone en evidencia los **efectos transgeneracionales** observados en modelos de rata que se extienden a 3 y 4 generaciones. Los resultados de este estudio muestran la presencia de **alteraciones anatómo-funcionales en tractos reproductivos de machos y hembras, así como alteraciones renales y el aumento generalizado de obesidad en las tres generaciones subsiguientes a la exposición**. A su vez, se destaca con particular énfasis el aumento marcado de **anomalías en el parto entre la tercera y cuarta generación**.

Efectos de los agrotóxicos en el sistema nervioso infantil

Aunque claramente diverso, el objetivo común de la aplicación de pesticidas resulta en la única situación de exposición ambiental intencional, ya que los pesticidas específicamente son puestos en el ambiente con la intención de dañar a algún organismo.

El hecho de que las dianas moleculares de los pesticidas usualmente son compartidas entre la "peste" y especies no-objetivo, incluyendo a los humanos, ha provocado un más que justificado rechazo al uso indiscriminado de dichos compuestos.

La exposición **ambiental** y **ocupacional** son las dos categorías principales de exposición a pesticidas.

La exposición ocupacional ocurre en trabajadores agrícolas, granjeros, trabajadores industriales, en control de plagas, trabajadores de la salud y otros lugares de trabajo donde estos químicos están presentes. Se deriva de esta, la exposición para ocupacional que ocurre cuando el trabajador "lleva a casa" el producto tóxico, en su vestimenta y herramientas, contaminando así a su grupo familiar.

Las exposiciones ambientales pueden ocurrir en una variedad de situaciones, como en familiares de trabajadores del campo, uso doméstico, residuos en comida contaminada, uso público de insecticidas y el potencial uso como arma química. Se ha observado también presencia de pesticidas en particulado, en aire y hasta en agua de lluvia, con el consiguiente transporte a distancia de estos.

La OMS estima que 3 millones de casos de intoxicación aguda ocurren globalmente cada año, de los cuales 2,9 millones están relacionados con organofosforados.

Por más de medio siglo, los pesticidas organofosforados han estado entre los más amplia y ubicuamente utilizados a nivel mundial, siendo el **clorpirifos** quien lideró el mercado por muchos años. Hoy fueron ampliamente desplazados solo por el herbicida **glifosato**. Para dar un ejemplo, en un estudio realizado en México, el 100% de los niños estudiados presentó metabolitos de por lo menos un agrotóxico en muestra de orina. Malation, metoxuron y glifosato se encontró en 70% de los casos.

Estos pesticidas son tóxicos para los humanos, y su uso generalizado se ha convertido en un gran problema de salud pública. A pesar de esto, debido a su eficacia, facilidad de aplicación y bajos costos, se predice un aumento de su uso a nivel mundial en los próximos años.

Los niños son especialmente vulnerables a los pesticidas. Diversos son los motivos por los que resultan más sensibles: Por jugar cerca del suelo; su comportamiento mano-a-boca; su alta ingesta de comida y líquidos en comparación a su peso corporal; su mayor absorción de pesticidas del ambiente que los adultos; su sistema inmune inmaduro; sus funciones enzimáticas y metabólicas que no están completamente desarrolladas; y por estar expuestos indirectamente a estos compuestos en la exposición ocupacional parental o ambiental.

Agravando estos riesgos de alta exposición, está la habilidad disminuida de los niños de filtrar y excretar pesticidas y el rápido crecimiento, desarrollo y diferenciación de sus sistemas orgánicos vitales, principalmente su sistema nervioso central. **Esta inmadurez del desarrollo crea una temprana ventana de gran vulnerabilidad.**

Primeramente, las vías metabólicas de los infantes, especialmente aquellos en sus primeros meses luego del nacimiento, son inmaduras con respecto a las de los adultos. Los fetos, infantes y niños son menos hábiles en detoxificar químicos como organofosforados y por ende son más vulnerables a sus efectos nocivos. Por otro lado, los infantes y niños al encontrarse en constante crecimiento y desarrollo presentan delicados procesos que pueden ser fácilmente interrumpidos o alterados. Muchos sistemas de diferentes órganos se someten a extensos cambios a lo largo de la etapa prenatal y los primeros meses y años de la vida extrauterina. **Así, si las neuronas del cerebro de un infante son destruidas por pesticidas, si el desarrollo reproductivo es desviado por disruptores endocrinos, o si el desarrollo del sistema inmune es alterado, la disfunción resultante puede ser permanente e irreversible.**

Si bien acumulamos evidencia respecto a cómo la exposición crónica a pesticidas puede causar problemas en la salud, poco se sabe sobre cómo se manifiesta ese problema en las poblaciones concretas.

Por ejemplo, la exposición a clorpirifos es un problema mayor durante el embarazo, porque, similarmente a otros compuestos hidrofóbicos, este insecticida cruza fácilmente la placenta, y tiene el potencial de inducir efectos adversos en el organismo en desarrollo.

Las implicancias son particularmente relevantes para países en vías de desarrollo por cómo facilitamos el uso ad-libitum de estos productos basados en compuestos organofosforados y su uso indiscriminado en la agricultura. Grupos vulnerables en la sociedad, especialmente mujeres embarazadas y madres (y a través de la barrera placentaria el feto y el recién nacido por la lactancia) y niños, pueden estar crónicamente expuestos a compuestos organofosforados debido a contaminación ambiental.

Desde hace 50 años que se estudian los efectos agudos y crónicos de los pesticidas y diferentes trabajos caso-control, meta-análisis y cohorte han encontrado relación entre dichos compuestos y efectos deletéreos en población expuesta. De lo más estudiado son los efectos a nivel del sistema nervioso, tanto central como periférico, el riesgo de tumores cerebrales y en el neurodesarrollo, conducta y comportamiento.

Se describen a continuación someramente los **mecanismos de acción de los compuestos** más relevantes:

El DDT, sustancia representativa de la familia de los organoclorados, ejerce su actividad insecticida causando un cambio de voltaje en los canales de sodio que provoca que permanezcan abiertos, llevando a la persistente despolarización e hiperactividad del sistema nervioso. El potencial efecto de la exposición crónica de DDT ha levantado preocupación por una variedad de potenciales efectos adversos.

Evidencia creciente documenta los efectos adversos del **Endosulfán** (prohibido su uso, aunque actualmente se encuentra en un “período de gracia” en el cual se permite su aplicación hasta agotar el stock) tanto en el ambiente como en organismos no-diana debido a su larga persistencia y alta bio-acumulación en tejidos animales y humanos. Es conocido por ser un importante neurotóxico y la exposición aguda en trabajadores agrícolas se ha demostrado que lleva a **epilepsia, problemas de memoria y desórdenes de hiperactividad**.

Las **Piretrinas** alteran la función neurológica interactuando con los canales de sodio y cloro mientras que los **piretroides** ejercen neurotoxicidad primeramente a través de la modificación de la cinética de canales de sodio mediados por voltaje, resultando en la prolongación de la desactivación de dichos canales, similar a lo observado para el DDT.

Los **organofosforados** y la familia de los **Carbamatos** son inhibidores de la enzima AcetilColinesterasa (AChE). Esta enzima es esencial para la normal función colinérgica por todo el sistema nervioso central y el sistema simpático, parasimpático y los componentes motores del sistema nervioso periférico. Si la enzima es inhibida, a menudo permanentemente por los organofosforados o temporalmente por los carbamatos, la acetilcolina se acumula en la brecha sináptica, llevando a la sobre-estimulación de las glándulas, nervios y músculos.

Los organofosforados incluyen al Paratión, Metamidofos, Azinfosmetil, Clorpirifos, Fosdrin y el popular Glifosato. Estos químicos se unen a la AChE, que puede tornarse irreversiblemente inactivada como un complejo covalente enzima-pesticida “envejecido”.

Intoxicaciones agudas con organofosforados y carbamatos incluyen síntomas relacionados a la sobre-estimulación del sistema parasimpático, provocando un toxisíndrome conocido por su acrónimo en inglés SLUDGE o el más abarcativo **DUMBBELS** (Diarrea, Urinación, Miosis/debilidad Muscular, Broncorrea, Bradicardia, Emesis, Lacrimación, Salivación/Sudoración profusa). Los síntomas agudos del SNC incluyen cefaleas, náuseas, mareos, parestesias sensitivas, falta de coordinación, ataxia, movimientos desordenados con distonía o temblores, miosis, confusión, pérdida de conciencia, depresión del centro respiratorio y convulsiones. Las manifestaciones periféricas pueden afectar la función motora con fasciculaciones, debilidad, pérdida del control muscular y parálisis respiratoria. La combinación de excesivas secreciones, broncoespasmos, depresión del centro respiratorio y tono muscular debilitado pueden llevar a la hipoventilación y asfixia.

Si la inhibición de la AChE es severa y sostenida puede llegar a producir la muerte por depresión de los centros respiratorios y parálisis diafragmática. Tratamientos para estos cuadros de intoxicación incluyen la administración de atropina que bloquea receptores muscarínicos, pralidoxima para reactivar la AChE y benzodiazepinas para el control de convulsiones.

Una interesante manifestación clínica, conocida como “**síndrome intermedio**”, ocurre entre uno y cuatro días post-exposición, luego de que el paciente impresiona estar recuperándose de la crisis colinérgica aguda y se caracteriza por debilidad muscular que puede ser fatal si el diafragma y los músculos respiratorios son afectados.

Una de las presentaciones más intrigantes de intoxicación es la **polineuropatía retardada inducida por organofosforados** (en inglés, OPIDP). Usualmente es anunciada por dolor y calambres en las extremidades inferiores alrededor de dos a cinco semanas post-exposición. Luego, aparece un síndrome bien caracterizado que involucra alteraciones sensoriales, calambres musculares, debilidad y hasta parálisis flácida, principalmente de miembros inferiores.

Estos síntomas son una consecuencia de la muerte axonal producto de la inhibición de una enzima neuronal llamada esterasa diana de la neuropatía y puede ser irreversible.

Varios estudios han demostrado que la intoxicación por organofosforados tiene secuelas a largo plazo además del OPIDP: Se puede presentar un amplio rango de síntomas no específicos, incluyendo cefalea, mareos, fatiga, debilidad, náuseas, opresión de pecho, dificultad respiratoria, insomnio, confusión y dificultad para concentrarse. También se asocia a cambios en el humor y se han reportado altos niveles de tensión, enojo, depresión y deterioro en la función cognitiva y psicomotora. Déficit cognitivos y de la función psicomotora, disminución de la sensibilidad vibratoria y una conducción nerviosa dañada puede ocurrir mucho tiempo después de la exposición. En algunos casos los efectos pueden observarse 10 años o más post-exposición lo que sugiere que **el daño residual es permanente**.

Incluso exposiciones leves pueden tener consecuencias a largo plazo: Trabajadores agrícolas del plátano que han sido tratados por intoxicación a organofosforados o carbamatos sin

necesidad de hospitalización se desempeñaron peor en pruebas de función cognitiva y psicomotora, comparado con trabajadores no expuestos.

Por otro lado, se ha demostrado que a pesar de que los niños expuestos a algún tipo de pesticida han superado el evento de exposición aguda y han vuelto a asistir regularmente a la escuela, una evaluación más fina de habilidades cognitivas específicas indica una discapacidad en el aprendizaje verbal y en las tareas de inhibición motora en niños expuestos en comparación con controles. Esto demuestra que pueden ocurrir cambios de comportamiento sutiles, aún si pasa desapercibido en la escuela.

La disfunción neurológica es el efecto sobre la salud de la exposición a pesticidas mejor documentado.

Exposiciones a altos niveles tanto aguda como crónica genera signo-sintomatología neurológica, y los efectos adversos han sido reportados en la mayoría de los tipos de pesticidas, incluidos organofosforados (OF), carbamatos, organoclorados (OC), piretroides y otros. Como ya se dijo, la exposición aguda a OF puede involucrar un amplio rango de síntomas neurológicos, tanto centrales como periféricos. Así también se demostró que exposiciones moderadas de forma crónica también son dañinas.

Podemos decir que la principal morbilidad de los hijos de trabajadores agrícolas consiste en una alta incidencia de desórdenes neurológicos, asociado a la exposición acumulada de OF.

La asociación entre tumores cerebrales en la infancia y pesticidas se explica a través de potenciales mecanismos genotóxicos y no-genotóxicos. Estos incluyen exposiciones pre-concepcionales que causan mutaciones de células germinales parentales, exposiciones transplacentarias que causan mutaciones de células somáticas en el feto/embrión o alteraciones de la función hormonal o inmunológica.

La relación entre la exposición a pesticidas y tumores cerebrales es biológicamente plausible ya que muchos pesticidas tienen acción específicamente neurotóxica.

La exposición ocupacional parental a pesticidas, previo a la concepción y durante el embarazo significó el aumento del riesgo de tumores cerebrales en la infancia. A pesar de que los estudios no son concluyentes, la tendencia es bastante alarmante. También existe relación entre el uso doméstico de pesticidas por padres durante el embarazo, puerperio o primera infancia y un aumento en el riesgo de cáncer cerebral infantil.

Después de las leucemias, los tumores de SNC son la segunda causa más común de cáncer en la infancia y el tumor sólido más frecuente. Representan el 20% de los cánceres en la infancia, adicionalmente, los tumores de SNC tienen la más alta mortalidad de todas las formas de cáncer.

Existe consenso que los tumores de SNC son consecuencia de alteraciones genéticas acumulativas que interfieren en el normal funcionamiento de los mecanismos celulares. Estas alteraciones pueden ser, en parte o en su totalidad, heredadas aunque también provocadas por causas químicas, físicas o agentes biológicos que dañen el ADN y que actúan como carcinógenos. Las causas de los tumores de SNC son mayormente desconocidas y sólo el 5% de los casos pueden ser explicados por predisposición genética, como la neurofibromatosis tipo I y II, la esclerosis tuberosa, el retinoblastoma hereditario, etc.

Se ha demostrado que el hecho de portar diferentes polimorfismos genéticos puede aumentar el riesgo de desarrollar tumores cerebrales a niños expuestos a insecticidas.

Las causas de tumores cerebrales infantiles difieren de las del adulto. Algunos se clasifican como embrionarios o de células germinales (como el meduloblastoma, tumor primitivo neuroectodérmico y los teratomas) y parecen ser el resultado de un crecimiento aberrante de células germinales que asemejan órganos en desarrollo. Exponer a fetos o niños a pesticidas, puede generar mutaciones genéticas, tanto en células embrionarias como somáticas, contribuyendo a la iniciación de los tumores cerebrales infantiles.

Se demostró que el riesgo de cáncer cerebral, leucemia y linfoma en la infancia está significativamente asociado a la exposición parental a pesticidas, y que el período prenatal, es una ventana crítica para la exposición a estos compuestos, por lo que se recomienda minimizar la exposición ocupacional parental a pesticidas.

Interesantemente, la incidencia de tumores cerebrales en la infancia fue alta cuando el padre estuvo expuesto durante el período prenatal. Adicionalmente, exposiciones ocupacionales de los padres y el uso de pesticidas domésticos, también tuvo influencia en el riesgo de tumor cerebral en su descendencia. Se encontraron asociaciones sugestivas entre varios hobbies paternos y el riesgo de que sus hijos desarrollen meduloblastomas y tumores del neuroectodermo primitivos (PNET) en los primeros 6 años de vida. La asociación más fuerte fue vista entre padres que cuidaban el césped usando pesticidas, tanto durante el embarazo como después del nacimiento.

Estos resultados destacan al período prenatal como una ventana de alto riesgo de exposición a pesticidas que demuestra la posible asociación entre exposición parental a pesticidas y la incidencia de diferentes tumores en la infancia.

Hay estudios que analizaron la geolocalización de la residencia de niños, asumiendo como proxy de exposición a pesticidas el hecho de vivir en un radio de 1 km de un área cultivada. La exposición a cultivos totales y especialmente a cultivos irrigados parece aumentar el riesgo de todos los subtipos de tumores de SNC, siendo estadísticamente significativo para astrocitomas, tumores embrionarios intracraneales e intraespinales y otros gliomas.

Más específicamente, la exposición a piretroides se vio positivamente asociada a un aumento del riesgo de tumores cerebrales en la infancia.

En un estudio sueco el riesgo de tumores de SNC se vio incrementado en niños cuyos padres estaban expuestos a pesticidas, previo a la concepción y en otro estudio se demostró aumento del riesgo de astrocitomas en niños cuyos padres estaban expuestos a herbicidas y fungicidas y las madres a insecticidas.

En otro estudio multicéntrico en el que participaron Canadá, Francia, Australia, España, Italia, Israel y Seattle, San Francisco y Los Ángeles de EEUU, de 1218 casos de tumores cerebrales infantiles y 2223 controles, el riesgo de tumores se encontró elevado en niños cuyas madres habían estado ocupadas en trabajos de granja o agrícola antes de la concepción y durante el embarazo.

El sistema nervioso representa una diana principal tanto para los efectos agudos como crónicos de los pesticidas. El envenenamiento por organofosforados es un ejemplo

prototípico, afectando tanto el sistema nervioso central como periférico, con un espectro de toxicidad que incluye crisis agudas colinérgicas, síndromes neuromusculares intermedios y polineuropatía crónica.

Desafortunadamente, la evaluación de la exposición indirecta basada en lo que el padre recuerda sigue siendo una de las mayores limitaciones de los estudios caso-control y es difícil de solventar.

Sin embargo, hasta tanto no se desarrollen biomarcadores asequibles y confiables para evaluar la exposición directa a pesticidas, para capturar períodos históricos de interés, los estudios epidemiológicos seguirán siendo una herramienta válida indirecta para evaluar la exposición a los mismos.

Se torna muy difícil realizar una Hoja Verde de situación ambiental infantil y establecer una relación causa-efecto. En gran parte se debe a que tanto las alteraciones neurológicas como la aparición de tumores cerebrales en la infancia son de causa multifactorial. Algunos estudios pueden hacer presumir una asociación estadísticamente significativa pero no una conexión etiológica de causa-efecto. Es más sencillo establecer este tipo de relaciones en exposiciones agudas, pero al tratarse de exposiciones a bajas dosis por períodos prolongados de tiempo su análisis se torna más complejo. La falta de memoria o de exactitud en el relato, o la culpa que se puede generar al demostrar una asociación entre una exposición ocupacional parental y un efecto adverso en los menores puede generar sesgos en la investigación.

Aunque muchos de estos estudios sugieren una asociación entre ciertas exposiciones y ciertos cánceres, una relación etiológica entre la exposición a pesticida y el cáncer infantil está lejos de ser probada.

No está de más aclarar que la mayoría de los estudios sobre los agrotóxicos en el contexto de tumores de línea neural no son concluyentes. Aunque el peso de la evidencia sugiere que existe una probable asociación entre exposición ocupacional a pesticidas con distintos tipos de cáncer en humanos, la relación aún no se puede considerar formalmente causal por la falta de evidencia de alta calidad, en particular por estudios epidemiológicos. La dificultad principal reside en que las poblaciones directamente expuestas, están agrupadas en pequeños barrios o comunidades cercanas a los campos fumigados, y el número de habitantes de cada una obliga a que los estudios de alta calidad sean necesariamente censales, en vez de muestreos. Aun así, se estima que en Argentina todas esas pequeñas poblaciones sumadas significan 12 millones de habitantes. El trabajo censal local, pero también el trabajo colaborativo que permite agrupar información de distintas comunidades es particularmente importante para lograr generar información confiable sobre la situación en Argentina.

Los puntos débiles de numerosos estudios epidemiológicos relacionados con los pesticidas y los efectos en la salud son los problemas al evaluar la exposición, el bajo número de sujetos estudiados, pocos estudios prospectivos focalizados en sintomatología crónica y dificultades en estimar las ventanas críticas de exposición.

Palabras finales

En este texto abordamos a modo introductorio algunas de las evidencias sobre daño directo y transgeneracional de estos compuestos. Nos referimos exclusivamente al análisis sobre los efectos que tiene la exposición a estas sustancias a distintos seres vivos, solas o combinadas con otros químicos o con elementos presentes en los ambientes que habitan. Estas evidencias en sí mismas son contundentes y ameritan entrenarnos como profesionales de la salud en la identificación de problemas sanitarios que puedan estar relacionados con estos aspectos y colaborar con la erradicación o drástica disminución del uso de estos tóxicos.

Aun así, no abordamos temas muy complejos que nos parece importante mencionar: estos tóxicos, así como el sistema agro-productivo vigente basado en el monocultivo y ampliación de la frontera agropecuaria significan, en conjunto y por vías redundantes, la destrucción de la biodiversidad, tanto en la flora como en la fauna. Esa destrucción -llamada ecocidio- no solamente tiene un valor en sí mismo, sino que afecta de maneras mucho más complejas y difíciles de remediar a la vida humana, con particular saña a los sectores más vulnerables y con menos accesibilidad al sistema sanitario.

La discusión sobre esta problemática no se reduce a qué debiéramos hacer o dejar de hacer los profesionales de la salud ya que sus aristas son múltiples y atraviesan todas las esferas de nuestra sociedad. Pero corresponde decir también que, desde hace décadas, las comunidades que se perciben afectadas y se movilizan para mejorar su salud socio-ambiental nos exigen a los profesionales de la salud en general y a los médicos en particular que nos involucremos en la problemática. Nos solicitan que colaboremos con la evaluación y el diagnóstico de aquello que perciben que les afecta y nos afecta.

Son múltiples las formas de hacerlo. En este texto destacamos la necesidad sobre la realización de estudios epidemiológicos, pero vale señalar que este problema requiere de la creatividad de todos aquellos que nos sentimos interpelados por la enorme ignorancia que tenemos sobre cómo estos agrotóxicos están afectándonos en cada territorio a lo largo y ancho del país.

Recomendaciones para que los profesionales de la salud estén más informados y preparados para diagnosticar, tratar, asesorar y fundamentalmente prevenir la exposición de la población infantil a estos variados agentes tóxicos.

1. Familiarizarse con los signos y síntomas clínicos de la intoxicación aguda de la mayoría de los pesticidas.
2. Tener la capacidad de traducir el conocimiento clínico sobre los riesgos de los pesticidas en una historia de exposición apropiada.
3. Familiarizarse con los efectos subclínicos de la exposición crónica y las rutas de exposición de la mayoría de los pesticidas.
4. Conocer cuáles son los recursos localmente disponibles para el manejo de la intoxicación aguda y para la exposición crónica a bajas dosis.
5. Entender la utilidad y las limitaciones de la información de los compuestos químicos en las etiquetas de los pesticidas comerciales.
6. Preguntar a los padres sobre el uso doméstico y ocupacional de los plaguicidas, para ayudarlos a determinar la necesidad de implementar estrategias preventivas.

7. Promover oportunamente la transformación a sistemas agroecológicos en los territorios que habita. Recomendar asesoramiento a los productores.
8. Proveer herramientas a sus pacientes y familias para identificar alimentos no solo nutritivos, sino también seguros. Ayudar a identificar potenciales ingestas crónicas de distintas dosis de veneno en productos comestibles
9. Recomendar el progresivo uso de productos de riesgo mínimo, prácticas de almacenamiento y métodos seguros de aplicación (equipo de protección personal, por ejemplo).
10. Trabajar junto a escuelas y agencias gubernamentales para fomentar la aplicación de pesticidas menos tóxicos y manejo integrado de plagas.
11. Promover el derecho de la comunidad a conocer los compuestos y procedimientos usados en la fumigación en espacios públicos.
12. Promover la educación en todos los niveles en materia de agrotóxicos y utilizar ese conocimiento para implementar estrategias preventivas en la comunidad.

Bibliografía

1. Wadia RS, Sadagopan C, Amin RB, et al. Neurological manifestations of organophosphorous insecticide poisoning
2. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry 1974; 37, 841-847.
<https://jnnp.bmj.com/content/jnnp/37/7/841.full.pdf>
3. Pawar, K. R., & Katdare, M. (1984). Toxic and teratogenic effects of fenitrothion, BHC and carbofuran on embryonic development of the frog *Microhyla ornata*. *Toxicology Letters*, 22(1), 7-13.
4. Jasna Kniewald, Marijana Peruzović, Tihomira Gojmerac, Karmela Milković, Zlatko Kniewald, Indirect influence of s-triazines on rat gonadotropic mechanism at early postnatal period, *Journal of Steroid Biochemistry*, Volume 27, Issues 4–6, 1987, Pages 1095-1100,
5. Eldon P. Savage Ph.D., Thomas J. Keefe Ph.D., Lawrence M. Mounce B.S., Robert K. Heaton Ph.D., James A. Lewis M.D. & Patricia J. Burcar M.D. (1988) Chronic Neurological Sequelae of Acute Organophosphate Pesticide Poisoning, *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 43:1, 38-45, DOI: 10.1080/00039896.1988.9934372
6. The Pesticide Health Effects Study Group: L. Rosenstock MD, M. Keifer MD, W.E. Daniell MD. R. McConnell MD, K. Claypoole PhD. Chronic central nervous system effects of acute organophosphate pesticide intoxication, *The Lancet*, Volume 338, Issue 8761, 27 July 1991, Pages 223-227. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)90356-T](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)90356-T)
7. David J. Brusick, An assessment of the genetic toxicity of atrazine: Relevance to human health and environmental effects, *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, Volume 317, Issue 2, 1994, Pages 133-144, ISSN 0165-1110, [https://doi.org/10.1016/0165-1110\(94\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0165-1110(94)90021-3)
8. Whitney KD, Seidler FJ, Slotkin TA. Developmental neurotoxicity of chlorpyrifos: cellular mechanisms. *ToxicolApplPharmacol*. 1995 Sep;134(1):53-62. doi: 10.1006/taap.1995.1168.
9. Cooper, R.L., 1996, Effect of atrazine on ovarian function in the rat, *Repro. Toxicol*, (10), 257-264
10. Ricardo Duffard, Graciela Garcia, Silvana Rosso, Analia Bortolozzi, Maria Madariaga, Oscar Di Paolo, Ana Maria Evangelista De Duffard, Central nervous system myelin deficit in rat sex exposed to

2,4-dichlorophenoxyacetic acid throughout lactation, *Neurotoxicology and Teratology*, Volume 18, Issue 6, 1996, Pages 691-696.

11. Daniels JL, Olshan AF, Savitz DA. Pesticides and childhood cancers. *Environ Health Perspect.* 1997; 105(10):1068-1077. doi.org/10.1289/ehp.971051068
12. Guillette EA, Meza MM, Aquilar MG, Soto AD, Garcia IE. An anthropological approach to the evaluation of preschool children exposed to pesticides in Mexico. *Environ Health Perspect.* 1998;106:347-353.
13. Pesticides and Inner-City Children: Exposures, Risks, and Prevention, *Environ Health Perspect* 107 (suppl3): 431-437 (1999) <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/1999/suppl-3/4314371andrigan/abstract.html>
14. Dinara Kaioumova, Caner Süsal, Gerhard Opelz, Induction of apoptosis in human lymphocytes by the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, *Human Immunology*, Volume 62, Issue 1, 2001, Pages 64-74.
15. Efird JT, Holly EA, Preston-Martin S, Mueller BA, Lubin F, Filippini G, Peris-Bonet R, McCredie M, Cordier S, Arslan A, Bracci PM. Farm-related exposures and childhood brain tumours in seven countries: results from the SEARCH International Brain Tumour Study. *Paediatr Perinat Epidemiol.* 2003 Apr; 17(2):201-11. doi: 10.1046/j.1365-3016.2003.00484.x.
16. van Wijngaarden E, Stewart PA, Olshan AF, Savitz DA, Bunin GR. Parental occupational exposure to pesticides and childhood brain cancer. *Am J Epidemiol.* 2003 Jun 1; 157(11):989-97. doi: 10.1093/aje/kwg082.
17. Dallegrave, E., Mantese, F. D., Coelho, R. S., Pereira, J. D., Dalsenter, P. R., & Langeloh, A. (2003). The teratogenic potential of the herbicide glyphosate-Roundup® in Wistar rats. *Toxicology Letters*, 142(1-2), 45-52.
18. Freya Kamel and Jane A. Hoppin, Association of Pesticide Exposure with Neurologic Dysfunction and Disease, Vol. 112, No. 9, June 2004, *Environmental Health Perspectives*.
19. Michael C.R. Alavanja, Jane A. Hoppin, Freya Kamel, Health Effects of Chronic Pesticide Exposure: Cancer and Neurotoxicity, *Annual Review of Public Health* 2004 25:1, 155-197.
20. Ruckart PZ, Kakolewski K, Bove FJ, Kaye WE. Long-term neurobehavioral health effects of methyl parathion exposure in children in Mississippi and Ohio. *Environ Health Perspect.* 2004;112:46-51.
21. Dharmani C, Jaga K. Epidemiology of acute organophosphate poisoning in hospital emergency room patients. *Rev Environ Health.* 2005; 20(3):215-232. DOI: 10.1515/reveh.2005.20.3.215
22. Shafer TJ, Meyer DA, Crofton KM. Developmental neurotoxicity of pyrethroid insecticides: critical review and future research needs. *Environ Health Perspect.* 2005 Feb; 113(2):123-36. doi: 10.1289/ehp.7254.
23. Searles Nielsen S, Mueller BA, De Roos AJ, Viernes HM, Farin FM, Checkoway H. Risk of brain tumors in children and susceptibility to organophosphorus insecticides: the potential role of paraoxonase (PON1). *Environ Health Perspect.* 2005 Jul; 113(7):909-13. doi: 10.1289/ehp.7680.
24. Young JG, Eskenazi B, Gladstone EA, et al. Association between in utero organophosphate exposure and abnormal reflexes in neonates. *Neurotoxicology.* 2005; 26:199-209.

25. Ying Ishikawa et al Teratogenicity and developmental toxicity of chlorpyrifos. Maternal exposure during organogenesis in mice *Reproductive toxicology* 2005; 20 (2) 267-70
26. Jurewicz J, Hanke W, Johansson C, Lundqvist C, Ceccatelli S, van den Hazel P, Saunders M, Zetterström R. Adverse health effects of children's exposure to pesticides: what do we really know and what can be done about it. *Acta Paediatr Suppl.* 2006 Oct; 95(453):71-80. doi: 10.1080/08035320600886489.
27. Jurewicz J, Hanke W. Exposure to pesticides and childhood cancer risk: has there been any progress in epidemiological studies? *Int J Occup Med Environ Health.* 2006;19(3):152-69. doi: 10.2478/v10001-006-0024-7.
28. De Silva HJ, Samarawickrema NA, Wickremasinghe AR. Toxicity due to organophosphorus compounds: what about chronic exposure? *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2006 Sep; 100(9):803-6. doi: 10.1016/j.trstmh.2006.05.001.
29. Virginia A. Rauh, ScDa, Robin Garfinkel, Robin W. Whyatt, et al. Impact of Prenatal Chlorpyrifos Exposure on Neurodevelopment In the First 3 Years of Life Among Inner-City Children. *Pediatrics.* 2006 December; 118(6): e1845–e1859.
30. Sang-Hee Jeong, Byung-Yong Kim, Hwan Goo Kang et al. Effect of chlorpyrifos-methyl on steroid and thyroid hormones in rat F0- and F1-generations. *Toxicol* 220(2006) 189-202.
31. Kofman O, Berger A, Massarwa A, Friedman A, Jaffar AA. Motor inhibition and learning impairments in school-aged children following exposure to organophosphate pesticides in infancy. *Pediatr Res.* 2006 Jul; 60(1):88-92. doi: 10.1203/01.pdr.0000219467.47013.35.
32. Matthew C. Keifer MD, MPH & Jordan Firestone MD, MPH, PhD (2007) Neurotoxicity of Pesticides, *Journal of Agromedicine*, 12:1, 17-25, https://doi.org/10.1300/J096v12n01_03
33. M. Sanborn, K.J. Kerr, L.H. Sanin, D.C. Cole, K.L. Bassil, C. Vakil, Non-cancer health effects of pesticides, *Canadian Family Physician* Oct 2007, 53 (10) 1712-1720.
34. Walker KM, Carozza S, Cooper S, Elgethun K. Childhood cancer in Texas counties with moderate to intense agricultural activity. *J Agric Saf Health.* 2007 Jan; 13(1):9-24. doi: 10.13031/2013.22308.
35. Nasterlack M. Pesticides and childhood cancer: an update. *Int J Hyg Environ Health.* 2007 Oct; 210(5):645-57. doi: 10.1016/j.ijheh.2007.03.001.
36. Eskenazi B, Rosas LG, Marks AR, Bradman A, Harley K, Holland N, Johnson C, Fenster L, Barr DB. Pesticide toxicity and the developing brain. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 2008 Feb; 102(2):228-36. doi: 10.1111/j.1742-7843.2007.00171.x.
37. Jenny R. Lenkowski, Michael Reed, Lisa Deininger, Kelly A. McLaughlin. Perturbation of Organogenesis by the Herbicide Atrazine in the Amphibian *Xenopus laevis*. *Environ. Health Perspect.* 116 (2008)
38. Miyuki Suzawa, Holly A. Ingraham The Herbicide Atrazine Activates Endocrine Gene Networks via Non-Steroid NR5A Nuclear Receptors in Fish and Mammalian Cells. *PlosOne* 2008.
39. Tony Stankus A Review and Bibliography of the Literature of Honey Bee Colony Collapse Disorder: A Poorly Understood Epidemic that Clearly Threatens the Successful Pollination of Billions of Dollars of Crops in America, *Journal of Agricultural & Food Information*, (2008) 9:2, 115-143

40. Rosso AL, Hovinga ME, Rorke-Adams LB, Spector LG, Bunin GR; Children's Oncology Group. A case-control study of childhood brain tumors and fathers' hobbies: a Children's Oncology Group study. *Cancer Causes Control*. 2008 Dec; 19(10):1201-7. doi: 10.1007/s10552-008-9189-7.
41. Spix C, Schulze-Rath R, Kaatsch P, Blettner M. Case-control study on risk factors for leukaemia and brain tumours in children under 5 years in Germany. *KlinPadiatr*. 2009 Nov-Dec; 221(6):362-8. doi: 10.1055/s-0029-1239531.
42. Shim YK, Mlynarek SP, van Wijngaarden E. Parental exposure to pesticides and childhood brain cancer: U.S. Atlantic coast childhood brain cancer study. *EnvironHealthPerspect*. 2009 Jun; 117(6):1002-6. doi: 10.1289/ehp.0800209.
43. Simona De Angelis, Roberta Tassinari, Francesca Maranghi et al- Developmental Exposure to Chlorpyrifos Induces Alterations in Thyroid and Thyroid Hormone Levels Without Other Toxicity Signs in Cd1 Mice. *ToxicolSci*. 108 (2009), 311–319.
44. Rastogi, S. K., Tripathi, S., & Ravishanker, D. (2010). A study of neurologic symptoms on exposure to organophosphate pesticides in the children of agricultural workers. *Indian journal of occupational and environmental medicine*, 14(2), 54–57. <https://doi.org/10.4103/0019-5278.72242>
45. Searles Nielsen S, McKean-Cowdin R, Farin FM, Holly EA, Preston-Martin S, Mueller BA. Childhood brain tumors, residential insecticide exposure, and pesticide metabolism genes. *EnvironHealthPerspect*. 2010 Jan; 118(1):144-9. doi: 10.1289/ehp.0901226.
46. Barrett JR. Critical confluence: gene variants, insecticide exposure may increase childhood brain tumor risk. *Environ Health Perspect*. 2010 Jan; 118(1):A35. doi: 10.1289/ehp.118-a35a.
47. Farag AT, Radwan AH, Sorour F, El Okazy A, El-Agamy el-S, El-Sebae Ael-K. Chlorpyrifos induced reproductive toxicity in male mice. *ReprodToxicol*. 2010 Jan; 29(1):80-5. doi: 10.1016/j.reprotox.2009.10.003.
48. Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., López, S. L., & Carrasco, A. E.. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chemical Research in Toxicology*, 2010, 23(10), 1586–1595.
49. Shirangi, A., Nieuwenhuijsen, M., Vienneau, D., & Holman, C. D. J. (2010). Living near agricultural pesticide applications and the risk of adverse reproductive outcomes: a review of the literature. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 25(2), 172–191.
50. Lajmanovich, R. C., Attademo, A. M., Peltzer, P. M., Junges, C. M., & Cabagna, M. C. Toxicity of Four Herbicide Formulations with Glyphosate on *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) Tadpoles: B-esterases and Glutathione S-transferase Inhibitors. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, (2010) 60(4), 681–689. doi:10.1007/s00244-010-9578-2.
51. Raj Kumar Pathak, Anil Kumar Dikshi, Atrazine and Human Health *International Journal of Ecosystem*. 2011; 1(1): 14-23.
52. Florence Vinson, Maysaloun Merhi, Isabelle Baldi, H el ene Raynal, Laurence Gamet-Payrastre, Exposure to pesticides and risk of childhood cancer: a meta-analysis of recent epidemiological studies, *Occup Environ Med*. 2011 Sep; 68(9): 694-702. doi: 10.1136/oemed-2011-100082.
53. Tyrone B. Hayes, Lloyd L. Anderson, Val R. Beasley et al. Demasculinization and feminization of male gonads by atrazine: Consistent effects across vertebrate classes. *J. Ster. Biochem* 127, Issues 1–2, October 2011, Pages 64-73.

54. Mnif W, Hassine AI, Bouaziz A, Bartegi A, Thomas O, Roig B. Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2011 Jun;8(6):2265-303.
55. Rauh VA, Perera FP, Horton MK, Whyatt RM, Bansal R, Hao X, Liu J, Barr DB, Slotkin TA, Peterson BS. Brain anomalies in children exposed prenatally to a common organophosphate pesticide. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2012 May 15; 109(20):7871-6. doi: 10.1073/pnas.1203396109.
56. Desplats, P., Patel, P., Kosberg, K., Mante, M., Patrick, C., Rockenstein, E., Fujita, M., Hashimoto, M., et al., 2012. Combined exposure to Maneb and Paraquat alter transcriptional regulation of neurogenesis-related genes in mice models of Parkinson's disease. *Mol. Neurodegener.* 7, 49.
57. Council On Environmental Health. Pesticide exposure in children. *Pediatrics*. 2012 Dec; 130(6):e1757-63. doi: 10.1542/peds.2012-2757.
58. Greenop KR, Peters S, Bailey HD, Fritschi L, Attia J, Scott RJ, Glass DC, de Klerk NH, Alvaro F, Armstrong BK, Milne E. Exposure to pesticides and the risk of childhood brain tumors. *Cancer Causes Control*. 2013 Jul; 24(7):1269-78. doi: 10.1007/s10552-013-0205-1. Erratum in: *Cancer Causes Control*. 2014 Sep; 25(9):1239-40.
59. Krüger et al., Detection of Glyphosate in Malformed Piglets *J Environ Anal Toxicol* 2014, 4:5.
60. Shelton JF, Geraghty EM, Tancredi DJ, Delwiche LD, Schmidt RJ, Ritz B, Hansen RL, Hertz-Picciotto I. Neurodevelopmental disorders and prenatal residential proximity to agricultural pesticides: the CHARGE study. *Environ Health Perspect*. 2014 Oct;122(10):A266. doi: 10.1289/ehp.1307044.
61. Cremonese C, Freire C, De Camargo AM, De Lima JS, Koifman S, Meyer A. Pesticide consumption, central nervous system and cardiovascular congenital malformations in the South and Southeast region of Brazil. *Int J Occup Med Environ Health*. 2014 Jun; 27(3):474-86. doi: 10.2478/s13382-014-0269-5.
62. Carmichael SL, Yang W, Roberts E, Kegley SE, Padula AM, English PB, et al. 2014. Residential agricultural pesticide exposures and risk of selected congenital heart defects among offspring in the San Joaquin Valley of California. *Environ Res* 135:133–138.
63. Keil A, Daniels J, Hertz-Picciotto I. 2014. Autism spectrum disorder, flea and tick medication, and adjustments for exposure misclassification: the CHARGE (Childhood Autism Risks from Genetics and Environment) case-control study. *Environ Health* 13(1):3, doi: 10.1186/1476-069X-13-3.
64. Vishram Singh, Muktyaz Hussein, A.K. Singh, M.A. Hassan, Purna Gupta, Histological and immunohistochemical changes in cerebellum of chick embryos after exposure to neonicotinoid insecticide imidacloprid, *Journal of the Anatomical Society of India*, Volume 64, Issue 2, 2015, Pages 122-127.
65. Al-Sarar, A.S., Abobakr, Y., Bayoumi, A.E. et al. Cytotoxic and genotoxic effects of abamectin, chlorfenapyr, and imidacloprid on CHOK1 cells. *Environ Sci Pollut Res* 22, 17041–17052 (2015).
66. Coullery, Romina Paola; Ferrari, María Edith; Rosso, Silvana Beatriz; Neuronal development and axon growth are altered by glyphosate through a WNT non-canonical signaling pathway; *Elsevier Science; Neurotoxicology*; 52; 1-2016; 150-161 <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuro.2015.12.004>
67. Coullery, R. P., Ferrari, M. E., & Rosso, S. B. (2016). Neuronal development and axon growth are altered by glyphosate through a WNT non-canonical signaling pathway. *Neurotoxicology*, 52, 150–161.

68. Febvey O, Schüz J, Bailey HD, Clavel J, Lacour B, Orsi L, Lightfoot T, Roman E, Vermeulen R, Kromhout H, Olsson A. Risk of Central Nervous System Tumors in Children Related to Parental Occupational Pesticide Exposures in three European Case-Control Studies. *J Occup Environ Med*. 2016 Oct; 58(10):1046-1052. doi: 10.1097/JOM.0000000000000852.
69. Clara Ventura, María Rosa Ramos Nieto, Nadia Bourguignon et al. Pesticide chlorpyrifos acts as an endocrine disruptor in adult rats causing changes in mammary gland and hormonal balance. *J Steroid Biochem. Mol. Biol.* 156(2016) 1-9.
70. Rauh VA, Margolis AE. Research Review: Environmental exposures, neurodevelopment, and child mental health - new paradigms for the study of brain and behavioral effects. *J Child Psychol Psychiatry*. 2016 Jul; 57(7):775-93. doi: 10.1111/jcpp.12537.
71. Woodcock, B., Isaac, N., Bullock, J. et al. Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature* 7, 12459 (2016).
72. Hopwood, J., A. Code, M. Vaughan, D. Biddinger, M. Shepherd, S. H. Black, E. Lee-Mäder, and C. Mazzacano. 2016. How Neonicotinoids Can Kill Bees: The Science Behind the Role These Insecticides Play in Harming Bees. 2nd Ed. 76 pp. Portland, OR: The Xerces Society for Invertebrate Conservation.
73. Hussein, M., & Singh, V. (2016). Effect on chick embryos development after exposure to neonicotinoid insecticide imidacloprid. *Journal of the Anatomical Society of India*, 65(2), 83–89.
74. Chen S, Gu S, Wang Y, Yao Y, Wang G, Jin Y, Wu Y. Exposure to pyrethroid pesticides and the risk of childhood brain tumors in East China. *Environ Pollut*. 2016 Nov; 218:1128-1134. doi: 10.1016/j.envpol.2016.08.066.
75. Mostafalou, S., & Abdollahi, M.. Pesticides: an update of human exposure and toxicity. *Archives of Toxicology*, (2016) 91(2).
76. Ramis R, Tamayo-Uria I, Gómez-Barroso D, López-Abente G, Morales-Piga A, Pardo Romaguera E, Aragonés N, García-Pérez J. Risk factors for central nervous system tumors in children: New findings from a case-control study. *PLoS One*. 2017 Feb 17; 12(2):e0171881. doi: 10.1371/journal.pone.0171881.
77. Van Maele-Fabry G, Gamet-Payraastre L, Lison D. Residential exposure to pesticides as risk factor for childhood and young adult brain tumors: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2017 Sep; 106:69-90. doi: 10.1016/j.envint.2017.05.018.
78. Peiris, D.C., Dhanushka, T. Low doses of chlorpyrifos interfere with spermatogenesis of rats through reduction of sex hormones. *Environ Sci Pollut Res* 24 (2017). 20859–20867.
79. Li, K., Cheng, X., Jiang, J., Wang, J., Xie, J., Hu, X., Huang, Y., Song, L., et al., 2017. The toxic influence of paraquat on hippocampal neurogenesis in adult mice. *Food Chem. Toxicol.* 106, 356–366.
80. Burke RD, Todd SW, Lumsden E, Mullins RJ, Mamczarz J, Fawcett WP, Gullapalli RP, Randall WR, Pereira EFR, Albuquerque EX. Developmental neurotoxicity of the organophosphorus insecticide chlorpyrifos: from clinical findings to preclinical models and potential mechanisms. *J Neurochem*. 2017 Aug; 142 Suppl 2(Suppl 2):162-177. doi: 10.1111/jnc.14077.
81. Marouani, N., Tebourbi, O., Cherif, D. et al. Effects of oral administration of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) on reproductive parameters in male Wistar rats. *Environ Sci Pollut Res* 24, 519–526 (2017).

82. HarifiPasandi, M., Hosseini Shirazi, F., Gholami, M.R. et al. Epi/perineural and Schwann Cells as Well as Perineural Sheath Integrity are Affected Following 2,4-D Exposure. *Neurotox Res* 32, 624–638 (2017).
83. Gupta, P. K.. Herbicides and Fungicides. *Reproductive and Developmental Toxicology*, (2017) 657–679.
84. Vidartd'Egurbide, Bagazgoitia N, Bailey HD, Orsi L, Lacour B, Guerrini-Rousseau L, Bertozzi AI, Leblond P, Faure-Contier C, Pellier I, Freycon C, Doz F, Puget S, Ducassou S, Clavel J. Maternal residential pesticide use during pregnancy and risk of malignant childhood brain tumors: A pooled analysis of the ESCALE and ESTELLE studies (SFCE). *Int J Cancer*. 2018 Feb 1; 142(3):489-497. doi: 10.1002/ijc.31073.
85. Sun, Y., Zheng, J., Xu, Y., Zhang, X., 2018. Paraquat-induced inflammatory response of microglia through HSP60/TLR4 signaling. *Hum. Exp. Toxicol.* 37, 1161–1168.
86. Zhao, L., Yan, M., Wang, X., Xiong, G., Wu, C., Wang, Z., Zhou, Z., Chang, X., 2018. Modification of Wnt signaling pathway on paraquat-induced inhibition of neural progenitor cell proliferation. *Food Chem. Toxicol.* 121, 311–325.
87. Vorhees CV, Sprowles JN, Regan SL, Williams MT. A better approach to in vivo developmental neurotoxicity assessment: Alignment of rodent testing with effects seen in children after neurotoxic exposures. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2018 Sep 1; 354:176-190. doi: 10.1016/j.taap.2018.03.012.
88. Kalliora, C., Mamoulakis, C., Vasilopoulos, E., Stamatiades, G. A., Kalafati, L., Barouni, R., ... Tsatsakis, A.. Association of pesticide exposure with human congenital abnormalities. *Toxicology and Applied Pharmacology*, (2018) 346, 58–75.
89. N. Defarge, J. Spiroux de Vendômois, G.E. Séralini, Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides, *Toxicology Reports*, Volume 5, 2018, Pages 156-163.
90. Mikolić, A., & Karačonji, I. B. (2018). Imidacloprid as reproductive toxicant and endocrine disruptor: investigations in laboratory animals, *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 69(2), 103-108.
91. Mesnage, R, Biserni, M, Genkova, D, Wesolowski, L, Antoniou, MN. Evaluation of neonicotinoid insecticides for oestrogenic, thyroidogenic and adipogenic activity reveals imidacloprid causes lipid accumulation. *J Appl Toxicol.* 2018; 38: 1483– 1491.
92. Milesi MM, Lorenz V, Pacini G, Repetti MR, Demonte LD, Varayoud J, Luque EH. Perinatal exposure to a glyphosate-based herbicide impairs female reproductive outcomes and induces second-generation adverse effects in Wistar rats. *Arch Toxicol.* 2018 Aug;92(8):2629-2643.
93. Babalola, O. O., Truter, J. C., & Wyk, J. H. (2019). Mortality, teratogenicity and growth inhibition of three glyphosate formulations using Frog Embryo Teratogenesis Assay \square Xenopus. *Journal of Applied Toxicology*. doi:10.1002/jat.3811.
94. Richardson, J.R., Fitsanakis, V., Westerink, R.H.S. et al. Neurotoxicity of pesticides. *Acta Neuropathol* 138, 343–362 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00401-019-02033-9>.
95. Nermeen Borai, El-Borai, Seham Said Hadad, et al, Teratogenic effects of imidacloprid in rats: mechanistic role of oxidative stress. *International Journal of Pharmacology and Toxicology*, 7 (1) (2019) 35-43.

96. C. Ventura, C.D. Zappia, M. Lasagna, W. Pavicic et al. Effects of the pesticide chlorpyrifos on breast cancer disease. Implication of epigenetic mechanisms. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 186 (2019), 96-104.
97. Sierra-Diaz E, Celis-de la Rosa AJ, Lozano-Kasten F, Trasande L, Peregrina-Lucano AA, Sandoval-Pinto E, Gonzalez-Chavez H. Urinary Pesticide Levels in Children and Adolescents Residing in Two Agricultural Communities in Mexico. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Feb 15; 16(4):562. doi: 10.3390/ijerph16040562. Erratum in: *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Dec 24;17(1)
98. Beatriz Sosa, Exequiel Fontans-Álvarez, David Romero, da Fonseca Aline, Marcel Achkar. Analysis of scientific production on glyphosate: An example of politicization of science. *Science of The Total Environment*, Vol 681, September 2019, 541-550.
99. Alarcón R, Ingaramo PI, Rivera OE, Dioguardi GH, Repetti MR, Demonte LD, Milesi MM, Varayoud J, Muñoz-de-Toro M, Luque EH. Neonatal exposure to a glyphosate-based herbicide alters the histofunctional differentiation of the ovaries and uterus in lambs. *Mol Cell Endocrinol.* 2019 Feb 15; 482:45-56.
100. Rafael C. Lajmanovich, Paola M. Peltzer, Andrés M. Attademo, Candela S. Martinuzzi, María F. Simoniello, Carlina L. Colussi, Ana P. Cuzziol Boccioni, Mirna Sigrist, First evaluation of novel potential synergistic effects of glyphosate and arsenic mixture on *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) tadpoles, *Heliyon*, Volume 5, Issue 10, 2019, e02601.
101. Kubsad, D., Nilsson, E.E., King, S.E. et al. Assessment of Glyphosate Induced Epigenetic Transgenerational Inheritance of Pathologies and Sperm Epimutations: *Generational Toxicology.* *Sci Rep* 9, 6372 (2019).
102. Patel DM, Jones RR, Booth BJ, Olsson AC, Kromhout H, Straif K, Vermeulen R, Tikellis G, Paltiel O, Golding J, Northstone K, Stoltenberg C, Håberg SE, Schüz J, Friesen MC, Ponsonby AL, Lemeshow S, Linet MS, Magnus P, Olsen J, Olsen SF, Dwyer T, Stayner LT, Ward MH; International Childhood Cancer Cohort Consortium. Parental occupational exposure to pesticides, animals and organic dust and risk of childhood leukemia and central nervous system tumors: Findings from the International Childhood Cancer Cohort Consortium (I4C). *Int J Cancer.* 2020 Feb 15; 146(4):943-952. doi: 10.1002/ijc.32388.
103. Laborde, M. R. R., Larramendy, M. L., & Soloneski, S. (2020). Cytotoxic and genotoxic assessments of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) in in vitro mammalian cells. *Toxicology in Vitro*, 65, 104783.
104. Jennifer L. M. Thorson, Daniel Beck, Millissia Ben Maamar et al. Epigenome-wide association study for atrazine induced transgenerational DNA methylation and histone retention sperm epigenetic biomarkers for disease *PLoS ONE* 15(12): e0239380 (2020).
105. Florencia, R. M., Cora, S., & Jorge G, R. (2020). Agrochemicals and neurogenesis. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 110820. doi:10.1016/j.mce.2020.110820.
106. Hafiz Ubaid ur Rahman, Waqas Asghar, Wahab Nazir et al. A comprehensive review on chlorpyrifos toxicity with special reference to endocrine disruption: Evidence of mechanisms, exposures and mitigation strategies. *Sci. Total Environ.* 755 (2021)
107. Hongli Tan, Guohui Wu, Shanshan Wang et al. Prenatal exposure to atrazine induces cryptorchidism and hypospadias in F1 male mouse offspring. *Birth Defects Res.* 2021;1–16. Cristina Viriato, Fernanda Menezes França, Diego Sales Santos, Adriana Sacioto Marcantonio, Cintia Badaró-Pedroso, Claudia Maris Ferreira, Evaluation of the potential teratogenic and toxic

effect of the herbicide 2,4-D (DMA® 806) in bullfrog embryos and tadpoles (*Lithobates catesbeianus*), Chemosphere, Volume 266, 2021 129018.

Capítulo 10

Toxicidad de los Herbicidas

Dra. Marta María Méndez

Introducción

Los herbicidas son compuestos químicos destinados al control de malezas o plantas perjudiciales para el normal desarrollo de los cultivos. El grupo de sustancias capaces de cumplir con esta función, es amplio y su composición *química* y su toxicidad muy variadas. Nos referiremos a aquellos compuestos que se destacan por su frecuencia en el uso y/o grado de toxicidad.

Clasificación

Solamente mencionaremos aquellos que vamos a desarrollar.

- Derivados del amonio cuaternario: Paraquat.
- Acidosfenoxialquílicos 2,4 D.
- Derivados de aminoácidos: Glifosato.

Derivados del amonio cuaternario. Paraquat

Es formulado siempre en solución acuosa. La dosis letal en humanos se estima entre 10 y 15 ml de una solución al 20%. Se considera un producto altamente tóxico y de uso restringido.

- *Vías de absorción*: buena por vía oral, lenta por piel y discutida su absorción por vía inhalatoria.
- Mecanismo de acción tóxica:
 - Efecto corrosivo sobre piel y mucosas, durante el proceso de biotransformación se forman radicales libres. Estos radicales libres inician un proceso de peroxidación lipídica (degradación oxidativa de los ácidos grasos polisaturados, componentes críticos de todas las membranas biológicas).
- Signos y síntomas de la intoxicación aguda

Respiratorios: El proceso descrito es oxígeno dependiente, el órgano blanco es el pulmón. El pronóstico de la intoxicación dependerá del grado de injuria pulmonar. La progresiva fibrosis pulmonar que ocurre luego de la necrosis de los neumocitos tipo I y II, es la base fisiopatológica sobre la que se sustenta la clínica de esta intoxicación. La hemorragia pulmonar con tos, disnea, y hemoptisis, suelen ser los síntomas más frecuentes en las primeras horas.

En los pacientes que sobreviven a la intoxicación aguda, el deterioro progresivo de la función respiratoria, puede condicionar la muerte.

Neurológicos: Edema cerebral por efecto directo o por hipoxia.

Gastrointestinales: Lesiones de tipo cáustico alcalino. Injuria hepática transitoria y reversible.

Nefrológicos: Necrosis tubular aguda

Hematológicos: Metahemoglobinemia

Dermatológicos y oftalmológicos: Graves quemaduras que facilitan su absorción.

Exámenes complementarios:

Toxicológicos: Dosaje de Paraquat en orina, es útil como patrón de exposición.

Otros: Hemograma, ionograma, estado ácido base, urea, creatinina.

Metahemoglobinemia. Radiografía de tórax.

- *Signos y síntomas de intoxicación crónica:* generalmente por exposición laboral; lleva a la fibrosis pulmonar.

Derivados fenoxialquílicos. 2,4 D (Acido 2,4 Dicloro Fenoxiacético)

Durante la producción o destrucción de éstos compuestos, si la temperatura no es estrictamente controlada, se produce como agente contaminante la 2, 3, 7, 8 tetraclorodibenzo-para-dioxina (**TCDD**).

Vías de absorción: oral, inhalatoria y cutánea.

Mecanismo de acción tóxica: desacople de la fosforilación oxidativa y disminución del consumo de oxígeno por diversos tejidos.

Signos y síntomas de la intoxicación aguda

Síntomas de irritación local: Es sumamente irritante en contacto con piel y mucosas. Según la vía de exposición produce: lagrimeo, irritación conjuntival, náuseas y vómitos, tos y dificultad respiratoria, dermatitis de contacto.

Gastrointestinales: Náuseas, vómitos, diarrea. Injuria hepática.

Cardiovasculares: Hipotensión arterial. Alteraciones en el ECG.

Neurológicos: Polineuropatía sensitivo motora, hipertonía, espasmos musculares, convulsiones y coma.

Musculares: Rabdomiólisis con rigidez muscular y elevación de la CPK.

Renales: Fallo renal agudo, secundario a la rabdomiólisis. Mioglobinuria.

Metabólicos: Acidosis metabólica.

Signos y síntomas de intoxicación crónica:

Al generarse durante la producción y destrucción dioxinas (TCDD), la exposición crónica al **2,4D** es responsable de: aparición de cloroacné, porfiria cutánea tarda y malformaciones congénitas.

En el año 2015 el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) lo clasificó en la categoría 2B, como posible cancerígeno en humanos.

- Exámenes complementarios

Toxicológicos: 2,4D se elimina en orina y su determinación es útil como patrón de exposición en las primeras 72 horas.

Otros exámenes: Hemograma, hepatograma. Urea, creatinina. CPK. Estado ácido –base, ionograma, sedimento de orina, ECG, RX de tórax.

Derivados de aminoácidos. Glifosato

Generalidades

- Los componentes básicos de una formulación comercial son: a) Isopropilamina de glifosato (sal).
b) Tallowaminapolietoxilado o POEA (surfactante). Ambos en solución acuosa y en concentraciones variables.

La intoxicación con este herbicida no es sólo debida al principio activo, sino que depende de la composición y concentración de los ingredientes de formulación. Por lo tanto resulta difícil separar la toxicidad del glifosato de la del producto formulado. Estudios experimentales demuestran que la toxicidad del surfactante es mayor que la del glifosato solo.

Mecanismo de acción tóxica

Su mecanismo de acción es aún discutido, aunque gran parte de sus síntomas se deben:

- a) desacople de la fosforilación oxidativa.
- b) Interferencia en la síntesis de aminoácidos esenciales.
- c) Inhibición de enzimas Citocromo P450 (CYP).
- d) Impide el transporte de sulfato.

Vías de absorción: buena absorción por vía inhalatoria y oral, baja absorción dérmica.

Signos y síntomas de la intoxicación aguda:

Gastrointestinales: Por vía oral: vómitos, diarrea, hematemesis, lesiones cáusticas en esófago y estómago. Movilización de las enzimas hepáticas.

Cardiovasculares: Hipotensión arterial, bradicardia, arritmias cardíacas.

Respiratorios: Edema agudo pulmonar no cardiogénico.

Nefrológicos: Oliguria o anuria.

Medio interno: Acidosis metabólica.

Otros: leucocitosis, fiebre.

Exámenes complementarios:

Toxicológicos: Puede determinarse en orina, sólo útil como indicador de exposición.

Otros: Hemograma, hepatograma, urea, creatinina, estado ácido-base. RX de tórax, ECG. Eventual endoscopia digestiva.

Signos y síntomas de Intoxicación crónica:

Importante cantidad de estudios en animales han demostrado, citotoxicidad, genotoxicidad y estrés oxidativo luego de la exposición al glifosato.

De allí la asociación que se le atribuye con el cáncer. La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) 2015, lo clasificó en el grupo 2A como: a) Probablemente cancerígeno para el hombre. Evidencia limitada en humanos (linfoma no Hodgkin).

Evidencia suficiente en animales. Evidencia mecanística.

Otras agencias regulatorias como Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) en 2016 concluyó que el glifosato no poseía riesgo de cáncer en humanos.

En cuanto a su acción como disruptor endócrino y sus efectos sobre la herencia epigenética, existen muchos estudios de investigación que intentan establecer una relación entre exposición medioambiental al glifosato y el desarrollo de determinados trastornos y enfermedades; pero que no han sido certificados por las principales agencias regulatorias mundiales, hasta el momento. De todas maneras ante la duda, es importante aplicar el "principio precautorio" evitando y disminuyendo la exposición, sobre todo en las etapas de la vida de mayor vulnerabilidad y en la población más susceptible.

Conclusiones generales sobre los efectos de la exposición crónica a herbicidas

La toxicidad crónica es el resultado de la exposición reiterada, durante un largo período de tiempo, a dosis que aisladamente no ejercen efectos tóxicos notables. La exposición medioambiental es la principal fuente de intoxicación, ya que estas sustancias contaminan el aire, el agua y el suelo, así como los alimentos. Los efectos crónicos de mayor interés son la neurotoxicidad, los efectos sobre la reproducción y el desarrollo, los trastornos inmunitarios y la carcinogénesis. La extensión, en la cual los herbicidas están involucrados en efectos crónicos sobre la salud humana es actualmente desconocida, pero está afortunadamente en constante investigación.

Los estudios epidemiológicos son los mejores indicadores de los efectos de los herbicidas y plaguicidas, sobre la salud humana. Estos estudios se complican por la existencia de exposición simultánea a múltiples sustancias y a las variantes genéticas que explican la diferente susceptibilidad individual a un herbicida y/o plaguicida. También es importante destacar la dificultad en el registro de las intoxicaciones y la relación entre la enfermedad y el antecedente de la exposición al tóxico. Es aquí donde juega un papel fundamental la utilización sistematizada de la historia clínica ambiental.

Bibliografía

- Souza Casadinho J. Dinámica de uso de los agrotóxicos y su relación con la salud socio-ambiental". 2008.
- Dr. Andrés Carrasco "Efectos teratogénicos del glifosato" 10 de mayo 2011.
- Talamoni M. Crapanzano G. Greco V. "Guía de diagnóstico y tratamiento en toxicología" Eudeba febrero 2014.
- García Repetto R. y Repetto M "Toxicología de los plaguicidas" Curso de Experto Internacional en Toxicología 2014.
- International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs Volume 112 "Evaluation five organophosphate insecticide and herbicide" 20 de Marzo 2015.
- International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs evaluate DDT, Lindane, and 2,4D. 23 de junio 2015.
- Joint FAO/WHO Meeting of pesticides residues Geneva, 9-13 may 2016.
- Atlas del Agronegocio "Le monde diplomatique"2019.
- Principio precautorio "Ley Nacional del Ambiente" (ley 25.675).

Capítulo 11

Registros médicos

Dra. Maria Gracia Caletti

La problemática de los registros médicos ambientales

Si deseamos contribuir al diseño de estrategias para combatir el daño de los agrotóxicos a la salud, el registro formal de los problemas de salud asociados a ellos es una de las condiciones imprescindibles. Hemos dicho en otros capítulos que una de las dificultades para implementar programas es que no se dispone de estadísticas ni de ningún otro tipo de información con la cual se pueda medir la magnitud del problema, elaborar información epidemiológica, definir grupos prioritarios, etc.

Es por ello que ha habido varias iniciativas en el pasado destinadas a producir herramientas de registro. No obstante, el problema de los registros no es principalmente la carencia de herramientas (historias clínicas cuestionarios, formularios, etc.), sino las dificultades que sortear para que haya un sistema adecuado de registro.

Una de las dificultades que se enfrentan cuando se desea implementar un sistema de registro es el contenido de los mismos. La información deseable es la que permite relacionar el tipo de problema, dolencia, padecimiento o enfermedad del niño, con la presencia de agrotóxicos en el lugar donde vive, o en la escuela o jardín a la que asiste. En consecuencia, es imprescindible que se pueda registrar la frecuencia de las fumigaciones en los campos vecinos, la distancia de la vivienda o escuela de dichos campos, los horarios de fumigación, la sustancia con la que se fumiga, etc. Esta información, junto con la que contribuye a la caracterización nosológica de los problemas de salud del niño permite, seguramente disponer de la información relevante.

La segunda dificultad es la que tiene que ver con la forma en que estos registros se insertan en el proceso asistencial. Si bien es cierto que la información relevante se podría obtener a través de encuestas, coincidimos con muchos autores en que lo mejor para un país es que haya una norma de registro de dicha información que forme parte del proceso de atención de los niños en todos los ámbitos en que ellos se atienden. Para ello es necesario una norma universal que alcance a todos los sectores: público, de obra sociales y privados.

Otra de las dificultades o disyuntivas a sortear es el alcance del registro médico que se desea implementar: ¿Debe ser universal?, ¿en ese caso se trataría de una historia clínica usada en todos los sectores asistenciales, en todas las instituciones?. Nuestros sistemas de salud (hablamos en plural porque hay varios) no han logrado acordar registros comunes de historias clínicas de manera uniforme en todo el país, de manera tal, que pensar en una historia clínica ambiental de alcance nacional puede llegar a ser más difícil aún.

Otro punto de importancia es si, siendo de carácter nacional, el registro en cuestión debe ser implementado en todos los ámbitos de todas las regiones del país, o solamente, tal como a primera vista parece ser razonable, solamente en las zonas sujetas a fumigación.

Otra de las disyuntivas es si debemos diseñar una historia clínica pediátrica (lo que implica que además tendría que diseñarse otra para adultos), o debe ser universal con un componente pediátrico.

Finalmente, habiendo podido superar todas estas disyuntivas, queda por resolver cuál será la relación entre la historia clínica en cuestión (cuestionario, formulario, etc.) ambiental, y la relacionados con los agrotóxicos y su efecto sobre la salud de los niños. Una historia clínica implica un registro completo de antecedentes personales y familiares, antecedentes de enfermedad actual, etc. Si la historia clínica ambiental (HCA), (además del componente ambiental) contiene toda esta información, entonces ¿se espera que reemplace a las que están funcionando en las instituciones?. Otra alternativa sería que el registro en cuestión se limite a registrar contenidos exclusivamente relacionados con los agrotóxicos, **para ser agregado a la historia clínica general.**

Habiendo descripto algunos aspectos problemáticos sobre la HCA, es necesario reconocer que en la Argentina se han hecho esfuerzos en esa dirección, y es por ello que en este capítulo describimos los que hemos podido recoger, sin perjuicio de que pudiera haber otras herramientas que no conocemos.

Registros disponibles

- a- Historia Clínica Ambiental. Utilizada por el Hospital Garrahan y otros Hospitales de la Ciudad de Buenos Aires.

Guía y lineamientos para la aplicación de la Hoja Verde de Diagnostico Ambiental

1. Introducción y justificación

Las condiciones ambientales determinan la salud, calidad de vida, crecimiento y desarrollo de niño, e impactan asimismo en la salud tanto del niño, como del adolescente y el adulto. Desde la concepción se está expuesto a factores ambientales positivos y negativos. El embrión, el feto y el niño pequeño son particularmente vulnerables a estos factores ambientales, muchos de los cuales (cualquiera sea su naturaleza) actúan en forma sinérgica. También se debe tener en cuenta que además de poblaciones vulnerables existen las que están en riesgo de exposición a factores ambientales por razones.

Según la Organización Mundial de la salud (OMS), más del 40% de la carga mundial de morbilidad infantil se atribuye a factores de riesgo ambiental y afectan a niños menores de cinco años que representan alrededor del 10% de la población mundial. Cada año más de 3.000.000 de niños menores de 5 años mueren en el mundo - especialmente en zonas subdesarrolladas- por causas y afecciones relacionadas con el ambiente. (*Nota descriptiva OMS/284, Enero 2005*)

La identificación de los factores ambientales negativos que pueden comprometer la salud desde el momento de la concepción, infancia y/o vida adulta, es esencial para implementar medidas de prevención y atención de la salud adecuadas: mitigar la exposición, informar a la comunidad y a los padres y educadores, mejorar la calidad del ambiente y orientar la atención médica.

Los riesgos ambientales pueden ser de distinta naturaleza: físicos, químicos, biológicos y sociales. Estos están presentes en el agua, aire, suelo, alimentos y objetos (medios), en

todos los entornos (hogar, escuela, campo, calle, comunidad, lugar de recreación, otros) y en relación a las diferentes actividades (trabajar, jugar, aprender, recrearse, viajar, otros).

La Hoja Verde es una herramienta nueva y forma parte de la historia clínica. Incorpora a la visión médica la descripción del ambiente que rodea a las personas, identifica posibles vías de exposición a riesgos ambientales (reales o potenciales) y sus posibles efectos. Por otra parte, permite al profesional médico tomar conciencia de la importancia del ambiente y entornos en el cual se encuentran las madres, padres, niños, familia y comunidad toda. La captación de este tipo de información por los profesionales de la salud mejora la prestación de servicios médicos y también permite concientizar, capacitar y alertar a las autoridades sanitarias y otras responsables sobre aquellas situaciones ambientales que deben ser corregidas o mejoradas.

Por otra parte, la Hoja Verde pone de manifiesto el valor de factores ambientales positivos, donde la calidad ambiental contribuye al bienestar, salud y correcto desarrollo de las comunidades así como evaluar los avances y mejoras ambientales de las intervenciones.

2. Finalidad

La Hoja Verde es un instrumento de registro armonizado de la información sobre la situación ambiental de la comunidad.

Permite realizar una aproximación al diagnóstico del ambiente en que se vive y desarrollan actividades, caracterizar situaciones positivas o negativas y detectar a los individuos y grupos más vulnerables (por ejemplo, niños en situación de pobreza, que habitan en zonas marginales o en asentamientos sin infraestructura de saneamiento básico).

En caso de enfermedad o frente a ciertos signos y síntomas, el registro de la situación ambiental brinda elementos para establecer, si la hubiera, una etiología ambiental.

El diagnóstico ambiental (de corte transversal), al repetirse periódicamente, permite el seguimiento longitudinal de la historia ambiental de las personas y la construcción de indicadores ambientales de enfermedad.

Estos registros de diagnóstico ambiental permitirán - en forma retrospectiva- identificar posibles antecedentes y causas de emergentes clínicos que puedan expresarse más tarde, en la adolescencia, etapas adultas, o a lo largo de la vida.

3. Lineamientos para completar la hoja verde

La Hoja Verde puede ser completada por médicos de familia, generalistas, pediatras, enfermeras y otros profesionales y/o personal de la salud o del área ambiental y social que hayan recibido capacitación en Salud Ambiental.

Sección 1

Nombre y apellido:		Domicilio:	Fecha: .../.../...
Sexo:	Fecha de nacimiento /edad:		Profesional evaluador:
Con quién habita? Jefe de hogar:		Ámbito de vida: - Rural - Urbana - Peri-Urbana	Otros datos:
Se encuentra en situación de trabajo?			

Se recogen tres categorías de información:

- **Datos de identificación:** Nombre completo (*apellido y nombre*), Sexo (*F o M*), Fecha de nacimiento (*día/mes/año*) y edad, y Domicilio completo (*calle y número, teléfono, email, barrio, localidad, departamento, provincia y país*)
- **Datos del servicio:** Fecha de llenado (*día, mes, año*), Número de encuesta (*la misma del paciente en el servicio*), Profesional evaluador (*Nombre, apellido y título de quien hace el registro*)
- **Datos especiales:** ¿Con quién habita? Jefe de hogar (*consignar la cantidad de personas que habitan en la misma vivienda y quién es el jefe del hogar*), ¿Se encuentra en situación de trabajo? (*consignar sí o no y qué tipo situación tiene, además consignar si hay niños en situación de trabajo por ejemplo lava autos, vende en la calle, trabaja en el campo, ayuda a padres o hermanos en su trabajo, realiza tareas domésticas, otros.*), Ámbito de vida (*marcar si es Rural, Urbana o Peri Urbana*), Otros datos (*consignar cualquier información de importancia referente a estos puntos*).

Sección 2

CONSTRUCCION: - Vivienda - Escuela o Guardería - Área de recreación - Comunidad	
--	--

ZONA GEOGRAFICA	
ALIMENTOS	
CALIDAD DE AIRE	
CALIDAD DE AGUA	
TIPO Y CALIDAD DE SUELO	
DISPOSICION DE EXCRETAS	
DISPOSICION DE BASURA	
RUIDO	
QUIMICOS	
TRANSITO	

Consignar elementos relevantes recogidos en la entrevista facilitando así el registro y visualización del dato calificándolos en distintas categorías (construcción, zona geográfica, alimentos, calidad de aire y agua, tipo y calidad del suelo, disposición de excretas y basura, ruido, químicos y transito) y un espacio para comentarios adicionales.

Sección 3

Expresa preocupación por algún factor ambiental?Cuál(es)? Porqué?
Existen problemas ambientales reconocidos en el área? Cuáles?
En que trabajan los miembros de la familia (jefe de hogar)? Describa
Existe exposición a animales ponzoñosos/venenosos? Cuáles?
Hay presencia de animales domésticos? Cuáles?
Hay presencia de vectores de enfermedades? Cuáles?
Hay exposición a temperaturas extremas? Describa
Hay incapacitados en el núcleo familiar? víctimas de accidente de tránsito o laboral? Hay secuelas? Describa
Hay víctimas de quemaduras, u otras lesiones? Con secuelas? Cuáles? Describa
Hubo exposición a algún incidente/accidente químico?Cuál(es)? Secuelas? Describa?
Hay antecedente de intoxicación química y/o alimentaria? Conoce el origen? Describa?

Observaciones (otros datos)

En esta sección se registra la percepción de riesgo ambiental por parte del familiar o adulto responsable que contesta la encuesta, se establecen los principales factores ambientales presentes y antecedentes, evaluando las diferentes situaciones que pueden acontecer en el hogar, la comunidad, el área de trabajo, así como antecedentes de exposición o conductas de riesgo y "accidentes".

En los espacios que siguen a cada pregunta se deben consignar brevemente las respuestas que los encuestados dan al cuestionario. La mayoría de las preguntas se explican por sí mismas, aunque se deberá tener en cuenta la forma en que las mismas se le realizan a efectos de facilitar su comprensión y recolectar el dato en forma armonizada.

Se destina un espacio para consignar observaciones que se consideren relevantes y/o no son abarcadas en las preguntas anteriores.

Sección 4

ABC del Riesgo Ambiental

		VIVIENDA	ESCUELA O GUARDERIA	AREA DE RECREACION	AMBIENTE LABORAL	COMUNIDAD
CONSTRUCCION A. Excelente B. Mediana C. Precaria						
ZONA GEOGRAFICA A. Bajo riesgo B. Mediano riesgo C. Alto riesgo						
ALIMENTOS: A. Adecuados B. Dudosos C. Contaminados						
AIRE: A. Limpio B. Dudoso C. Contaminado	Interior					
	Exterior					
AGUA: A. Potable B. Dudosa C. Contaminada	Bebidas					
	Otros usos					
SUELO/PISO: A. Limpio B. Dudoso C. Contaminado						

DISPOSICION DE EXCRETAS: A. Adecuada B. Dudosa C. Inadecuada					
DISPOSICION DE BASURA: A. Adecuada B. Dudosa C. Inadecuada					
RUIDO: A. Bajo B. Medio C. Alto					
EXPOSICION QUIMICA: A. Riesgo Bajo B. Riesgo Medio C. Riesgo Alto					
TRANSITO: A. Bajo B. Mediano C. Alto					

Este cuadro de doble entrada permite el registro y la visualización de las principales variables ambientales listadas en la primera columna con relación a los ámbitos más comunes en que se desenvuelven las familias que habitan el hogar encuestado. Dado que este cuadro se presta a interpretaciones subjetivas, se proveen algunas directivas para ayudar a completarlo. Es posible asignar un valor numérico a cada variable y estimar en forma aproximativa el nivel de riesgo ambiental que irá de 5 (bajo riesgo) a 15 (riesgo muy elevado). La clasificación de cada parámetro será variable según el ámbito (Vivienda, Escuela, Recreación, Laboral y Comunidad).

Construcción

1. EXCELENTE: es la realizada con materiales de buena calidad. Ofrece buena salvaguarda estructural contra contaminantes, factores climáticos y la transmisión de enfermedades (Ej.: mosquitero). Es de material resistente, con piso aislante (material), baño instalado (no letrina) y servicios básicos (electricidad, desagües cloacales y acceso a agua potable de red).

2. MEDIANA: provee una protección esencial, pero no suficiente, y/o que carece de servicios básicos (evaluar, por ejemplo, si tiene letrina, pozo negro, piso de tierra, humedades, otros) que la hagan habitable pero sin llenar los requerimientos de salubridad adecuados.

3. PRECARIA: construida con materiales de baja calidad (ej. chapa, cartón, plástico, otros); la construcción es precaria, carece de servicios básicos y no reúne condiciones generales de protección y/o salubridad.

Zona geográfica:

Evaluar el riesgo de inundación o anegamiento, sequías, deforestación, terremotos, huracanes, catástrofes naturales, litigios e incluso violencia social o guerra (con referencia a la seguridad de la zona).

- 1. BAJO RIESGO:** zona sin amenazas ambientales identificables, sin áreas de violencia.
- 2. MEDIANO RIESGO:** zona donde existan alguno de los factores adversos mencionados (u otros)
- 3. ALTO RIESGO:** zona geográfica con gran deterioro ambiental

Alimentos

Se debe tomar en cuenta la procedencia de los alimentos y su calidad, su manipulación y preparación, como así también la conservación, condiciones de almacenamiento en el comercio donde se obtienen y en el hogar (cadena de frío).

- 1. ADECUADOS:** aquellos que se producen, expenden, utilizan y conservan bajo control bromatológico o dentro de las normas generales de salubridad e higiene.
- 2. DUDOSOS:** aquellos donde se sospechan o identifican: contacto con químicos o contaminantes biológicos, fabricación casera de mala calidad, higiene pobre en la preparación (sin lavado de manos, uso de agua no potable para la cocción, lavado de utensilios y vajilla) y conservación inadecuada.
- 3. CONTAMINADOS:** aquellos donde hay certeza de su mala calidad y conservación y/o conocimiento de falta de higiene en su manipulación.

Aire

La clasificación se divide para el aire interior (en la vivienda o local) o exterior. (Nota: para calificar en forma adecuada el aire como contaminado, se requiere de mediciones que pueden no estar disponibles. De tener estos datos cuantitativos es de interés incorporarlos a la hoja verde bajo: "Observaciones").

- 1. LIMPIO:** claro y respirable, sin olores ni humos, libre de partículas, polvo y contaminantes biológicos
- 2. DUDOSO:** en ocasiones el aire presenta olores, material particulado y contaminantes biológicos (ver: contaminado)
- 3. CONTAMINADO:** presencia de olores, humos, y partículas. En aire interior: ácaros, moho, humo de tabaco y de la combustión de biomasa en interiores, sin chimenea.

Es importante preguntar sobre la percepción de la calidad de aire (olores por ejemplo) y las prácticas (habito de fumar, cocina y calefacción del hogar a carbón o leña sin el tiraje

adecuado, otros). También la cercanía con industrias, silos de acopio de cereales, áreas de aplicación masiva de plaguicidas, quema de basura a cielo abierto, depósitos o lugares de tránsito intenso.

Agua

La clasificación se divide para agua de bebida y agua para otros usos (higiene y recreación). (Su disponibilidad y origen (red de agua potable, agua de pozo, otros) se describe en el cuadro de "servicios disponibles").

Para la clasificación, se debe analizar la percepción sobre la calidad de agua utilizada para bebida, las prácticas de uso del agua: si hay provisión suficiente para todos los usos o si por ejemplo, la higiene personal se realiza con agua no potable, procedencia del agua de riego de verduras de cultivo domestico, entre otros. También es importante investigar y tener en cuenta para la clasificación la recolección y almacenaje (envases usados, utilización de agua de lluvia) y sobre el uso recreacional del agua (uso de cloro en piletas de natación climatizadas cubiertas, nadar en ríos contaminados, otros), la cercanía con posibles fuentes de emisión de contaminantes (agrícola-ganadero, zonas industriales).

1. POTABLE: de calidad física, biológica y química (cumple con las normas del código alimentario). No afecta la salud, proviene de una fuente certificada y tiene control periódico de calidad. Su abastecimiento es suficiente y adecuado.

2. DUDOSA: se sospecha que está contaminada pero no existen mediciones sobre el grado de contaminación.

3. CONTAMINADA: cuando se cuenta con medidas y parámetros que indican contaminación física, química o biológica, o cuando es obvia su mala calidad.

Suelo/Piso

Para su caracterización es necesario preguntar sobre la composición, calidad y limpieza del piso. La falta de higiene, humedades, uso de plaguicidas, presencia de insectos o animales, cercanía con depósitos de herramientas, áreas de trabajo o carga y descarga, de crianza de animales o patios de maniobra de maquinarias como cualquier otra situación que pueda ser considerada como una fuente de contaminantes y represente un peligro para la salud o integridad de las personas. También se deberá tener en cuenta el uso anterior del suelo (relleno sobre basurales, suelo industrial, otros).

1. ADECUADO: piso de material de calidad, limpio.

2. DUDOSO: piso de baja calidad, con algunos factores de riesgo.

3. CONTAMINADO: piso de mala calidad (o de tierra) con factores de riesgo elevados.

Disposición de excretas

Preguntar sobre la infraestructura sanitaria existente en la vivienda (baño instalado, letrina, otros), fosas sépticas (bien controladas), sistemas de redes cloacales, disposición de las excretas (con o sin servicios de saneamiento de excretas, a cielo abierto,

enterramiento). Se debe tener en cuenta que puede existir descargas cloacales o de aguas residuales inadecuadas o cercana a las fuentes de agua de bebida o de uso. Especialmente en las poblaciones, viviendas o asentamientos cercanos a las riveras (mares, ríos y lagos, otros) donde se realicen descargas de las redes sin tratamiento previo. También en este caso, uso de la tierra y el agua (pesca por ejemplo) cercana al lugar de la disposición de excretas.

ADECUADA: baño(s) instalado(s), accesibles e higiénicos, con conexión a red cloacal, disposición de excretas y saneamiento; pileta y ducha para higiene personal.

DUDOSA: baño incompleto o alejado, con condiciones pobres para la higiene.

INADECUADA: ausencia de baño y/o conexión cloacal, falta de saneamiento y de facilidades para la higiene personal.

Disposición de basura

Preguntar sobre la gestión de residuos en el hogar, escuela, área de recreación y comunidad (generación, almacenamiento, servicio de recolección, manipulación, transporte, tratamiento, disposición final de desperdicios o desechos).

Explorar también las consecuencias del inadecuado manejo de residuos (olores, contaminación o cercanía de fuentes de agua), contaminación del suelo o aire, proliferación de insectos y roedores vectores de enfermedades (tifoidea, parasitosis, enfermedades gastrointestinales, otras).

ADECUADA: sistema de recolección de residuos funcional y efectivo.

DUDOSA: manejo pobre de residuos, recolección discontinua.

INADECUADA: ausencia de sistema de recolección de residuos, quema a cielo abierto, proximidad a basurales.

Ruido

“Ruido” implica sonido no deseado que interfiere con la comunicación entre las personas y que puede causar daño a la salud y afectar el bienestar de las personas.

La clasificación (bajo, medio, alto) será variable según el ámbito (Vivienda, Escuela, Recreación, Laboral y Comunidad) y depende de la percepción del encuestado.

Se debe prestar atención a la identificación de las fuentes más comunes: tránsito por cercanía a autopistas y playas de maniobras; música fuerte; maquinarias, tráfico aéreo, trenes, construcción de obras, hospitales, otros. Es importante indagar sobre los ruidos de corta duración y gran importancia (martillo neumático, sirenas, cohetes, explosiones, teléfono, y algunas circunstancias especiales) provenientes de juguetes o provocados los niños en zonas de juego, o en el caso de adolescentes, al escuchar música fuerte y en el ámbito hospitalario (incubadoras, ventiladores, ambulancias).

BAJO: ruidos mínimos o imperceptibles, que no molestan ni producen efecto alguno.

MEDIANO: ruido molesto, persistente o esporádico, que lleva al malestar, desconcentración e incomodidad (ejemplo: cercanía a tráfico, pasaje de tren, fábricas, discotecas).

ALTO: ruido de gran magnitud, que produce dolor y daño (ejemplo: cercanía al despegue de aviones, aserraderos, conciertos de rock, sirenas, cohetes, disparos de armas, ...).

Exposición química

Se debe analizar la percepción de la posible exposición (olores, humos, otros), el uso de plaguicidas, refacciones recientes, trabajo en el hogar, situaciones de trabajo rural en contacto con plaguicidas, consumo de alimentos recientemente fumigados, otros.

También la cercanía con sitios contaminados, zonas rurales fumigadas, industrias contaminantes, quema de basura a cielo abierto, aguas contaminadas, depósitos o sitios de tratamiento de residuos industriales, otros.

RIESGO BAJO: no hay exposición constante ni esporádica a humos, olores y químicos.

RIESGO MEDIANO: exposición esporádica a humos, olores y químicos.

RIESGO ELEVADO: exposición a humos, olores intensos, a plaguicidas, solventes, contaminantes y químicos o residuos industriales, en forma constante y repetitiva (ejemplo: basural industrial, industria contaminante, zonas agrícolas, quema de desechos, otros).

Tránsito

Las consecuencias del tránsito son el ruido, la contaminación del aire, la posibilidad de accidentes viales.

Hay que indagar la relación existente con el tránsito en cada lugar donde se desenvuelve la familia: ámbito rural (por ejemplo: donde se maneja maquinaria pesada, tractores o maquinas rurales) o urbano (cercanía con autopistas/avenidas) o calidad del transporte (en horas pico, en vehículos no aptos para transporte de personas).

BAJO: tránsito escaso, sin contaminación del aire y sin ruido.

MEDIANO: tránsito de automóviles moderado o esporádico, contaminación del aire y por ruidos moderados.

INTENSO: proximidad a zonas donde existe gran circulación de automóviles y tránsito pesado con contaminación del aire marcada y ruido elevado.

Sección 5

Servicios disponibles

SERVICIOS DISPONIBLES:	VIVIENDA	ESCUELA	COMMUNIDAD
ELECTRICIDAD			
COMUNICACION (TELEFONO, RADIO, OTRO)			
RECOLECCION DE RESIDUOS			
DISPOSICION FINAL			
TRANSPORTE PUBLICO			
ILUMINACION PUBLICA			
CENTRO DE SALUD			
PLANTA DE TRATAMIENTO CLOACAL			
RED CLOACAL			
SUMINISTRO DE AGUA			

En este cuadro de doble entrada se enlistan servicios básicos que hacen a la calidad ambiental y de vida listados en la primera columna (SERVICIOS DISPONIBLES) con relación a los ámbitos más comunes en que desenvuelven la familia del encuestado en las columnas siguientes.

Marque SI o NO ante la existencia o ausencia (respectivamente) de cada servicio.

Esta información permitirá hacer un rápido diagnóstico ambiental evaluando la disponibilidad y acceso a servicios básicos.

Comentarios

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

Recoja y consigne los comentarios que considere relevantes a los objetivos de esta encuesta.

- a- Encuesta de situación de salud, morbilidad y mortalidad percibidas - Campamento sanitario - Ciclo Práctica final; Facultad de Ciencias Médicas Universidad Nacional de Rosario.
- b- Historia Clínica de la Universidad de Rosario

c- Contextualización Encuesta de Salud

La encuesta es utilizada en el marco de la Evaluación Integradora Final de la Carrera de Medicina de la UNR, en lo que se denomina Campamento Sanitario. Dicha evaluación se lleva a cabo durante 5 días en localidades de menos de 10.000 habitantes (existen a lo largo de los 40 Campamentos realizados algunas excepciones donde relevamos poblaciones de mayor envergadura). El Campamento consta de distintas actividades donde los estudiantes son evaluados y en caso de aprobar se reciben de Médicos. El relevamiento Sanitario con la modalidad encuesta de tipo censal (es decir se encuesta a toda la población y no por muestreo, salvo en las localidades de mayor población) es una de las actividades a ser evaluadas. Específicamente en la actividad de encuestar, la herramienta encuesta es utilizada por un lado como historia clínica donde el estudiante es evaluado en la capacidad inherente a interrogatorio, planteos diagnósticos, terapéutica, recolección y registro de datos epidemiológicos entre otros. Además de cumplir esta función de evaluación, es a partir de ella que se construyen los perfiles de Morbimortalidad Referida de las poblaciones encuestadas. La posibilidad de contar con información actualizada, construida conjuntamente con la comunidad, recabando los problemas percibidos como tales por sus integrantes, permite “problematizarlos”, es decir incorporarlos a la agenda del Estado.

1. A través de la acción de algunos de sus actores sociales, siendo este el primer paso para la definición de políticas de Estado. LA ENCUESTA COMO HERRAMIENTA PARA LA CONSTRUCCION DE PERFILES DE MORBIMORTALIDAD REFERIDA Las encuestas en salud constituyen una herramienta de utilidad que nos aproxima a la percepción y el comportamiento de los ciudadanos en temas relacionado a salud enfermedad, así como utilización de los sistemas asistenciales.

2. Proporcionan información poblacional, pasible de ser complementada con otras fuentes de información sistemática a las cuales nutren o pueden representar la única información disponible en ausencia de estas.

3. Aunque no son una fuente de información rutinaria, constituyen un elemento fundamental de la información sanitaria siendo útiles para reconocer e identificar problemas y necesidades prioritarios. Aportan conocimientos multidimensionales e interconectados, adaptándose a entornos y necesidades cambiantes de las comunidades, así como también permiten generar y compartir conocimientos. A través de las encuestas en salud podemos obtener el estado de salud percibido, este constituye uno de los indicadores por excelencia utilizado como aproximación a la situación de 1 Testa M. Decidir en Salud, ¿Quién?, ¿Cómo? y ¿Por qué? Salud Colectiva: 3 :247-257. 2007 2 Brugulat-Guiteras P, Mompert-Penina A, Séculi-Sánchez E, Tresserras-Gaju R, De la Puente-Martorell ML. Encuestas de salud: luces y sombras.

Med Clin (Barc). 2010;134(Supl 1):21-26 3 Boerma JT, Stansfield SK. Health statistics now: Are we making the right investments. Lancet,2007;369:779-86salud de las poblaciones en las encuestas en diferentes países.

4. El término auto-percepción del estado de salud, o morbilidad sentida, se refiere a la información suministrada por el sujeto acerca de su estado de salud como producto de sus conocimientos e interpretaciones, sin que necesariamente haya sido confirmado por personal médico. Esta información tiene, en consecuencia, un carácter subjetivo que puede revelar los problemas de salud más comunes en la población a partir de sus experiencias y valores, y no sólo de la demanda de los servicios. La morbilidad sentida se constituye como el indicador más inmediato de la necesidad de servicios de salud y la mayor aproximación que se tiene a la morbilidad real de la población. A partir de la información recaba en las encuestas, se construye el perfil de cada Localidad en la que se describe:

- Caracterizar a la población en términos demográficos, de situación laboral, cobertura en salud, habitacionales y de escolaridad.
- Describir las características y modalidades de atención en el sistema de salud de los habitantes de la localidad.
- Elaborar perfil de morbilidad referida recabando problemas de salud agudos y crónicos de los habitantes de la localidad.
- Elaborar perfil de mortalidad referida en los últimos 15 años en la localidad.
- Describir la frecuencia de enfermedades neoplásicas referidas en los últimos 15 años en la localidad.
- Describir la frecuencia de embarazos y formas de finalización referidos en los últimos 20 años.
- Describir la frecuencia y tipo de complicaciones durante el embarazo en los últimos 20 años en la localidad.
- Describir la frecuencia de malformaciones congénitas referidas en los últimos 20 años en la localidad.

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL RELEVAMIENTO Se construyó el mapa de la localidad utilizando los provistos por el municipio, y programas de imágenes satelitales. Se realizó la división de la localidad en 12 sectores asignando cada uno de ellos a una tutoría del Ciclo de Práctica Final con un docente coordinador a cargo. Se utilizó un cuestionario estructurado con preguntas abiertas y cerradas orientadas a identificar las causas de morbimortalidad. Colombia, Ministerio de la Protección Social. Encuesta Nacional de Salud - ENS- 2005-2006: protocolo de la encuesta. Análisis de la Situación de Salud de Colombia: ASIS-COL 2002-2006: Bogotá; 2006. En las preguntas respecto a la morbimortalidad se registró la respuesta textual del entrevistado y a partir de ésta el encuestador profundizó para arribar al diagnóstico médico más certero posible. Para evitar el doble registro de mortalidad y

morbilidad referida, las preguntas y las respuestas se limitaron a miembros del grupo familiar que vivían en el domicilio relevado o que lo hicieron hasta el fallecimiento. Para las patologías agudas (últimos 12 meses desde la fecha del relevamiento), crónicas (más de 12 meses de evolución), neoplasias, causa de muerte, complicaciones de embarazo, parto y puerperio, malformaciones congénitas, discapacidades, así como motivo por el que consume medicamentos se utilizó el CIE 10 como sistema de codificación. Esta es una herramienta confeccionada por la Organización Mundial de la Salud que permite unificar ciertos parámetros, con gran utilidad para los análisis epidemiológicos. Los encuestadores fueron formados a lo largo de 3 meses por los docentes de la PF. Todas las encuestas fueron revisadas por los docentes para garantizar la calidad de la información, siendo el cargado de datos también supervisado. La base de datos confeccionada fue revisada posteriormente por los docentes para cotejar los datos cargados con las encuestas realizadas. Para conocer la cantidad de viviendas encuestadas y para el geo-referenciamiento se empleó una hoja de ruta confeccionada para tal fin. Finalmente es entregada a cada comunidad el informe de su situación de Salud en presentación pública en donde participan la autoridad local, instituciones intermedias y público en general. Hemos realizado con esta metodología 40 Campamentos Sanitarios. En los que además de la encuesta realizamos talleres de promoción de salud en todas las temáticas (donde también los estudiantes son evaluados en términos de divulgación y capacidad de comunicar adecuadamente a la población) así como también hemos evaluado todas las escuelas, incluyendo rurales en muchas localidades donde se evalúa salud del niño escolar, contando con datos antropométricos de todos los niños (el estudiante también es evaluado aquí en habilidades técnicas de examen físico, identificación de signos y síntomas, adecuación a realización de actividades médicas por fuera de condiciones de consultorio, empatía entre otras). Todo este trabajo consta de protocolos de acción para la realización de cada una de las etapas, que inician previo a la llegada de los estudiantes a la Localidad, hasta la realización del informe final. La encuesta en sí misma, constituye una herramienta más de evaluación y es la fuente de datos a partir de la cual se construye la información final que es devuelta la comunidad. De este modo, el Campamento Sanitario es una evaluación académica, una actividad de Extensión Universitaria y un trabajo de Investigación realizado por docentes, estudiantes y GeMA - Genética y Mutagénesis Ambiental Departamento de Ciencias Naturales-FCEFQyN.

e.- Universidad Nacional de Río Cuarto CUESTIONARIO (modif. de Diaz Barriga, 1999).
Atención Dra. Delia Aiassa

La información aquí consignada es confidencial. Este cuestionario queda archivado en la orientación Citogenética, Depto. de Ciencias Naturales de la UNRC.

FECHA.....
Nombre del barrio.....
Ubicación de la vivienda: Manzana.....N.....S.....E.....O.....

1. El barrio dónde usted vive es:

- A) Un área residencial
- B) Un área industrial
- C) Tiene depósitos (de residuos sólidos o líquidos, residuos industriales, urbanos, hospitalarios, etc.)
- D) Es un área impactada por contaminación natural (especificar).....

- E) Es un área impactada por actividad agrícola ganadera
- F) Otros (especificar).....

2. ¿Qué actividades se realizan en el barrio?

- A) Industriales
- B) Comerciales
- C) Agrícola ganadera
- D) Otras

3. ¿Cuáles son los tóxicos que Ud. considera presentes en su barrio?

- A) Compuestos inorgánicos (cromo, mercurio, níquel, plomo, arsénico, flúor)
- B) Compuestos orgánicos (basurales)
- C) Compuestos sintéticos (agroquímicos)
- D) Microorganismos (bacterias, hongos)

4. ¿A qué le atribuye el origen de la contaminación?

.....
.....
.....

5. ¿Cuándo se inició la fuente de contaminación?

- A) Un año
- B) Entre dos y cinco años
- C) Entre cinco y diez años
- D) Más de diez años

6. Ud. considera que el contaminante le llega por:

- A) El aire
- B) El suelo
- C) El agua
- D) Otros (especificar).....

7. ¿Cuál es el lugar a su criterio, que la población entra en contacto con los contaminantes?

- A) En el interior de la vivienda
- B) Espacios de uso común en el barrio (plazas, veredas, jardines)

8. ¿Cuántas personas de su núcleo familiar están expuestas a los contaminantes que Ud. ha mencionado?

Indique edades de cada uno de ellos GeMA – Genética y Mutagénesis Ambiental
Departamento de Ciencias Naturales- FCEFQyN Universidad Nacional de Río Cuarto
familiar 1 2 3 4 5 6 7 8 9 edad
sexo M F M F M F M F M F M F M F M F

9. ¿La contaminación ha sido siempre del mismo tipo? SI NO

10. ¿Han existido otras fuentes contaminantes, ahora clausuradas o abatidas?
SI NO

11. ¿El sitio ha tenido siempre el mismo uso de suelo?

SI NO

12. ¿Han existido fugas del contaminante? SI NO

13. ¿Cuáles son las preocupaciones que Ud. tiene en relación a la contaminación ambiental?

.....
.....
.....

14. Complete la siguiente tabla

Familiar 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fumador?

Medicación habitual? (últimos 6 meses)

Consumo alcohol todos los días? + de 1 vaso

Enfermedades que relacione con los contaminantes

Abortos?

Hijos con malformaciones?

IMPACTO DE LOS PLAGUICIDAS EN LA SALUD

15. ¿Se utilizan plaguicidas en el interior de la vivienda?

SI NO

Indique el nombre comercial.....

.....
.....

16. ¿Se cultiva en los alrededores de la vivienda?

SI NO

¿A cuántos metros?.....

¿Qué cultivos se practican?.....

.....

¿Se pulverizan con plaguicidas esos cultivos? SI NO

Si respondes SI entonces contesta las siguientes preguntas:

¿En qué meses se pulveriza?

¿Cuántos días por mes?.....

¿Sabes qué plaguicidas son los utilizados? SI NO

Si respondes SI entonces contesta las siguientes preguntas: GeMA – Genética y

Mutagénesis Ambiental Departamento de Ciencias Naturales- FCEFQyN Universidad

Nacional de Río Cuarto ¿Cuál es el nombre de los plaguicidas usados?

.....
.....

¿Cuánto tiempo hace que está en contacto con plaguicidas (por que vive cerca de cultivos, porque los aplica)?

A. Menos de 1 año

B. 1 a 10 años

C. 11 a 20 años

D. Más de 20 años

17. Detalle para cada integrante de la familia ¿Cuáles han sido las enfermedades que ha presentado o presenta desde que está en contacto con plaguicidas?

familiar 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ENFERMEDAD

18. ¿Alguna persona de tu grupo familiar se intoxicó con plaguicidas? SI NO

¿En qué lugar ocurrió la intoxicación?

A. interior de la vivienda

B. al aire libre ¿Qué tarea realizaba? A. Aplicaba plaguicidas B. Estaba en el lugar de la aplicación

C. Otras.....

19. ¿Qué síntomas sintió o manifestó la/s personas intoxicadas?

A. Mareos

B. Nauseas o vómitos

C. Lagrimeo

D. Sudor

E. Decaimiento

F. Confusión mental

G. Dolores de cabeza

H. Dificultades respiratorias

I. Visión borrosa

J. Cansancio

K. Incoordinación

L. Ardor, lagrimeo o picazón de ojos LL.

Otros.....

20. ¿Los integrantes de la familia presentan síntomas que persisten? Por ejemplo:

A. Tos

B. Estornudos repetidos

C. Dificultad respiratoria

D. Ardor, lagrimeo o picazón de ojos

E. Picazón en la piel

F. Manchas en la piel

G. Otros.....

¿Cuántos integrantes presentan esos síntomas?

.....

21. ¿Hay integrantes de la familia que tienen problemas para lograr embarazos?

SI NO

¿Cuántos integrantes tienen el problema?¿Varón o mujer?.....

¿Cuál es la causa?

f. Libreta Sanitaria Materno-Infantil del Ministerio de Salud de la provincia de Buenos aires de distribución gratuita en toda la Pcia. de Bs. As. Es de uso obligatorio en toda la Provincia.

Capítulo 12

Marco regulatorio y conflicto social alrededor de los agrotóxicos

Florencia Arancibia

Argentina, junto con Estados Unidos, fue el primer país que inició la siembra comercial de cultivos transgénicos y hoy es el tercer mayor productor y exportador (James 2016). Desde la introducción de la soja transgénica RoundUpReady (RR) resistente al glifosato en 1996, el paquete tecnológico compuesto por semillas transgénicas-agroquímicos-siembra directa reemplazó a otros métodos de agricultura extensiva y amplió la extensión de la frontera agrícola (Bisang, Anlló, and Campi 2008). La superficie plantada con cultivos transgénicos se multiplicó por diez entre 1996 y 2003 (a 13,9 millones de hectáreas) y comenzó a estabilizarse en 2011 en alrededor de 24 millones de hectáreas. Esto dio lugar a la emergencia de un nuevo modelo agrario, “el modelo de agro-negocios” (Gras and Hernández 2013), que implicó profundos cambios en la estructura agro-productiva (Giarraca and Teubal 2005) así como graves efectos sanitarios y ambientales (Massarini 2020; Pengue 2005). En gran parte, estos efectos se debieron al incremento extraordinario en el uso de agrotóxicos: si en 1997 se utilizaban alrededor de 123 millones de litros de plaguicidas por año, en el año 2018 se utilizaban más de 500 millones (Naturaleza de Derechos (ONG) 2019).

Graves falencias en el sistema regulatorio

Este crecimiento extraordinario en el uso de agrotóxicos fue habilitado por las fuertes deficiencias del sistema de regulación (Arancibia 2020, Paz Belada 2017). En primer lugar, cabe destacar que el ente responsable de la regulación de pesticidas en Argentina, SENASA, depende del Ministerio de Agricultura y los ministerios de Salud y de Medio Ambiente no tienen injerencia en estas políticas regulatorias. Según la legislación vigente, SENASA tiene la responsabilidad de aprobar los llamados pesticidas, clasificarlos toxicológicamente y fijar normas de uso y comercialización. Pero en la práctica sólo se ocupa de las dos primeras y transfiere (descentraliza) la responsabilidad de la regulación del uso y la comercialización a las provincias y municipios. Es decir que, a pesar de lo que estipula el artículo 14 de la Constitución Nacional -según la cual el gobierno nacional debe dictar estándares normativos mínimos de protección del ambiente que deban cumplir todas las provincias-, la única norma nacional de presupuestos mínimos que existe en materia de pesticidas es la Ley 27,279 que sólo regula la disposición de los envases vacíos. Más allá de esta, no existen otras normas nacionales de presupuestos mínimos que garanticen protecciones homogéneas a nivel nacional sobre el uso y la comercialización de pesticidas.

A su vez, las provincias o municipios que deciden establecer restricciones basan sus normativas en la clasificación toxicológica provista por SENASA (con el criterio de: mayores restricciones a mayor nivel de toxicidad del producto). El problema es que esta clasificación es sumamente deficitaria. Por un lado, el SENASA no cuenta con laboratorios propios, sino que valida los informes presentados por las propias empresas o toma clasificaciones elaboradas por otros organismos. Además, la resolución de aprobación de cada producto y los estudios que la justifican, no son accesibles al público. Por último, el sistema de clasificación utilizado se basa en la metodología DL50 que sólo toma en cuenta la toxicidad letal en animales de laboratorio a través de una dosis única (es decir que sólo mide la probabilidad de muerte en un

corto período de exposición), y no considera exposiciones crónicas ni otros efectos como carcinogenicidad, genotoxicidad, enfermedades autoinmunes, diabetes, autismo, malformaciones fetales o abortos espontáneos, entre otras patologías. De este modo, de los aproximadamente 340 ingredientes activos de pesticidas que han sido aprobados en Argentina, más de un tercio (120) no han sido aprobados en la Unión Europea. Al menos 53 de estos 120 han sido prohibidos por sus efectos dañinos o porque la información provista por el productor era insuficiente para realizar un análisis de riesgo apropiado (Arancibia, Motta, and Clausing 2019).

Cuando se aprobó la soja RR resistente al glifosato en 1996, el glifosato ya estaba aprobado y clasificado por los organismos regulatorios como un producto de “baja toxicidad”. Por esto, no existía ninguna limitación provincial o municipal para su uso: se podía fumigar con glifosato hasta la puerta de las casas, o rociarlo con aviones sobre poblados, escuelas rurales y fuentes de agua. Ante las primeras denuncias de las comunidades expuestas durante los primeros años del 2000 (que describiremos en el apartado siguiente), no se aplicó el Principio Precautorio estipulado en la Ley Nacional de Ambiente⁵⁶, por ende, no se suspendió ni restringió su uso, ni se puso en duda la clasificación toxicológica. Esto tampoco sucedió ante la creciente evidencia científica que se fue acumulando a lo largo de los años sobre diversos efectos dañinos para la salud del glifosato (Rossi 2020). Incluso luego de que la International Agency for Cancer Research (IARC) dependiente de la OMS determinara, en base a numerosas publicaciones científicas disponibles, que el glifosato es “probablemente cancerígeno” en humanos⁵⁷ tampoco hubo cambios en la clasificación o en las regulaciones de uso de este producto (IARC 2015). Si bien a medida que se agudizó la protesta social se fueron promulgando algunas leyes provinciales u ordenanzas municipales que establecieron límites al uso de glifosato y otros agrotóxicos, los parámetros de protección resultantes son sumamente heterogéneos (por ejemplo, los radios de las zonas libres de agrotóxicos pueden variar de los 100 a los 2000 m.) (Arancibia 2020). Esto es así porque nunca se promulgó ninguna norma con estándares de protección mínimos válidos a nivel nacional y todo dependió de la correlación de fuerzas locales.

Denuncias y resistencias de las comunidades expuestas

Las primeras denuncias sobre patologías asociadas a la exposición a agrotóxicos surgieron a principios de la década de 2000 e involucraron a un grupo de madres de un barrio suburbano limítrofe con campos de soja transgénica en la ciudad de Córdoba: el barrio de Ituzaingó Anexo (Arancibia and Motta 2019; Berger and Carrizo 2019; Carrizo and Berger 2009). Preocupadas por ver a muchos vecinos con problemas de salud iniciaron un relevamiento en el cual identificaron un “cluster” de cáncer en el barrio y presentaron los resultados al Ministerio de Salud provincial.

Sin embargo, fueron ignoradas por las autoridades y apodadas “las locas de Ituzaingó”. Con el correr del tiempo ellas se organizaron colectivamente, comenzaron a protestar en las calles y fundaron la agrupación “Madres de Ituzaingó”, la primera dentro de lo que a lo largo del tiempo se fue convirtiendo en un movimiento social contra el uso de agrotóxicos en Argentina. Al ver que carecían de legitimidad para hablar sobre cuestiones relacionadas con su propia salud, las Madres de Ituzaingó fueron tejiendo alianzas con profesionales de la salud de su localidad.

⁵⁶Según este principio en caso de peligro de daño grave o irreversible aún con desinformación o falta de certeza científica de adoptar medidas para impedir la degradación del medio ambiente

⁵⁷ La caracterización de “probablemente cancerígeno” se debe a que se considera que la carcinogenicidad está demostrada en animales y que en humanos la evidencia es limitada, debido a que no es posible realizar diseños experimentales con personas.

Estas alianzas se tradujeron en la realización de varios estudios ambientales y epidemiológicos que confirmaron sus denuncias: el barrio estaba contaminado con agrotóxicos y había una concentración preocupante de patologías asociadas a su exposición. Sin embargo, estas evidencias también fueron ignoradas por las autoridades municipales y provinciales. Esto empujó a las Madres de Ituzaingó conectarse con otras organizaciones que también venían denunciando el problema en otros lugares del país. De este modo, en 2005, junto con el Grupo de Reflexión Rural, la ONG CEPRONAT, la Unión de Asambleas Ciudadanas y la Red de Acción en Plaguicidas y Alternativas de América Latina, entre otras organizaciones, lanzaron la primera campaña nacional contra el uso de agrotóxicos: "Paren de Fumigar" (Arancibia 2013).

Los objetivos de la campaña eran promover, a mediano plazo, un cambio de modelo agro productivo sin transgénicos ni agrotóxicos, y, a corto plazo, restringir su uso (Arancibia 2020). Durante la campaña, el GRR y las Madres viajaron a cientos de pueblos rurales de zonas sojeras para mapear las localidades afectadas y promover la creación de organizaciones de resistencia. Así se fundaron nuevas asambleas populares en todo el país: "Paren de fumigar Córdoba", "Paren de fumigar Junín", y así sucesivamente. La mayoría de las comunidades y los médicos rurales nunca habían escuchado hablar sobre los agrotóxicos, por eso, el primer paso de la campaña fue "crear conciencia" (Entrevista con Rulli, 2010; en Arancibia 2015). Toda la información recolectada a lo largo de estas actividades, así como unas primeras "evidencias" clínicas producidas por los médicos locales fueron recopiladas en un libro, "Pueblos Fumigados" (Grupo de Reflexión Rural 2006) en cuya primera página se puede leer:

El proyecto Paren de Fumigar nació como gesto solidario a partir de conocer y de comenzar a respaldar, a partir del año 2005, a la lucha de las Madres de Ituzaingó [...]. Este trabajo se sustenta en los informes suministrados por los pobladores de algunas de las muchísimas localidades afectadas y en ellos se exponen problemas concretos de cada lugar originados directa o indirectamente por la acción de los plaguicidas. [...]. Esta presentación que añade una recopilación de casos y evidencias, y a pesar de tantas dificultades encontradas y de hallar tantas resistencias, expresa la enorme esperanza, no tan solo nuestra, sino también de todos los pueblos que son víctimas del espantoso flagelo de la fumigación con tóxicos, de que, en ciertos lugares de decisión o al menos donde la autoridad moral se encuentra preservada, haya oídos y disposición para atender estas demandas. (...) Esta presentación ofrece la oportunidad de tomar conciencia y en especial de hacer algo para detener el genocidio. Quedamos esperando. (Grupo de Reflexión Rural 2006)

La campaña se cerró con la presentación del libro, la presentación de una demanda judicial a la Corte Suprema de Justicia para suspender el uso y comercialización de agrotóxicos en todo el país, y la entrega de una carta a la presidencia de la Nación con una copia del libro. Ni la Corte Suprema ni la Presidencia respondieron.

Redes de médicos, científicos y profesionales de la salud

Otro efecto de la campaña fue el involucramiento de médicos rurales, trabajadores de la salud y algunos científicos que apoyaron los reclamos de las comunidades, se pronunciaron públicamente en contra del uso de los agrotóxicos y fueron produciendo distintas "evidencias" de daño asociado a estos.

En Abril de 2009, la portada del popular diario *Página 12* publicó los resultados de un experimento llevado a cabo por Andrés Carrasco, director del Laboratorio de Embriología

Molecular de la Universidad Nacional de Buenos Aires e investigador del CONICET, que demostraba que el glifosato causa malformaciones en embriones. Este no era el primer estudio que diera cuenta de efectos perjudiciales del glifosato en la salud pública, pero fue el primero que se difundió en un medio de comunicación masivo. Esto causó gran revuelo en la opinión pública y se convirtió en un hito del conflicto. Al igual que otros expertos antes que él, Carrasco se convirtió entonces en el blanco de una fuerte campaña de desprestigio por parte de funcionarios del gobierno nacional (liderada por el entonces Ministro de Ciencia y Tecnología, Lino Barañao), intendentes, autoridades universitarias, representantes de las empresas biotecnológicas e incluso la embajada de Estados Unidos (Arancibia 2020). Esto incluyó censura y hasta situaciones de violencia física. Se criticó la validez de los resultados de su investigación, arguyendo que los datos publicados en un medio de comunicación masivo no podían tomarse como válidos. Aunque un año más tarde, los mismos resultados fueron publicados por la revista científica *Chemical Research in Toxicology* (Paganelli et al. 2010), no hubo retracciones respecto de los cuestionamientos previos.

En Agosto de 2010, se organizó el **1º Encuentro de Médicos de Pueblos Fumigados** en la Universidad Nacional de Córdoba, coordinado por el pediatra Medardo Ávila Vázquez. Fue la primera vez que una universidad nacional fue sede de un evento sobre el tema. Médicos rurales, biólogos, genetistas, epidemiólogos y otros científicos y trabajadores de la salud presentaron sus trabajos. El Encuentro reunió a ciento sesenta personas y fue el puntapié para la conformación de la *Red de Ambiente y Salud-Médicos de Pueblos Fumigados* (REDUAS) con veintitrés miembros de distintas provincias. Finalizado el 1º Encuentro se publicó un informe que incluyó todos los trabajos presentados y una declaración política que comenzaba así:

Desde hace casi diez años los pobladores de las zonas rurales y periurbanas, donde se desarrollan actividades agropecuarias basadas en el actual modelo de producción agroindustrial, vienen reclamando ante las autoridades políticas, ante la justicia y manifestándose ante la opinión pública, porque sienten que la salud de sus comunidades está siendo afectada ambientalmente, principalmente por las fumigaciones con agroquímicos que se utilizan en las diferentes producciones agrarias. [...] Con el fin de generar un espacio de análisis y reflexión académica y científica sobre el estado sanitario de los pueblos fumigados, y de escuchar y contener a los miembros de los equipos de salud que vienen denunciando y enfrentando este problema, la Facultad de Ciencias Médicas de la UNC, a través de dos de sus cátedras (Medicina I y Pediatría), convocó a este 1º Encuentro (Ávila Vázquez and Nota 2010).

El 2º Encuentro de Pueblos Fumigados se realizó en la Universidad Nacional de Rosario (UNR) como parte del 1º **Congreso Latinoamericano de Salud Socio-ambiental** en 2011 organizado por el equipo del médico Damián Verzeñassi. Estos congresos continuaron organizándose cada dos años y desde entonces se organizaron cinco. El mismo equipo creó en 2009 un innovador dispositivo pedagógico, de investigación y de extensión en el marco de la Práctica Final de la carrera de Medicina de la UNR: los **Campamentos Sanitarios**. Además de formar a los médicos para que puedan atender al problema sanitario causado por los agrotóxicos, el proyecto apuntó a producir datos epidemiológicos de poblaciones rurales y periurbanas de menos de 5.000 habitantes que no eran relevados por los organismos oficiales. Desde su implementación, se realizaron 40 Campamentos Sanitarios y se produjeron datos que representan a más de 100.000 personas. Estos datos sirvieron para

documentar los impactos en la salud humana de la exposición a agrotóxicos en los medios de comunicación, los cuerpos legislativos y los tribunales, utilizándose sus resultados como evidencia en diversos juicios y elaboración de Ordenanzas restrictivas al uso de agrotóxicos (Verzeñassi and Vallini 2019).

Balance

¿Cuál es el balance de los más de veinte años de reclamos? A pesar de las crecientes evidencias científicas (ver capítulos 5 y 6), los reclamos de las comunidades y los profesionales de la salud, las autoridades gubernamentales aún no han reconocido el grave problema sanitario producto del uso de los agrotóxicos. No se modificó el sistema regulatorio, tampoco se dictó ninguna nueva norma de presupuestos mínimos para el uso de estos productos válidos para todo el territorio nacional y el SENASA no cambió ni su metodología de clasificación toxicológica ni ninguna de las clasificaciones puntuales (como la del glifosato). No se han llevado a cabo relevamientos epidemiológicos oficiales que permitan evaluar el impacto sanitario de la exposición a agrotóxicos en las principales zonas agrarias del país ni se han planificado políticas de salud pública para abordar estos problemas. Por último, un dato muy preocupante es que se acaba de aprobar (el 7 de Octubre de 2020) el trigo transgénico HB4 tolerante a la sequía y resistente al herbicida glufosinato de amonio (sujeto a que Brasil lo acepte, al ser el primer receptor de las exportaciones argentinas de trigo). Este cultivo transgénico, que no está aprobado en ningún lugar del mundo, no solo multiplicará el consumo de agrotóxicos, sino que además incorporará al campo y al plato de todos los argentinos (por el papel fundamental del trigo en la dieta) el glufosinato de amonio, un químico aún más tóxico que el glifosato⁵⁸.

Como datos “esperanzadores” se pueden resaltar seis. **Primero:** a lo largo del período se amplió el cuestionamiento social y científico al uso de agrotóxicos y, más en general, a este modelo de agricultura basado en transgénicos y agrotóxicos. **Segundo:** en 2010 la Defensoría del Pueblo solicitó al SENASA un cambio en la metodología de clasificación toxicológica de los agrotóxicos (aunque no se implementó). **Tercero:** se promulgaron más de 200 Ordenanzas municipales que limitan el uso de los agrotóxicos a lo largo del país. **Cuarto:** en 2019 un Informe de la Auditoría General de la Nación (N° 064/2019) criticó el modo en que se aprueban los transgénicos en Argentina, lo caracterizó como un proceso poco transparente e incompleto, que desoye convenios internacionales, vulnera leyes ambientales y viola los derechos de los pueblos indígenas. **Quinto:** se fue generando una nueva doctrina judicial orientada a la precaución compuesta por más de 72 fallos judiciales favorables a las comunidades afectadas que restringen el uso de los agrotóxicos (Cabaleiro 2020). **Sexto:** la agro-ecología se fue consolidando como modelo de agricultura alternativo, lo cual se plasma en la creación y la expansión de la Red Nacional de Municipios y Comunidades que fomentan la Agro-ecología (RENAMA) -que incluye ya a 30 municipios y 90.000 hectáreas- y la reciente creación de la Dirección de Agro-ecología en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Cabe destacar, que en estos aún “pequeños” pero importantes avances los profesionales de la salud, junto con los científicos comprometidos, hemos jugado un rol importante. Ante las enormes deficiencias del sistema regulatorio y la falta de cumplimiento del Principio Precautorio, aportamos a la legitimación de un grave problema sanitario negado por gobiernos y medios de comunicación y, de este modo, hemos fortalecido el reclamo por el

⁵⁸ Para más información sobre la aprobación del trigo transgénico: <http://www.biodiversidadla.org/Agencia-de-Noticias-Biodiversidadla/!Con-nuestro-pan-NO>

derecho a la salud y a un ambiente sano de los “pueblos fumigados”. Ya sea con la participación directa en las campañas organizadas por los movimientos sociales, con declaraciones públicas y en los tribunales o con la producción de estudios, informes, artículos, etc., apoyamos la promulgación de ordenanzas municipales y fallos judiciales que restringieron el uso de agrotóxicos y promovieron otros modos de agricultura en múltiples localidades del país (Cabaleiro 2020). En palabras de Fernando Cabaleiro, un abogado que llevó a cabo varios de los juicios que se ganaron:

Así podemos observar la importancia que tiene el conocimiento científico producido en las universidades públicas y el rol de los profesionales de la salud y la agronomía despojados de conflictos de intereses, para informar a los tribunales. Un conocimiento directo que ingresa a los expedientes a través de la producción de la prueba testimonial o de informes interdisciplinarios con la licencia amplia que otorga la ley general del ambiente a los jueces y juezas, en la dirección de los procesos. (Cabaleiro 2020:21)

De cara al futuro enfrentamos una gran responsabilidad. Si bien somos muchos quienes nos hemos comprometido con esta problemática desde distintas disciplinas e instituciones, todavía somos una minoría y, en general, en ámbitos médicos prima el desconocimiento o la indiferencia frente a esta problemática. Involucrarse es el primer paso para frenar este desastre sanitario y ambiental, del cual los niños son una de las principales víctimas. Si las redes de profesionales de la salud y científicos comprometidos siguen creciendo, sumando apoyos institucionales y haciendo oír su voz podríamos, junto con las comunidades organizadas, lograr un cambio en las políticas de salud pública y podríamos consolidar un nuevo modelo agrario justo y saludable, donde la producción sea compatible con la vida.

Referencias

- Arancibia, F. 2013. “Challenging the Bioeconomy: The Dynamics of Collective Action in Argentina.” *Technology in Society* 35(2).
- Arancibia, Florencia. 2020. “Resistencias a La Bioeconomía En Argentina: Las Luchas Contra Los Agrotóxicos (2001-2013).” *Ciencia Digna. Revista de La Unión de Científicos Comprometidos Con La Sociedad y La Naturaleza de América Latina* 1(1):42–64.
- Arancibia, Florencia, and Renata Motta. 2019. “Undone Science and Counter-Expertise: Fighting for Justice in an Argentine Community Contaminated by Pesticides.” *Science as Culture* 28(3):1–26.
- Arancibia, Florencia, Renata Campos Motta, and Peter Clausing. 2019. “The Neglected Burden of Agricultural Intensification: A Contribution to the Debate on Land-Use Change.” *Journal of Land Use Science* 00(00):1–17.
- Ávila Vázquez, Medardo, and Carlos Nota. 2010. *1º ENCUENTRO NACIONAL DE MEDICXS DE PUEBLOS*. Córdoba.
- Berger, Mauricio, and Cecilia Carrizo. 2019. “Afectados Ambientales. Aportes Conceptuales y Prácticos Para La Lucha y El Reconocimiento y Garantía de Derechos.” 1–18.
- Bisang, Roberto, Guillermo Anlló, and Mercedes Campi. 2008. “Una Revolución (No Tan) Silenciosa. Claves Para Repensar El Agro En Argentina.” *Desarrollo Económico* 48(190):165–207.

- Cabaleiro, Fernando. 2020. *Praxis Jurídica Sobre Los Agrotóxicos En La Argentina*. Tercera Ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Naturaleza de Derechos.
- Carrizo, Cecilia, and Mauricio Berger. 2009. *Estado Incivil y Ciudadanos Sin Estado: Paradojas Del Ejercicio de Derechos En Cuestiones Ambientales*. Córdoba: Narvaja Editor.
- Giarraca, Norma, and Miguel Teubal. 2005. *El Campo Argentino En La Encrucijada*. Ed. Alianza. Buenos Aires.
- Gras, Carla, and Valeria Hernández. 2013. *El Agro Como Negocio. Producción, Sociedad y Territorios En La Globalización*. edited by C. Gras and V. Hernández. Buenos Aires, Argentina: Biblos.
- Grupo de Reflexión Rural. 2006. *Pueblos Fumigados. Informe Sobre La Problemática Del Uso de Plaguicidas En Las Principales Provincias Sojeras de La Argentina*. Buenos Aires. IARC. 2015. *Glyphosate*. Vol. 112.
- James, Clive. 2016. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2015*. 51. Ithaca, NY: ISAAA.
- Massarini, Alicia. 2020. "Tecnociencia de Mercado: El Caso de La Agrobiotecnología." in *¿Revolucionar la ciencia? Reflexiones sobre la epistemología y su contexto de enseñanza.*, edited by J. Layna, N. Savater, and S. Rivera. Buenos Aires, Argentina: Tesei oress.
- Naturaleza de Derechos (ONG). 2019. *En La Argentina Se Utilizan Más de 500 Millones de Lts./Ks. de Agrotóxicos Por Año*.
- Paganelli, Alejandra, Victoria Gnazzo, Helena Acosta, Silvia L. López, and Andrés E. Carrasco. 2010. "Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signalling." *Chemical Research in Toxicology* 23(10):1586–95.
- Paz Belada, Alejandro. 2017. "Regulación de Los Agroquímicos En La Argentina: Hacia Una Ley General de Presupuestos Mínimos Regulatorios (Regulation of Agrochemicals in Argentina: Towards a Framework Law)." Universidad de San Andrés.
- Pengue, Walter A. 2005. "Transgenic Crops in Argentina: The Ecological and Social Debt." *Bulletin of Science, Technology & Society* 25(4):314–22.
- Rossi, Eduardo Martín. 2020. *Antología Toxicológica Del Glifosato + 1000. Evidencias Científicas Publicadas Sobre Los Impactos Del Glifosato En la Salud, Ambiente y Biodiversidad*. 5ta Edición. Buenos Aires, Argentina.
- Verzeñassi, Damián, and Alejandro Vallini. 2019. *Transformaciones En Los Modos de Enfermar y Morir En La Región Agroindustrial*. Rosario.

ANEXO I

Fases en el proceso histórico de utilización y percepción de los efectos socio ambientales

Javier Souza Casadinho

Docente Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires

Coordinador regional de la Red de acción en plaguicidas y sus Alternativas de América Latina

1- Evolución histórica de los plaguicidas.

Desde los inicios mismos de la agricultura, los seres humanos debimos enfrentar problemas derivados del ataque de insectos, hongos y aunque parezca paradójico de plantas silvestres emparentadas con aquellas cultivadas, los cuales mermaban en cantidad y calidad la cosecha de productos destinados a la alimentación.

Tradicionalmente, se encararon estrategias basadas en la prevención del ataque de “plagas” ya mediante la quema de los pastizales y rastrojos, el cultivo durante varios años en el mismo terrero para luego dejarlo en descanso o barbecho, con posteridad, y a partir del desarrollo de conocimiento específico y situado se desarrollan estrategias y prácticas definidas haciendo hincapié en el mantenimiento de la diversidad biológica y la nutrición equilibrada de los suelos. La biodiversidad entendida como la inclusión de diferentes cultivos anuales y perennes, ya sean silvestres cuanto cultivados, en un mismo predio, no sólo posibilita el aprovechamiento integral de la energía solar y de los nichos ecológicos existentes en el suelo, sino que además reduce la cantidad de alimento disponible para los insectos aprovechando el efecto protector de alguna de ellas tal el caso de las plantas que exudan sustancias repelentes de insectos perjudiciales, plantas que suministran polen, néctar y sitios de refugio a los insectos benéficos y plantas capaces de asociarse bacterias fijadoras de nitrógeno.

De la misma manera las rotaciones y el reciclaje de nutrientes, brindaban a las plantas un equilibrado suministro de alimentos que les permitía crecer en forma armónica, y así enfrentar potenciales ataques de insectos o hierbas. En general para casi todas las culturas fue fundamental el respeto por el medio ambiente conviviendo con insectos y plantas silvestres. También dentro de las estrategias a fin de prevenir el accionar de las adversidades cabe mencionar el rol que han cumplido, y aun cumplen en la actualidad, las ceremonias y las ofrendas a fin de “reintegrar” a la naturaleza una parte de los cultivos obtenidos o de agradecer a Dioses y Diosas los alimentos suministrados. Las ceremonias a la Pacha mama son una muestra de ello.

El empleo de productos químicos inorgánicos para destruir insectos se remonta posiblemente a los tiempos de Grecia y Roma. Homero menciona la utilidad del azufre quemado como fumigante, mientras que Plinio el Viejo recomienda el arsénico como insecticida y alude al empleo de sosa y aceite de oliva para tratar las semillas de leguminosas. En el siglo XVI, los chinos empleaban pequeñas cantidades de arsenicales como agente insecticida y poco después empezó a usarse la nicotina en forma de extracto de tabaco (OMS; 1992)⁵⁹

La especialización productiva derivada de la división internacional del trabajo junto con el incremento poblacional, las migraciones del campo a la ciudad y el desarrollo tecnológico produjo tanto una homogenización al interior de las especies cultivadas así como una elevación

⁵⁹ Organización Mundial de la Salud, 1992, Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura, OMS, Ginebra, Suiza

en la superficie cultivada con una sola especie. De esta manera se expande el monocultivo. Esta práctica no posibilita la sustentabilidad de los agro-ecosistemas dado que se interrumpen ciclos, relaciones y flujos naturales, y además se suministra más alimento a los insectos perjudiciales a la vez que se reducen los sitios de cobijo, alimentación y apareamiento de parásitos y predadores.

Hacia fines del siglo XIX, influenciado por las ideas científicas – económicas- productivas de la época, se puso más énfasis en la obtención de productos que permitieran la eliminación de los insectos que atacaban las plantas que prevenir su accionar. En 1783, en la ciudad de Nueva York se utilizaba estiércol blando de vaca remojado en agua junto a brotes de saúco a fin de ahuyentar a la mosca de los pepinos. La búsqueda de nuevos productos estaba asociada más con el creciente intercambio comercial, el mayor consumo de alimentos y un avance en el conocimiento de la vida de los insectos, que con daño ocasionado por ellos. Se incrementó la utilización de pociones, mezclas y remedios caseros, un ejemplo de ello es una mezcla de cal y de azufre que en 1885 se comercializaba a fin de combatir a la filoxera de la vid (Souza Casadinho, 2000)⁶⁰. En 1867, los trabajos realizados con arsenicales se plasmaron en la introducción del verde de Paris, forma impura del arsenito de cobre, que se utilizó en los Estados Unidos para poner coto al escarabajo de la patata; hacia 1900 su uso estaba tan extendido que dio lugar a la introducción de una legislación que es probablemente la primera que se promulgó en el mundo para regular el uso de plaguicidas. (OMS; 1992)⁶¹

El desarrollo tecnológico alcanzado durante la primera guerra mundial sumado a la necesidad de encontrar productos químicos capaces de combatir a insectos vectores de enfermedades llevó a la industria química mundial a una incesante investigación. La misma se realizó mediante síntesis química a partir de derivados del petróleo. Durante la década del '30 se sintetiza el D.D.T, el primer insecticida sintético de la historia. Fueron tan grandes, y promocionados, sus logros respecto al control de insectos que a su descubridor el suizo Paul Müller, le fue otorgado el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en el año 1948. Se lo presentó como un producto capaz de combinar un rápido volteo con una larga persistencia sobre el cultivo, evitando aplicaciones continuas. A partir de los logros tanto en aplicaciones sanitarias como agrícolas, se produjo una rápida aceptación, expandiéndose a gran parte del mundo. Pocos años después de su distribución masiva aparecerían los efectos no deseados: disturbios corporales agudos y crónicos tanto en trabajadores como en consumidores de productos agropecuarios, contaminación de cursos de aguas, aparición de resistencias en insectos perjudiciales y muerte de insectos benéficos.(Souza Casadinho, 2000)⁶².

Como consecuencia de la aparición de resistencias genéticas en los insectos perjudiciales se hizo necesario utilizar dosis más elevadas de este toxico, aumentando su impacto en el ambiente en general y en la salud de quienes se hallaban expuestos, de manera directa e indirecta, en particular. Años después aparecen una serie de productos del mismo tipo que el D.D.T. denominados genéricamente “organo-clorados”. Estos también combinaban una gran efectividad en el control de insectos con persistencia en el ambiente, algo que se juzgó como positivo desde el punto de vista del manejo de “plagas” agrícolas pero que resultó

⁶⁰ Souza Casadinho, J.2000, Estudio de la dinámica de los pesticidas en cuatro partidos de la región hortícola bonaerense tendiente a conocer los factores con incidencia en las intoxicaciones humanas. Tesis de graduación, Maestría en Metodología de la Investigación, UNER. Entre Ríos.

⁶¹ Organización Mundial de la Salud, 1992, Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura, OMS, Ginebra, Suiza

⁶² Souza Casadinho, J.2000, Estudio de la dinámica de los pesticidas en cuatro partidos de la región hortícola bonaerense tendiente a conocer los factores con incidencia en las intoxicaciones humanas. Tesis de graduación, Maestría en Metodología de la Investigación, UNER. Entre Ríos.

notoriamente negativo a nivel de la salud socio-ambiental dado que aún hoy, pese a que estos productos ya no se usan en la mayoría de los países del mundo, todavía aparecen trazas de estas sustancias en la leche materna. Esta situación demuestra una perspectiva sesgada, reduccionista, cortoplacista y poco sistemática acerca de la dinámica de vida de los insectos y del accionar ambiental de las sustancias químicas utilizadas para su control. Los organoclorados son sustancias neurotóxicas que actúan en el ámbito de las membranas nerviosas. La existencia de efectos nocivos, en especial la posibilidad de acumularse en las grasas y desde allí producir distintos tipos de cánceres, junto con la necesidad de aprovechar los conocimientos acumulados, incentivan a las industrias al desarrollo de una nueva generación de productos denominados de manera general “organofosforados”, cuyo representante más conocido, y utilizado ampliamente en las actividades agrícolas, es el Parathión. Estos productos acción inmediata, sobre las “plagas” - poder de volteo - pero en comparación con el grupo anterior, merma su persistencia en el ambiente. Esta situación presenta por lo menos dos aristas con diferentes implicancias: una necesidad de aplicar productos con mayor frecuencia junto a una menor contaminación residual. Respecto a la salud socio-ambiental, se trata de productos neurotóxicos, compiten con la acetilcolina por la acetilcolinesterasa, afectando al sistema nervioso. Los productos fosforados son capaces de producir efectos agudos. más potentes que los insecticidas clorados entre los que sobresalen el edema pulmonar, los vómitos y la miásis. Según investigaciones recientes son capaces de producir afecciones de tipo crónico como cáncer y mal de Parkinson.

Un tiempo después se lanzan al mercado los productos denominados “carbamatos”, derivados del ácido carbámico. La mayoría de los carbamatos tienen una toxicidad baja a moderada, por la reversibilidad de su reacción con la acetilcolinesterasa y su rápida degradación. Suele destacarse su selectividad respecto a los insectos sobre los cuales actúan, aunque las abejas pueden constituir una excepción ya que son muy sensibles a la presencia de carbamatos. Pueden bioacumularse en peces, si su metabolización es lenta, a pesar de ser inestables en el agua debido a su degradación mediante hidrólisis. Su toxicidad es baja en mamíferos. La mayor parte de sus metabolitos son menos tóxicos y son biodegradados rápidamente (OMS, 1986)⁶³. Al igual que los fosforados, inhiben la acción de la acetilcolinesterasa.

En la década de los años '60 se expande la utilización de los denominados plaguicidas Piretroides, compuestos similares al piretro natural pero obtenidos por síntesis química. Existen dos grupos, aquellos que poseen el grupo ciano afectan al sistema nervioso central, mientras que el resto afecta al sistema nervioso periférico. Tienen una baja absorción cutánea. Su baja toxicidad en mamíferos depende probablemente de su activa metabolización por hidrólisis. Algunos, como la permetrina, son débiles inductores enzimáticos. Son moléculas neuroactivas. Las de tipo 1, sin grupo ciano, causan descargas repetitivas en las fibras y terminales nerviosos, conduciendo a hiperexcitación. Las de tipo 2, con un grupo ciano en el carbono alfa producen despolarización y bloqueo de la membrana nerviosa que conduce a la parálisis e inhiben la acción del GABA en su receptor. En animales de experimentación producen ataxia, falta de coordinación, hiperexcitación, convulsiones y parálisis. Predominan unos u otros fenómenos según el tipo de molécula. En humanos es raro que se alcance la dosis tóxica, en especial con los de tipo 1. Los del tipo 2, más peligrosos,

⁶³OMS, 1986. CarbamatePesticides: A General Introduction, EnviromentalHealthcriteria 64, Ginebra, Suiza

han producido parestesias, náuseas, vómitos, fasciculaciones, convulsiones, coma y edema de pulmón (Ferrer, A, 2003)⁶⁴.

Mientras que estos productos poseen una menor persistencia en el medio ambiente, existen controversias sobre sus efectos en la salud humana. Es así como mientras para la industria su efecto es leve, investigaciones realizadas por T. Colborn, lograron demostrar la influencia de los plaguicidas en la alteración del sistema endocrino. Los plaguicidas pueden actuar como disruptores interfiriendo el funcionamiento del sistema a partir del bloqueo de las hormonas, suplantándolas, aumentando o disminuyendo su nivel. Este efecto disruptor posee influencia en la reproducción, crecimiento y supervivencia en los animales alcanzados por los tóxicos seres humanos incluidos, (Colborn, 1997)⁶⁵.

Además de los productos citados, existen otros que no se encuadran en las clasificaciones mencionadas, pero poseen amplia difusión en actividades agrícolas. Tal el caso de los derivados de la Atrazina- en general herbicidas y defoliantes- utilizados para reducir tanto el efecto competidor de las plantas silvestres como para adelantar las cosechas de cultivos como el trigo y colza. Entre estos se encuentra el Glifosato, herbicida de contacto, con efectos nocivos sobre el tejido epitelial y alteraciones en pulmones, hígado y riñones. Más recientemente en el tiempo se expande el uso de los insecticidas denominados neonicotinoides, que como el fipronil y el imidacloprod afectan el sistema nervioso de las abejas (Souza Casadinho, 2011)⁶⁶. Estos productos insecticidas se retiraron inicialmente del mercado Europeo, para luego prohibirse su utilización en la mayoría de los cultivos excepto la remolacha azucarera dentro de la Unión Europea.

2- Fases en el proceso de utilización y percepción de los efectos socio ambientales

Aunque pareciera ser un proceso reciente, a la luz de las discusiones, presencia en los medios de difusión, dentro de los tomadores de decisión, y en los ámbitos académicos, la problemática del uso de plaguicidas y sus consecuente impacto socio ambiental es un proceso de larga data que se fue re- significando en el tiempo, relacionado con modificaciones en los componentes de estructura agraria, por ejemplo en la tenencia de la tierra, en la estructura productiva y el desarrollo tecnológico - pero también con cambios y disputas en los territorio en conflicto producto del avance de las pulverizaciones con plaguicidas y de las investigaciones que dan cuenta de su efecto en la salud socio-ambiental.

La idea de tomar el concepto de “fase”, respecto al de etapa, es buscar una cierta mirada holística y sistémica respecto a la problemática de la utilización de plaguicidas, su efecto ambiental y la visibilización de los problemas en la salud humana. Samaja afirma que “el término fase permite introducir una metáfora más rica y próxima a la complejidad real de las relaciones que se dan entre los componentes o momentos del proceso investigación... las funciones que se desarrollarán en las fases más avanzadas y complejas, ya están presentes

⁶⁴ Ferrer, A. 2003 *Intoxicación por plaguicidas*. Anales Sis San Navarra vol.26 supl.1 Pamplona

⁶⁵ Colborn, Theo. 1997 “nuestro futuro robado” en revista GAIA, Madrid nº12, pp.14

⁶⁶ Souza Casadinho, J. 2011. Utilización de agrotóxicos en las producciones agrícolas desarrolladas en el Paraje “el Lavarropas” Misiones. Prácticas cotidianas y percepción de enfermedades VII jornadas de Estudios interdisciplinarios Agrarios y Agroindustriales -Ciudad de Buenos Aires

en las etapas iniciales (Samaja, J, 1993)⁶⁷. De este modo es posible distinguir tres fases respecto a la utilización de plaguicidas, su relación con las actividades agrarias, la visibilización de sus efectos socioambientales y la participación de la sociedad en las discusiones. Pero antes de describir y analizar dichas etapas se hace importante definir que entendemos por salud y las causas que pueden determinar un deterioro en sus condiciones integrales.

En referencia a la salud, entendida como un estado de bienestar y equilibrio bio-psicosocial de plenitud de los seres vivos, recibe una influencia continua del ambiente en el cual las personas nacemos, crecemos, realizamos nuestras actividades cotidianas y por lo cual los miembros de una sociedad buscan los modos y medios para transformar aquello que deba ser transformado y que permita las condiciones donde pueda expresarse el óptimo considerado como vital según cada cultura y proceso histórico. Al respecto Ferrara afirma “El dinamismo requerido para interpretar el proceso salud-enfermedad, pues se trata efectivamente de un proceso incesante, hace a la idea de acción frente al conflicto de transformación ante la realidad. La salud nunca es la misma como tampoco lo es la enfermedad (Ferrara,1985)⁶⁸. Sumando a la complejidad de conceptualizar a la salud, o su ausencia, Canguilhem afirma: “No existe un hecho normal o patológico en sí. La anomalía o la mutación no son de por sí patológicas, expresan en sí otras formas de vida, si estas formas son inferiores en cuanto a la estabilidad, la fecundidad y la variabilidad de la vida con respecto a las normas anteriores, se las denominara patológicas. Lo patológico no es la ausencia de norma biológica, sino una norma diferente pero que ha sido comparativamente rechazada por la vida” (Canguilhem, G. 1971)⁶⁹. En referencia a la exposición a contaminantes de tipo ambiental la Organización Mundial de la Salud (O.M.S., 1975) aporta su visión afirmando que al tratar de fijar normas sanitarias aplicables al medio de trabajo, no es pertinente realizarlas en función de un ser humano medio, inexistente, sino en función de los trabajadores realmente expuestos, habida cuenta de la variabilidad en la exposición de la respuesta(O.M.S., 1975)⁷⁰.

Todo lo dicho redefine el proceso salud- enfermedad acercándolo a una perspectiva tanto histórica, territorial y social. Cuando se hace referencia a lo social se debe hacer hincapié en las clases sociales dado que tanto la percepción, como el acceso a la salud se hallan fuertemente relacionadas u condicionadas por el lugar que cada uno ocupa en la sociedad.

Para entender el proceso de salud- enfermedad dentro de la estructura social determinante, se debe incorporar el componente histórico. Esto permite reconocer la importancia de la estructura económica en la determinación de los niveles de salud según las diferentes clases sociales. “En cada clase social su delimitación está brindada por la inserción de cada grupo en el aparato productivo, así como también por las relaciones en que tales grupos se encuentran frente a los medios de producción, por el juego que desarrollan en la propia organización laboral y por la fórmula, cantidad y proporción que reciben del producto social del que en gran medida son sus creadores” (Ferrara, 1985)⁷¹. De allí que en el caso de los plaguicidas se hace necesario tener en cuenta la expansión agrícola, los productos utilizados

⁶⁷Samaja, j. 1993. Epistemología y Metodología. EUDEBA. Bs. As

⁶⁸ Ferrara, Floreal. Teoría social y salud. Bs. As. Catalogo editora. 1985.

⁶⁹ Canguilhem, G. 1971. Lo normal y Lo patológico. Ed siglo XXI.

⁷⁰ Organización Mundial de la salud. Detección precoz del deterioro de la salud debido a la exposición profesional. Ginebra. Informes técnicos, Serie INTE N° 586. 1975.

⁷¹ Ferrara, Floreal. Teoría social y salud. Bs. As. Catalogo editora. 1985

así como analizar los campos económicos – productivos y el modo en los cuales se insertan aquellos que utilizan plaguicidas y aquellos que sin participar de este campo de acciones reciben sus consecuencias.

Bourdieu define a los campos sociales como “Espacios de juego históricamente constituidos con sus instituciones específicas y sus leyes de funcionamiento propias. Los campos se presentan como sistemas de posiciones y de relaciones entre posiciones”. La posición ocupada por cada agente es la resultante de hechos históricos, con relación a esta situación dice Bourdieu “Se trata de espacios estructurados de posiciones, a las cuales están ligadas ciertos números de propiedades que pueden ser analizadas independientemente de las características de quienes las ocupan. Dentro de ese campo se producen luchas destinadas a mantener o incrementar la dotación de capital. El lugar ocupado en cada campo se relaciona con la dotación de capital específico. Esa posición definirá las estrategias de los agentes y sus vínculos. Las estrategias implementadas por los agentes tendrán como objetivo defender su lugar en el campo, con expectativas de elevar su posición. La aplicación de agrotóxicos forma parte de dichas estrategias (Bourdieu, P. 1988)⁷². De esta manera cuando los actores participantes del campo de acciones relacionados con la utilización y efecto de los plaguicidas plantean sus estrategias y prácticas lo hacen desde su propia posición en ese campo, su dotación de capital y sus propios intereses sean estos económicos o el cuidado de la salud. Las estrategias usadas pueden ser:

a. La invisibilización o el problema circunscripto en determinadas áreas o productos químicos.

Los plaguicidas comienzan a utilizarse en la Argentina en los años cincuenta fundamentalmente los herbicidas como el 2, 4 D y los insecticidas clorados como el DDT y el clordano, especialmente en la lucha contra la langosta. En esta larga fase que puede extenderse hasta fines de los años 80 los problemas derivados del uso de plaguicidas aparecen circunscriptos a áreas geográficas y cultivos concretos como el algodón en el Chaco, la fruticultura del alto valle o a productos claves como el Insecticida fosforado Paratión, el herbicida 2, 4, 5 T y a los insecticidas DDT y sus derivados. Las dificultades procedentes de la utilización de plaguicidas pueden visualizarse en las quejas de los países importadores frente a la comercialización de alimentos conteniendo alta carga de agrotóxicos, aspecto que deriva en prohibiciones parciales de por ejemplo el DDT. En el caso de este producto, y las restricciones que se imponen a su utilización, resulta paradigmático, mientras que se prohíbe para el control de la garrapata en baños animales en los años '70, se continúa utilizando hasta 1994 en las campañas sanitarias para combatir a la vinchuca y el mosquito Anopheles (paludismo).

En este período y respecto a la salud se hacen evidentes los daños, por ejemplo en el sistema nervioso, de los niños que acompañan a sus padres en el desarrollo de tareas productivas agrarias y que comienzan a ser atendidos en hospitales de la Ciudad de Bs. As, el caso del hospital de niños. (Laviano, Nelson, 1994)⁷³. Respecto a las luchas en los territorios las mismas, se circunscribían a campañas de información sobre el accionar de

⁷² Bourdieu, Pierre. Cosas dichas, Gedisa, Bs. As. Argentina. 1988.

⁷³ Laviano, Nelson. Comunicación personal 1994

productos como el paratión, que recién se prohíbe en el año 1997. (CETAAR, 1994)⁷⁴. En el caso del herbicida 2, 4, 5 T, de amplio uso durante la guerra de Vietnam, se prohíbe en 1984 luego del accionar de notables ambientalistas (Brailovsky, E. 1988)⁷⁵. Este herbicida de amplio uso en las zonas de desmonte, para la implantación de cultivos o cría de ganado (provincias de Chaco, Santiago del Estero, Corrientes) producía la liberación de dioxinas con comprobado efecto cancerígeno.

Las apariciones en los medios de comunicación se circunscribían a accidentes vinculados al almacenaje, el reciclado de envases o a contaminación con otros elementos, por ejemplo, pañales (Souza Casadinho, 1995)⁷⁶. Ya en esta época se visualizan las primeras manifestaciones de la generación de resistencias en plantas silvestres ante el uso reiterado del herbicida, por ejemplo, en la avena fatua frente al reiterado uso del herbicida 2, 4 D. (Brailovsky, E. 1988)⁷⁷.

b.- El énfasis en los modos de la aplicación

En una segunda fase y cuando se hacen más evidentes los daños en la salud de trabajadores/as y productores/as quienes aplican los plaguicidas se evidencia un cruce de visiones respecto al problema. Es posible situar el inicio de esta fase a mediados de los años '90 cuando desde las empresas fabricantes y proveedoras de plaguicidas se enfatiza en que el problema no es el producto sino la aplicación. Por su parte desde grupos ambientalistas e incipientemente desde la población expuesta, comienzan a generarse estrategias y acciones coordinadas, sistemáticas y continuas en el tiempo. En esta fase resultan evidentes los daños en la salud a nivel crónico. En éstas la aparición de los síntomas puede retardarse lo suficiente en el tiempo como para causar daños irreversibles en el organismo. La bibliografía cita una extensa cantidad de casos de este tipo de intoxicación. Fagioli realizó un estudio de trayectoria laboral mediante entrevistas a trabajadores que hubieran manipulado plaguicidas o solventes orgánicos. En el mismo se demuestra una relación entre la mutación genética y las probabilidades de contraer cáncer entre los trabajadores y productores agrícolas que manipulan plaguicidas, respecto aquellos que no lo hacen (Fagioli, 1991)⁷⁸. Por su parte, Baghurst, a partir de un estudio con 1500 personas pudo comprobar la influencia de diversos factores ambientales y nutricionales en la presentación de distintos tipos de cánceres. Luego del tabaco, la manipulación de plaguicidas aparece con una alta incidencia en la manifestación de cáncer. El trabajo también sugiere que la ingestión de alimentos contaminados con pesticidas es uno de los factores que contribuyen a aumentar el riesgo de producir este tipo de alteración celular. (Baghurst, 1991)⁷⁹. En el Reino Unido T. Colborn, luego de amplios estudios, logró demostrar la influencia de los plaguicidas en la alteración del sistema endocrino. Los plaguicidas pueden actuar como disruptores, interfiriendo el funcionamiento del sistema a partir del bloqueo de las hormonas, suplantándolas, aumentando o disminuyendo su nivel. Este efecto disruptor posee influencia en la reproducción, crecimiento y supervivencia de los animales alcanzados por los tóxicos seres

⁷⁴ Centro de Estudios Sobre Tecnologías apropiadas de la Argentina. Campaña de información "los plaguicidas matan más que las plagas" sobre los efectos de los plaguicidas 1992/1998

⁷⁵ Brailovsky, Antonio. 1988. El negocio de envenenar. Buenos Aires. Editorial Fraterna

⁷⁶ Souza Casadinho, Javier. 1995. Plaguicidas. Su efecto en el medio ambiente y alternativas de cambio. Buenos Aires. CETAAR ediciones.

⁷⁷ Brailovsky, Antonio. 1988. El negocio de envenenar. Buenos Aires. Editorial Fraterna

⁷⁸ Fagioli, Franca et al: "Distinct Cytogenetic and clinicopathologic features in Acute Myeloid Leukemia. After occupational exposure to pesticides and organic solvents" en Cancer, New York, julio de 1992, volume 70, n° 1

⁷⁹ Baghurst, Katrine et al: "Public perceptions of the role of dietary and other environmental factors in cancer causation or prevention" en Journal of Epidemiology and Community Health, Australia, Noviembre de 1992, n° 46,

humanos incluidos. (Colborn, T.1997)⁸⁰. En las áreas agrícolas de la Argentina como por ejemplo en el cultivo de tabaco investigaciones han registrado casos de intoxicación de tipo agudo y crónico. Las dificultades en la respiración, fatiga sinusitis, cansancio, dolor muscular, constituyen dolencias típicas que evidencian un inadecuado funcionamiento corporal. Estas alteraciones pueden revestir el carácter de irreversibles o dejar graves secuelas. Productores y trabajadores intoxicados han manifestado tener alguna secuela de tipo crónico: Cánceres, alteraciones en el sistema cardiaco, problemas en el sistema nervioso. (Souza Casadinho, 2011)⁸¹. Aquellos que defienden la utilización de agrotóxicos manifiestan que el problema no son los productos químicos, su toxicidad específica, la movilidad ambiental producto de sus características químicas, su capacidad de producir daño agudo y crónico, sino los modos en que estos se aplican, esta postura respecto a las “las malas praxis” hablan de prácticas inadecuadas de aquellos que los aplican, la preparación rápida, la aplicación en días ventosos, la inadecuada revisión de los equipos especialmente las pastillas dosificadoras. A estas prácticas llamadas inadecuadas se oponen las llamadas “buenas prácticas agrícolas”, Las BPA se definen como “ un conjunto de prácticas aplicadas con el objetivo fundamental de obtener alimentos sanos e inoctrinos, cuidando el medio ambiente, la salud de los trabajadores y de la sociedad en su conjunto” o como “ Acciones orientadas a la sostenibilidad ambiental, económica y social de los procesos productivos agropecuarios que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos y de los productos no alimenticios” (SENASA / INTA, 2018)⁸².

No se han escuchado críticas ni hacia los productos prohibidos en otros países, ni hacia los inadecuados modos de comercialización, tampoco a las aplicaciones realizadas por personas que no han recibido la capacitación específica, ni información toxicológica. Está claro que la mayor visualización de la problemática se haya relacionada con la expansión de los monocultivos derivada del incremento de la demanda internacional de soja y maíz. Las políticas públicas nacionales, las tecnológicas, las arancelarias, las cambiarias, vinculadas al sector, aunque con matices, reforzaron la producción de una canasta escasa de productos y su paquete tecnológico asociado ante la necesidad de generar divisas a partir de la exportación de materias primas.

La expansión de la frontera agrícola, la difuminación de los límites entre las áreas rurales y las urbanas, la expansión de las pulverizaciones aéreas y las terrestres realizadas con maquinaria autopropulsada (mosquitos) junto a una mayor visibilización de los efectos de los plaguicidas en la salud llevo a un mayor nivel de conflictividad entre habitantes de municipios con actividades agrícolas. En este caso desde los concejos deliberantes e intendentes se trató de neutralizar los conflictos a través de la sanción de ordenanzas que restringen la aplicación de plaguicidas, creando zonas de amortiguamiento o Buffer alrededor de escuelas y centros urbanos. También en algunas situaciones se prohibió la aplicación de determinados productos, tal el caso de los productos categorizados como I y II en el municipio de Ramallo ubicado en la provincia de Buenos Aires. Estas ordenanzas de dudoso control y cumplimiento, solo disminuyen parcialmente la exposición de los miembros de la comunidad dado que los plaguicidas pueden trasladarse por el agua y el aire.

En este sentido, y como un logro parcial pero que genera antecedentes, las comunidades luego de constatar la vinculación entre la aparición de enfermedades con la masiva utilización

⁸⁰ Colborn, Theo: “Nuestro futuro robado” en revista GAIA, Madrid, mayo de 1997, n° 12, pag 14 a 17.

⁸¹ Souza Casadinho, J. 2011. Utilización de agrotóxicos en las producciones agrícolas desarrolladas en el Paraje “el Lavarropas” Misiones. Prácticas cotidianas y percepción de enfermedades VII jornadas de Estudios interdisciplinarios Agrarios y Agroindustriales -Ciudad de Buenos Aires

⁸² http://www.alimentosargentinos.gob.ar/bpa/bibliografia/manual_BPA_obligatorias.pdf

de agroquímicos, han conseguido la sanción en los municipios de ordenanzas que restringen la aplicación de agrotóxicos, si bien las franjas obtenidas van de los 2000 metros en Cañuelas hasta los cero metros en muchos distritos. Aunque subsisten muchas quejas del real cumplimiento de estas normativas, de todas maneras ponen un límite al uso de agrotóxicos. En este periodo la inexistencia de ordenanzas que fomenten producciones agroecológicas, así como la baja internalización de esta propuesta entre los productores agrarios impidió un cambio real en los modos de producción, aunque es digno destacar la labor realizada ya por organizaciones de la sociedad Civil, por algunas universidades como por parte de los servicios de investigación y extensión del Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria.

c.- Las luchas en, y por, los territorios

Aunque con matices, en la actualidad se hace dificultoso ocultar el efecto de los plaguicidas en la salud, más allá de los modos de aplicación utilizados, por lo cual la disputa se centra en los modos de ocupación del espacio y en especial en las estrategias, prácticas y tecnologías utilizadas en la producción agraria dentro de un territorio determinado.

En esta fase, que puede situarse desde los inicios del año 2000 hasta la actualidad, la disputa incluye a las actividades que se realizan en cada jurisdicción, tomando al territorio como un espacio en el que las personas, viven desarrollan sus actividades cotidianas, se vinculan, producen, comercializan y se establecen relaciones con los bienes comunes naturales, de diferente manera y bajo diferentes formas. En estos territorios se vinculan, oponen y consensuan estrategias y acciones diversos actores que poseen diferentes tipos, y cantidad, de capital específico (cultural, social, económico, simbólico) y cantidades de estos. Aunque con matices las luchas en los diferentes territorios comienzan por la percepción de afecciones en la salud de grupos y personas expuestas a los plaguicidas. Familias o personas aisladas que confluyen con otras en las acciones. Las mujeres, en la mayoría de los casos, son las más comprometidas, las involucradas en las acciones. Si bien las luchas se enfocan sobre los plaguicidas en los últimos tiempos la inclusión de grupos con diversas cosmovisiones y miradas críticas respecto del progreso tecnológico y el crecimiento económico sin límites llevan la discusión hacia procesos más amplios e integrales como la expansión de los monocultivos y su paquete tecnológico asociado. En la Argentina es posible visualizar una expansión de la frontera agrícola ligada factores que la trascienden y que se implican mutuamente como el incremento en la demanda externa de determinados bienes de origen agropecuario – y consecuentemente los precios-, la vigencia de estos bienes como productos de especulación financiera y la alteración de los márgenes brutos entre actividades agrarias.

El proceso de incremento en la superficie sembrada con soja ligado a la adopción un paquete tecnológico basado en la utilización de semillas modificadas genéticamente y del herbicida glifosato; reúne características y efectos ambientales y sociales que les son propios. El incremento en la superficie tiene su correlato con el aumento en la utilización de plaguicidas, y dado que no se realizan rotaciones y exagera la utilización de estos químicos, se ha afectado la supervivencia de los insectos benéficos y recreados mecanismos de resistencia en los perjudiciales, (Souza Casadinho, Javier, 2008)⁸³. Es posible visualizar el desarrollo de actividades agrícolas en áreas urbanas y actividades no agrícolas en áreas rurales lo cual comporta el desarrollo de fronteras permeables al paso de personas, bienes, insumos y en particular el paso de tractores, aviones, “mosquitos” que cargan y aplican plaguicidas. Los

⁸³Souza Casadinho, 2008. Alternativas al Endosulfan en la soja” en el Endosulfán y sus alternativas. Red De Acción en Plaguicidas. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes orgánicos persistentes IPEN2004.

plaguicidas no reconocen fronteras, dadas sus características químicas como la adsorción, persistencia y solubilidad en agua son transportados por el aire, al agua y los alimentos, pudiendo alcanzar a los seres humanos que se hallan a considerables distancias respecto de las cuales son aplicados. Entonces el debate además la utilización e impacto de los plaguicidas en áreas urbanas, rurales y periurbanas se extiende a las semillas como base sustentación de las producciones agrarias. Si bien no se da un debate directo sobre los monocultivos en sí mismos, sino que se deriva hacia el paquete tecnológico asociado - plaguicidas, semillas OGM-, en algunos territorios de la argentina se ha extendido el debate sobre la expansión del cultivo de la soja transgénica como del maíz y los árboles exóticos (pinos y eucaliptos). La discusión en este caso se da en torno a cómo la expansión de estos cultivos y la utilización de plaguicidas impactan en la salud socio ambiental pero sumando otros ítems como la expulsión de productores familiares en la puja por el acceso y utilización de la tierra, las migraciones de los miembros despojados de su derechos ancestrales en el territorio y el impacto sobre la soberanía alimentaria en especial sobre la producción de alimentos y su calidad intrínseca. La conjunción de nuevas áreas de aplicación, las pulverizaciones aéreas y terrestres en momentos de clima poco propicio y sobremanera la utilización de plaguicidas controvertidos como el Glifosato han determinado la movilización de una parte de las comunidades afectadas. La aparición de casos de intoxicación junto con la confirmación por parte del sector científico de que los plaguicidas poseen incidencia en el desarrollo de estas enfermedades, ha incrementado las acciones ciudadanas. Indudablemente la mayor generación de información a partir de las investigaciones realizadas en Argentina sobre el efecto de los plaguicidas en la salud catalizó la lucha de las comunidades. (Souza Casadinho, J. 2014)

En este período las comunidades han propuesto, luchado por y obtenido la sanción de ordenanzas que establecen ya la restricción al uso de plaguicidas pero sumado la sanción ordenanzas que promueven la producción agroecológica. La determinación de franjas rodeando a los núcleos poblacionales, escuelas y cursos de agua en los cuales se establecen restricciones y/o prohibiciones para la aplicación de plaguicidas constituye un conjunto heterogéneo yendo de los 700 metros en el distrito de Luján a los 2.000 metros en el distrito de Cañuelas. Respecto a las políticas públicas, se evidencia un doble discurso asociado a la puja que mantienen el gobierno Nacional y varios provinciales con productores y las entidades que los representan por la renta generada en la producción/comercialización de productos de exportación. Por un lado las políticas intentan generar y captar una mayor porción de la renta respecto de los productores pero por otro favorecen la expansión de los monocultivos y su paquete asociado. En este caso resultan paradigmáticas las políticas públicas que intentan incrementar la producción agrícola a nivel nacional (la iniciativa 200 millones de toneladas), por ejemplo reduciendo las zonas de amortiguamiento, también cabe destacar las acciones conjuntas relazadas con empresas de agroquímicos, el caso de los acuerdos del gobierno nacional con la empresa Syngenta, o la presentación de leyes sobre “fitosanitarios” y semillas en el parlamento Nacional que claramente favorecen a la expansión de los monocultivos, y dada su insustentabilidad, de la utilización de plaguicidas.

ANEXO II DIRECTORIO

Centros de Información, Asesoramiento y Asistencia Toxicológica, Laboratorios de Análisis Clínicos Toxicológicos, Otros Centros de Información, Cátedras e Instituciones relacionadas (Edición 2020).

1) PROGRAMA NACIONAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE INTOXICACIONES

Redacción y compaginación general	
Adriana Inés Haas	Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones

Este documento puede ser reproducido en forma parcial sin permiso especial siempre y cuando se mencione la fuente de información.

Av. de Mayo 844, Piso 6
CP. C1073ABA – Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel +54 114372 3733
E-mail: precotox@gmail.com

2) RED ARGENTINA DE TOXICOLOGÍA – REDARTOX

La Red Argentina de Toxicología (REDARTOX) vincula a los Centros de Información, Asesoramiento y Asistencia Toxicológica (CIAATs), los Laboratorios de Análisis Clínicos Toxicológicos (LACTs), los Centros de Información sobre determinados riesgos tóxicos (químicos, toxinas, laborales, fetales, etc.) o intoxicaciones específicas (botulismo, emponzoñamientos, etc.), otros Laboratorios e Institutos de Investigación, así como las unidades docentes formadoras en materia de toxicología de la República Argentina.

Los CIAATs cuentan con personal especializado en el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de las intoxicaciones, así como en la búsqueda e interpretación de información y el asesoramiento sobre la toxicología de los medicamentos, plaguicidas, plantas y animales venenosos, productos de uso doméstico y sustancias químicas utilizadas en el trabajo. La mayor parte de los Centros de este tipo son accesibles día y noche por teléfono y varios brindan atención personalizada, disponen de Servicios de Laboratorio Toxicológico de apoyo, de antídotos especiales y de internación especializada.

Su objetivo ha trascendido al de proporcionar la mejor asistencia terapéutica, para asumir compromisos en actividades de prevención de las intoxicaciones, de comunicación y alerta a la comunidad y a las autoridades sobre los riesgos derivados de una contaminación detectada, así como en el análisis de riesgos. También realizan docencia, investigación e intervención en planes de contingencia ante desastres químicos. Con el tiempo, tanto los Centros como los Laboratorios fueron adquiriendo un importante rol de “centinela” en la vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones.

Los CIAATs y LACTs operan dentro de una variedad de estructuras organizacionales. La

mayoría depende de la administración de un hospital, o están conectados a una universidad y/o al servicio de salud pública municipal, provincial o nacional. Generalmente están sostenidos económicamente por fondos públicos, aunque algunos operan con capitales privados.

Como se mencionó, también integran la Red otros Centros de Información especializados en Toxicología Veterinaria, Toxico-botánica, Genética Toxicológica, Toxicología Laboral, Medicamentos, Salud Fetal, Venenos animales, Plaguicidas, Materiales Peligrosos y Control de Emergencias Químicas, Alimentos, así como Cátedras, Institutos de Investigación, Laboratorios de Toxicología Experimental, Institutos de Producción de Anti venenos.

La REDARTOX mantiene relación también con otras instituciones vinculadas al manejo racional de estos riesgos como son: los Servicios gubernamentales que regulan el empleo de los productos químicos; las Cámaras de productores de sustancias potencialmente tóxicas; las Organizaciones de trabajadores que utilizan sustancias que pueden resultar tóxicas; las Organizaciones de consumidores y otras organizaciones no gubernamentales interesadas en la problemáticas de los riesgos vinculados a las sustancias tóxicas.

Son los objetivos de la REDARTOX mejorar el intercambio de información específica, contribuir a la armonización de registros de consultas y determinaciones analíticas, mejorar la notificación de intoxicaciones a los fines de optimizar la toxicovigilancia, normalizar la actividad de los CIAATs y LACTs en orden a garantizar la calidad del servicio que brindan, promover la ampliación de la red hacia las jurisdicciones donde no existen centros y laboratorios especializados, desarrollar investigaciones multicéntricas, actividades de capacitación y prevención y programas de control de calidad analítica, así como la creación de bancos virtuales de medicación antidótica y estándares de laboratorio, con miras a mejorar tanto el manejo de los riesgos derivados del contacto con venenos de origen natural o antropogénico, como el tratamiento de las personas afectadas.

Los puntos focales fundamentales de la REDARTOX son el Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones del Ministerio de Salud de la Nación, y la Asociación Toxicológica Argentina, como contraparte no gubernamental y entidad científica que nuclea a los toxicólogos de todas las disciplinas (médicos, bioquímicos, farmacéuticos, biólogos, químicos, veterinarios, etc.).

¿Cómo acceder a los servicios de la REDARTOX?

Personalmente: En el Directorio se citan las direcciones de todas las instituciones que integran la Red y los horarios de atención personal.

Por Teléfono/Fax: En el Directorio se citan teléfonos de todas las instituciones que integran la Red y los horarios de atención telefónica.

Por Correo electrónico: En el Directorio se citan las direcciones electrónicas de todas las instituciones que integran la Red, y además se puede consultar con nuestro Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones a: precotox@gmail.com.

También se puede consultar escribiendo a redartox@msal.gov.ar que es la lista de distribución electrónica de la REDARTOX, creada con el apoyo de la Dirección de Informática del Ministerio de Salud de la Nación. La misma reúne más de cuatrocientas direcciones electrónicas de profesionales, vinculados a más de cien instituciones de la especialidad o usuarias de información toxicológica y requiere suscripción previa para el intercambio.

3) MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN. PROGRAMA NACIONAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS INTOXICACIONES

Ministerio de Salud de la Nación

Responsables: Susana García / Adriana Haas

Av. de Mayo 844, Piso 6

CP. C1073ABA – Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Tel +54 11 4372 3733

E-mail: precotox@gmail.com

4) CENTRO NACIONAL DE INTOXICACIONES

Hospital Nacional "Prof. Alejandro Posadas"

Responsable: Vanina Greco

Dirección: Av. Presidente Illia y Marconi CP 1684 – El Palomar – PBA

Tel: +54 11 4658-7777 / 4654-6648 / 4469-9300 int.1102

Línea telefónica de cobro revertido: 0-800-333-0160

E-mail: cni@hospitalposadas.gov.ar

Página web: <http://www.hospitalposadas.gov.ar/asistencial/toxicologia/toxicologia.php>

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario: todos los días 24 hs.

5) LABORATORIO CENTRAL DEL Hospital Garrahan

Hospital de Pediatría "Juan P. Garrahan"

Coordinador: Eduardo Chaler.

Responsable Toxicología: Silvia Villafañe

Dirección: Combate de los Pozos 1881- CP 1245 – CABA

Tel: (+54 11) 4122-6000 Int.7164 Fax 4308 5325

E-mail: labtoxicologia@garrahan.gov.ar

Página web: <http://www.garrahan.gov.ar/>

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 16.00 hs.

6) LABORATORIO NACIONAL DE TOXICOLOGÍA - Hospital Nacional "Prof. Alejandro Posadas"

Responsable: Claudia Parodi

Dirección: Av. Illia y Marconi - CP 1684, El Palomar PBA

Tel: (+54 11) 4469 9300 int.1175

E-mail: monitoreodrogas@yahoo.com

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 20.00 hs. Emergencias las 24 hs

7) LABORATORIO NACIONAL DE TOXICOLOGÍA - Hospital SAMIC Cuenca Alta "Néstor Kirchner"

Responsable: Karina Vignati

Dirección: Ruta Provincial 6, Km 92.5. Cañuelas, PBA

Tel: (+54 11) 52734700, interno 1111

E-mail: toxicologia@hospitalcuencaalta.org.ar

Página web: <http://www.hospitalcuencaalta.org.ar/>

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 16.00 hs.

8) LÍNEA SALUD FETAL

Servicio de Información de Agentes Teratogénicos

Centro Nacional de Genética Médica (CENAGEM)

Responsable: Pablo Barbero

Dirección: Av. Las Heras 2670, 3er. Piso - CP 1425 – C.A.B.A.

Tel / Fax: (+54 11) 4809 0799 /Línea salud fetal 0800-444-2111

E-mail: saludfetal@renac.com.ar / pablobarbero63@hotmail.com

Página web: www.anlis.gov.ar

Horario: Lunes a Viernes de 9.00 a 16.00 hs.

9) PROGRAMA NACIONAL DE CONTROL DE ENFERMEDADES ZONÓTICAS (PRONCEZ)

Dirección Nacional de Epidemiología y Análisis de la Situación de Salud

Ministerio de Salud de la Nación

Dirección: Av. 9 de Julio 1925, piso 9 C1073ABA – CABA

Tel: Directo (+54 11) 4379 9043 Conmutador: (+54 11) 4379 9000 Int. 4791/4792

Email: zoonosisnacion@gmail.com CC a nora.berdiger@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: Banco de Antivenenos animales – Antitoxina botulínica

10) INSTITUTO NACIONAL DE ALIMENTOS: INAL/ANMAT DIRECCIÓN DE VIGILANCIA DE PRODUCTOS PARA LA SALUD DEPARTAMENTO DE REGISTRO DE PRODUCTOS DOMISANITARIOS Ministerio de Salud de la Nación

Responsable: Laura Donato

Dirección: Adolfo Alsina 665CP 1087 - C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 4340 0800 Int. 5116 (atención al público) y 5105 (Laura Donato).

E-mail: usodomestico@anmat.gov.ar

Horario: Atención al público: martes y jueves de 10.00 a 13.00 hs. Oficinas: lunes a viernes de 9.00 a 16.00 hs

<http://www.anmat.gov.ar/Domisanitarios/Domisanitarios.asp>

11) INSTITUTO NACIONAL DE ALIMENTOS: INAL/ANMAT DEPARTAMENTO DE VIGILANCIA ALIMENTARIA

Responsable: Teresa Velich

Dirección: Estados Unidos 25- CP 1101- C.A.B.A.

Tel/fax: (+54 11) 4340-0888/9

Línea gratuita: 0800 222 6110

Directo Dirección: 4340-0800 Int. 3545

E-mail: vigi.alimentaria@anmat.gov.ar

Horario: lunes a viernes de 8 a 16 hs.

http://www.anmat.gov.ar/farmaco/vigilancia_alimentaria.asp

**12) INSTITUTO NACIONAL DE PRODUCCIÓN DE BIOLÓGICOS ANLIS
"Dr. Carlos Malbrán" - MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN**

Área de Investigación y Desarrollo / Serpentario

Información Sobre Venenos Animales

Responsable: Adolfo R. de Roodt - Laura Lanari

Dirección: Av. Vélez Sársfield 563 – CP 1281 – C.A.B.A.

Tel / Fax: (+54 11) 4301 2888

E-mail: aderoodt@anlis.gov.ar

Página web: http://www.anlis.gov.ar/?page_id=82

Tipo de atención que brinda: personal y telefónica

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 18.00 hs.

**12) SERVICIO BACTERIOLOGÍA SANITARIA - INSTITUTO NACIONAL DE
ENFERMEDADES INFECCIOSAS ANLIS "Dr. Carlos G. Malbrán".
MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN**

Laboratorio Nacional de Referencia para Diagnóstico de Botulismo.

Responsable: María Isabel Farace

Dirección: Av. Vélez Sársfield 563 – CP 1281 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 4303-2333

E-mail: mifarace@anlis.gob.ar / mifarace@hotmail.com

Tipo de asistencia que brinda: Laboratorio. Asesoramiento personal y telefónico

Horario de atención: Lunes a viernes de 7.00 a 19.00 hs.

Guardias pasivas: (EXCLUSIVO para EMERGENCIAS por BOTULISMO ALIMENTARIO o de HERIDAS) fines de semana, feriados o fuera del horario de atención a los siguientes

Teléfonos:

–María Isabel Farace: Cel. (+54 9 11) 5765 8760 / Part. (+54 11) 2139 9503

–Edgardo Castelli: Cel. (+54 9 11) 6148 9346 / Part. (+54 11) 4583 6314

- Diego Ruggeri: Cel. (+54 9 11) 6782 6964

**14) DIRECCIÓN NACIONAL DE EMERGENCIAS SANITARIAS (DINESA)
Ministerio de Salud**

Dirección: Av. Jerónimo Salguero 3457 CP (1425) C.A.B.A.

Tel.: (+54 11) 4806 8720

Página Web: <https://www.argentina.gob.ar/salud/dinesa>

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

15) OTROS ORGANISMOS NACIONALES

**PREVENTOX LABORAL - CENTRO DE INFORMACIÓN Y ASESORAMIENTO EN
TOXICOLOGÍA LABORAL**

Instituto de Estudios Estratégicos y Estadísticas.

Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social

Responsables: Alejandro Machado

Dirección: Bartolomé Mitre 751, 6° piso – CP 1036 – C.A.B.A.
Tel: (+54 11) 4321 3500, int. 1062
E-mail: preventoxlaboral@srt.gob.ar
Horario: Lunes a Viernes de 10.00 a 15.00hs.

16) AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR (ARN)

Dirección: Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) – C.A.B.A.
Tel.: (+54 11) 4519 0094 Lunes a Viernes de 9 a 17 Hs.
EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS las 24 hs: (+54 11)15 4471 8686
15 4470 3839 / 15 4421 4581
E-mail: info@arn.gob.ar
Página Web: www.arn.gob.ar
Horario: Lunes a Viernes de 9.00 a 17.00 hs.

**17) POLICÍA FEDERAL ARGENTINA - SUPERINTENDENCIA FEDERAL DE BOMBEROS
DIVISIÓN RIESGOS QBN/R - BRIGADA DE RIESGOS ESPECIALES**

Responsable: Guillermo Sariego Sierra
Dirección: Manuel Porcel de Peralta 750 3° Piso - CP: 1408 - CABA
Tel/Fax: (+54 11) 4644-2768 / 2795 / 2792 - Celular: (+54 9 11) 3680-6223
Email: pfa748@gmail.com
Horario: Todos los días 24 horas.

**18) GRUPO SERVICIOS Y ATENCIÓN TÉCNICA ANALÍTICA - DPTO. QUÍMICA
ANALÍTICA - GERENCIA QUÍMICA - COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
(CNEA)-CENTRO ATÓMICO CONSTITUYENTES (CAC) -**

Responsable: Silvana G. Martin
Dirección: Av. General Paz 1499 – CP B1650KNA – San Martín
Tel: (+54 11) 6772 7867
E-mail [sgmartin@cnea.gov.ar/servicios.analiticos@cnea.gov.ar/
pastore@cnea.gov.ar](mailto:sgmartin@cnea.gov.ar/servicios.analiticos@cnea.gov.ar/pastore@cnea.gov.ar)
Horario: lunes a viernes de 10.00 a 16.00 hs.
Página web: www.cnea.gov.ar

**19) LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL - DEPARTAMENTO QUÍMICO
– GENDARMERÍA NACIONAL ARGENTINA**

Responsable: Walter Edgar Sanches
Dirección: Av. Antártida Argentina 1480 – CP 1104ACW – C.A.B.A.
Tel/fax (+54 11) 4310-. 2803 /02
Horario: lunes a viernes de 8.00 a 14.00 hs.

20) CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLÓGICAS – CITEDEF

Responsable: Gerardo D. Castro
Dirección: Juan B. de La Salle 4397 - CP B1603ALO - Villa Martelli – PBA
Tel: (+54 11) 4709 8100 int. 1239 / 1139
E-mail: gcastro@citedef.gob.ar
Horario: lunes a viernes de 7.30 a 14.30 hs.
Tipo de atención que se brinda: e-mail y telefónica

21) CENTRO DE INVESTIGACIONES DE PLAGAS E INSECTICIDAS (CITEDEF-CONICET)

Responsable: María Inés Picollo

Dirección: Juan B. de La Salle 4397 (B1603ALO). Villa Martelli. PBA

Tel.: (+54 11) 4709 5334

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 18.00 hs.

22) SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE LA DROGADICCIÓN Y LA LUCHA CONTRA EL NARCOTRÁFICO - SEDRONAR

Dirección: Sarmiento 546 - C1041AAL - CABA

Tel: (+54 11) 4320-1200 / 1211 / 1250 Fax: (+54 11) 4320-1251

Página web: www.sedronar.gov.ar

23) CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES (CABA)

DIVISIÓN DE TOXICOLOGÍA

Hospital General de Agudos "J. A. Fernández" - GCBA

Responsable: Carlos F. Damin

Dirección: Cerviño 3356 CP 1425 - C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 4808-2655 Tel/Fax: (+54 11) 48017767

E-mail: toxico_fernandez@yahoo.com

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica (a profesionales).

Horario: todos los días 24 hs.

24) UNIDAD DE TOXICOLOGÍA

Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez" - GCBA

Responsable: Elda Cargnel

Dirección: Sánchez de Bustamante 1399 - CP 1425 – C.A.B.A.

Línea telefónica de cobro revertido: 0-800 4448694 (TOXI)

Tel: (+54 11) 49626666 Tel / Fax: 49622247 Fax: 49623762

E-mail: toxiguti@yahoo.com.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica

Horario: todos los días 24 hs.

25) UNIDAD DE TOXICOLOGÍA

Hospital de Niños "Dr. Pedro de Elizalde"- GCBA

Responsable: María Marta Nieto

Dirección: Av. Montes de Oca 92 - CP 1270 – CABA

Tel: (+54 11) 43002115 - Fax: 43077400

Conmutador: (+54 11) 436321002200 – int. 6217

E-mail: elizalde_toxicologia@buenosaires.gob.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario: todos los días 24 hs.

26) CONSULTORIO DE TOXICOLOGÍA. Centro de Especialidades Médicas Ambulatorias de Referencia. CEMAR II. BARRACAS. GCBA

Responsable: Claudia Swiecky

Dirección: Av. Gral. Iriarte 3501, C1437 CABA

Tel: (+54 11) 2821 3672

E-mail: cswiecky@buenosaires.gob.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal.

Solo se reciben derivaciones desde centros de salud de las áreas programáticas del Hospital General de Agudos "José M. Penna" y Hospital General de Agudos Dr. Cosme Argerich.

Horario: lunes a jueves de 13.00 a 16.00 hs.

27) CONSULTORIO DE TOXICOLOGÍA. Centro de Especialidades Médicas

Ambulatorias de Referencia. CEMAR I. Paternal. GCBA

Responsable: Di Nardo Victoria

Dirección: Fragata Pres. Sarmiento 2152, C1416 CBV, Buenos Aires

Tel: (+54 11) 2821-3622

E-mail: victoria2201@hotmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal.

Solo se reciben derivaciones desde centros de salud de las áreas programáticas del Hospital General de Agudos Dr. Teodoro Álvarez, Hospital General de Agudos Carlos G. Durand y Hospital General de Agudos Dr. Enrique Tornú.

Horario: lunes a jueves de 8 a 14.00 hs

28) CENTRO MUNICIPAL DE PATOLOGÍAS REGIONALES Y MEDICINA TROPICAL

(CEMPRA-MT) Hospital de Infecciosas Francisco J. Muñiz-GCBA

Responsable: Tomás Orduna

Pabellón 30 - Sala 9

SECCIÓN ZOOPATOLOGÍA MÉDICA

Responsable: Susana Lloveras

Primer Pabellón a la izquierda, al lado del Vacunatorio.

Dirección: Uspallata 2272 – CP 1282 – C.A.B.A.

Tel: Conmutador (+54 11) 4304 2180 / 4305 7893 / 4305 8537- int. 231 / 270

Fax: (+54 11) 4305 3161

Email: cempramt@intramed.net / torduna@intramed.net /

zoopatologiamuniz@gmail.com / slloveras@intramed.net

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 14.00 hs.

Urgencias: Guardia Hospital Muñiz: (+54 11) 4304 5555

29) TERAPIA INTENSIVA (SALA 3) - HOSPITAL DE INFECCIOSAS F. J. MUÑIZ

MINISTERIO DE SALUD – GCBA

Dirección: Uspallata 2272 - CP 1282 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 4305-7969

Tel: Conmutador (+54 11) 4304 2180 / 4305 7893 / 4305 8537- Int. 218

Tipo de asistencia que se brinda: Personal y telefónica

Guardia del Hospital Muñiz (24 hs.): (+54 11) 4304-5555

30) UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA)

SERVICIO DE TOXICOLOGÍA

Hospital Escuela "José de San Martín" - UBA

Responsable: Eduardo Scarlato

Dirección: Av. Córdoba 2351 4º piso CP 1120 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 5950-8804 Tel/Fax: (+54 11) 5950-8806

E-mail: toxicologia@hospitaldeclinicas.uba.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.
Horario: Lunes a Viernes de 8.30 a 12.00 hs.

31) LABORATORIO DIVISIÓN TOXICOLÓGICA

Hospital Escuela "José de San Martín" - Universidad de Buenos Aires

Responsables: Jorge Zanardi –Isabel Yohena

Dirección: Av. Córdoba 2351 2º piso - CP 1120 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 5950-8804 /Tel / Fax: (+54 11) 5950-8806

E-mail: toxicologia@hospitaldeclinicas.uba.ar

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica

Horario: lunes a viernes de 8.30 a 12.00 hs.

32) LABORATORIO DE INMUNOTOXICOLOGÍA (UBA - CONICET)

Hospital Escuela "José de San Martín"

Responsables: Eduardo Scarlato, Edgardo Poskus

Dirección: Av. Córdoba 2351 2* piso - CP 1120 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 59508804 Tel: 59508806

E-mail: toxicologia@hospitaldeclinicas.uba.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica

Horario: lunes a viernes de 8.30 a 12.00 hs.

33) CENATOXA (LABORATORIO DE ASESORAMIENTO TOXICOLÓGICO ANALÍTICO) – Cátedra de Toxicología y Química Legal - Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (UBA)

Responsable: Adriana Ridolfi

Dirección: Junín 956 - 7º Piso - CP 1113ADD – C.A.B.A.

Tel (+54 11) 5287 4741 al 43 - Fax (+54 11) 5287 4759

E-mail: vcinquetti@ffyb.uba.ar / mraimundo@ffyb.uba.ar

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 17.00 hs.

34) CIGETOX - Citogenética Humana y Genética Toxicológica INFIBIC – Instituto de Fisiopatología y Bioquímica Clínica Facultad de Farmacia y Bioquímica - UBA

Responsable: Marta Ana Carballo

Dirección: Junín 956 - CP 1113 – C.A.B.A.

Tel.: (+54 11) 5950 8707 Fax (+54 11) 5950 8691

E-mail: macarballo@ffyb.uba.ar / macarballo11@gmail.com

Tipo de atención que brinda: asesoramiento y análisis

Horario: lunes a viernes de 9.30 a 17.00 hs.

35) LABORATORIO DE TOXINOPATOLOGÍA

Centro de Patología Experimental y Aplicada – Fac. de Medicina - UBA

Responsable: Adolfo R. de Roodt

Dirección: José E. Uriburu 950 5º piso- CP C1027AAP – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 4508 3602

E-mail: aderoodt@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario: Lunes a Viernes de 14.00 a 20.00 hs

**36) CENATOXA (LABORATORIO DE ASESORAMIENTO TOXICOLÓGICO ANALÍTICO) –
CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL - FACULTAD DE FARMACIA Y
BIOQUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA)**

Responsable: Adriana Ridolfi

Dirección: Junín 956 - 7° Piso - CP 1113ADD – C.A.B.A.

Tel (+54 11) 5287 4741 al 43 - Fax (+54 11) 5287 4759

E-mail: vcinquetti@ffyb.uba.ar / mramundo@ffyb.uba.ar

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 17.00 hs.

**37) CÁTEDRA DE HIGIENE Y SANIDAD - FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA -
UBA**

Responsable: Sonia Korol

Dirección: Junín 956 4° Piso - CP 1113ADD - C.A.B.A.

Tel (+54 11) 5287-4432

Horario: lunes a viernes de 13.00 a 20.00 hs.

**38) CÁTEDRA DE FARMACOBOTÁNICA - FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA -
UBA**

Responsable: Marcelo Wagner

Dirección: Junín 956 – 4° Piso – CP 1113 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 11 5287 4461 al 67

Horario: lunes a viernes de 12.00 a 16.00 hs.

39) 1° CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA - FACULTAD DE MEDICINA - UBA

Responsable: Carlos Damín

Dirección: Paraguay 2155 8° piso - CP: C1121ABG – C.A.B.A.

Tel/Fax.: (+54 11) 5950 9500 interno 2152/2067 / 4808 2655 / 4801 7767

E-mail: toxico1@fmed.uba.ar

Página Web: <http://www.fmed.uba.ar/depto/toxico1/main.htm>

Horario: lunes a viernes de 14.00 a 20.00 hs.

**40) 3° CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA – UDH CLÍNICAS –
FACULTAD DE MEDICINA - UBA**

Responsable: Eduardo Scarlato

Dirección: Av. Córdoba 2331 - CP 1120 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 5950 8804 Tel / Fax 5950 8806

E-mail: toxicologia@hospitaldeclinicas.uba.ar

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 12.00 hs.

**41) LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA DE MEZCLAS QUÍMICAS - FACULTAD
DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES / INSTITUTO IQUBICEN UBA/CONICET.**

Responsable: Marcelo Wolansky

Dirección: Pabellón II, 4° piso, Laboratorio QB48. Ciudad Universitaria UBA - CP1428 –
C.A.B.A.

Teléfono: (+54 11) 5285 8695

E-mail: mjwolansky@qb.fcen.uba.ar

42) INSTITUTO DE QUÍMICA, FÍSICA DE LOS MATERIALES, MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA – INQUIMAE – FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES - UBA

Responsable: Ernesto J. Calvo

Dirección: Pabellón II, 3er. piso. Ciudad Universitaria - CP1428 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 4576 3358 / 4576 3300 int. 228

E-mail: inquimae@qi.fcen.uba.ar

Página web: www.inquimae.fcen.uba.ar

43) LABORATORIO DE LIMNOLOGÍA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES - UBA

Responsable: Inés O´ Farrell, Irina Izaguirre y Haydee Pizarro

Dirección: Pabellón II, Ciudad Universitaria C.P. 1428 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 5285 8630

E- mail: Haydee Pizarro hay@ege.fcen.uba.ar

Inés O´Farrellines ines@ege.fcen.uba.ar

Irina Izaguirre iri@ege.fcen.uba.ar

Horario: lunes a viernes de 10.00 a 18.00 hs.

SERVICIO DE IDENTIFICACIÓN DE HONGOS TÓXICOS – FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES - UBA

Responsables: Bernardo Lechner y Leopoldo Iannone

Director del Grupo de Laboratorios: Bernardo E. Lechner,

Ubicación: Pabellón II, 4° Piso, Laboratorios 69, 70, 5, 6 y 7, Ciudad Universitaria - CP1428 C.A.B.A.

Tel: días hábiles (+54 11) 4787 2706 / 5285 8593 Conmutador: 5285 7400 Int. 8593 / 8652

Directo Dirección: 4787 2706

E-mail: blechner@bg.fcen.uba.ar / leoi@bg.fcen.uba.ar

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 19.00 hs

Fines de semana y feriados por guardia de seguridad: (+54 11) 4576 3324

CARRERA DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES - UBA

Servicio de Higiene y Seguridad

Responsable del servicio: Isaac Cymerman

Dirección: Pabellón II, Ciudad Universitaria C.P. 1428 – C.A.B.A.

Tel: (+54 11) 4576 3300 /09 Int. 404 / 4576 3361 (carrera) /4576 3363 (servicio) Fax: 4576 3351

E-mail: chys@qb.fcen.uba.ar (higiene y seguridad)

Horario: lunes a viernes 8.30 a 20.00 hs.

ENTIDADES PRIVADAS / SOCIEDAD CIVIL

CENTRO DE EMERGENCIAS TOXICOLÓGICAS- CETOX

Hospital Italiano de Buenos Aires

Responsable: Flavia A. Vidal

Dirección: Juan D. Perón 4190 – CP 1181 – C.A.B.A.

Línea telefónica gratuita: 08004444400

Tel: (+54 11) 49590200 Int. 8285 / 9337 Fax: 49590200 int. 9337

E-mail: cetox@hospitalitaliano.org.ar

Tipo de atención que se brinda: Telefónica: todos los días 24hs. Personal: lunes a viernes de 9.00 a 20.00 hs. Consultorio: lunes, miércoles y jueves.

TOXIMED ARGENTINA

Servicio Privado de Toxicología Médica

Responsable: Silvia Cortese

Tel.: Urgencias (+54 11) 3576 8624 / 4412 5202 / Consultorio: 4964 0314

Dirección: Paraguay 2342 1º A - C.A.B.A.

E-mail: dra.s.cortese@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal y Telefónica sólo a profesionales.

Horario: Consultorio Martes y Jueves (con turno). Urgencias 24 hs.

SALUD OCUPACIONAL INTEGRAL (S.O.I.)

Consultorio de Toxicología

Responsable: Mirta E. Ryczel

Tel. Celular: (+54 9 11) 4477 3397

Dirección: Pringles 779 - CP 1183 - C.A.B.A.

E-mail: mryczel@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal (con turno)

CENTRO MÉDICO INTEGRAL FITZ ROY MEDICINA LABORAL

Director Médico: Mario Jorge Schusterhoff

Responsable Toxicología: Viviana Crapanzano

Dirección: Acevedo 865 CP 1414 - C.A.B.A.

Tel.: (+54 11) 4778 5500

E-mail: repcion@cmfitzroy.com.ar

Página Web: www.cmfitzroy.com.ar

Tipo de atención que brinda: Toxicología Laboral. Botiquín toxicológico propio

Horario: Consultorio martes y jueves de 14 a 17 hs. Guardia pasiva las 24 hs.

LABORATORIO BIOMÉDICO DR. RAPELA

Directora Técnica: Cecilia Tarditti

Dirección: Ramón L. Falcón 2534 – CP 1406 C.A.B.A.

Tel (+54 11) 46109900 / 46109925

E-mail: toxicologia@rapela.com.ar

Página web: www.rapela.com.ar

Horario: Extracciones: Lunes a viernes de 07 a 15 hs y sábados de 08 a 12 hs, Retiro de informes: de 11 a 18.30 hs o por la web las 24 hs

Whatsapp para consultas: (+54 9 11) 5890 9864

LABORATORIO CENTRALAB SA

Responsable: Silvina Diehl – Directora Técnica

Dirección: Avda. Niceto Vega 5651 CP C1414BFE CABA

Tel: (+54 11) 3220 5000

E-mail: silvina.diehl@centralab.com.ar

Horario: lunes a viernes de 8 a 17 hs

CENTRO DE INVESTIGACIONES TOXICOLÓGICAS SA

Responsable: Carlos Gotelli - Mariano Gotelli

Dirección: Juan B. Alberdi 2986 –CP C1406GSS - CABA

Tel: (+54 11) 4613110008102221248CIT)

E-mail: laboratorio@citsa.com.ar/cgotelli@citsa.com.ar/mgotelli@citsa.com.ar

Página web: www.citsa.com.ar

MICROQUIM SA – LABORATORIO

Responsable: Alejandro D. Lucini

Dirección: Av. Triunvirato 3447 – CP C1427AAH - CABA

Tel: (+54 11) 45541415 Fax: (+54 11) 4554 7860

E-mail: alejandrolucini@microquim.com

Página web: www.microquim.com

Tipo de atención que se brinda: evaluación de riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 17.00 hs.

HAZMAT ARGENTINA SA

Centro de Información sobre Materiales Peligrosos y Control de Emergencias Químicas

Responsables: Daniel Méndez - Arturo Peyrú

Dirección: Somellera 4957/59, C1439AAC, CABA

Emergencias: 0810 44 429628 (HAZMAT)

Teléfono: (+54 11) 4899 2291 / o (+54 9 11) 4993 5661 o (+54 9 11) 4993 8570

E-mail: info@hazmatargentina.com

Página web: www.hazmatargentina.com

Horario: todos los días 24 hs.

CENTRO DE INFORMACIÓN QUÍMICA PARA EMERGENCIAS (CIQUIME)

Responsable: Diego N. Gotelli

Dirección: Av. Álvarez Thomas 636 2° "C", (C1427CCT), CABA

Tel. Emergencias: (+54 11) 4613 1100 (rotativas)

Línea de cobro revertido: 0800 222 2933

Tel. Consultas: (+54 11) 4612 6912 Fax. (+54 11) 4613 3707

E-mail: consultas@ciquime.org.ar / dgotelli@ciquime.org.ar

Página web: www.ciquime.org.ar

Horario: consultas lunes a viernes de 9.00 a 17.00 hs, emergencias las 24 hs.

ASOCIACIÓN TOXICOLÓGICA ARGENTINA

Dirección: Adolfo Alsina 1441 – Oficina 302 – CP 1088

Correo electrónico: info@toxicologia.org.ar

Página Web: www.toxicologia.org.ar

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

La Plata

CENTRO PROVINCIAL DE REFERENCIA EN TOXICOLOGÍA -CEPROTOX

Hospital Interzonal Especializado en Toxicología y Salud Mental

Responsable: Mariela Schiaffino - Mariana Remes Lenicov

Dirección: Calle 64 N° 591 CP 1900 - La Plata - Prov. de Buenos Aires

Tel: (+54 221) 483 1313 / Guardia: 0800 222 9911 (gratuita) / (+54 221) 421 0931

Tipo de asistencia que se brinda: Personal y telefónica.

Horario: lunes a viernes de 8:00hs a 19:00 hs y Sab. de 8:00hs a 14:00 hs.

Guardia 24 horas.

E-mail: ceprotox@gmail.com

CENTRO DE ASESORAMIENTO Y ASISTENCIA TOXICOLÓGICA

Hospital Interzonal de Agudos - Especializado en Pediatría "Sor María Ludovica" – PBA

Responsable: Iris Adriana Aguirre Céliz

Dirección: Calle 14, Nro.1631 - CP 1900 - La Plata - Prov. de Buenos Aires

Tel: (+54 221) 451-5555 (directo) o 453 5901(int 1312) Fax: 453 5901 int 1317 Línea

telefónica gratuita: 0800 333 1133

E-mail: toxicolaplata@gmail.com

Página web: http://www.ludovica.org.ar/s_toxicologia.html

Tipo de asistencia que se brinda: Personal y telefónica.

Horario de atención: todos los días 24 horas.

LABORATORIO CENTRAL – Hospital Interzonal de Agudos Especializado en Pediatría “Sor María Ludovica”

Responsable: Bioq. Diana Haiek

Responsable de Toxicología: Bioq. Virginia Cassain

Dirección: Calle 14, Nro.1631 - CP1900 – La Plata - PBA

Tel: (+54 221) 453 5901 / 09 - interno 1731 (toxicología)

E-mail: laboratorio.central.ludovica@gmail.com

Horario: lunes a viernes de 7.30 a 14.00 hs.

LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA – Hospital Alejandro Korn

Responsable: Jorgelina Aberer

Responsables Toxicología: Jorgelina Aberer - Adriana Carla Cuevas

Dirección: Av. 520 y 175 - CP – 1903 - Melchor Romero – La Plata - PBA

Tel/fax: (+54 221) 478 0083 (directo) / (+54 221) 478 0181 o 478 0182 – int. 290

E-mail: joraberer@hotmail.com / labromero@hotmail.com

Horario: Recepción las 24 hs.

CENTRO DE INFORMACIÓN DE MEDICAMENTOS FARMACÉUTICO (CIMF)

Colegio de Farmacéuticos de la Provincia de Buenos Aires

Responsable: Farm. Daniel Domosbian

Calle 5 N° 966 e/51 y 53 - CP 1900 – La Plata – Prov. de Buenos Aires

Tel: (+54 221) 429 0960 Fax: 422 4894

E-mail: cimf@colfarma.org.ar

Página web: www.colfarma.org.ar

Horario: Lunes a Viernes de 9.00 a 16.00 hs.

INSTITUTO BIOLÓGICO “DR. TOMÁS PERÓN” - IB - ANTÍDOTOS

Dirección: Colectora de Av. Antártida Argentina e/ 525 y 526 - CP 1900 –Tolosa – La Plata - PBA

Tel. (+54 221) 424 6090 ó 483 2039 Fax (+54 221) 421 7630

E-mail: lcsp@ms.gba.gov.ar

Página web: <http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/laboratorio/>

Horario de atención: lunes a viernes de 07.00 a 14.00 hs

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

CIMA (Centro de Investigaciones del Medio Ambiente)

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

UNLP

Calles 47 e/1 y 115 C.P. 1900 - La Plata - PBA

Tel/Fax: (+54 221) 422 9329

E-mail cima@quimica.unlp.edu.ar

Horario: lunes a viernes 8.30 a 18.00 hs.

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS - UNLP

Responsable: Leda Gianuzzi

Dirección: Calle 47 y 115 - CP 1900 – La Plata - PBA

Tel: (+54 221) 425-0497 Interno 46 Fax 422-3409

Tel de la facultad: (+54 221) 423-1080 / (+54 221) 424-1185

E-mail: leda@biol.unlp.edu.ar / leda@quimica.unlp.edu.ar

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 17.00 hs.

La Matanza

CIAAT San Justo – Hospital Municipal del Niño de San Justo

Responsable: Karina Fabiana Costa

Dirección: Ramón Carrillo 4175, CP 1754, San Justo, PBA

Te: (+54 11) Conmutador 4441 9371/ 4484 0029 Int. 135

Tipo de atención que brinda: Personal y telefónica

Horario: lunes a Jueves y sábados de 8.00 a 14.00 hs. Guardia pasiva 24 hs

Lomas de Zamora

UNIDAD DE SALUD AMBIENTAL

Municipalidad de Lomas de Zamora

Responsable: Guillermo Grau

Dirección: Metán e Iparraguirre, B° Lamadrid, Lomas de Zamora, PBA

Tel Cel.: (+54 9 11)6246 0114

E-mail: grauguillermo@yahoo.com.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 14.00 hs

**BIOTOX - LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS Y TOXICOLÓGICOS -
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA Y BROMATOLOGÍA**

Responsable: Juan Carlos Alsamora

Dirección: Molina Arrotea 2124 – CP 1832 - Lomas de Zamora - PBA

Tel: (+54 11) 4283 0133

E-mail: alsamora@medilac.com.ar / direccion@medilac.com.ar

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 16.00 hs, sábado de 8.00 a 12.00 hs.

Morón

UNIVERSIDAD DE MORÓN

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA DE FÁRMACOS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES - UM

Responsable: Carlos H. Colángelo

Dirección: Cabildo 134, 7mo piso - Morón – PBA

Tel.: (+54 11) 5627 2000 - interno 148

E-mail: ccolangelo@unimoron.edu.ar

Pilar

UNIDAD DE TOXICOLOGÍA Y AMBIENTE

Hospital Universitario Austral

Responsable: María Verónica Torres Cerino

Dirección: Av. Pte. Perón 1500, CP: 1664, Pilar, PBA

Tel: (+54 230) 448 2000/ 448 2578

E-mail: mtorres@cas.austral.edu.ar

Página web: <https://www.hospitalaustral.edu.ar/especialidades/toxicologia/>

Tipo de atención que se brinda: Personal y guardia pasiva las 24 hs.

Consultorio de atención programada: lunes, martes, miércoles y viernes de 8 a 14 hs

Rafael Calzada

CONSULTORIO DE TOXICOLOGÍA

Hospital Zonal general de Agudos Dr. Arturo Oñativia

Responsable: Francisco Lombardo

Ramón Carrillo 1339 (CP 1847), Rafael Calzada, PBA.

Tel: +54 11) 42195040 / 44 Tel. Cel.: (+54 9 11) 3015 5383

E-mail: fran-fmed@hotmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal

Horario: lunes a viernes de 9.00 a 14.00 hs

San Martín

UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN MARTÍN

Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental

Dirección: Campus Miguelete, Edificio Tornavías – Av. 25 de mayo y Francia – CP 1650 – San Martín - PBA

Tel: (+54 11) 2033 1400 interno 6041

E-mail: comunicacion3ia@unsam.edu.ar

Bahía Blanca

UNIDAD DE TOXICOLOGÍA (NIVEL I) Y FARMACOVIGILANCIA

Hospital Municipal de Agudos “Dr. Leónidas Lucero”

Responsable: Claudia González

Dirección: Estomba 968, CP 8000, Bahía Blanca, PBA

Te: (+54 291) 459 8484 int. 4317

E-mail: toxicologia@hmabb.gov.ar

Tipo de atención que brinda: Personal

Horario: lunes a viernes de 8.30 a 14.30 hs.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA - UNS

Responsables: Alejandra Minetti y Fernanda Gumilar

Dirección: San Juan 670 - 5º Piso - CP 8000 – Bahía Blanca - PBA

Tel / Fax (+54 291) 459 5101 Int 2434

E-mail: sminetti@criba.edu.ar, fgumilar@criba.edu.ar

Horario: lunes a viernes de 8.30 a 17.00 hs.

IACA Laboratorios

Responsable: Arturo Gentili

Dirección: San Martín 68, local 105 - CP 8000 - Bahía Blanca - PBA

Tel: (+54 291) 459-9999 líneas rotativas

E-mail agentili@iaca.com.ar / laboratorios@iaca.com.ar

Página web: www.iaca.com.ar

Tandil

SERVICIO NACIONAL DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA VETERINARIA (SNITV) –

Facultad de Veterinaria, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Responsable: Alejandro Soraci -Ofelia Tapia

Dirección: Paraje Arroyo Seco s/n - Campus Univ. - CP 7000 – Tandil - PBA

Tel/Fax: (+54 249) 4439850. Int 225 (Toxicología)

E-mail: snitv@vet.unicen.edu.ar

Horario: Lunes a Viernes de 8.00 a 18.00 hs.

PROVINCIA DE SANTA FE

Santa Fe

SERVICIO DE NEUROTOXICOLOGIA - Hospital J.M. Cullen

Responsable: Juan Carlos Langhi

Dirección: Av. Freyre 2150 Sala 4, Subsuelo. CP 3000 – Santa Fe

Tel: (+54 342) 457 3357 internos: 266 / 267 / 268

E-mail: serviciodeneurologia@yahoo.com.ar

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica

Horario: todos los días las 24 hs.

SECCIÓN TOXICOLOGÍA

Hospital Provincial José M. Cullen

Responsable: Carlos Mastandrea

Dirección: Av. Freyre 2150 - CP 3000 – Santa Fe

Tel: (+54 342) 457 3357 Int. 256

E-mail: carlos_mastandrea@hotmail.com

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica en el servicio de Neurotoxicología y personal en el laboratorio

Horario: de lunes a viernes de 8.00 a 15.00 hs.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA, FARMACOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

Universidad Nacional del Litoral

Responsable: Jorge Scagnetti - María Fernanda Simoniello.

Dirección: Ciudad Universitaria – Paraje el Pozo - CP 3000 – Santa Fe

Tel: (+54 342) 457 5206 Int. 155

E-mail: jscagnet@fbc.unl.edu.ar / fersimoniello@yahoo.com.ar

LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE -CONICET

Universidad Nacional del Litoral

Responsable: Marcelo Murguía

Directora de Instituto: Gabriela Henning

Dirección: Güemes 3450 - CP 3000 – Santa Fe

Tel: (+54 342) 455 9174 / 77 int. 2080 al 2084 Fax: (+54 342) 455 0944

E-mail: mmurguia@santafe-conicet.gov.ar

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 19.00 hs.

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE RESIDUOS Y CONTAMINANTES QUÍMICOS (PRINARC)

Universidad Nacional del Litoral

Responsable / Director: Horacio R. Beldoménico

Santiago del Estero 2654, 6to. Piso - C.P. 3000 - Santa Fe

Tel: (+54 342) 457 1161 / 457 1160 Int. 2743

E-mail: prinarc@fiq.unl.edu.ar / hbeldo@fiqus.unl.edu.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica. Investigación sobre residuos y contaminantes químicos en alimentos y ambientes. Servicios analíticos especializados.
Horario: de lunes a viernes de 8.00 a 19.00 hs.

ALKEMYDIAGNOSTICO

Responsable: Carlos Mastandrea

Dirección: Av. Gral. López 2882, 2º Piso– CP S3000DCL– Santa Fe

Te/Fax: (+54 342) 4546038/9

E-mail: servicios@alkemydiagnostico.com

Página web: www.alkemydiagnostico.com

Tipo de atención que brinda: análisis clínico-toxicológicos

Horario: lunes a viernes de 7.00 a 19.00 hs.

Rosario

TOXICOLOGÍA, ASESORAMIENTO Y SERVICIOS (T.A.S.)

Responsable: Silvia Martínez y Francisco Áphalo

Dirección: Tucumán 1544 CP 2000 – Rosario

Tel/Fax: (+54 341) 424 2727 /448 0077 / 425 5519

Línea gratuita: 0800 888 8694

E-mail: toxico@toxicologia-tas.com.ar

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica

Horario: todos los días las 24 hs.

SERVICIO DE TOXICOLOGÍA (EQUITOX)

Responsables: Dras. Dora Prada - Marcela Evangelista - Juliana Bollini

Tel: Celular: (+54 9 341) 724 0420

E-mail: equitoxsh@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica

Horario: todos los días las 24 hs

CONSULTORIO de TOXICOLOGIA CEMAR

Centro de Especialidades Médicas Ambulatorias de Rosario Dirección: San Luis 2020 - CP 2000 – Rosario

Tel: (+54 341) 480 2555

Dra Cecilia Travella – Dra Silvia Martínez

Tipo de atención que se brinda: personal

Horario: Lunes: 13.30 a 15.30; Jueves: 14.30 a 16; Viernes: 12.30 a 14.30 hs

BIOLAB ANALITICA SRL

Responsable Toxicología: Irma Giolito

Dirección: Mendoza 1180 – CP 2000 – Rosario

Tel: (+54 341) 424 9999 / 9962 / 9810 Fax: (+54 341) 421 8296

E-mail: toxicologia@biolabanalitica.com.ar

Horario: lunes a viernes de 7.00 a 20.00 hs.

LABORATORIO HOSPITAL ESPAÑOL- SECCIÓN TOXICOLOGÍA

Responsables: Daniel Ezpeleta y Gloria Giunipero

Dirección: D.F. Sarmiento 3150 – CP 2000 - Rosario

Tel/FAX (+54 341) 423 0052 / 482 3262

E-mail: espalaboral@arnet.com.ar / dezpeleta@arnet.com.ar

Horario: todos los días, las 24 hs.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO (UNR)

LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA APLICADA (LaToAR)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOQUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS - UNR

Responsable: Alejandra Pacchioni

Dirección: Suipacha 531/570 - CP 2000 - Rosario

Tel: (+54 341) 480 4592 / 3 interno 237 Fax 480 4598

E-mail: latoar@fbioyf.unr.edu.ar

Horario: lunes y miércoles de 13.00 a 16.00 hs, martes, jueves y viernes de 9.00 a 14.00 hs.

Rafaela

CONSULTORIO DE TOXICOLOGÍA

Responsable: Patricio Ortega

Dirección: 9 de julio 170 – CP: 2300 – Rafaela

Tel: (+54 3492) 43 1906

e-mail: patricioortega@hotmail.com

Página web: www.drpatricioortega.blogspot.com

Tipo de atención: personal

Horario: lunes a viernes de 16.30 a 20.00 hs

PROVINCIA DE CÓRDOBA

CENTRO REFERENCIAL PROVINCIAL DE TOXICOLOGÍA

Hospital de Niños de la Santísima Trinidad de Córdoba

Responsable: Nilda del Valle Gait

Dirección: Bajada Pucará s/n esq. Ferroviario - CP 5000 – Córdoba

Tel: jefatura (+54 351) 458 6455 (de 8 a 14hs) Guardia (+54 351) 458 6400/ 6406/ 6405/6500

Celular (+54 9 351) 541 8568 / 208 3673

E-mail: serviciodetoxicologiahnst@gmail.com/ nilda.gait@cba.gov.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario: Todos los días las 24 hs.

LABORATORIO GENERAL Y DE ESPECIALIDADES

Hospital de Niños de la Santísima Trinidad de Córdoba

Responsables: Alejandra Rivas; Susana Rivolta

Área Toxicología: Inés González; Héctor Andrés Suárez; Edgar Odierna

Dirección: Ferroviarios 1250 – CP 5000 – Barrio Crisol - Córdoba

Tel: (+54 351) 458-6480 int. 585 (Laboratorio toxicología)

E-mail: hnlabtoxico@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica

Monitoreo de drogas terapéuticas - toxicología de urgencias

Horario: lunes a viernes 8.00 a 14.00 hs. Emergencias las 24 hs

SERVICIO DE TOXICOLOGÍA

Hospital Municipal de Urgencias

Responsable: Daniel Gómez

Dirección: Catamarca 441 - CP 5000 - Córdoba

Tel: (+54 351) 427 6200 Fax: (+54 351) 427 6200 int.4117

E-mail: gomezdh65@hotmail.com / hospitaldeurgencias@yahoo.com.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario: todos los días las 24 hs.

LABORATORIO TOXICOLOGÍA

Hospital Municipal de Urgencias

Dirección: Catamarca 441 - CP 5000 – Córdoba

Tel: (+54 351) 427 6200 opción 7 Fax: (+54 351) 427 6200 int. 4117

E-mail: hospitaldeurgencias@yahoo.com.ar

LABORATORIO TOXICOLOGÍA

Hospital Infantil Municipal de Córdoba

Responsable: Marcela Altamira

Dirección: Lavalleja 3050 - CP 5000 - Alta Córdoba – Córdoba

Tel: (+54 351) 433-5456 Int. 5016 / 5124 Fax: (+54 351) 470-8800/8811

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 18.00 hs.

CENTRO DE TOXICOLOGÍA - Universidad Católica de Córdoba

Servicio de Toxicología – Clínica Reina Fabiola

Responsable: Ricardo Fernández

Dirección: Oncativo 1290 – Barrio General Paz - CP 5000 - Córdoba

Tel: (+54 351) 414 2121 int.450

E-mail: ricardoantoniofernandez@yahoo.com.ar

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica

Horario: todos los días las 24 hs.

CENTRO DE TOXICOLOGÍA - Hospital San Roque

Responsable: Verónica Goldaracena

Dirección: Bajada Pucará 1900 - CP 5000 - Córdoba

TelConmutador(+54 351) 434 8914/8916 Celular (+54 9 351) 650 7101

Turnos (Línea de cobro revertido): 0800 555 4141

E-mail: veronicagoldaracena@hotmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario: Consultorio, lunes a viernes 7.00 a 14.00 hs,

Guardia pasiva todos los días las 24 hs.

SERVICIO DE TOXICOLOGÍA

Hospital Pediátrico del Niño Jesús (ex Casa Cuna)

Responsable: Silvana T. Mercado Scagliotti

Dirección: Avenida Castro Barros 650 - CP 5000 - Córdoba

Tel: (+54 351) 434 6060 Celular (+54 9 351) 391 6831

E-mail: silteremercado@hotmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario de atención: consultorio lunes a viernes de 8 a 13 hs

Guardia pasiva todos los días las 24 hs.

SERVICIO DE TOXICOLOGÍA - Sanatorio Allende

Responsable: Verónica Goldaracena

Dirección: Hipólito Yrigoyen 384 –CP 5000- Bo. Nueva Córdoba - Córdoba

Tel: (+54 351) Celular (+54 9 351) 650 7101

E-mail: veronicagoldaracena@hotmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica.

Horario de atención: consultorio martes y jueves a partir de las 14:30 hs

Guardia pasiva todos los días las 24 hs.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA (UNC)

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA – DEPARTAMENTO DE FARMACOLOGÍA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS - UNC

Responsable: Miriam Virgolini - Liliana M. Cancela

Dirección: Edificio Integrador de la FCQ. Haya de la Torre esquina Medina Allende. Ciudad Universitaria CP. 5016 – Ciudad de Córdoba

Tel: (+54 351) 433 4437 (Farmacología) / 434 4973/76 Int. 2 (conmutador)

E-mail: lcancela@fcq.unc.edu.ar / lilianamcancela@gmail.com

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 18.00 hs.

AREA DE TOXICOLOGÍA – DEPARTAMENTO DE FARMACOLOGÍA. IFEC-CONICET - FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS (FCQ) - UNC

Responsable: Miriam Virgolini

Dirección: Edificio Integrador de la FCQ. Haya de la Torre esquina Medina Allende. Ciudad Universitaria CP. 5016 – Ciudad de Córdoba

Tel: (+54351) 535 3852 int 55411

E-mail: miriam.virgolini@unc.edu.ar / miriam.virgolini@gmail.com

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 18.00 hs.

INSTITUTO SUPERIOR DE ESTUDIOS AMBIENTALES (ISEA) - SECRETARÍA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA - UNC

Responsable: Dirección: Ines del Valle Asis

Email: iasisfa@hotmail.com

Secretaría de Investigación Científica: Ariel Depetris

Email: arieldepetrissc@gmail.com

Tel: +54 351-5353755 interno 17230

Dirección: Av. Dr. Juan Filloy s/n Ciudad Universitaria CP X5016- Córdoba

Página web: www.secyt.unc.edu.ar/isea

CENTRO DE ZOOLOGÍA APLICADA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
INFORMACIÓN SOBRE ANIMALES PELIGROSOS Y SUS VENENOS

Responsable: Gerardo C. Leynaud

Dirección: Rondeau 798 - CP 5000 - Córdoba

Tel / Fax: (+54 351) 433 2054 / 2055

E-mail: gleynaud@unc.edu.ar / gleynaud2@gmail.com

Página web: <http://www.cza.inv.efn.uncor.edu/>

Horario: Lunes a Viernes de 09.00 a 17.00 hs.

PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

CIAAT Entre Ríos

Dirección de Epidemiología - Ministerio de Salud de Entre Ríos.

Responsable: Analía Corujo

Dirección: 25 de Mayo 139- CP 3100 - Paraná - Entre Ríos

Tel.: (+54 343) 420 9652 / 484 0521

E-mail: analiacorujo@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: telefónica.

Atención de paciente internado en el Establecimiento de Salud correspondiente

Horarios: Lunes a Viernes, de 8 a 13 hs. Guardia pasiva las 24 hs.

REGIÓN NORESTE

PROVINCIA DE CORRIENTES

LABORATORIO QUÍMICO FORENSE

Unidad Fiscal de Investigaciones Especiales

Ministerio Público - Poder Judicial de Corrientes

Responsable: Diego Santiago Rinaldi

Dirección: C. Pellegrini 1050 – CP 3400 - Corrientes

Tel: (+54 379) 447 6911

E-mail: dsrinaldi@hotmail.com

Horario: lunes a viernes 7.00 a 13.00 hs. Guardia: 24 hs (Recepción de muestras o pedidos)

PROVINCIA DEL CHACO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CHACO AUSTRAL

LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA - UNCAus

Responsable: Noelia S. Varela

Dirección: Comandante Fernández 755 - CP 3700 Roque Sáenz Peña - Chaco

Tel: (+54 364) 442 0137

Tipo de atención que brindan: Análisis fisicoquímico y microbiológico de aguas. Análisis de arsénico en muestras de agua

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 13.00 hs.

LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA - UNCAus

Coordinador: Carlos Comán

Dirección: Comandante Fernández 755 - CP 3700 Roque Sáenz Peña - Chaco

Tel: (+54 364) 442 0137 int 107

E-mail: carlosc@uncaus.edu.ar

Tipo de atención que brinda: análisis de PCBs en transformadores

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA - CARRERA DE FARMACIA - UNCAus

Responsable: Mabel Rosalía Gruszyck

Dirección: Comandante Fernández 755 - CP 3700 Roque Sáenz Peña - Chaco

Tel: (+54 364) 442 0137

E-mail: farmacol@uncaus.edu.ar

PROVINCIA DE MISIONES

LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL

POLICÍA DE LA PROVINCIA DE MISIONES

Dirección de Criminalística

Responsable: Gabriela Geliot

Dirección: Félix de Azara 2485 y Tucumán – CP 3300 - Posadas

Tel: (+54 3764) 447-665 Fax: (+54 3752) 447-686

E-mail: gabrielageliot@hotmail.com, gdelapuerta@fceqyn.unam.edu.ar

Horario: todos los días las 24 hs.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

CÁTEDRA Y LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES - UNaM

Responsable: Carlos O. González

Dirección: Av. Mariano Moreno 1375 - CP 3300 – Posadas, Misiones

Tel / Fax (+54 3764) 427-687 / 427-687 / (+54 3752) 1561-7811

E-mail: carlosgonzalez@fceqyn.unam.edu.ar / cogonzalez9@gmail.com

Horario: lunes a viernes de 10.00 a 13.00 hs. y de 15.00 a 20.00 hs.

PROVINCIA DE FORMOSA

LABORATORIO BARROS DE ANÁLISIS CLÍNICOS TOXICOLÓGICOS

Responsable: Cristian Martín Barros

Dirección: Pringles 90 – CP 3600 - Formosa

Tel.: (+54 370) 434-257 Urgencias (+54 370) 15 461 4706.

E-mail: martinbarros@gmail.com

Horario: lunes a viernes de 6.30 a 21.00 hs. Urgencias 24 hs.

REGIÓN NOROESTE

PROVINCIA DE TUCUMÁN

DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA, PREVENCIÓN Y LUCHA CONTRA LA DROGA – ASISTENCIA PÚBLICA Y EMERGENCIA MÉDICA

Secretaría de Salud y Promoción – Munic. de San Miguel de Tucumán

Responsable: Alfredo Córdoba

Dirección: Balcarce 532- CP 4000 – San Miguel de Tucumán

Tel: (+54 381) 421 2329/ 430 8393 interno 54

E-mail: alfredocordoba@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 18.00 hs.

LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA – CUERPO MÉDICO FORENSE DEL PODER JUDICIAL DE TUCUMÁN

Responsable: Cecilia Ochoa

Dirección: Av. Independencia 990 – CP 4000 – San Miguel de Tucumán

Tel: (+54 381) 429 1512 Fax: 451 0038

E-mail: ceciochoa@yahoo.es

Horario: lunes a viernes 7.00 a 13.00 hs.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA - FACULTAD DE BIOQUÍMICA, QUÍMICA Y FARMACIA - UNT

Dirección: San Lorenzo 456 – CP 4000 – San Miguel de Tucumán

Tel: (+54 381) 431 1044

Horario: de lunes a viernes de 15.00 a 19.00 hs.

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA. DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA. FACULTAD DE MEDICINA - UNT

Responsable: Nora Martínez Riera

Profesora Adjunta: Norma Soria de Santos

Dirección: Av. Néstor Kirchner 1900, 1er piso – CP 4000 – S.M. de Tucumán

Tel: (+54 381) 436 4162

E-mail: norimar@fm.unt.edu.ar / norymar2063@gmail.com

Horario: de lunes a viernes de 8:00 a 16:30 hs.

Tipo de atención que se brinda: Análisis toxicológicos y asesoramiento.

PROVINCIA DE SALTA

LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA FORENSE - Departamento Técnico Científico del Cuerpo de Investigaciones Fiscales – Ministerio Público Fiscal de la Provincia de Salta

Responsable: Javier Tschambler

Dirección: Avenida Bolivia N°4671. PB (Edif. Anexo de la Ciudad Judicial). Salta.

Tel.: 0387-4258000 int. 5076

E-mail: javiertschambler@hotmail.com

Web: <http://www.mpfsalta.gov.ar/CIF/Organigrama>

Horario de atención: 7:30 - 17:00 hs- Toma de muestras de orina y sangre todos los días 24 hs

PROVINCIA DE JUJUY

UNIDAD DE TOXICOLOGÍA

Hospital Materno Infantil "Héctor Quintana"

Responsable: Oscar Luis Pérez Heredia

Dirección: José Hernández 624 - CP (Y4600EJB)- San Salvador de Jujuy

Tel: (+54 388) 424 5009 / 424 5005 int. 206 / (+54 388) 15 407 9482.

E-mail: perezherediaoscar@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: personal y telefónica

Toxicología clínica - Consumo problemático de sustancias en embarazadas

Horarios: Consultas Personales: Lu a Vi de 8 a 10 hs.

Consultorio programado Lu a Vi de 10 a 12 hs.

Urgencias a partir de las 14 hs: Tel 0388 15 407 9482

LABORATORIO CENTRAL DE SALUD PÚBLICA

Subdirección Provincial de Epidemiología

Responsable: Adriana Rodríguez

Dirección: Alberdi 219 - CP 4600 – San Salvador de Jujuy

Tel: (+54 388) 422-1308 Fax: (+54 388) 422-1239

E-mail: adriana505@hotmail.com

Horario: lunes a viernes de 7.30 a 13.00 hs.

REGIÓN PATAGONIA

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

ÁREA TOXICOLOGÍA. Departamento de Salud Ambiental. Subsecretaría de Salud Neuquén

Responsable: Horacio Trapassi

Dirección: Gregorio Martínez 65. CP 8300. Neuquén Capital.

Tel: (+54 299) 443 6899

E-mail: htrapassi@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: atención de lunes a viernes 8 a 12hs.

CONSULTORIO DE TOXICOLOGÍA. Centro de Investigación y Tratamiento de las Adicciones (CITA).

Responsable: Horacio Trapassi

Julio Cortázar 1474. CP. 8300. Neuquén Capital.

Tel: (+54 299) 430 5032. Cel.: +54 9 299 4095506

E-mail: htrapassi@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: consultorio externo con turnos programados.

INTERCONSULTAS DE CLÍNICAS PRIVADAS Y EMPRESAS DE MEDICINA LABORAL DE LA CIUDAD DE NEUQUÉN

Responsable: Horacio Trapassi

E-mail: htrapassi@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: a pedido de interconsulta por parte de la Entidad correspondiente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE (UNCo)

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN TOXICOLOGÍA AMBIENTAL Y AGROBIOTECNOLOGÍA DEL COMAHUE - CONICET- UNCo (LIBIQUIMA-CITAAC)

Director: Andrés Venturino. E-mail a.venturino@conicet.gov.ar

Subdirectora: Ana Pechén. E-mail ampechen@gmail.com

Salud Humana: Natalia Guiñazu. E-mail natanien@gmail.com

Cromatografía: María Eugenia Parolo. E-mail meparolo@gmail.com

Dirección: Buenos Aires 1400 - CP Q8300BCX – Neuquén

Tel y Fax: (+54 299) 4490300int 461

Tipo de atención que se brinda personal, por mail y telefónica

Horario: lunes a viernes de 8.30 a 17.30 hs.

PROVINCIA DE CHUBUT

CENTRO PATAGÓNICO DE TOXICOLOGÍA (CEPATOX)

Programa Provincial de Prevención y Control de las Intoxicaciones

Responsable: Marcela Regnando

Dirección: 28 de Julio y Pellegrini – CP 9120 – Trelew -Prov. de Chubut

Tel: (+54 280) 15 466 3304 / Fax: (+54 280) 442 1385

Línea de cobro revertido: 0800 333 8694 (TOXI)

E-mail: mpregnando@gmail.com

Tipo de atención que se brinda: Personal y telefónica

Horario: personal lunes a viernes de 8.00 a 12.00 hs.

Telefónica: todos los días las 24 hs.

Comodoro Rivadavia

GABINETE CIENTÍFICO de la Policía Federal Argentina – Delegación Comodoro Rivadavia

Responsable: Analía Mabel Strobl

Dirección: Chacabuco 386 – CP 9000 – Comodoro Rivadavia, Chubut

Tel: (+54 297) 447 3966 Tel/Fax: (+54 297) 446 0246

E-mail: servicopatagonia@hotmail.com

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 15.00 hs.

LABORATORIO SERVICIO PATAGONIA

Responsable: Analía Mabel Strobl

Dirección: Italia 668 - Comodoro Rivadavia

Tel: (+54 297) 446-0246 Celular: (+54 9 297) 624-6723

E-mail: servicopatagonia@hotmail.com

Horario: lunes a viernes de 8.30 hs. a 12.30 hs y 16.00 a 20.00 hs.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO (UNPSJB)

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL - DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA - FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES - UNPSJB

Responsable: Analía M. Strobl

Dirección: Km 4 – CP 9000 - Comodoro Rivadavia, Chubut

Tel/Fax: (+54 297) 455-0339 Int. 30

E-mail: servicopatagonia@hotmail.com

**CÁTEDRA TOXICOLOGÍA DE FÁRMACOS - DEPARTAMENTO DE FARMACIA -
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES - UNPSJB**

Responsable: Susana J. Risso

Dirección: Km 4 - (9000) Comodoro Rivadavia, Chubut

Tel: (+54 297) 4550339 Fax: (+54 297) 4550339

E-mail: srisso@unpata.edu.ar

**CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA Y SALUD AMBIENTAL - DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
GENERAL - FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES - UNPSJB**

Responsable: Adriana Gratti

Dirección: Km 4 – CP 9000 - Comodoro Rivadavia (Chubut)

Tel/Fax: (+54 297) 455-0339

E-mail: agratti@unpata.edu.ar

Puerto Madryn

LABORATORIO ALUAR – ALUAR Aluminio Argentino SAIC

Responsable Jorge Zavatti

Dirección: Planta ALUAR - Ruta Nacional N° A010 km 6 - Parque Industrial Pesado – Puerto Madryn, Chubut

Tel: (+54 280) 445 9047 Fax: (+54 280) 445 9041

E-mail: jzavatti@aluar.com.ar

Tipo de atención que se brinda: Análisis de Fluoruro en orina y en agua

Horario: lunes a viernes de 8.00 a 17.30 hs.

PROVINCIA DE LA PAMPA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

**ÁREA DE TOXICOLOGÍA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES -
UNLaPampa**

Responsable: Guido Mastrantonio

Dirección: Uruguay 151 – (6300) Santa Rosa, La Pampa

Tel: (+54 2954) 425 166 / Fax: (+54 2954) 432 535

E-mail: toxicologia@exactas.unlpam.edu.ar

PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO

**CONSULTORIO DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS ADICCIONES
Centro de Abordaje de la Problemática de Consumo Ushuaia (CAPCU)**

Gobierno de la Pcia de Tierra del Fuego

Responsable: Roberto Daniel Chipolini

Dirección: ConcejalRubinos 156 -CP 9410 Ushuaia

Tel. (+54 2901) 44 5546
Lunes a viernes de 12:00 a 16:00 hs
E-mail: robychipo@gmail.com

REGIÓN CUYO

PROVINCIA DE MENDOZA

CENTRO DE INFORMACIÓN Y ASESORAMIENTO TOXICOLÓGICO

Departamento de Toxicología - Ministerio de Salud, Desarrollo Social y Deportes de Mendoza

Responsable: Aldo Sergio Saracco,

Dirección: Laboratorio de Salud Pública

Talcahuano 2194 Godoy Cruz - CP M5547GVF - Mendoza

Tel: (+54 261) 428 2020 (Emergencias) FAX: (+54 261) 428 7479

e-mail: toxicologia@mendoza.gov.ar

Tipo de atención que brindan: personal y telefónica

Horario: todos los días 24 hs

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS - ÁREA MICROBIOLOGÍA

Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza

Responsable: Patricia A. Caballero

Dirección: Av. Libertador 80. Centro Universitario. CP 5500 - Mendoza

Tel: (+54 261) 449 4112. Fax Decanato (+54 261) 449 4047.

E-mail: patriciacaballero7764@gmail.com

Página web: <http://fcm.uncuyo.edu.ar/laboratorio-de-botulismo>

Tipo de asistencia que brinda: Asesoramiento personal y telefónico. Laboratorio de diagnóstico de botulismo.

Horario de atención: lunes a viernes de 9.00 a 16.00 hs.

Días no laborables o fuera de hora, comunicarse en el siguiente orden:

–Patricia A. Caballero: Cel. (+54 9 261) 5892618

–Esteban Sosa: Cel. (+54 9 261) 5746239

Referente Asesor: Rafael A. Fernández Cel. (+54 9 261) 6552277

E-mail: rafael.fernandez@fcm.uncu.edu.ar

UNIVERSIDAD DE MENDOZA

CÁTEDRA DE TOXICOLOGÍA - Facultad de Ciencias Médicas

Responsable: Aldo Sergio Saracco

Dirección: Boulogne Sur Mer 683. CP 5500, Mendoza.

Tel: (261) 420-2017 / Fax: (+54 261) 420 2017 (Opción 9)

E-mail: aldo.saracco@um.edu.ar

UNIVERSIDAD JUAN AGUSTÍN MAZA

CÁTEDRA DE QUÍMICA TOXICOLÓGICA Y LEGAL

Facultad de Farmacia y Bioquímica. Carrera Bioquímica

Responsable: Aldo Sergio Saracco, Verónica Neully

Dirección: Av. Acceso Este – Lat. Sur 2245 - CP 5521- Guaymallén, Mendoza.

Tel: (+54 261) 405-6200 / Fax: (+54 261) 405-6209

E-mail: aldo.saracco@um.edu.ar / neullyvero@yahoo.com.ar

PROVINCIA DE SAN LUIS

ÁREA DE TOXICOLOGÍA

Complejo Sanitario San Luis

Responsable: Cecilia Cánepa

Dirección: Caídos en Malvinas 110 – CP 5700 – San Luis

Tel.: (+54 266) 442 5025 int. 198/180/199 urgencias toxicológicas

E-mail: cccanepa@yahoo.com

Tipo de atención que brinda: Atención de urgencias y consultas

Horario: todos los días las 24 hs.

CIAAT San Luis - Hospital San Roque

Responsable: Juan Ignacio Arbía

Cnel. Concha y San Martín - CP 5705 - S. Francisco del Monte de Oro, San Luis

Tel. (+54 2651) 42 6161

E-mail: juanignacioarbia@gmail.com

Tipo de atención: guardia pasiva telefónica 24 hs

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

Facultad de Química. Bioquímica y Farmacia

Cátedra de Toxicología y Química Legal

Responsable Daniela Curvale

Dirección: Chacabuco 917, D5700HOI

Tel: (+54 266) 442 3789 interno 6112

E-mail: curvale.daniela@gmail.com

LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS NO BIOLÓGICAS

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – Estaciones Experimentales Agropecuarias (EEA)

EEA INTA Pergamino - Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelos y Agua – Sector Absorción Atómica

Responsable: Ana Maria Di Martino

Dirección: Ruta 32 Km 4,5 – CC 31 – CP 2700 – Pergamino, PBA

Tel. (+54 2477) 43 9027

E-mail: dimartino.ana@inta.gob.ar

Web: <https://inta.gob.ar/node/1104027/unidad/46008>

Servicios que brinda: Análisis de metales por espectrometría de absorción atómica (llama y horno de grafito)

Horario de atención: 8 a 16 hs

EEA Mendoza

Dirección: San Martín N° 3853 – CP 5507 - Luján de Cuyo Mendoza

Tel: (+54 261) 496 3320

Servicios que brinda: Análisis de residuos de plaguicidas en vinos. Residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas

EEA Concordia

Dirección: Estación Yuquerí, Ruta Provincial 22 y vías del Ferrocarril (CP 3200) Concordia Entre Ríos

Tel: (+54 345) 429 0216 y 0218

Servicios que brinda: Laboratorio especializado en análisis de residuos de fitosanitarios mediante cromatografía líquida (principalmente frutas y derivados)

EEA Castelar (ITA)

Dirección: Nicolás Repetto y de los Reseros s/n (CP 1686) Hurlingham PBA

Tel: (+54 11) 3754 8400 int 8059,

Servicios que brinda: Laboratorio especializado en análisis de contaminantes químicos mediante Cromatografía Líquida y Gaseosa. Matrices diversas, Alimentos. Ambientales, Productos industriales.

EEA Balcarce

Tel: (+54 2266) 43 9100

Dirección: Ruta 226 Km 73,5 - (CP 7620) Balcarce Buenos Aires

Servicios que brinda: Laboratorio especializado en análisis de residuos de fitosanitarios mediante cromatografía líquida (principalmente muestras ambientales agua y suelo)

LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE ARSÉNICO EN MATRICES NO BIOLÓGICAS

Laboratorio de Espectrometrías Atómicas (INCITAP - UNLPam)

Público

Santa Rosa - La Pampa

Responsable de la determinación: Florencia Cora Jofré

Email: florenciacorajofre@gmail.com, florenciacorajofre@gmail.com

Tel: (+54 295) 464 5265

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelos, alimentos

CENATOXA Laboratorio de Asesoramiento Toxicológico Analítico de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA

Público

CABA

Responsable de la determinación: Adriana Piñeiro

Email: apineiro@ffyb.uba.ar, arvolmos@ffyb.uba.ar

Tel: (+54 11) 5287 4751

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, alimentos, orina, pelos, uñas

LAQEI de Russo Ana Teresita

Privado

Buenos Aires

Responsable de la determinación: F. Lettieri

Email: info@laqei.com.ar

Tel: (+54 232) 443 0840

Servicios que brinda: análisis de arsénico en aguas, suelos, sedimentos, alimentos

PLAPIQUI (UNS_CONICET)

Instituto de Investigación dependiente de la UNS y el CONICET

Bahía Blanca - PBA

Responsable de la determinación: MatiasMendez

Email: plapiqui@plapiqui.edu.armmendez@plapiqui.edu.ar

Tel: (+54 291) 486 1700

Servicios que brinda: análisis de arsénico en todas las matrices.

JLA ARGENTINA SA

Privado

General Cabrera - Córdoba

Responsable de la determinación: Ivan Cabanillas Vidosa

Email: icabanillas@jla.com.ar

Tel: (+54 358) 493 1340

Servicios que brinda: análisis de arsénico en aguas, efluentes, suelos y alimentos.

Laboratorio Praxis

Privado

General Roca- Rio Negro

Responsable de la determinación: Julio Renan Urdinez

Email: informes@laboratoriopraxis.com.ar

Tel: (+54 298) 443 1609

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, sedimentos, suelos, alimentos

INTI Mendoza Departamento de Servicios Analíticos Cuyo

Público

Lujan - Mendoza

Email: microbiologia@saltodelasrosas.com

Tel: (+54 263) 457 7680

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua y alimentos

MERCOLAB S.A.

Privado

Santa Fe - Provincia de Santa Fe

Responsable de la determinación: Ma. Gabriela Alfaro

Email: calidad@mercolab.com.ar

Tel: (+54 342) 412 2310

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, alimentos.

Solmax S.R.L

Privado

Barranqueras Chaco

Responsable de la determinación: Osvaldo Marcelo Diaz

Email: odiaz8412657@gmail.com

Tel: (+54 362) 454 8164

Servicios que brinda: análisis de arsénico en aguas

LAAYa

Privado

9 de Julio - PBA

Responsable de la determinación: Rubén Neri

Email: laaya@ceystel.com.ar

Tel: (+54 231) 752 3361

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua

Laboratorio Regional de Salud Ambiental - Area Fisicoquímica

Público

Viedma- Río Negro

Email: labviedma@yahoo.com.ar

Tel: (+54 2920) 42 5300

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua

Laboratorio de Química Analítica - Departamento de Fisicoquímica y Control de Calidad - Complejo Tecnológico Pilcaniyeu

Público

S. Carlos de Bariloche - Río Negro

Responsable de la determinación: Fabiola Alvarez

Email: alvarezf@cab.cnea.gov.ar

Tel: (+54 294) 444 5293

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, lixiviados, extracciones o digestiones de suelos, sedimentos, cenizas y otras matrices inorgánicas

Laboratorio de Análisis de Alimentos - Dirección General de Bromatología Ministerio de Economía - Gobierno de la Provincia de Santiago del Estero

Público

Santiago del Estero

Responsable de la determinación: Gisela YonniYocca

Email: dgbromatologiasgo@gmail.com

Tel: (+54 385) 422 1766

Unidad PlaPiMu-LaSeISiC

Público

M. B. Gonnet - PBA

Responsable de la determinación: Jorge Jios

Email: normabuceta@gmial.com / jjios@unlp.edu.ar

Tel: (+54 11) 471 4527

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelos, alimentos, plantas.

Laboratorio de Investigaciones en Mecanismos de Resistencia a Antibióticos / IMPaM (UBA-CONICET)

Público

CABA

Responsable de la determinación: María Paula Quiroga y Daniela Centrón

Email: quirogamp@gmail.com

Tel: (+54 11) 3789 5439

Servicios que brinda: detección molecular de genes de resistencia a mercurio asociados a genes de resistencia antibiótica

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICYTAC

Público

Córdoba

Responsable de la determinación: Dr. Wunderlin / Mag. Gastaminza / Dr Yenes

Email: dwunder@fcq.unc.edu.ar

Tel: (+54 351 652 1073)

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelo, sedimentos, biota, alimentos, etc

Lenor SRL

Privado

CABA

Responsable de la determinación: Pablo Keimel

Email: pablo.keimel@lenorgroup.com

Tel: (+54 11) 4555 4001

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, alimentos, medicamentos, cosméticos, juguetes, envases en contacto con alimentos, envases farmacéuticos, aditivos alimentarios, combustibles líquidos, madera.

Laboratorio Zonal de Bromatología de la Dirección General de Bromatología y Prevención de la Salud. Municipalidad de La Matanza

Público

La Matanza – PBA

Responsable de la determinación: Rosalba Greco

Email: lab.bromatologia.lamatanza@gmail.com / rosalba.greco@gmail.com

Tel: (+54 11) 5697 2294

Servicios que brinda: análisis de arsénico en aguas

LABTRA-UNT

Público

San Miguel de Tucumán- Tucumán

Responsable de la determinación: Adriana Sales

Email: amsales00@gmail.com / amsales@fbqf.unt.edu.ar

Tel: (+54 381) 410 7203

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelos, tejidos, plantas, alimentos, etc

Unidad de Espectrometría de Masas - CCT Rosario

Público

Rosario - Santa Fe

Responsable de la determinación: María Ayelen Pagani

Email: pagani@cefobi-conicet.gov.ar

Tel: (+54 341) 437 1955

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, medios de cultivo, alimentos, tejidos vegetales

Fares Taie Instituto de Análisis

Privado

Mar del Plata - PBA

Responsable de la determinación: Hernán Fares Taie

Email: smedici@farestaie.com.ar

Tel: (+54 223) 480 3402

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, sedimentos, alimentos, suelos, barros.

CEQUIMAP Centro de Química Aplicada. Facultad de Ciencias Químicas. UNC

Universitario

Córdoba

Responsable de la determinación: Analía Linares

Email: allinares@fcq.unc.edu.ar / cequimap@fcq.unc.edu.ar

Tel: (+54 351) 535 3857

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelos, sedimentos, alimentos y otros

Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable

Público

Rawson - Chubut

Email: carolpatagonia@gmail.com

Tel: (+54 280) 448 1758

Ambiental Pehuen

Privado

Martinez – PBA

Responsable de la determinación: Lic. Imperiale, Lic Fariña, Lic Caracciolo, Julieta Alperin

Email: limperiale@ambientalpehuen.com

Tel: (+54 11) 4717 6838

Departamento de Compuestos y Productos Inorgánicos - INTI

Público

San Martín, PBA

Responsable de la determinación: Sandra Amore

Email: samore@inti.gob.ar

Tel: (+54 11) 4724 6200

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, biosólidos, efluentes

INPA-CONICET-UBA

Público

CABA

Responsable de la determinación: Nahuel Bustos

Email: nbustos@fvvet.uba.ar

Tel: (+54 11) 5287 2108

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelo, alimentos

CETA-UBA

Público

CABA

Responsable de la determinación: Juan José Troncoso

Email: jtroncoso@fvet.uba.ar

Tel: (+54 11) 5287 2107

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelos, sedimentos, alimentos

Dirección de Fiscalización y Control

Público

Ciudad de Mendoza, Mendoza

Responsable de la determinación: Junco Pablo, Belén Giménez, Vanesa Irarorre

Email: pjunco@mendoza.gov.ar / laboratorio-dfyc@mendoza.gov.ar

Tel: (+54 261) 441 3243

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, matrices varias de alimentos

Laboratorio Oscar Varsavsky – Universidad Nacional de Lanús

Público

Lanús - PBA

Responsable de la determinación: Daniel Kulhawiuk

Email: laboratorio@unla.edu.ar

Tel: (+54 11) 5533 5600

Servicios que brinda: análisis de arsénico en aguas

Laboratorio de Análisis químicos, Instituto de Hidrología de Llanuras

Público

Azul - PBA

Responsable de la determinación: Fátima Altolaquirre

Email: laboratorio@ihlla.org.ar

Tel: (+54 228) 143 2666

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, extracto de suelo, efluentes.

Alimentaria San Martín SRL

Privado

San Martín - PBA

Responsable de la determinación: Mario M. Ismach

Email: mario_ismach@asmlab.com.ar

Tel: (+54 11) 4755 2109

Servicios que brinda: análisis de arsénico en aguas, suelos, aire, alimentos, residuos

Análisis fisicoquímico y determinaciones especiales

Instituto Biológico Dr. Tomás Perón

Público

La Plata - PBA

Responsable de la determinación: Daniel Asens

Email: industriales_lcsp@ms.gba.gov.ar

Tel: (+54 221) 422 9271

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua y alimentos

SUNIBROM

Público

San Salvador de Jujuy. Pcia de Jujuy

Responsable de la determinación: Natalia Menichetti

Email: sunibrom@msaludjujuy.gov.ar

Tel: (+54 388) 424 5500

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, azúcar, sal, depende de que alimento.

ISIDSA/ ICYTAC

Público

Córdoba- Córdoba

Responsable de la determinación: Gastaminza Joaquín

Email: serviciosisidsa@gmail.com

Tel: (+54 351) 462 9520

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelos, sedimentos, alimentos, efluentes, peces, vegetales

Laboratorio TAURO

Privado

Salta Capital

Email: tauroconsultora@gmail.com

Tel: (+54 387) 423 0910

Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelos y Agua - EEA INTA Pergamino

Público

Pergamino - PBA

Responsable de la determinación: Ana Maria Di Martino

Email: dimartino.ana@inta.gov.ar

Tel: (+54 247) 743 9027

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua

Privado

Pergamino - PBA

Responsable de la determinación: Guadalupe Capriotti

Email: guadalupecapriotti@yahoo.com.ar

Tel: (+54 247) 731 0100

Servicios que brinda: análisis de arsénico en Agua

CIPCAMI

Público

San Juan

Responsable de la determinación: Orlando Vera

Email: orlando_vera85@hotmail.com

Tel: (+54 4264) 458 5192

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua, suelos.

Laboratorio Bromatológico - Municipalidad Lobos

Público

Lobos - PBA

Responsable de la determinación: Liliana Gorriño - Cristian Calvo Rey

Email: laboratorio_munlobos@yahoo.com.ar

Tel: (+54 222) 749 0222

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua

Laboratorio de Aguas. Gerencia de Calidad. Obras Sanitarias Mar del Plata S.E.

Público

Mar del Plata - PBA

Responsable de la determinación: Gabriela vonHaeften

Email: scagliola@osmcp.gov.ar/lab.aguas@osmcp.gov.ar

Tel: (+54 223) 499 2900

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua

Laboratorio de Suelos Agua y Material Vegetal

Público

Luján de Cuyo - Mendoza

Responsable de la determinación: Walter Haist

Email: haist.walter@inta.gov.ar

Tel: (+54 261) 556 8043

Laboratorio de medios filtrantes y aguas (LMFA) Facultad de Ingeniería UNLZ

Público

Lomas de Zamora - PBA

Responsable de la determinación: Osvaldo Butrej, Fernando Massaro, Sabrina Segovia

Email: massarofernando@yahoo.co.uk

Tel: (+54 9 11) 3073 6109

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua

ENTE REGULADOR DE SERVICIOS SANITARIOS (ENRESS) DE LA PCIA DE SANTA FE

Público

Rosario y Santa Fe Pcia. de Santa Fe

Responsable de la determinación: Gerencia de control de calidad

Email: vpidustwa@enress.gov.ar

Tel: (+54 341) 439 2502

Servicios que brinda: análisis de arsénico en agua y efluentes cloacales tratados

LABORATORIOS DE TOXICOLOGÍA FORENSE

SALTA

Departamento Técnico Científico del Cuerpo de Investigaciones Fiscales

Av. Bolivia N° 4671 Edificio Anexo Ministerio Público Ciudad Judicial, Salta

Tel. (+54 387) 4258000 int. 5076/5079

Ing. Pedro Dilmar VILLAGRAN

pwillagran@mpublico.gov.ar
Laboratorio Toxicología: Bioqco. Javier TSCHAMBLER
javiertschambler@hotmail.com

SANTIAGO DEL ESTERO

Laboratorio de Toxicología y Química Legal

Presbitero Gorriti, G4200 Santiago del Estero
Tel. (+54 385) 4283251
Horacio HEREDIA
hheredia@jussantiago.gov.ar

SANTA FE

San Jerónimo N° 1551, Capital, Santa Fe
Tel. (+54 342) 457 2700
Pascual PIMPINELLA
sabel ARAMBURO DE TORRES
medforsfe@justiciasantafe.gov.ar

SAN JUAN

Laboratorio de Investigaciones Forenses

Av. Libertador General San Martín N° 5833 (Oeste), Rivadavia, San Juan
Tel. (+54 264) 433 0805
María Beatriz de Fátima VAZQUEZ
mbvazquez@jussanjuan.gov.ar

LA RIOJA

Laboratorio Satelital Forense

Hipólito Yrigoyen N° 224, Capital, La Rioja
Tel. (+54 380) 446 8306
forenselr@gmail.com
Mariano FRANCISCO
marianofco@hotmail.com

CORRIENTES

Unidad Fiscal de Investigaciones Estratégicas

Carlos Pellegrini N° 1050, Capital, Corrientes
Tel. (+54 3794) 476911
ufie@juscorrientes.gov.ar
Gerónimo BOLO
geronimobolo@juscorrientes.gov.ar

CHACO

Instituto de Medicina y Ciencias Forenses (IMCiF)

Ruta 11 km. 1008, Resistencia, Chaco
Tel. (+54 362) 446 8651
imcif@justiciachaco.gov.ar
Laboratorio de Química Legal: Sergio Fabián MORO
sergio.moro@justiciachaco.gov.ar

Toxicología Forense: Francisco José CAMARGO
francisco.camargo@justiciachaco.gov.ar

MISIONES

Laboratorio de Ciencias Forenses

Ruta 12 y Av. 147 -Hospital Pedro Baliñas-, Posadas, Misiones

Tel. (+54 376) 442 8924

Bioqco Carlos Oscar GONZÁLEZ

cogonzalez@jusmisiones.gov.ar

cmf.bioquimica@jusmisiones.gov.ar

FORMOSA

Centro de Investigaciones Forenses (CIF)

Fontana N° 856, Capital, Formosa

Tel. (+54 3704) 436327

Dr. Juan José BELZKI

lamf_direccion@jusformosa.gob.ar

lamf_subdireccion@jusformosa.gob.ar

TUCUMÁN

Laboratorio de Genética Forense/ Departamento de Informática Forense/ Laboratorio de Toxicología Forense

Av. Independencia N° 990, San Miguel de Tucumán, Tucumán

LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA FORENSE

Tel. (+54 381) 430 1016 / 425 2734

Cecilia Francisca OCHOA

cochoa@justucuman.gov.ar

Federico Gustavo MURÚA

fedemurua@yahoo.com

CATAMARCA

Laboratorio Satélite Forense

Felix Pla s/n, Villa Dolores, Departamento Valle Viejo, Catamarca

Tel. (+54 383) 444 4448/442 7249

Hector Hugo BULACIOS

hhbulacios@hotmail.com

lab_forense@juscataamarca.gob.ar

LA RIOJA

Laboratorio Satelital Forense

Hipólito Yrigoyen N° 224, Capital, La Rioja

Tel. (+54 380) 4468306

forenselr@gmail.com

Mariano FRANCISCO

marianofco@hotmail.com

CÓRDOBA

Laboratorio Regional Centro

Duarte Quirós N° 650, Capital, Córdoba

Tel. (+54 351) 448 1016 / 1616

ngutierrez@justiciacordoba.gob.ar

Néstor GUTIERREZ

MENDOZA

Sección Necropsias y Lesiones / Laboratorio de Toxicología / Psicopatología Forense

Belgrano N° 179, Capital, Mendoza

Tel. (+54 261) 4495618

Toxicología Forense: Jorge Mario RODRIGUEZ

jorodriguez@jus.mendoza.gov.ar

BUENOS AIRES

Poder Judicial de la Nación

Laboratorio de Toxicología y Química Legal de Morgue Judicial:

Bioq. Clara Inés PEREIRA

cpereira@csjn.gov.ar

Bioq. Natalia BARDONI

nataliabardoni@hotmail.com

BUENOS AIRES

Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses

Calle 4 N° 340, La Plata, Buenos Aires

Tel. (+54 221) 439 1457 / 439 1492

ncarames@mpba.gov.ar/sguercio.mpba.gov.ar

Cromatografía Gaseosa: Bioq. María Paula SCURIATTI

mscuriatti@mpba.gov.ar

BUENOS AIRES

Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses - Conurbano Norte

Ricardo Gutierrez N° 4051, Munro, Buenos Aires

Tel. (+54 11) 5197 1924

colcese@mpba.gov.ar

Dra. María Cecilia OLCESE

colcese@mpba.gov.ar

LA PAMPA

Agencia de Investigación Científica (AIC)

Calle 331 N° 125, General Pico, La Pampa - C.P. 6360

Tel. (+54 2954) 45 1800 int. 1434/1436

aic-gp@juslapampa.gob.ar

Coordinación de la Agencia de Investigación Científica

Dr. Horacio E. di NÁPOLI

hdinapoli@juslapampa.gob.ar

Dra. Carolina J. GHIONE

cghione@juslapampa.gob.ar

RÍO NEGRO

Laboratorio Regional de Toxicología Forense

Discépolo 1885, Cipolletti, Río Negro

Tel. (+54 299) 4792296

laboratoriodetoxicologia@jusrionegro.gov.ar

Marcela Andrea FONTANA

mfontana@jusrionegro.gov.ar

María José CHANA

mjchana@jusrionegro.gov.ar

CHUBUT

Luis Costa N° 452, Rawson, Chubut

Tel. (+54 280) 448 1024

Mario PALACIOS

mpalacios@juschubut.gov.ar

CHUBUT

Velez Sarsfield N° 1520, Comodoro Rivadavia, Chubut

Tel. (+54 297) 446 4271

laboratorioforense@juschubut.gov.ar

Viviana Adriana FERNANDEZ

vfernandez@juschubut.gov.ar

SANTA CRUZ

Laboratorio Regional de Investigación Forense

Pellegrini N° 415, Río Gallegos, Santa Cruz

Tel. (+54 2966) 42 6202

Adrián ACUÑA

adrian.acuna@jussantacruz.gob.ar

Capítulo 12

Registros médicos ambientales

2.1. La problemática de los registros médicos ambientales

Si deseamos contribuir al diseño de estrategias para combatir el daño de los agrotóxicos a la salud, el registro formal de los problemas de salud asociados a ellos es una de las condiciones imprescindibles. Hemos dicho en otros capítulos que una de las dificultades para implementar programas es que no se dispone de estadísticas ni de ningún otro tipo de información con la cual se pueda medir la magnitud del problema, elaborar información epidemiológica, definir grupos prioritarios, etc.

Es por ello que ha habido varias iniciativas en el pasado destinadas a producir herramientas de registro. No obstante, el problema de los registros no es principalmente la carencia de herramientas (historias clínicas cuestionarios, formularios, etc.), sino que hay varias alternativas y dificultades que sortear para que haya un sistema adecuado de registro.

Una de las dificultades que se enfrentan cuando se desea implementar un sistema de registro es el contenido de los mismos. La información deseable es la que permite relacionar el tipo de problema, dolencia, padecimiento o enfermedad del niño, con la presencia de agrotóxicos en el lugar donde vive, o en la escuela o jardín a la que asiste.

En consecuencia, es imprescindible que se pueda registrar la frecuencia de las fumigaciones en los campos vecinos, la distancia de la vivienda o escuela de dichos campos, los horarios de fumigación, la sustancia con la que se fumiga, etc. Esta información, junto con la que contribuye a la caracterización nosológica de los problemas de salud del niño permite, seguramente disponer de la información relevante.

La segunda dificultad es la que tiene que ver con la forma en que estos registros se insertan en el proceso asistencial. Si bien es cierto que la información relevante se podría obtener a través de encuestas, coincidimos con muchos autores en que lo mejor para un país es que haya una norma de registro de dicha información que forme parte del proceso de atención de los niños en todos los ámbitos en que ellos se atienden. Para ello es necesario una norma universal que alcance a todos los sectores: público, de obra sociales y privados.

Otra de las dificultades o disyuntivas a sortear es el alcance del registro médico que se desea implementar: ¿Debe ser universal?, ¿en ese caso se trataría de una historia clínica usada en todos los sectores asistenciales, en todas las instituciones? Nuestros sistemas de salud (hablamos en plural porque hay varios) no han podido implementarse de manera uniforme en todo el país, de manera tal, que pensar en una historia clínica ambiental de alcance nacional puede llegar a ser más difícil aún. Otro punto de importancia es si, siendo de carácter nacional, el registro en cuestión debe ser implementado en todos los ámbitos de todas las regiones del país, o solamente, tal como a primera vista parece ser razonable, solamente en las zonas sujetas a fumigación.

Otra de las disyuntivas es si debemos diseñar una historia clínica pediátrica, (lo que implica que además tendría que diseñarse otra para adultos), o debe ser universal con un componente pediátrico.

Finalmente, habiendo podido superar todas estas disyuntivas, queda por resolver cuál será la relación entre la historia clínica en cuestión (cuestionario, formulario, etc.) ambiental, y la relacionados con los agrotóxicos y su efecto sobre la salud de los niños. Una historia clínica implica un registro completo de antecedentes personales y familiares, antecedentes de enfermedad actual, etc. Si la historia clínica ambiental (HCA), (además del componente

ambiental) contiene toda esta información, entonces, ¿se espera que reemplace a las que están funcionando en las instituciones? Otra alternativa sería que el registro en cuestión se limite a registrar contenidos exclusivamente relacionados con los agrotóxicos, **para ser agregado a la historia clínica general.**

12.2. Registros disponibles

Habiendo descripto algunos aspectos problemáticos sobre la HCA, es necesario reconocer que en la Argentina se han hecho esfuerzos en esa dirección, y es por ello que en este capítulo describimos los que hemos podido recoger, sin perjuicio de que pudiera haber otras herramientas que no conocemos.

Historia Clínica de la Universidad de Rosario, Anexo 4

Contextualización Encuesta de Salud La encuesta se utiliza en el marco de la Evaluación Integradora Final de la Carrerara de Medicina de la UNR, en lo que se denomina Campamento Sanitario. Dicha evaluación se lleva a cabo durante 5 días en localidades de menos de 10.000 habitantes (existen a lo largo de los 40 Campamentos realizados algunas excepciones donde relevamos poblaciones de mayor envergadura). El Campamento consta de distintas actividades donde los estudiantes son evaluados y en caso de aprobar se reciben de Médicos. El relevamiento Sanitario con la modalidad encuesta de tipo censal (es decir se encuesta a toda la población y no por muestreo, salvo en las localidades de mayor población) es una de las actividades a ser evaluadas. Específicamente en la actividad de encuestar, la herramienta encuesta es utilizada por un lado como historia clínica donde el estudiante es evaluado en la capacidad inherente a interrogatorio, planteos diagnósticos, terapéutica, recolección y registro de datos epidemiológicos entre otros. Además de cumplir esta función de evaluación, es a partir de ella que se construyen los perfiles de Morbimortalidad Referida de las poblaciones encuestadas. La posibilidad de contar con información actualizada, construida conjuntamente con la comunidad, recabando los problemas percibidos como tales por sus integrantes, permite “problematizarlos”, es decir incorporarlos a la agenda del Estado¹, a través de la acción de algunos de sus actores sociales, siendo este el primer paso para la definición de políticas de Estado. **LA ENCUESTA COMO HERRAMIENTA PARA LA CONSTRUCCION DE PERFILES DE MORBIMORTALIDAD REFERIDA.**

1.Las encuestas en salud constituyen una herramienta de utilidad que nos aproxima a la percepción y el comportamiento de los ciudadanos en temas relacionado a salud-enfermedad, así como utilización de los sistemas asistenciales.

2 . Proporcionan información poblacional, pasible de ser complementada con otras fuentes de información sistemática a las cuales nutren o pueden representar la única información disponible en ausencia de estas.

3 . Aunque no son una fuente de información rutinaria, constituyen un elemento fundamental de la información sanitaria siendo útiles para reconocer e identificar problemas y necesidades prioritarios. Aportan conocimientos multidimensionales e interconectados, adaptándose a entornos y necesidades cambiantes de las comunidades, así como también permiten generar y compartir conocimientos. A través de las encuestas en salud podemos obtener el estado de salud percibido, este constituye uno de los indicadores por excelencia utilizado como aproximación a la situación de 1 Testa M. Decidir en Salud, ¿Quién?, ¿Cómo? y ¿Por qué? Salud Colectiva: 3 :247-257. 2007 2 Brugulat-Guiteras P, Mompert-Penina A, Séculi-Sánchez E, Tresserras-Gaju R, De la Puente-Martorell ML. Encuestas de salud: luces y sombras. Med

Clin (Barc). 2010;134(Supl 1):21-26 3 Boerma JT, Stansfield SK. Health statistics now: Are we making the right investments. Lancet. 2007;369:779-86salud de las poblaciones en las encuestas en diferentes países

4 . El término auto-percepción del estado de salud, o morbilidad sentida, se refiere a la información suministrada por el sujeto acerca de su estado de salud como producto de sus conocimientos e interpretaciones, sin que necesariamente haya sido confirmado por personal médico. Esta información tiene, en consecuencia, un carácter subjetivo que puede revelar los problemas de salud más comunes en la población a partir de sus experiencias y valores, y no sólo de la demanda de los servicios. La morbilidad sentida se constituye como el indicador más inmediato de la necesidad de servicios de salud y la mayor aproximación que se tiene a la morbilidad real de la población. A partir de la información recaba en las encuestas, se construye el final de cada Localidad en la que se describe:

- Caracterizar a la población en términos demográficos, de situación laboral, cobertura en salud, habitacionales y de escolaridad.
- Describir las características y modalidades de atención en el sistema de salud de los habitantes de la localidad.
- Elaborar perfil de morbilidad referida recabando problemas de salud agudos y crónicos de los habitantes de la localidad.
- Elaborar perfil de mortalidad referida en los últimos 15 años en la localidad.
- Describir la frecuencia de enfermedades neoplásicas referidas en los últimos 15 años en la localidad.
- Describir la frecuencia de embarazos y formas de finalización referidos en los últimos 20 años.
- Describir la frecuencia y tipo de complicaciones durante el embarazo en los últimos 20 años en la localidad.
- Describir la frecuencia de malformaciones congénitas referidas en los últimos 20 años en la localidad.

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL RELEVAMIENTO

Se construyó el mapa de la localidad utilizando los provistos por el municipio, y programas de imágenes satelitales. Se realizó la división de la localidad en 12 sectores asignando cada uno de ellos a una tutoría del Ciclo de Práctica Final con un docente coordinador a cargo. Se utilizó un cuestionario estructurado con preguntas abiertas y cerradas orientadas a identificar las causas de morbimortalidad. Colombia, Ministerio de la Protección Social.

Encuesta Nacional de Salud -ENS- 2005-2006: protocolo de la encuesta. Análisis de la Situación de Salud de Colombia: ASIS-COL 2002-2006: Bogotá; 2006. En las preguntas respecto a la morbimortalidad se registró la respuesta textual del entrevistado y a partir de ésta el encuestador profundizó para arribar al diagnóstico médico más certero posible. Para evitar el doble registro de mortalidad y morbilidad referida, las preguntas y las respuestas se limitaron a miembros del grupo familiar que vivían en el domicilio relevado o que lo hicieron hasta el fallecimiento. Para las patologías agudas (últimos 12 meses desde la fecha del relevamiento), crónicas (más de 12 meses de evolución), neoplasias, causa de muerte, complicaciones de embarazo, parto y puerperio, malformaciones congénitas, discapacidades así como motivo por el que consume medicamentos se utilizó el CIE 10 como sistema de codificación. Esta es una herramienta confeccionada por la Organización Mundial de la Salud que permite unificar ciertos parámetros, con gran utilidad para los análisis epidemiológicos. Los encuestadores fueron formados a lo largo de 3 meses por los docentes de la PF. Todas las encuestas fueron revisadas por los docentes para garantizar la calidad de la información,

siendo el cargado de datos también supervisado. La base de datos confeccionada fue revisada posteriormente por los docentes para cotejar los datos cargados con las encuestas realizadas. Para conocer la cantidad de viviendas encuestadas y para el georreferenciamiento se empleó una hoja de ruta confeccionada para tal fin. Finalmente es entregada a cada comunidad el informe de su situación de Salud en presentación pública en donde participan la autoridad local, instituciones intermedias y público en general. Hemos realizado con esta metodología 40 Campamentos Sanitarios. En los que además de la encuesta realizamos talleres de promoción de salud en todas las temáticas (donde también los estudiantes son evaluados en términos de divulgación y capacidad de comunicar adecuadamente a la población) así como también hemos evaluado todas las escuelas, incluyendo rurales en muchas localidades donde se evalúa salud del niño escolar, contando con datos antropométricos de todos los niños (el estudiante también es evaluado aquí en habilidades técnicas de examen físico, identificación de signos y síntomas, adecuación a realización de actividades médicas por fuera de condiciones de consultorio, empatía entre otras). Todo este trabajo consta de protocolos de acción para la realización de cada una de las etapas, que inician previo a la llegada de los estudiantes a la Localidad, hasta la realización del informe final. La encuesta en sí misma, constituye una herramienta más de evaluación y es la fuente de datos a partir de la cual se construye la información final que es devuelta a la comunidad. De este modo, el Campamento Sanitario es una evaluación académica, una actividad de Extensión Universitaria y un trabajo de Investigación realizado por docentes y estudiantes.

Cuestionario para encuestas, Anexo 5

Universidad de Río Cuarto Dra. Delia Aiasse

Historia Clínica Ambiental del Hospital Garrahan, Anexo 6

Libreta Sanitaria Materno-Infantil Ministerio de Salud de la Pcia. De Bs As Anexo 7

**Comité de Salud Ambiental
Sociedad Argentina de Pediatría**

Secretaria: Dra. Gaioli, Marisa
Prosecretaria: Dra. Francese, Andrea
Primer Vocal: Dra. Caletti, María Gracia
Segunda vocal: Dra. Torres Cerino, María Verónica

Equipo de trabajo que preparó el documento:

Coordinadora: Dra. María Gracia Caletti DM. Pediatra Nefróloga, Consultora (h) del Hospital Garrahan.

Dra. Florencia Arancibia: Socióloga, Investigadora del Conicet en la Universidad de San Martín. Integrante del grupo Gesta.-

Dr. Medardo Ávila Vázquez. Médico Pediatra y Neonatólogo, docente Facultad de Ciencias Médicas de UNC. Coordinador de la Red de Médicos de Pueblos Fumigados.

Dr. Ignacio Bocles, médico, docente de la Cátedra de Embriología de la Facultad de Medicina de la UBA.

Dr. Pablo Cafiero: Pediatra del Desarrollo. Jefe de Clínica del Servicio de Clínicas Interdisciplinarias, Hospital Garrahan

Dra. María Gracia Caletti: Pediatra Nefróloga, Consultora (H) Hospital Garrahan

Ing. Javier Souza Casadinho: Ingeniero agrónomo, Magister en Metodología de la Investigación. Experto en plaguicidas y agroecología. Universidad de Buenos Aires

Dr. Martín Dahuc, médico, miembro del Instituto de Salud Socio ambiental de la Universidad de Rosario.

Dra. Marisa Gaioli, Pediatra, Especialista en Salud Ambiental, H. Garrahan. Secretaria del Comité de Salud Ambiental de la SAP.

Dra. Marta María Méndez: Médica Toxicóloga, Servicio de Toxicología del Hospital Posadas

Dr. Damián Markov: Pediatra de la SAP. Miembro del Comité de Salud Ambiental de la SAP

Dr. Alejandro Vallini: Pediatra, miembro del Instituto de Salud Socioambiental de la Universidad de Rosario.

Dr. Damián Verzeñassi: Médico especialista en Medicina Legal. Director del Instituto de Salud Socio Ambiental de la Universidad de Rosario. Director de la Carrera de Medicina de Universidad Nacional del Chaco Austral.

Genotoxic Risk in Human Populations Exposed to Pesticides

Delia Aiassa

Additional information is available at the end of the chapter

<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77968>

Abstract

The importance of early detection of genetic damage is that it allows taking the necessary measures to reduce or suppress the exposure to the deleterious agent when it is still reversible, thus decreasing the risk of developing diseases. For this reason, genotoxicity tests should be considered as indispensable tools in the implementation of a complete medical surveillance in people potentially exposed to various environmental pollutants and especially those who live in the same place with people who have already developed some type of neoplasia at early ages in order to prevent the occurrence of tumors of environmental origin and work-related. On the other hand, the application of these tests is useful to detect possible long-term effects of substances that are introduced to the market without knowing exactly their capacity to affect human and environmental health.

Keywords: genotoxicity, pesticides, Argentina

1. Introduction

1.1. Pesticides

Pesticides are a heterogeneous group of chemical compounds used in the production of food and considered one of the major sources of contamination by synthetic substances generated as a result of agricultural activity. For more than a decade, many of them have been classified as potential carcinogens [1, 2].

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO [3]) defines a pesticide as any substance or mixture of substances intended for preventing, destroying or controlling any plague, including vectors of human or animal diseases, unwanted species of plants and

animals that cause harm or interfere in any other way in the production, processing, storage, transportation or commercialization (marketing) of food, agricultural products, wood and its derivatives [4].

The benefits obtained by the use of pesticides are certainly numerous, however, the dissemination of large amounts of these compounds to the environment, has led to problems affecting both the environment and human health [5]. Particularly, in agricultural activities, agrochemicals are widely used products, and its use without the necessary protection can lead to genetic alterations and the possible development of some types of neoplasia [6, 7].

Exposure to these substances results in acute poisoning. Poisoning is the body's reaction to a toxic agent, and it is described as acute poisoning when the symptoms occur after a recent exposure to the chemical. In this kind of intoxication, the diagnosis is relatively easy, fast and with an established treatment.

Chronic health effects have been associated to pesticide exposure, including neurological disorders, reproductive or developmental problems and cancer. Epidemiological studies on farmers, pesticide manufacturers, pesticide sprayers and on accidentally exposed industrial workers or residents have shown that exposure to pesticides may increase the risk of site-specific cancers. Also, increased risks have been detected for leukemia, Ewing's bone sarcomas, kidney cancer, soft tissue sarcoma, non-Hodgkin's lymphoma, and testicular, colorectal, endocrine glands and brain cancers in children exposed to pesticides in their home or whose parents were occupationally exposed to pesticides [8].

1.2. DNA damage

Experimental data reveal that the chemical substances used in food production contain many components that affect the genetic material of organisms—they are genotoxic agents—([9–16]) and they may be responsible for the high incidence of different types of cancer (both in children and adults), reproductive problems or malformations in the offspring of populations occupationally and/or environmentally exposed to these compounds.

It has been observed that the offspring of agricultural workers have a higher risk of congenital anomalies. However, congenital anomalies in the mid-1990s represented around 20% of deaths during the first year of life in some countries, and in other countries, they represented almost 40% of deaths [17].

A genotoxic agent is described as a physical, chemical or biological agent that can interact with the genetic material (DNA) of organisms causing alterations, damage or ruptures.

This term includes agents that interact both directly and indirectly with the DNA causing ruptures and, also, those that interfere with enzymatic processes of repair, genesis or polymerization of proteins involved in chromosome segregation. Consequently, they may change the structure of a specific genome. Genotoxic agents can bind directly to DNA or act indirectly by affecting the enzymes involved in the physiological modifications of DNA during replication or transcription. These alterations could lead to impaired embryonic development or be the initial steps in the development of cancer. Genotoxic agents are not necessarily carcinogenic, but most carcinogens are genotoxic.

Genomic damage is probably the most important and fundamental cause of neurodegenerative disorders, reproductive effects and developmental problems [8]. It is also well established that genomic damage is produced by exposure to environmental contaminants (e.g., metals, pesticides), medical procedures (e.g., radiation and chemicals), micronutrient deficiency (e.g., folate), lifestyle factors (e.g., alcohol, smoking, drugs and stress), and genetic factors such as inherited defects in DNA metabolism and/or repair (Holland et al [18–20]).

Therefore, in recent years, there has been an increase in the number of studies that seek to understand and evaluate, using biomarkers, the possible consequences that exposure to pesticides has on the environment and mainly on human beings [21–23].

1.3. Genotoxicity biomarkers

Biomarkers are biological parameters that provide information about normal or pathological states of an individual or a population, and they are used for monitoring different aspects of a disease such as: treatment, prevention, diagnosis and progression of the disease, responses to the therapy, experimental toxicological evaluation of drugs or pesticides, environmental and epidemiological risk measurement, as well as evaluation of therapeutic intervention, among others [24].

In this sense, the use of genotoxicity biomarkers—chromosomal aberrations (CA), micronuclei (MN), sister chromatid exchanges (SCEs) and comets (CO)—has been relevant to analyze the potential risk of a substance, as they reveal the damage to the DNA, the molecule that transmits genetic information through generations. Therefore, they are considered suitable biomarkers to evaluate the risk of a potentially harmful substance and, in addition, their carcinogenic risk [66].

The chromosomal aberration test detects numerical (aneugenic effect) or structural (clastogenic effect) alterations at the chromosomal level. The importance of this test lies in experimental and epidemiological evidence suggesting that structural aberrations are involved in the carcinogenesis process, and, therefore, a high frequency of chromosomal aberrations is associated with an increased risk of developing cancer in the future ([26–30]).

Micronucleus test detects breaks at the chromosomal level and alterations of the mitotic apparatus, allowing the identification of compounds with aneugenic and clastogenic effects. The simplicity of the test is an advantage and the number of cells scored (1000 cells) gives statistical significance to the study.

The prospective analysis of a database of 6700 subjects from 20 laboratories representing 10 different countries have confirmed that a high frequency of micronuclei is predictive of an increased risk of cancer (Bonassi et al. [31–33]).

Sister chromatid exchanges (SCEs) are another cytogenetic assay to evaluate alterations at the chromosomal level. The exchange between sister chromatids occurs precisely by the reciprocal exchange of DNA between two sister chromatids in a duplicated chromosome. The frequency of exchange in eukaryotic cells is increased by the exposure to genotoxic agents that induce DNA damage by interfering with its replication, but it is not increased by those agents that only induce breaks in the DNA strands [28]. However, the formation mechanisms of these alterations are not completely elucidated, and, therefore, their biological significance is still uncertain [28].

The main molecular studies are (1) molecular cytogenetics to detect inversions, translocations, or to identify the chromosomal origin of micronuclei and (2) comet assay in lymphocytes.

The comet assay is an electrophoresis technique in agarose microgels considered to be highly sensitive to detect DNA damage in single cells. It detects DNA single- and double-strand breaks, labile alkali sites, and DNA-DNA or DNA-protein cross linking associated with repair sites by incomplete excision. When the nucleus is subjected to electrophoresis, the DNA fragments migrate in a pattern that resembles a comet, hence the name of this assay [34].

The studies that define the mechanisms of action and/or the cytotoxic and genotoxic effects can be performed at different levels of complexity. In vitro assays are very useful to detect the genotoxic effects of various agents in human cellular systems. Although these models do not include the toxicokinetics of substances (absorption, distribution, metabolization and excretion), it is possible to evaluate their potential effects using a wide range of biomarkers [25].

In vivo genotoxicity studies provide a physiological framework to the activity of different agents with genotoxic potential. This allows to evaluate, under controlled conditions, a systemic response to the agent in question and to discern the effects according to the route of entry of the agent to the organism. These studies bring the results one step closer to real human exposure.

Finally, epidemiological studies use different genotoxicity biomarkers for the study of populations exposed to toxic agents. At the international level, there are numerous studies evaluating the effect of pesticides on the genetic material of exposed populations; however, in Argentina, these are still scarce [21, 35, 36].

1.4. Populations human exposed to pesticides

Studies conducted in populations exposed to pesticides, mostly in European applicators, show positive association between exposure to a complex mixture of agrochemicals and the presence of CA, SCEs, MN and/or CO [21, 37–39].

Argentine populations are exposed to complex mixtures of pesticides. In the province of Córdoba, the most commonly used mixtures contain glyphosate, cypermethrin, chlorpyrifos, and others as active ingredients ([40, 41]). Evaluating the genotoxic potential of components of the mixtures is the initial step to study its behavior to check possible antagonistic or synergistic effects that could modify the effect.

There are few reports regarding the genotoxic potential of glyphosate, cypermethrin and chlorpyrifos. Glyphosate herbicide has been studied in our research group by [12], Bosch et al. [16] and Barbosa et al. [42]. On the other hand, Kocaman and Topaktaş [43] reported on the effects of a commercial formulation of cypermethrin on peripheral blood lymphocytes, this is the only genotoxic and cytotoxic study in the available literature. Rahman et al. [44] and Vindas et al. [45] analyzed the genotoxic effects of chlorpyrifos on human cells performing the comet assay.

Therefore, there is a clear need to assemble a set of tests that cover different complexity levels so that we can have a more accurate approximation of the genotoxic potential of an agent on human population.

In this sense, it is important to highlight that a large part of the toxicity of many chemical substances is explained by their capacity to generate oxidative processes that can damage various cellular structures, including DNA; oxidative damage is, therefore, an important cause of genotoxicity [46]. One of the most commonly used techniques to evaluate the capacity of a substance to generate oxidative damage is through the quantification of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). A large number of reports in the literature show the oxidative effects of pesticides used in food production ([14, 47, 48]).

Given the impact of the problem raised, it is necessary to approach it not only from the biological sciences aspect (toxicological genetics), as discussed here, but to support it from the social sciences' perspective (legislation and environmental education).

The evidence of genetic risk as a result of exposure due to the intensive use of pesticides indicates the need to review the law enforcement, in order to develop educational programs aimed to control the use of these substances and/or implement prevention and protection measures.

Argentine legislation on pesticides is, in some cases, incomplete, permissive and/or obsolete [49, 50]. On the other hand, there is no participation of the Ministry of Health in the approval of pesticides registration for agricultural use. To the gaps or defects in legislation and the lack of control, is added the deficiency of measures that contemplate the effects of pesticides and their mixtures.

In the light of the foregoing, it is necessary to increase the scientific evidence regarding the toxicity and genotoxicity effects of chemical substances applied in our country. This will allow extending the legislation, adapting it to the real problems and, if necessary, modifying the permitted levels of pesticides and its mixtures in the environment.

In many countries, measuring the frequency of genetic damage in human groups exposed to environmental agents has been, for decades, a priority in public health studies, and the increased rates of chromosomal aberrations (CA) is commonly interpreted as evidence of genotoxic exposure and early biological effect on DNA.

It has long been known that there is a strong link between DNA alterations and cancer or chronic degenerative diseases. The carcinogenic process is initiated and promoted by alterations/mutations in areas where oncogenes, tumor suppressor genes and DNA repair systems are located [51, 52].

1.5. Genotoxic effects in children

Regarding the age groups and the DNA effects caused by these chemical substances, we must differentiate between adults and children. Children may be more sensitive to toxic agents compared to adults and the genetic damage occurring at an early age may represent adverse effects on adolescent or adult health (Landrigan et al. [53]; Roberts and Karr [54]). However, the information about the genotoxic effects in children is scarce, although in recent years, the number of studies has increased [35, 55, 56].

Children are a high-risk group concerning the effects of air pollution on health [53, 54, 57–59]. Some studies suggest that early childhood exposure to pollutants can lead to the development of chronic diseases in adulthood. The earlier the exposure, the higher the risk of developing a chronic disease, cancer included [60].

Among the adverse effects in children exposed to various environmental hazards, genetic damage receives special attention after it has been shown that an increased frequency of DNA damage in childhood is predictive of the development of cancer in healthy adults [61]. Children are still in an active development phase, and in this condition, their response to environmental risks may differ from that of the adults. The effects of this environment could manifest themselves many years, even decades, after exposure.

The clinical symptoms of acute pesticide poisoning are rarely pathognomonic; they can simulate an acute respiratory disease, conjunctivitis, gastrointestinal disease, cutaneous manifestations, among others.

In this sense, it agrees with Salameh et al. [62], Salam et al. [63], Alarcón et al. [64] and other authors who indicate that pesticide poisoning are commonly under-diagnosed.

Several studies show that an increase in the risk of developing cancer has been observed at high rates of both chromosomal aberrations and micronuclei [31, 32, 65, 66].

The presence of MN represents alterations that are the result of cell exposure to genotoxic contaminants.

The MNi originate from chromosome fragments or whole chromosomes that are lag behind during cell division and left outside the daughter nuclei. MNi can be assessed in different tissues such as blood and epithelial tissue, and they can be easily visualized through the optical microscope. In particular, nasal and buccal exfoliated epithelial cells have been used as biological control in people exposed to airborne contaminants since they are similar to epithelial cells of the respiratory tract and are easier to collect [18–20, 67–69].

The oral mucosal epithelial cells are the first barrier for substances introduced into the body by inhalation or ingestion; therefore, it is a suitable tissue to detect the genotoxic effects induced by airborne contaminants. Studies have shown a strong correlation between the MN frequency in buccal epithelial cells and blood cells, also related to the subsequent risk of developing cancer. Collecting the samples from this tissue is especially recommended for pediatric population due to the ease of the procedure ([70–72]).

The results from international and national publications are mostly consistent with the conclusion that environmental contaminants lead to increasing the MN frequency in children [35, 49, 55, 56, 73, 74]).

Gómez Arroyo et al. [36] evaluated the potential genotoxic risk in two groups: one group of 125 children (52 female and 73 male) from the state of Sinaloa (Mexico) whose houses are close to areas of intense agricultural activity which are sprayed with mixtures of pesticides; and a control group of 125 children (57 female and 68 male) living in the city of Los Mochis, Sinaloa; in both groups, micronuclei (MN) test in oral mucosal cells was used as a biomarker. The results showed a significant increase in the frequency of MN. Other nuclear abnormalities

associated with cytotoxicity or genotoxicity were detected; in all cases, the differences were significant when compared to the control group.

Benitez-Leite et al. [75] analyzed oral mucosa samples of 48 children from Paraguay potentially exposed to pesticides and 46 children not exposed, in order to determine genetic damage through the frequency of micronuclei (MNi). These authors found that the mean frequency of micronuclei was higher in the group potentially exposed to pesticides. This research provides evidence of genetic damage in a population of children potentially exposed to pesticides sprayed in the environment.

Our research group GeMA, performed monitoring studies in children from different locations in the Province of Córdoba through the micronuclei test (cytoma approach) in oral mucosa samples. All the locations are surrounded by fields which are sprayed with chemical agents and where there is a perception of damage caused by the use of agrochemicals. We studied 19 children between 5 and 12 years old, from the towns of Oncativo and Marcos Juárez (Province of Córdoba) which are surrounded by fields cultivated with soy and corn and with regular applications of pesticides [35]. Significant differences were found in the frequency of cells with nuclear abnormalities -buds- and the frequency of MN among the exposed groups and between them and the control groups. This work concludes that genotoxic monitoring constitutes the basis to a proper medical surveillance in populations at risk due to occupational or environmental exposure to chemical substances, such as pesticides.

Another study from Argentina [55] compares the MNi frequencies in oral exfoliated epithelial cells of environmentally exposed (by inhalation) children from urban areas with children that live in urban regions far from the area sprayed. The studied population consisted in 50 children from the town of Marcos Juárez (Córdoba), living at different exposure distances to the spraying site, and 25 children from Río Cuarto city (Córdoba), considered not exposed to such products. The MNi frequency was significantly different between the exposed children (500 m or less) when compared to the group of children not exposed. Forty percent of exposed individuals suffer some kind of persistent condition, which could be associated with chronic exposure to pesticides. The results indicated genetic damage in the group of children exposed to genotoxic substances when compared to the other group, and highlight the relevance of the MN assay in buccal mucosa for genetic biomonitoring and public health surveillance. The performed test detects a level of damage that is still reversible.

The limited number of published articles may indicate that carrying out adequately designed studies in children populations is difficult, more research in this segment of the human population is necessary.

Overall, the evidence of genetic damage in children due to early environmental exposure is strong, and every effort should be made to prevent them and pregnant women from such exposures and protect their health.

The most studied adult populations are those occupationally exposed to pesticides.

Several studies have been carried out in the agricultural sector, since it is considered the group with the highest risk of exposure to these compounds, with the purpose of evaluating the genotoxic risk they imply, especially for agricultural workers [76].

Aiassa et al. [21] and Gómez-Arroyo et al. [77] conducted a review work from studies performed on groups of people exposed to pesticides in Latin America.

In this paper from Aiassa et al. [21], we reviewed the main concepts in the field, the usefulness of genotoxicity assays and we compiled studies of genetic monitoring performed in the last 20 years in people occupationally exposed to pesticides. We think that genotoxicity tests, that include chromosomal aberrations, micronuclei test, sister chromatid exchanges and comet assays, should be considered essential tools for a complete medical monitoring in people exposed to potential environmental pollutants, particularly for those living in the same place as others who have already developed some type of malignancy. This screening is particularly important at early stages to prevent the occurrence of tumors, especially from environmental origins.

This work reviews 100 reports from different parts of the world, including 21 investigations from South America in the following countries: Argentina (6), Bolivia (2), Chile (3), Brazil (7), Colombia (2), Ecuador (1); 14 from North America: Mexico (7), United States (6), British Columbia (1); 4 from Central America: Costa Rica (3), Cuba (1); 37 from Europe: Hungary (4), Czech Republic (1), Russia (2), Spain (8), Greece (5), Italy (8), Denmark (1), Portugal (1), former Yugoslavia (1), Finland (1), Croatia (3), Poland (1), European Countries (1); 2 from Oceania: Australia (2); 2 from Africa: Egypt (2); and 10 from Asia: Syria (1), Turkey (3), Pakistan (1), Taiwan (2), Israel (1), India (2).

According to the analysis of these publications, 90% of the workers exposed to spraying are in contact with mixtures of pesticides, therefore, it is difficult to establish a correlation between a single pesticide and the damage observed. This leads to the issue of evaluating the risk of pesticides mixtures. The combined action of mixtures may result in noninteraction or interaction. If the toxicological capacity of each component of the mixture is different, the interaction between them may result either in an enhancement, when the combined effect is greater than the additive effect; or in an antagonistic effect, when the combined effect is less than the additive effect. The studies regarding the problem of pesticide mixtures are rare.

So far in Argentina, eight studies were carried out using CA, MN, SCEs and CO as biomarkers [35].

Dulout et al.'s study [78] is the first reported study from Argentina and one of the first carried out in Latin America, which was performed in floriculturists using CA and SCEs tests, obtaining negative results for CA and positive for SCEs. In 1987, the same author [79], in another population of floriculturists, analyzed CA, obtaining negative results and subsequently [80], in a new study reported positive results for SCEs. These results are followed by studies on rural workers (pesticide applicators) performed by Mañas et al. [60] that evaluate CA with positive results, Simoniello et al. [81] analyzed CO with positive results, Peralta et al. [82], who study CA, MN (in blood samples) and CO in both occupationally and environmentally exposed people, reported positive results for all biomarkers. Gentile et al. [41] also analyzed MN in blood samples with positive results. In all cases, the workers were exposed to several pesticides mixtures, making difficult to attribute the damage to a single compound and also impeding the comparison between different investigations due to the large number and variety of products applied. In none of these works was reported any exposure to other sources (confounding factors) that could interfere with the expressed results.

Gentile et al. [41] concluded that the exposure to pesticides in the study group of rural workers could induce levels of genetic damage detectable in peripheral blood lymphocytes by micronucleus assay. Age is a factor that increases both the frequency of binucleated cells with micronuclei and the total amount of micronuclei. Another factor, such as the years of exposure, does not affect these variables. Notwithstanding the above, all the potentially confounding factors must be considered when performing a cytogenetic evaluation.

As shown, in Argentina, problems derived from the use of pesticides have little attention in the health system. This situation is related to an underreporting of intoxications [83]. A high percentage of the Argentine population is engaged in agriculture and lives in rural areas where large quantities of substances are used to control plagues. It is also known that a high proportion of the population is actually and potentially exposed to these pesticides not only because they participate directly in work activities, but also because of the sprays that involuntarily reach urban areas, increasing the possibilities of harmful effects on their health.

According to Gómez Arroyo et al. [36], several studies about the genotoxic effects of pesticides have been carried out in diverse countries of Latin America from 1985 to 2013, using the four biomarkers; 41 of these studies were analyzed: 6 corresponding to Argentina, 2 to Bolivia, 10 to Brazil, 4 to Colombia, 5 to Costa Rica, 1 to Cuba, 2 to Chile, 3 to Ecuador, and 8 to Mexico. In most of the cases, workers from different countries of Latin America were in contact with products that are included in the list of highly dangerous pesticides, and it is remarkable that such individuals were mostly agricultural workers who were exposed to mixtures of pesticides. Results obtained in the studies performed in human populations demonstrate that CA, MN, SCE and CO are suitable tests to evaluate the risk associated with exposure to pesticides, showing a high percentage of positive results. Moreover, the studies carried out using CA and MN biomarkers have been correlated as predictors of cancer risk.

The genetic, molecular and biochemical methodologies that currently exist facilitate us to detect changes or alterations that act as a warning signal, allowing us to implement appropriate measures to minimize the risk on health [52].

One of the problems regarding adults population monitoring is confounding factors such as the habit of smoking, the consumption of alcohol and the occupational risk, that interfere in the analysis of the obtained results. These confounding effects are minimized and even absent during childhood. However, monitoring of children populations may consider potentially genotoxic factors including indoor tobacco smoke, regional ozone level, airborne nanoparticles, food contaminants such as pesticide residues and compounds generated by cooking (Holland et al. [84]), natural sources of ionizing and non-ionizing radiation, environmental pollutants, fuel and hydrocarbon emissions, which can vary significantly between rural or urban environmental settings [85].

2. Conclusions

Early detection of genetic damage is crucial to implement the necessary measures to reduce or suppress the exposure to deleterious agent when the damage is still reversible, thus reduce the

risk to suffer diseases. Therefore, genotoxicity tests should be considered as essential tools for a complete medical surveillance of people potentially exposed to environmental pollutants and, especially for those who inhabit places where other people have already developed any type of neoplasia at young ages, in order to prevent the occurrence of tumors of environmental or occupational origin. On the other hand, the application of these tests is useful to detect possible long-term effects of substances that are introduced to the market without knowing their capacity to affect human and environmental health.

The large number of studies performed in both occupationally exposed populations and environmentally exposed children provides important information to create a list of recommendations in order to avoid the genetic damage due to the exposure to pesticides and other contaminants.

It is recommended against the situations mentioned below:

- Disrupt the exposure to the potential risk in the workplace or in the proximity of residential areas until further studies are performed, and protection measures can be implemented to preserve the health of people (especially children) and the environment where they live.
- Control the sources of pollution, with the main objective of decreasing, removing or, ideally, eliminating the exposure.

The removal of sources of pollution away from residential areas is a matter of wide discussion, since it is difficult to control the drift of pesticides due to the environmental conditions in some provinces of Argentina such as Córdoba. Despite the toxicological classification of pesticides, the damage they cause to the genetic material of populations exposed to these chemicals should be taken into account.

The available literature shows an increased damage to the genetic material of children from Paraguay exposed to pesticides and living 50 m from the source of contamination [75].

The study carried out in Argentina with children from Marcos Juárez (Córdoba) did not find statistically significant differences in the micronuclei frequencies between the group that lives less than 500 m from the contamination source and the group that lives 500–1500 m from it. The results of Marcos Juárez study showed that the pesticides could spread by air and reach the entire town. Therefore, the vulnerable population of children is subject to an extremely high concentration and continuous exposure of pesticides, given that they live surrounded by crops fields. Up to 1095 m from the sprayed site, no significant differences were found in the MNi frequencies between the children of both groups. This information should be considered when establishing environmental safeguards in locations that are surrounded by crops fields and regularly sprayed [55].

Agricultural industry is one of the main economic activities in many regions of our country; however, despite the benefits it provides, it is responsible of environmental issues, risk to human health and damaging other organisms, so the result is a negative overall balance.

Reducing the environmental pollutants that affect human health, such as metals, pesticides, organic solvents, food additives, some natural products, and especially their derivative effects, would produce a remarkable improvement in health conditions of exposed populations.

- Establishing a monitoring protocol that tracks genotoxicity biomarkers to determine whether the biological indicators of cell damage are persistent through time, at least for 1 year and with two samplings in the absence of contaminants.

Genotoxicological monitoring in humans is a useful tool for estimating the genetic risk of exposure to a compound or complex mixtures of chemicals and constituting an early warning system for genetic diseases, reproductive problems and cancer. It also allows developing adequate control measures that can be implemented to protect human populations and the environment.

- Conduct studies of contaminants in urine, blood and environmental matrices such as air, water, sediments and soil.
- Educate the community with information campaigns about human and environmental health to promote a culture of care, foresight and prevention in the area.

It is essential to focus our attention on the children population. The WHO Task Force for the Protection of Children's Environmental Health has stated: "Children are not small adults," the premise behind this principle is that children have an exceptional vulnerability to the acute and chronic effects of environmental hazards and that they are disproportionately susceptible compared to adults [60, 86]. It has been recognized that children are a group, within the population, that has particular characteristics of exposure and special vulnerability to environmental toxins, and it is required a strategy for risk assessment that considers their particular features [53, 54].

The health of a society can be judged by the health of its children. This implies the early identification of preventable risks and the immediate translation of this knowledge into effective protection policies.

The evidence of the effects of environmental exposure at an early age is so substantial that every effort should be made to avoid such exposures in children and pregnant women as well as to protect their present and future health (Holland et al. 2011).

Author details

Delia Aiassa

Address all correspondence to: delia.aiassa@gmail.com

Departamento de Ciencias Naturales, Laboratorio GeMA – Genética y Mutagénesis Ambiental, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

References

- [1] IARC International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: 84. World Health Organization; 2002

- [2] IARC International Agency for Research on Cancer 2015. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: 112. World Health Organization
- [3] FAO. 2004. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2004. Roma
- [4] Martínez-Valenzuela C, Gómez-Arroyo S. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 2007;**23**(4):185-200
- [5] Bhalli JA, Khan QM, Haq MA, Khalid AM, Nasim A. Cytogenetic analysis of Pakistani individuals occupationally exposed to pesticides in a pesticide production industry. *Mutagenesis*. 2006;**21**(2):143-148
- [6] Alavanja M, Sandler D, McDonnell C, Lynch C, Pennybacker M, Zahm S, Mage D, Steen W, Wintersteen W, Blair A. Characteristics of pesticide use in a pesticide applicator cohort: The agricultural health study. *Environmental Research*. 1997;**80**:172-179
- [7] Kohen R, Nyska A. Oxidation of biological systems: Oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for the quantification. *Toxicology Pathology*. 2002; **30**(6):620-650
- [8] Bolognesi C, Creus A, Ostrosky-Wegman P, Marcos R. Micronuclei and pesticide exposure. *Mutagenesis*. 2011;**26**(1):19-26
- [9] Dearfield KL, McCarroll NE, Protzel A, Stack HF, Jackson MA, Waters MD. A survey of EPA/OPP and open literature on selected pesticide chemicals. II: Mutagenicity and carcinogenicity of selected chloroacetanilides and related compounds. *Mutation Research*. 1999;**443**:183-221
- [10] Ambulkar P, Ghosh S, Ingole I, Pal A. Genotoxic and cytotoxic effects of antibacterial drug, ciprofloxacin, on human lymphocytes in vitro. *Nepal Medical College Journal*. 2009; **11**(3):147-151
- [11] Gorla N, García Ovando H, Larripa I. Chromosomal aberrations in human lymphocytes exposed to enrofloxacin and ciprofloxacin. *Toxicology Letters*. 1999;**104**:43-48
- [12] Mañas F, Gonzalez Cid M, Weyers A, Ugnia L, García Ovando H, Larripa I, et al. Evaluación De Genotoxicidad "In Vivo" Mediante El Ensayo Cometa Y De Micronúcleos En Ratones Tratados Con Glifosato. *Theoria*. 2007. 2007;**15**:53-60
- [13] Mañas F, Peralta L, Gorla N, Bosch B, Aiassa D. Aberraciones Cromosómicas En Trabajadores Rurales De La Provincia De Córdoba Expuestos A Plaguicidas. *Journal of Basic Applied Genetics*. 2009;**20**(1):9-13
- [14] Mañas F, Peralta L, Raviolo J, García Ovando H, Weyers A, Ugnia L, et al. Genotoxicity of Ampa, environmental metabolite of glyphosate, assessed by the comet assay and cytogenetic tests. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2009a;**72**:834-837
- [15] Mañas F, Peralta L, Raviolo J, García Ovando H, Weyers A, Ugnia L, et al. Genotoxicity and oxidative stress of glyphosate: In vivo and in vitro testing. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2009b:37-41

- [16] Bosch B, Mañas F, Gorla N, Aiassa D. Micronucleus test in post metamorphic *Odontophrynus cordobae* and *Rhinella arenarum* (Amphibia: Anura) for environmental monitoring. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*. 2011;**3**(6):154-163
- [17] Regidor E, Ronda E, García AM, Domínguez V. Paternal exposure to agricultural pesticides and cause specific fetal death. *Occupational and Environmental Medicine*. 2004;**61**: 334-339
- [18] Holland N, Bolognesi C, Kirsch-Volders M, Bonassi S, Zeiger E, et al. The micronucleus assay in human buccal cells as a tool for biomonitoring DNA damage: The HUMN project perspective on current status and knowledge gaps. *Mutation Research*. 2008a;**659**:93-108
- [19] Holland N, Bolognesi C, Kirsh-Volders M, Bonassi S, Zeiger E. y S. Knasmueller. 2008b. The micronucleus assay in human buccal cells as a tool for biomonitoring DNA damage: The HUMN project perspective on current status and knowledge gaps. *Mutation Reserach*. 656(1-2):93-108
- [20] Holland et al. The micronucleus assay in human buccal cells as a tool for biomonitoring DNA damage: The HUMN project perspective on current status and knowledge gaps. *Mutation Research*. 2008c;**659**(1-2):93-108
- [21] Aiassa D, Mañas F, Bosch B, Gentile N, Bernardi N, Gorla N. Biomarcadores de daño genético en poblaciones humanas expuestas a plaguicidas. *Acta Biológica Colombiana*. 2012;**17**(3):485-510
- [22] Alavanja MC, Hoppin JA, Kamel F. Health effects of chronic pesticide exposure: Cancer and neurotoxicity. *Annual Review of Public Health*. 2004;**25**:155-197
- [23] Reffstrup TK, Larsen JC, Meyer O. Risk assessment of mixtures of pesticides. Current approaches and future strategies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2010;**56**:174-192
- [24] Lock EA, Bonventre JV. Biomarkers in translation; past, present and future. *Toxicology*. 2008;**245**(3):163-166
- [25] Mudry M, Carballo M. *Genética Toxicológica*. Buenos Aires, Argentina: Ed. De Los 4 Vientos; 2006
- [26] Hagmar L, Brogger A, Hansteen IL, Heim S, Hogstedt B, Knudsen L, et al. Cancer risk in "humans predicted by increased levels of chromosomal aberrations in lymphocytes: Nordic study group on the health risk of chromosome damage. *Cancer Research*. 1994;**54**: 2919-2922
- [27] Hagmar L, Bonassi S, Stromberg U, Brogger A, Knudsen LE, Norppa H, Reuterwall C. Chromosomal aberrations in lymphocytes predict human cancer: A report from the European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health (ESCH). *Cancer Research*. 1998; **58**:4117-4121
- [28] Albertini RJ, Anderson D, Douglas GR, Hagmar L, Hemminki K, Merlo F, et al. IPCS guidelines for the monitoring of genotoxic effects of carcinogens in humans. *Mutation Research*. 2000;**463**:111-172

- [29] Bonassi C, Abbondandolo A, Camurri L, Dal Pra L, De Ferrari M, Degraffi F. Are chromosome aberrations in circulating lymphocytes predictive of a future Cancer onset in humans preliminary results of an Italian cohort. Study. *Cancer Genetics and Cytogenetics*. 1995;**79**(2):133-135
- [30] Mitelman F, Mertens F, Johansson F. A breakpoint map of recurrent chromosomal rearrangements in human neoplasia. *Nature Genetics*. 1997;**15**:417-474
- [31] Bonassi S, Znaor A, Ceppi M, Lando C, Chang WP, Holland N, et al. An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. *Carcinogenesis*. 2007a;**28**(3):625-631
- [32] Bonassi S, Znaor A, Ceppi M, Lando C, Chang WP, et al. An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. *Carcinogenesis*. 2007b;**28**(3):625-631
- [33] Bonassi et al. The HUMAN MicroNucleus project on exfoliated buccal cells (HUMN(XL)): The role of life-style, host factors, occupational exposures, health status, and assay protocol. *Mutation Research*. 2011c;**728**(3):88-97
- [34] Rojas E, López MC, Valverde M. Single cell gel electrophoresis assay: Methodology and applications. *Journal of Chromatography B*. 1999;**722**:225-254
- [35] Aiassa D, Mañas F, Bernardi N, Gentile N, Méndez Á, Roma D, Gorla N. Monitoreo de Genotoxicidad en personas expuestas a plaguicidas. Estudio preliminar en niños. *Cuestiones de Población y Sociedad*. 2014;**4**(4):73-84
- [36] Gómez Arroyo S, Martínez Valenzuela C, Carbajal-López A, Martínez-Arroyo MC-S. R., Villalobos-Pietrini y S. Waliszewski, Riesgo genotóxico por la exposición ocupacional a plaguicidas en América Latina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2013; **29**:159-180
- [37] Bolognesi C. Review Genotoxicity of pesticides: A review of human biomonitoring studies. *Mutation Research*. 2003;**543**(3):251-272
- [38] Ergene S, Çelik A, Çavaş T, Kaya F. Genotoxic biomonitoring study of population residing in pesticide contaminated regions in Göksu Delta: Micronucleus, chromosomal aberrations and sister chromatid exchanges. *Environment International*. 2007;**33**(7):877-885
- [39] Pastor Benito S. Biomonitorización citogenética de cuatro poblaciones agrícolas europeas expuestas a plaguicidas mediante el ensayo de micronúcleos. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en; 2002 <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3858/spb1de5.pdf?sequence=1>
- [40] López SL, Aiassa D, Benítez-Leite S, Lajmanovich R, Mañas F, Poletta G, Sánchez N, Simoniello MF, Carrasco AE. Pesticides Used in South American GMO-Based Agriculture: A Review of Their Effects on Humans and Animal Models. 2012 In James
- [41] Gentile N, Mañas F, Bosch B, Peralta L, Gorla N, Aiassa D. Micronucleus assay as a biomarker of genotoxicity in the occupational exposure to agroquímicos in rural workers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2012;**88**(6):816-822

- [42] Barbosa MC, Aiassa y D, Mañas YF. Evaluación de daño al ADN en leucocitos de sangre periférica humana expuestos al herbicida Glifosato. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2017;**4**(33):403-410
- [43] Kocaman A, Topktaş M. The in vitro genotoxic effects of a commercial formulation of α -cypermethrin in human peripheral blood lymphocytes. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 2009;**50**(1):27-36
- [44] Rahman M, Mahboob M, Danadevi K, Banu B, Grover P. Assessment of genotoxic effects of chloropyrifos and acephate by the comet assay in mice leucocytes. *Mutation Research*. 2002;**516**:139-147
- [45] Vindas R, Ortiz F, Ramírez V, Cuenca P. Genotoxicidad de tres plaguicidas utilizados en la actividad bananera de Costa Rica. *Revista de biología tropical*. 2004;**52**:197-205
- [46] Bandyopadhyay U, Das D, Banerjee R. Reactive oxygen species: Oxidative damage and pathogenesis. *Current Science*. 1999;**77**:103-121
- [47] Martínez-Cayuela M. Toxicidad de xenobióticos mediada por radicales libres de oxígeno. *Ars Pharmaceutica*. 1998;**39**:5-18
- [48] Beuret C, Zirulnik F, Giménez M. Effect of the herbicide glyphosate on liver lipoperoxidation in pregnant rats and their fetuses. *Toxicology Reports*. 2005;**19**:501-504
- [49] Gómez Miralles J, Bevilacqua S, Mañas F, Bosch B, Gentile N, Peralta L, Aiassa D. Los plaguicidas en Argentina: la genotoxicidad de los agroquímicos y la falta de prevención penal. Abeledo Perrot Córdoba. 2012;**2**:128-139
- [50] Gómez Miralles J, Bevilacqua V, Bevilacqua S. ¿Cuál es la normativa sobre agroquímicos en la República Argentina? Cap. 10. En Aiassa, D., B. Bosch y F. Mañas (comp). *Plaguicidas a la carta: daño genético y otros riesgos*. Miguel Tréspidi Editores. 2012a. 216pp
- [51] Au WW, Badary OA, Heo MY. Cytogenetic assays for monitoring populations exposed to environmental mutagens. *Occupational Medicine*. 2001;**16**(2):345-357
- [52] Bonassi S, Au WW. Biomarkers in molecular epidemiology studies for health risk prediction. *Mutation Research*. 2002;**511**(1):73-86
- [53] Landrigan PJ, Kimmel CA, Correa A, Eskenazi B. Children's health and the environment: Public health issues and challenges for risk assessment. *Environmental Health Perspectives*. 2004a;**112**(2):257-265
- [54] Roberts JR, Karr CJ. Pesticide exposure in children. *Pediatrics*. 2012;**130**:6
- [55] Bernardi et al. Assessment of the level of damage to the genetic material of children exposed to pesticides in the province of Córdoba. *Archivos Argentinos de Pediatría*. 2015;**113**(1):126-132 ISSN: 0325-0075
- [56] Neri M, Ugolini D, Bonassi S, Fucic A, Holland N, Knudsen LE, et al. Children's exposure to environmental pollutants and biomarkers of genetic damage II. Results of a comprehensive literature search and meta-analysis. *Mutation Research*. 2006;**612**(1):14-39

- [57] Grigg J. Particulate matter exposure in children: Relevance to chronic obstructive pulmonary disease. *Proceedings of the American Thoracic Society*. 2009;**6**(7):564-569
- [58] WHO. *Children's Health and the Environment in Europe: A Baseline Assessment*. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe; 2007
- [59] European Respiratory Society (ERS). 2010 Annual Congress 22; Barcelona, Spain; 2010
- [60] Wild CP, Kleinjans J. Children and increased susceptibility to environmental carcinogens: Evidence or empathy? *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2003;**12**:1389-1394
- [61] Gallo V, Khan A, Gonzales C, Phillips DH, Schoket B, Györfy E, et al. Validation of biomarkers for the study of environmental carcinogens: A review. *Biomarkers*. 2008;**13**:505-534
- [62] Salameh PR, Baldi I, Brochard P, Raherison C, et al. Respiratory symptoms in children and exposure to pesticides. *The European Respiratory Journal*. 2003;**22**(3):507-512
- [63] Salam MT, Li YF, Langholz B, Gilliland FD. Early-life environmental risk factors for asthma: Findings from the Children's health study. *Environmental Health Perspectives*. 2004;**112**(6):760-765
- [64] Alarcon WA, Calvert GM, Blondell JM, Mehler LN, Sievert J, Propeck M, Tibbetts DS, Becker A, Lackovic M, Soileau SB, Das R, Beckman J, Male DP, Thomsen CL, Stanbury M. Acute illnesses associated with pesticide exposure at schools. *Journal of the American Medical Association*. 2005;**294**:455-465
- [65] Bonassi S, Coskun E, Ceppi M, Lando C, Bolognesi C, et al. The HUMAN MicroNucleus project on exfoliated buccal cells (HUMN(XL)): The role of life-style, host factors, occupational exposures, health status, and assay protocol. *Mutation Research*. 2011a;**728**(3):88-97
- [66] Bonassi S, El-Zein R, Bolognesi C, Fenech M. Micronuclei frequency in peripheral blood lymphocytes and cancer risk: Evidence from human studies. *Mutagenesis*. 2011b;**26**(1):93-100
- [67] Coronas MV, Pereira TS, Rocha JA, Lemos AT, Fachel JM, et al. Genetic biomonitoring of an urban population exposed to mutagenic airborne pollutants. *Environment International*. 2009;**35**(7):1023-1029
- [68] Kashyap B, Reddy PS. Micronuclei assay of exfoliated oral buccal cells: Means to assess the nuclear abnormalities in different diseases. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*. 2012;**8**(2):184-191
- [69] Samanta S, Dey P. Micronucleus and its applications. *Diagnostic Cytopathology*. 2012;**40**:84-90
- [70] Ceppi M, Biasotti B, Fenech M, Bonassi S. Human population studies with the exfoliated buccal micronucleus assay: Statistical and epidemiological issues. *Mutation Research*. 2010;**705**(1):11-19
- [71] Bonassi S, Coskun E, Ceppi M, Lando C, Bolognesi C, Burgaz S, Holland N, Kirsh-Volders M, Knasmueller S, Zeiger E, Carnesoltas D, Cavallo D, da Silva J, de Andrade VM, Demircigil GC, Domínguez Odio A, Donmez-Altuntas H, Gattas G, Giri A, Giri S, Gómez-Meda B, Gómez-Arroyo S, Hadjidekova V, Haveric A, Kamboj M, Kurteshi K,

- Martino-Roth MG, Montero Montoya R, Nersesyan A, Pastor-Benito S, Favero Salvadori DM, Shaposhnikova A, Stopper H, Thomas P, Torres-Bugarín O, Yadav AS, Zúñiga González G, Fenech M. The Human MicroNucleus project on eXfoLiated buccal cells (HUMN(XL)): The role of life-style, host factors, occupational exposures, health status, and assay protocol. *Mutation Research*. 2011;**728**(3):88-97
- [72] Gentile N, Bernardi N, Bosch B, Mañas F, Aiassa D. Estudios de genotoxicidad en trabajadores rurales y familias. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2016;**35**(3):228-239
- [73] Ghosh P, Basu A, Singh KK, Giri AK. Evaluation of cell types for assessment of cytogenetic damage in arsenic exposed population. *Molecular Cancer*. 2008;**7**:45
- [74] Suruda A, Schulte P, Boeniger M, Hayes RB, Livingston GT, Steenland K, et al. Cytogenetic effects of formaldehyde exposure in students of mortuary science. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 1993;**2**:453-460
- [75] Benítez-Leite S, Macchi ML, Fernández V, Franco D, Ferro EA, Mojoli A, Cuevas F, Alfonso J, Sales L. Daño celular en una población infantil potencialmente expuesta a pesticidas. *Pediatría*. 2010;**37**(2)
- [76] Castillo-Cadena J, Tenorio-Vieyra LE, Quintana-Carabia AI, García-Fabila MM, Ramírez-San Juan E. y Madrigal-Bujaidar E. Determination of DNA damage in floriculturists exposed to mixtures of pesticides. *Journal of Biomedicine & Biotechnology*. 2006. DOI 10.1155/ JBB/2006/97896
- [77] Gómez-Arroyo S, Martínez-Valenzuela C, Calvo-González S, Villalobos-Pietrini R, et al. Assessing the genotoxic risk for mexican children who are in residential proximity to agricultural areas with intense aerial pesticide applications. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 2013;**29**(3):217-225
- [78] Dulout FN, Pastori MC, Olivero OA, Gonzales CID, Loria D, Matos E, et al. Sister-chromatid exchanges and chromosomal aberrations in a population exposed to pesticides. *Mutation Research*. 1985;**143**:237-244
- [79] Dulout FN, Pastori MC, González Cid M, Matos E, Von Guradze HN, Maderma CR, et al. Cytogenetic analysis in plant breeders. *Mutation Research*. 1987;**189**(4):381-386
- [80] Dulout FN, López Camelo JS, Guradze HN. Analysis of sister chromatid exchanges (SCE) in human populations studies. *Rev Brazil Genetics*. 1992;**15**(1):169-182
- [81] Simoniello MF, Kleinsorge EC, Carballo MA. Evaluación bioquímica de trabajadores rurales expuestos a pesticidas. *Medicina (Buenos Aires)*. 2010;**70**(6):489-498
- [82] Peralta P, Mañas F, Gentile N, Bosch B, Méndez A, Aiassa D. Evaluación del daño genético en pobladores de Marcos Juárez Expuestos a plaguicidas: estudio de un caso en Córdoba, Argentina. *Rev Cient Psicol Ciencias Soc Human Ciencias Salud*. 2011;**2**(1):7-26
- [83] Souza CJ. La problemática del uso de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta y el ambiente: Estudio colaborativo multicéntrico. Ministerio de Salud de la Nación. Argentina: Buenos Aires; 2007

- [84] Holland N, Fucic A, Merlo DF, Sram R, Kirsch-Volders M. Micronuclei in neonates and children: effects of environmental, genetic, demographic and disease variables. *Mutagenesis*. 2011;**26**(1):51-56
- [85] Gajska G, Gerića M, Oreščaninb V, Garaj-Vrhovaca. Cytogenetic status of healthy children assessed with the alkaline comet assay and the cytokinesis-block micronucleus cytome assay. *Mutation Research*. 2013;**750**:55-62
- [86] Garry VF. Pesticides and children. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2004;**198**:152-163

Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental

Editores: Ernesto F. Viglizzo, Esteban Jobbágy



Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental

Editores:

Ernesto F. Viglizzo,

Esteban Jobbágy

ÍNDICE

Prefacio	5
(Viglizzo EF, Jobbágy, EG)	
Capítulo 1	9
<i>Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico</i> (Viglizzo EF, Carreño LV, Pereyra H, Ricard F, Clatt J, Pincén D)	
Capítulo 2	17
<i>La ecuación agua-energía en la expansión de la frontera agropecuaria</i> (Frank FC)	
Capítulo 3	23
<i>El avance de la frontera agropecuaria y el stock de nutrientes</i> (C, N y P) en los ecosistemas (Viglizzo EF)	
Capítulo 4	27
<i>Balances de Carbono, Nitrógeno y Fósforo</i> (Frank FC, Viglizzo EF)	
Capítulo 5	31
<i>Captura y emisión de gases de efecto invernadero</i> (Carreño LV, Pereyra H, Ricard F)	
Capítulo 6	37
<i>Erosión del suelo y contaminación del ambiente</i> (Viglizzo EF, Frank FC)	
Capítulo 7	43
<i>Impacto sobre el hábitat</i> (Salvador V)	
Capítulo 8	47
<i>Efecto de la agricultura sobre la provisión de servicios ecosistémicos</i> (Carreño LV, Viglizzo EF)	
Capítulo 9	53
<i>La relación soja-ecología-ambiente. Entre el mito y la realidad</i> (Pincén D, Viglizzo EF, Carreño LV, Frank FC)	
Capítulo 10	63
<i>Agricultura y ambiente en Argentina y el mundo</i> (Viglizzo EF)	
Capítulo 11	67
<i>Límites y utilidad del estudio</i> (Viglizzo EF)	
Capítulo 12	71
<i>Proyectando el futuro</i> (Jobbágy EG)	
Referencias	79
Anexo Metodológico	89

Prefacio

Viglizzo EF, Jobbágy EG

¿Qué razones nos impulsaron a abordar esta obra? ¿Qué interrogantes motorizaron nuestro estudio? ¿Dónde estamos y hacia dónde vamos en la compleja relación agricultura-ecología-ambiente?

Desde los tiempos de David Ricardo, a comienzos del siglo 19, fundada en el positivismo científico, tecnológico y filosófico, se generalizó en los emergentes países industriales de occidente una visión optimista y utilitarista que imaginaba un modelo de crecimiento económico y social casi ilimitado. Esta concepción prosperó sin grandes altibajos hasta las décadas de 1950 y '60, cuando algunos pensadores comenzaron a plantearse interrogantes respecto al potencial "ilimitado" de la ciencia y la tecnología para sostener el progreso humano. Ese dogma, antropocéntrico y productivista, que se ocupaba del hombre pero desatendía el entorno, comenzó a generar algunas dudas. Se intuía que el crecimiento económico, sin costo ambiental, no era posible. A comienzos de la década de 1960, la prestigiosa limnóloga Rachel Carson rompió el hielo al publicar una influyente obra titulada Primavera Silenciosa (*Silent Spring*), en la cual advirtió acerca del impacto de los plaguicidas sobre la vida silvestre y la ruptura del equilibrio ecológico (Carson, 1962). Esa obra despertó súbitamente la conciencia social y, aún a pesar de la autora, fue una especie de gatillo que disparó lo que años después conoceríamos como *ecologismo* o *ambientalismo*, que se expandió rápidamente hasta alcanzar dimensión global.

Pocos economistas habían prestado atención hasta entonces a los problemas del ambiente. Sus preocupaciones estaban atadas a situaciones de coyuntura como inflación, empleo, nivel de vida, o productividad económica. Los problemas ecológicos y ambientales eran tomados como un devaneo académico en manos de algunos intelectuales progresistas. Inclusive, sus planteos fueron considerados un estorbo al crecimiento de la economía humana. Pero ese crecimiento fue acompañado por algunos problemas hasta entonces subestimados. Mayor producción de basura y desechos urbanos resultante de un consumo creciente, acumulación de materiales que no se degradaban, residuos industriales que se acumulaban en cualquier sitio, contaminación del agua superficial y subterránea, envenenamiento del aire y los suelos fueron, entre otras, expresiones visibles de un ambiente descuidado. A los urbanos se sumaron problemas rurales como la erosión y degradación de suelos, la sedimentación de ríos y cuerpos de agua, la destrucción del hábitat natural y la pérdida de vida silvestre (Tisdell, 1993).

A comienzos de la década de 1970, el dilema entre crecimiento económico y conservación del ambiente había colonizado ya los ámbitos académicos. Se inició una era de estudios y debates críticos que apuntó a sensibilizar a los líderes políticos acerca de los problemas que era necesario enfrentar. Algunos académicos y científicos avizoraban para el planeta un futuro preocupante. En la década de 1980 proliferaron organizaciones no gubernamentales que activaban nuevas señales de alarma sobre los daños que se infligían a la naturaleza. Algunos documentos gravitantes como *Nuestro Futuro Común*, conocido también como Informe Brundtland (WCED, 1987) pronosticaron que, de proseguir los ritmos de daño ambiental registrados, ocurrirían dos consecuencias previsi-

bles: declinaría la calidad de vida en los países ricos, y se detendría el desarrollo en los países pobres. Advirtieron también sobre la rápida extinción de especies, la pérdida de bosques y la destrucción del hábitat natural, la degradación de los suelos, la desertificación, la contaminación del agua y el aire, el calentamiento atmosférico, y la destrucción de la capa de ozono. Pese a ello el optimismo económico no menguó, ya que las previsiones de cataclismo ambiental no llegaron a cumplirse porque la tecnología se interpuso. No hubo hambrunas masivas ni se agotaron recursos esenciales como la energía o los alimentos, el crecimiento económico prosiguió, la contaminación del planeta no alcanzó niveles que tornaran inviable la vida, y la población mundial creció en cantidad y mejoró su calidad de vida aún en los países en desarrollo. Estas evidencias tangibles que mostraron las estadísticas mundiales bastaron a los cultores del “productivismo” para desmontar los argumentos de los grupos ambientalistas.

Ambas posiciones se convirtieron a la postre en dogmas que, dando espaldas a la evidencia científica, echaron raíces y polarizaron opiniones en las sociedades más educadas. Naturalmente, la Argentina no logró escapar a este choque de ideas que, con inesperada velocidad, se proyectó sobre el sector agropecuario. A través de los medios de comunicación, la sociedad está inmersa en un debate —a veces virulento— entre quienes defienden a ultranza un modelo de alta productividad agropecuaria, y quienes tratan de interponerse con argumentaciones opuestas.

Sin muchas pretensiones, esta pequeña obra procura esclarecer algunos aspectos críticos y controversiales del debate. Fue motivada por algunos interrogantes que surgieron con llamativa insistencia en los últimos años, y que a menudo solo encontraron una respuesta dogmática o interesada. Es imperativo tratar de responder, mediante el mejor conocimiento científico disponible, algunos interrogantes críticos: ¿Cuánto hay de mito y de realidad en los impactos ambientales de la expansión agrícola? ¿Es progresiva la expansión de la frontera agrícola, o hay avances y retrocesos territoriales? ¿Aumenta la contaminación por plaguicidas? ¿Aumenta la erosión de los suelos por el mayor cultivo? ¿Se deforesta en Argentina a tasas tan altas como denuncian las organizaciones ambientalistas? ¿Se pierden áreas de pastizales y pasturas? ¿Cuán afectados están el hábitat y la biodiversidad? ¿Hay una pérdida desmedida de minerales esenciales como el carbono, el nitrógeno y el fósforo? ¿Cuál es el impacto real del cultivo de soja sobre la ecología y el ambiente? ¿Cómo están nuestros indicadores ecológicos y ambientales respecto a otros países del mundo? Ninguno de estos interrogantes tiene una respuesta sencilla, pero sí es posible aproximarla a través del análisis de 50 años de avance de la frontera agropecuaria.

Desde la década de 1960, en la cual se popularizó un modelo tecnificado e intensivo de agricultura, los impactos de la expansión agrícola sobre el ambiente han sido motivo de creciente atención y controversia (Plucknett, 1993; Waggoner, 1995; Stoate, 2001; Tilman *et al.*, 2002; Ewers *et al.*, 2009; IAASTD, 2009; Vitousek *et al.*, 2009). Mientras ese modelo se expandía en los países desarrollados, las pampas argentinas mostraban todavía un planteo de producción agropecuaria basado en sistemas ganaderos y mixtos de bajos insumos (Solbrig, 1997). Hasta las décadas de 1970-80, la creciente producción de la Pampa Argentina se apoyó en la expansión geográfica del área cultivada, pero una vez agotada esta posibilidad, los aumentos productivos adicionales se debieron a un uso más intensivo de insumos y tecnología (Viglizzo *et al.*, 2001). Las consecuencias económicas, sociales y ambientales de esos cambios fueron discutidas recientemente por Manuel-Navarrete *et al.* (2007), quienes concluyeron que la concentración productiva y la innovación tecnológica fueron causas dominantes de crecimiento económico, cambio social e impacto ambiental, sobre todo en regiones extra-pampeanas. Mientras eso ocurría en las pampas, el modelo pampeano se expandió de manera aleatoria y algo caótica hacia el Norte del país a expensas de áreas de bosques y pastizales naturales del Chaco, del NO y del NE Argentino (Carreño y Viglizzo, 2007). Es así que, durante las

décadas de 1980-90 se disparó una fase de expansión territorial de los cultivos bajo un modelo de producción similar al que ya se había consolidado en las pampas. Estos cambios ocurrieron sin que la ecología y el ambiente fueran causa de preocupación para la sociedad. Si bien algunos autores se ocuparon de evaluar los cambios ocurridos en el uso de la tierra (Solbrig y Viglizzo, 1999; Viglizzo *et al.*, 2001) y en la adopción de tecnología (Satorre, 2005) en la pradera pampeana, como también de sus impactos sobre algunos indicadores agronómicos y ecológicos (Bernardos *et al.*, 2001; Casas, 2001; Ferraro *et al.*, 2003; Rabinovich y Torres, 2004; Martínez-Ghersa y Ghersa, 2005; Bilenca *et al.*, 2008), solo unos pocos (Paruelo *et al.*, 2004; Adámoli, 2006; Carreño y Viglizzo, 2007) se ocuparon de evaluar las consecuencias de la expansión agrícola sobre tierras extra-pampeanas.

Algunos ecólogos (Odum, 1975; Ehrlich *et al.*, 1977; Lal, 1994; Carpenter *et al.*, 1998) evaluaron, mediante estudios teóricos o empíricos, los impactos de la agricultura sobre los stocks y los ciclos de materia, sobre los flujos de energía y sobre la contaminación de aguas, aire y suelos. Como esas evaluaciones carecen todavía de desarrollo y madurez en la Argentina, su abordaje es pertinente y necesaria para (i) ordenar políticas de ordenamiento ambiental, (ii) impulsar tecnologías de baja agresividad al entorno, (iii) orientar estrategias comerciales sustentables para la ecología y el ambiente, y (iv) proveer información y conocimiento a organismos nacionales e internacionales de desarrollo.

En línea con los interrogantes planteados, el objetivo general de este estudio fue evaluar, mediante indicadores seleccionados, algunas consecuencias ecológicas y ambientales de medio siglo (1956-2005) de expansión agropecuaria en la Argentina. Los objetivos específicos abordaron las consecuencias del uso de la tierra, la tecnología y el manejo sobre: i) los stocks de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) en suelo y biomasa, ii) los flujos parciales de energía, C, N, P y agua en los ecosistemas, y iii) los impactos ambientales causados por la contaminación de aguas, la erosión de los suelos y la intervención antrópica del hábitat.

Capítulo 1

Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico

Viglizzo EF, Carreño LV, Pereyra H, Ricard F, Clatt J, Pincén D

La expansión de la frontera agrícola y ganadera en Argentina y la adopción de tecnología son los dos factores centrales que explican el aumento de productividad biológica y económica del sector rural (Rabinovich y Torres, 2004) en las últimas cinco décadas. Históricamente, el productor ha tomado sus decisiones empresariales en base a una relación económica entre beneficios y costos, generalmente ha soslayado la relación entre el beneficio económico y el costo ambiental de tal decisión. Un ejemplo simple de esa situación surge de un típico planteo de bajos insumos, en el cual la pérdida de fertilidad química o física de los suelos aumenta cuando aumenta la proporción de cultivos anuales de cosecha. Si esa pérdida de fertilidad fuera valuada en términos económicos y computada como un costo real del sistema de producción,

podría ocurrir que la rentabilidad real de la empresa resulta menor que la estimada.

Un análisis de la evolución de la producción de granos a escala mundial en el último siglo (Tilman *et al.*, 2002) nos muestra una llamativa inflexión histórica o cambio de tendencia. Mientras el aumento de la producción de granos hasta la segunda guerra mundial estuvo signado por una expansión de las tierras de cultivos, los aumentos de la post-guerra (décadas de 1950 y '60) estuvieron determinados por una fuerte intensificación basada en el uso creciente de insumos y prácticas agronómicas perfeccionadas (modelo tecnológico de la Revolución Verde). Un análisis de la evolución de los rendimientos en la agricultura argentina, demuestra que nuestro modelo agrícola no estuvo acoplado, históricamente, al modelo global, ya que ocurrió un retraso de 20-30 años en la inflexión de la tendencia (Salvador, 2002). Los aumentos de producción bruta en la pradera pampeana estuvieron marcados por una expansión sobre nuevas tierras hasta los años '70 y '80 (Viglizzo *et al.*, 2002a), y a partir de entonces, el salto productivo se puede explicar por un uso más intensivo de los insumos. Sin embargo, el proceso de avance de la frontera agropecuaria

Cuadro 1.1. Superficie, distribución relativa y número de distritos de las eco-regiones y sub-regiones analizadas

Eco-región	Sub-región	Área (km ²)	% del área total	Número de distritos
Pampas	Ondulada	74.399	5,05	41
	Subhúmeda	129.350	8,78	32
	Austral	82.530	5,60	21
	Semiárida	14.682	1,00	4
	Anegable	93.161	6,32	31
	Mesopotámica	32.038	2,17	6
	Espinal y Campos		246.981	16,76
Chaco	Húmedo Sub-húmedo	111,180	7,55	21
	Sub-húmedo Central	97.063	6,59	21
	Seco	360.131	24,44	80
	Sub-húmedo Occidental	69.813	4,74	21
Bosque Atlántico		29.801	2,02	17
Esteros del Iberá		40.441	2,74	14
Delta del Paraná		45.387	3,08	9
Región de Yungas		46.468	3,15	44
Total		1.473.425	100,00	399

prosigue sin pausa sobre tierras naturales, tierras boscosas y de pastoreo del Gran Chaco, del Noroeste y del Noreste argentino.

Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina

La gran región analizada en este estudio que ha experimentado cambios muy significativos en el uso de la tierra en el período 1956-2005. Abarca una superficie de 1.473.425 km², o sea, algo más de 147 millones de ha (Cuadro 1.1), cubriendo aproximadamente el 50 % de la superficie total del territorio argentino. Casi el 30 % de las tierras analizadas corresponden a la pradera pampeana, en tanto la región chaqueña (la más extensa en territorio) cubre un 43 % de la superficie (Figura 1.1).

Las estimaciones del Cuadro 1.2 muestran valores promedio de los cambios ocurridos en

el uso y cobertura de la tierra en las siete eco-regiones, las diez sub-regiones, y en toda la región durante el período en cuestión. El promedio histórico muestra un significativo incremento (algo más del 60 %) del área asignada a cultivos anuales. Aunque ese incremento superó el 100 % en la eco-región pampeana, los cambios porcentuales más significativos ocurrieron en el Chaco Subhúmedo Occidental (conocido como Chaco Salteño o Umbral al Chaco), donde las tasas de expansión de cultivos (de cosecha y forrajeros) y de deforestación han sido las más altas del país en décadas recientes.

En la Figura 1.2 se muestra la creciente cobertura territorial del área cultivada en los tres períodos analizados. Sin embargo, la frontera de cultivos no parece haberse desplazado parejamente en todas las direcciones, como indica una creencia común. En función del área geográfica intervenida y de la velocidad de desplazamiento



Figura 1.1. Principales eco-regiones que integran el área de producción agropecuaria de secano estudiada y su ubicación en el territorio argentino.

Cuadro 1.2. Distribución relativa de la superficie de cultivos anuales, pastizales/pasturas y bosques/arbustales nativos en las eco-regiones y sub-regiones analizadas durante los tres períodos considerados

Eco-región	Sub-región	Superficie media (%) de								
		Cultivos anuales			Pastizales/Pasturas			Bosques/Arbustales		
		56-60	86-90	01-05	56-60	86-90	01-05	56-60	86-90	01-05
Pampas		33,93	34,26	44,55	66,07	65,74	55,45	—	—	—
		±26,64	±42,98	±47,22	±26,64	±42,98	±47,22			
	Ondulada	36,80	56,76	70,08	63,20	43,24	29,92	—	—	—
		±13,91	±31,26	±30,07	±13,91	±31,26	±30,07			
	Subhúmeda	44,19	39,65	50,73	55,81	60,35	49,27	—	—	—
		±13,21	±29,57	±28,26	±13,21	±29,57	±28,26			
	Austral	39,08	39,17	52,59	60,92	60,83	47,41	—	—	—
	±11,74	±13,17	±22,88	±11,74	±13,17	±22,88				
Semiárida		38,98	41,93	43,16	61,02	58,07	56,84	—	—	—
		±4,43	±15,15	±7,30	±4,43	±15,15	±7,30			
Anegable		17,48	9,50	10,77	82,52	90,50	89,23	—	—	—
		±13,14	±8,13	±10,55	±13,14	±8,13	±10,55			
Mesopotámica		18,08	16,12	38,51	81,92	83,88	61,49	—	—	—
		±7,79	±5,31	±10,46	±7,79	±5,31	±10,46			
Espinal y Campos		18,15	17,34	23,41	68,55	58,39	53,01	13,30	24,28	23,58
		±20,72	±19,30	±26,05	±17,76	±20,32	±26,33	±13,33	±23,20	±26,84
Chaco		2,07	3,90	8,57	60,31	63,23	59,35	37,62	32,87	32,08
		±8,43	±10,95	±24,49	±24,83	±23,08	±29,28	±26,71	±19,86	±22,91
Húmedo Sub-húmedo		3,64	5,64	7,92	68,85	72,35	69,32	27,51	22,00	22,75
		±5,08	±4,89	±8,18	±6,81	±8,36	±10,22	±8,14	±8,31	±6,99
Central Sub-húmedo		2,54	6,26	16,59	59,72	60,48	50,67	37,74	33,26	32,74
		±5,03	±8,30	±19,23	±10,47	±16,87	±20,87	±11,39	±13,01	±14,40
Seco		1,55	2,91	6,93	58,24	61,49	58,73	40,21	35,60	34,34
		±4,46	±5,22	±12,76	±21,46	±13,34	±17,80	±22,75	±12,50	±16,40
Sub-húmedo Occidental		1,85	3,87	9,09	59,48	62,03	58,81	38,67	34,10	32,10
		±4,86	±9,53	±21,14	±23,43	±20,41	±24,68	±24,92	±16,60	±19,06
Bosque Atlántico		1,90	1,53	0,96	21,36	37,52	44,69	76,74	60,94	54,35
		±1,87	±1,46	±0,94	±14,59	±15,87	±21,43	±15,27	±16,64	±21,83
Esteros del Iberá ⁽ⁿ⁾		1,20	0,72	0,60	38,76	45,27	46,07	4,11	7,96	12,59
		±1,02	±0,89	±0,65	±10,09	±13,46	±15,60	±3,70	±3,44	±3,81
Delta del Paraná ⁽ⁿ⁾		5,60	4,17	8,91	50,09	44,75	49,30	5,41	7,54	13,27
		±6,58	±5,88	±15,98	±19,78	±21,85	±18,38	±4,99	±3,81	±7,07
Región de Yungas		2,11	2,66	9,15	32,19	40,67	43,34	65,70	56,67	47,51
		±3,44	±4,47	±14,43	±24,30	±21,67	±23,16	±24,66	±21,21	±17,76
Total		14,06	14,77	21,12	60,78	60,85	55,68	22,43	21,78	21,20
		±35,64	±48,96	±63,03	±54,21	±64,60	±73,19	±42,09	±41,06	±45,84

⁽ⁿ⁾ Eco-regiones que tienen un porcentaje significativo de su superficie cubierta permanentemente por agua.

to, podríamos apreciar algunos atributos de la dinámica agrícola: existen frentes que avanzan, frentes estacionarios, frentes que retroceden y espacios de densidad creciente (Figura 1.3).

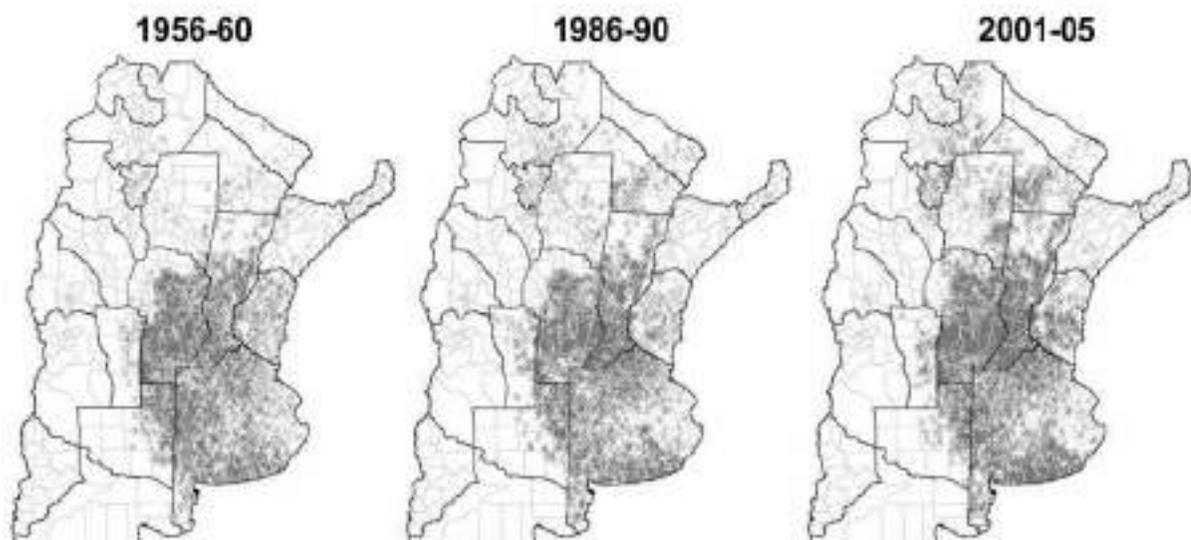


Figura 1.2. Cambios en la superficie de cultivos anuales en las eco-regiones de Argentina durante los tres períodos estudiados. 1 punto = 7.500 ha.

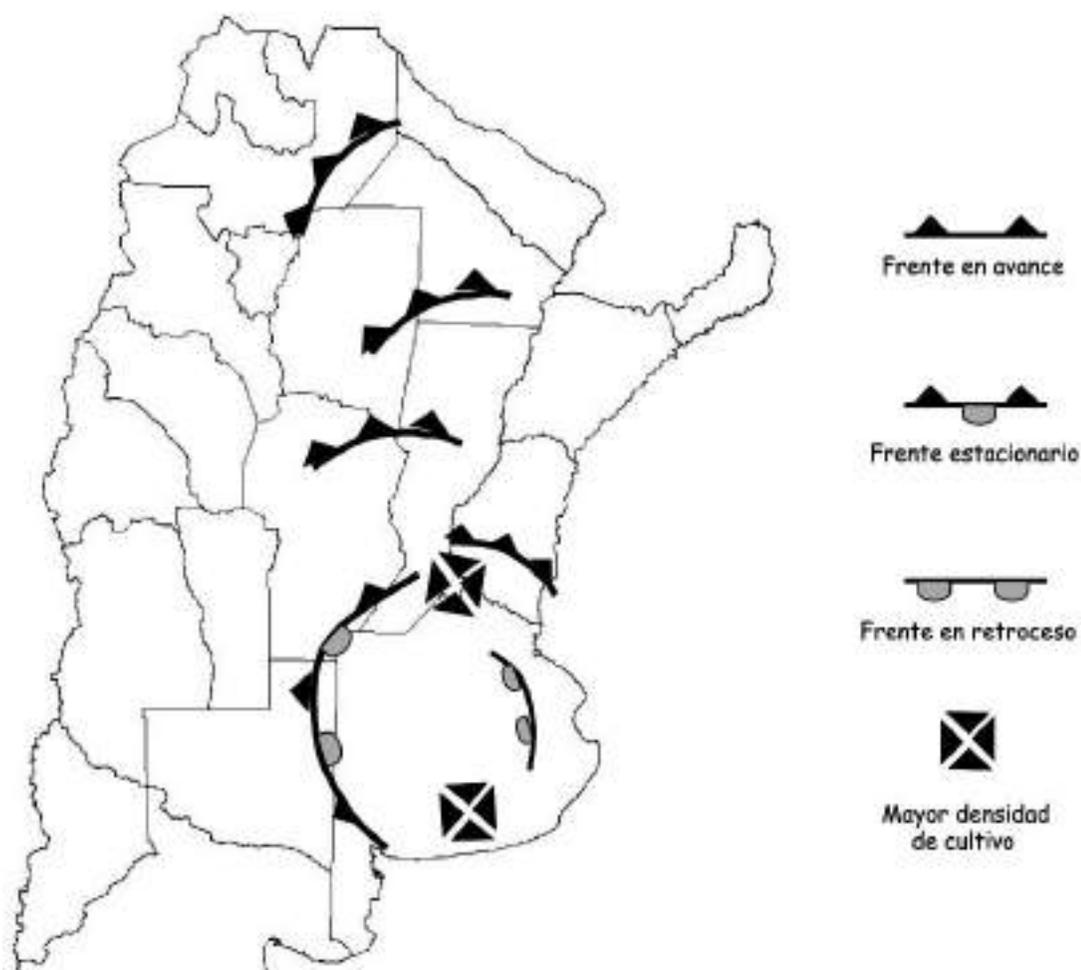


Figura 1.3. Dinámica de la frontera agrícola bajo producción en condiciones de secano.

Sin duda, los frentes más activos de avance se registraron en el centro del país con dirección NO. La densidad de cultivo, en cambio, aumentó en las Pampas Ondulada y Austral, mientras que los frentes estacionarios o en leve retroceso han ocurrido al SO de la pradera pampeana y en la Pampa Deprimida o Inundable. Sin duda, la expansión territorial de los cultivos de secano en Argentina ocurrió a expensas de las tierras de bosques (-18,4 %) y pastizales/pasturas (-6,8 %). No obstante, el área de pastizales/pasturas experimentó incrementos persistentes en las eco-regiones Chaco, Bosque Atlántico y Esteros, lo cuál es indicativo que ellas han sido receptoras de cabezas bovinas desplazadas desde las eco-regiones de Pampa y Espinal, tal como lo sostienen Rearte (2007) y SENASA (2008).

Pérdida de áreas naturales

La superficie de bosques naturales sufrió una reducción significativa en el período estudiado. Extrapolando datos de Gasparri *et al.* (2008) y de SAyDS (2004), durante los períodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05 los valores estimados de ocupación (expresados en km²) serían, respectivamente, i) 22.870, 16.940 y 13.812 para la Selva Paranaense o Bosque Atlántico en la eco-región Noreste, ii) 275.000, 242.000

y 206.200 para la eco-región del Chaco, y iii) 49.910, 49.720 y 35.850 para la Selva de Yungas. Respecto a la superficie que ocupaban a mediados de la década de 1950, en la actualidad persistirían aproximadamente, en forma respectiva, 60 %, 75 % y 72 % de esos biomas boscosos. Nuestras estimaciones de pérdida de superficie de bosque (42 %, 28 % y 16 % para Bosque Atlántico, Chaco y Yungas, respectivamente) no coinciden exactamente con las dos fuentes citadas que estimaron, para esas tres eco-regiones, reducciones del orden del 39 %, 25 % y 28 % respectivamente.

Imágenes satelitales de Volante *et al.* (*comunicación personal*), de la EEA Salta del INTA, muestran la visible deforestación ocurrida entre 1976 y 2008 (Figura 1.4). De las siete eco-regiones estudiadas, solamente el Espinal parece haber experimentado un aumento relativo del área de leñosas, que algunos autores atribuyen a una expansión de fachinales leñosos producto de la mayor densidad de ganado bovino, a quien se asigna ser vehículo de diseminación de semillas de Caldén (*Prosopis caldenia*) y otras especies leñosas asociadas (Dussart *et al.*, 1998). Esta situación es registrable no solo en las estadísticas de la provincia de La Pampa, sino en registros fotográficos tomados en la década de 1940 y en la actualidad.

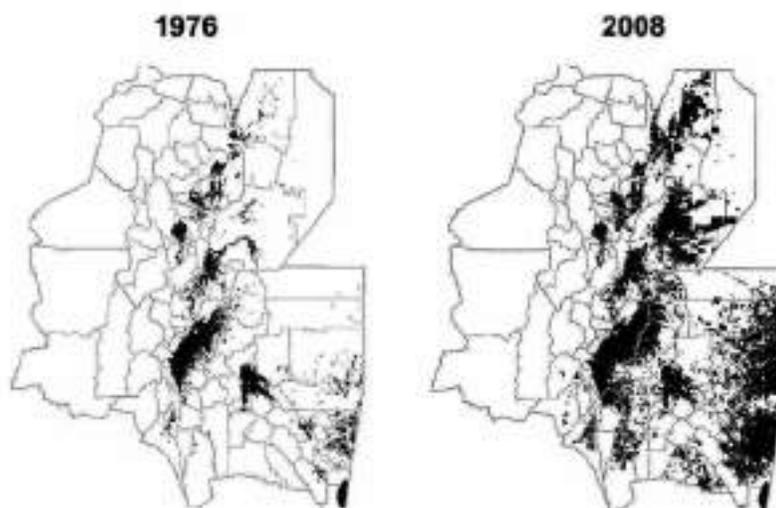


Figura 1.4. La deforestación en el Noroeste argentino (áreas en color negro) entre 1976 y 2008 (Fuente: Volante *et al.*, 2009).

En buena parte del Espinal, hoy existe bosque cerrado de Caldén (conocido como “fachinal”) en áreas abiertas ocupadas décadas atrás por un pastizal alto de alto valor forrajero. La teoría predominante indica que este pastizal natural se convirtió en un bosque degradado a partir de la introducción del ganado, el cual portó en su sistema digestivo semillas de chaucha de caldén que literalmente “sembró” sobre las tierras limpias de pastizal. El pastoreo de renovales y el fuego determinaron que esas tierras se convirtieran en fachinales al ser invadidas por bosque achaparrado de caldén y otras especies asociadas del bosque nativo. Por tanto, no es descabellado inferir que allí ocurrió una “forestación” de origen antrópico a expensas del pastizal nativo, lo cual redujo su receptividad ganadera y su productividad.

Preocupante resulta el avance de la agricultura y la ganadería sobre dos eco-regiones de alta vulnerabilidad ecológica. Tal es el caso de las eco-regiones de la Selva de Yungas en el NO, y del Bosque Atlántico en el NE argentino. Pese a su baja singularidad continental, el caso de las Yungas argentinas merece atención por la larga historia de intervenciones antrópicas sufridas, sobre todo en las áreas pedemontanas con alta aptitud agrícola. Sobre ellas han avanzado, desde mucho tiempo atrás, los monocultivos de caña de azúcar, tabaco, poroto, cítricos, etc., la explotación forestal, la captura comercial de aves y la caza furtiva. Gran parte de su valor radica en la biodiversidad que, aunque menor que la del Bosque Atlántico, comparte con ella muchas especies. De las casi 5 millones de hectáreas que cubren las Yungas en la Argentina, la superficie efectivamente protegida sólo alcanza a un 5% del área total. En un interesante análisis del Gran Chaco argentino durante el período 1988-2003 a través del uso de datos estadísticos e imágenes satelitales, Paruelo *et al.* (2004) analizaron el avance de la agricultura sobre bosques y pastizales y sobre sabanas y parques que poseen un alto valor ecológico. La información acredita una expansión neta de la agricultura (principalmente soja) sobre los bordes de la Selva de Yungas y sobre el bosque cerrado. Dentro del período analiza-

do, estos autores puntualizan una pérdida de un 4,3 % de tierras naturales, lo que equivale a algo más de 250 mil hectáreas. Distintos tipos de quebrachales parecen haber sido los biomas más afectados.

Otro caso que demanda atención por la intervención humana es el de la región denominada Selva Paranaense o Bosque Atlántico. Aunque su singularidad también es baja porque comparte atributos biofísicos con las selvas de Paraguay y Brasil, conforma la mayor área continua de este tipo de selva en el mundo. Pese a su aspecto homogéneo, posee la mayor riqueza de árboles (más de 100 especies) y de biodiversidad del país. Se reconocen cinco estratos distintos de vegetación que ofrecen una gran variedad de nichos para la fauna. Se considera que la afecta un nivel de degradación de moderado a alto, aunque superior al de las Yungas. Es preocupante la extracción selectiva de maderas valiosas y el reemplazo del bosque natural por forestaciones con especies exóticas (coníferas y eucaliptos) o por monocultivos (té, tung, yerba mate, tabaco, soja, etc.). La situación de intervención se ha agravado debido a la construcción de las grandes represas hidroeléctricas de Urugua-í y Yacyretá. De una superficie estimada superior a las 2,7 millones de hectáreas, 445.503 hectáreas (16 %) han sido legalmente declaradas como áreas protegidas (federales, provinciales, municipales y privadas), aunque su implementación efectiva plantea dudas.

Características de la expansión agropecuaria en Argentina

Sin duda fue el arado quien produjo las alteraciones estructurales y funcionales de mayor escala en el paisaje de la pradera pampeana. El reemplazo de tierras naturales y ganaderas por tierras agrícolas fue el cambio más notorio que experimentó la agricultura a lo largo del siglo 20 (Timm, 2004). En la primera mitad del siglo, hubo una co-evolución entre ganadería y agricultura, bajo condiciones extensivas o semi-intensivas, que consolidó el clásico y efectivo modelo de rotación de cultivos con pasturas y forrajeras anuales. Pero recientemente, la in-

tensificación agrícola de la pradera pampeana durante los '90 y comienzos del nuevo siglo, estuvo acompañada por una notoria intensificación de los planteos ganaderos. Este nuevo planteo impuso, en superficies reducidas, una alta densidad de animales sometidos a un engorde intensivo a corral (conocido vulgarmente como "feed-lot" criollo) con granos y forrajes procesados (heno, silaje, etc.). La agricultura aporta la mayor parte de los insumos que requiere ese planteo ganadero intensivo, y ambas actividades (agricultura y ganadería), que antes se articulaban en esquemas extensivos de rotación de cultivos, ahora aparecen desacopladas y especializadas, inclusive con administraciones independientes.

Tal cambio introdujo una modificación adicional en la funcionalidad de estos ecosistemas que, para sostener una mayor productividad, reciben más insumos y generan más residuos y desechos que afectan al ambiente (nutrientes, aguas residuales, plaguicidas, antibióticos, etc.). Sin embargo, no es ésta la única transformación que ha sufrido la ganadería pampeana. Entre los años 1994 y 1997, se ha registrado una reducción de aproximadamente un 10 % en

el stock de ganado bovino debido a un desplazamiento (ver Figura 1.5) hacia el NEA y el NOA y hacia áreas marginales para la agricultura como Cuyo y Patagonia (Rearte, 2007; SENASA, 2008).

Es menester señalar que los patrones de expansión agrícola en la eco-región Pampeana han sido marcadamente asimétricos y heterogéneos. Aunque declinantes, los cultivos de invierno aún dominan en el sur; en cambio los de verano lo hacen en el norte de la región. Las curvas de cultivos de invierno y de verano tienden a cruzarse en la pampa central, lo cual indica una transición norte-sur en la dominancia de ambos tipos de agricultura. Pero en general ha ocurrido un creciente reemplazo de cultivos de invierno por cultivos de verano ("veranización" de la agricultura), dominada ampliamente por el cultivo de soja (Carreño y Viglizzo, 2007). La asimetría observada en la expansión de los cultivos está modulada por las limitaciones biofísicas particulares de cada área agro-ecológica homogénea (INTA-PNUD, 1990), y esta peculiaridad tiende a desmitificar la creencia popular de que la agricultura se expandió homogéneamente y sin altibajos en todas las direcciones.

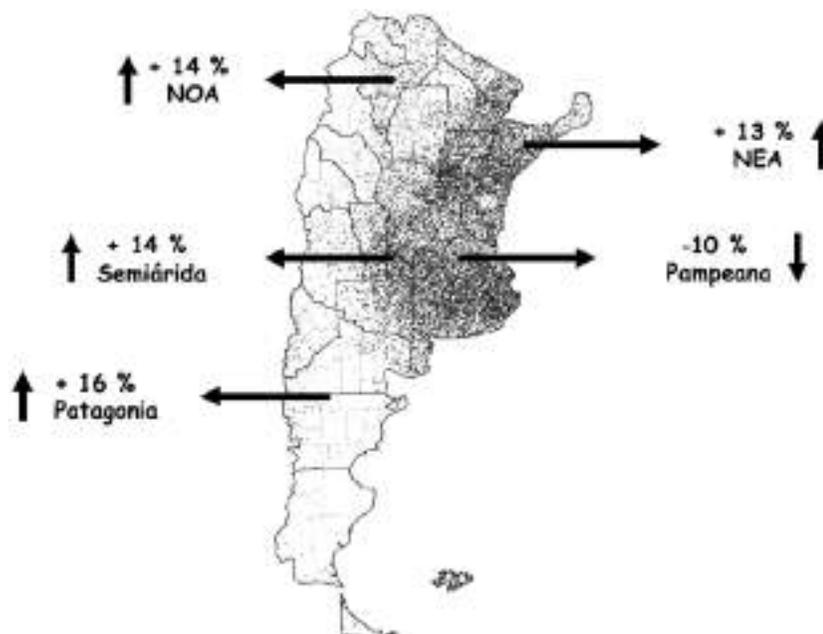


Figura 1.5. Mapa de densidad bovina en Argentina y cambios de stock entre 1994 y 2007. 1 punto = 5.000 cabezas (Fuentes: Rearte, 2007; SENASA, 2008).

Solamente la Pampa Ondulada ha experimentado un aumento persistente del área cultivada entre fines de la década del 70 y comienzos del siglo 21, seguida en importancia por la Pampa Austral. En otras regiones esa expansión sufrió avances y retrocesos visibles (Figura 1.6) debido a la incidencia de limitaciones ambientales como lluvias, calidad edáfica, profundidad de suelos, altura de napas freáticas, capacidad de drenaje, etc.

La agricultura argentina en general –y la pampeana en particular– se ha expandido en los últimos 20 años dentro de una matriz tecnológica moderna enmarcada por cultivos transgénicos, siembra directa, mayor uso de fertilizantes y plaguicidas y, en menor medida, por prácticas asociadas a la agricultura de precisión (Satorre, 2005). El cultivo de soja lideró la incorporación de tecnología a través de la expansión de variedades transgénicas (resistentes a glifosato) y del uso exponencial del glifosato como herbicida básico. El cambio se manifestó en un aumento muy rápido de la superficie cultivada y de los rendimientos del cultivo (Martínez-Ghersa y Ghersa, 2005; Trigo, 2005). Pero esta transformación disparó otros cambios no menos importantes, como el impacto ecológico ocasio-

nado por la rápida simplificación del sistema de producción (Viglizzo, 2007). Los planteos productivos se concentraron en pocos cultivos de alta productividad y alta homogeneidad genética, que a la par de maximizar la producción y la rentabilidad, simplificaron el manejo, pero al costo de concentrar mayor riesgo climático, económico y biológico (plagas y enfermedades), pérdida de materia orgánica, y sobre-extracción de algunos macro- y micro-nutrientes (Casas, 2001). En respuesta a los problemas de pérdida de materia orgánica y de mayor riesgo de erosión, surgió la siembra directa y otras formas de labranza reducida, mientras que para compensar la extracción de nutrientes y la expansión de las plagas, aumentó la fertilización y el uso de plaguicidas.

Algunos autores señalan que la agricultura de cosecha anual genera “frentes estructurantes de avance”, lo cual significa que toda expansión de los cultivos sobre áreas naturales genera una base de infraestructura de servicios (autopistas, rutas, puentes, asentamientos urbanos y comerciales, etc.) que tiende a transformar la dinámica económica, social y ambiental de las regiones intervenidas (Rudel, 2007).

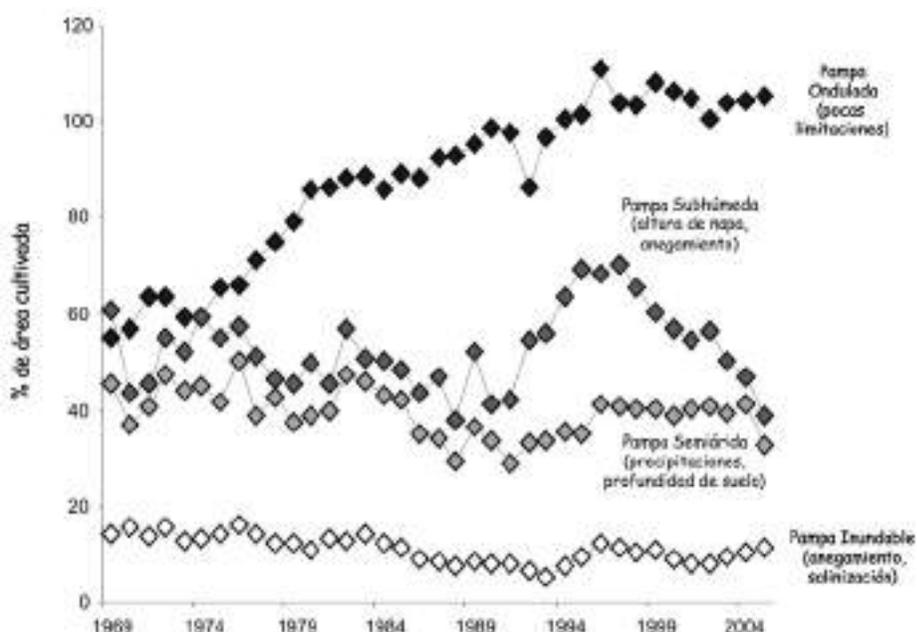


Figura 1.6. Expansión asimétrica de la frontera agrícola y principales limitaciones a la expansión en distintas áreas ecológicas de la pradera pampeana.

Capítulo 2

La ecuación agua-energía en la expansión de la frontera agropecuaria

Frank FC

El análisis del flujo de energía permite evaluar y comparar agro-ecosistemas con diferencias estructurales y funcionales (Odum, 1975). Ofrece además una idea de la intensidad y frecuencia del uso de los recursos naturales, sus procesos de transformación y su conversión a productos de valor agropecuario. Por su parte, la disponibilidad de agua dulce se ha convertido en un gran problema de alcance internacional. El carácter limitado del recurso agua y su uso ineficiente, combinados con un rápido crecimiento en la población mundial, ejercerán una presión cada vez mayor sobre el mismo (Pimentel *et al.*, 1997). Es ampliamente aceptado que la región pampeana y demás regiones agrícolas de la Argentina están capacitadas para producir energía en forma de alimentos, fibras y biomasa. Sin embargo, la eficiencia con la que se utilizan los insumos (en este caso, agua y energía) es la clave para optimizar los procesos productivos.

Uso y producción de energía

En la producción agropecuaria existen diversas fuentes de consumo de combustibles fósiles como las labores del suelo, las labores, el transporte, el secado de semillas, etc. Desde una perspectiva ambiental, es válido imputar también como consumos de producción los correspondientes a los costos energéticos de producción de los insumos agropecuarios utilizados (fertilizantes, plaguicidas, alimentos concentrados, etc.).

El consumo de energía fósil se asocia frecuentemente a procesos de degradación ambiental como la contaminación o la emisión de gases de efecto invernadero (Agriculture and Agri-Food Canada, 2000). Por ejemplo, en el último siglo, el ser humano ha inyectado al ci-

clo de C mundial alrededor de 7 Petagramos de este elemento al año, provenientes del C fósil extraído del subsuelo (Janzen, 2004). Las buenas prácticas agrícolas (labranza reducida, manejo de los residuos, cultivos de cobertura, descansos, rotaciones, fertilizaciones, irrigación) contribuyen no solo a la conservación del suelo y de la calidad del agua, sino también a mitigar las emisiones de CO₂ (Folletto, 2001), mediante el ahorro de combustibles fósiles. Según Koga *et al.* (2003), mediante estas prácticas se puede ahorrar combustible fósil como para reducir entre el 15 y el 29 % de las emisiones correspondientes a la producción agrícola mundial.

Tanto el consumo de energía fósil, como la producción de energía en forma de fibras y alimentos, y la consecuente eficiencia en el uso de la energía fósil (el cociente entre estas variables) han sido relacionados con el uso de la tierra. En general, se han encontrado mayor consumo y productividad en establecimientos con mayores porcentajes de su superficie dedicados a cultivos anuales de cosecha (Viglizzo *et al.*, 2006; Frank, 2007).

Consumo de agua

La agricultura mundial utiliza actualmente entre el 65 y el 85 % del agua dulce consumida por los humanos (Pimentel *et al.*, 1997; Bennett, 2000; FAO, 2003). La cantidad de agua necesaria para cultivar la mayoría de los cultivos de cosecha y forraje varía entre 500 y 1.000 litros por kg de producto, mientras que para producir un kg de carne o un litro de leche se necesita entre 50 y 100 veces más, dependiendo del sistema de producción considerado (Pimentel *et al.*, 1997). La utilización de estos valores de requerimiento hídrico de distintos productos agropecuarios es útil para estimar los consumos de agua de la agricultura, especialmente en regiones donde ésta escasea (Agudelo y Hoekstra, 2001; Markwick, 2007). En los últimos años han mejorado los métodos para estimar esos consumos (Loomis y Connor, 1996). Sin embargo, la mayoría de los estudios que se ocupan del tema están centrados en productos agropecuarios individuales (trigo, arroz, carne), y no en los sis-

temas integrales de producción, lo cual dificulta el cálculo de valores de consumo y eficiencia a escalas predial y regional.

El uso de la tierra, junto a otros factores, es determinante del consumo de agua y de su eficiencia (Lambin *et al.*, 2001, Victoria *et al.*, 2005), ya que éstos se ven afectados tanto por cambios en la intensidad de uso en tierras ya cultivadas como por el cultivo de tierras vírgenes (Wackernagel y Rees, 1996; Qadir *et al.*, 2003). Más allá de la eficiencia individual de cada cultivo o actividad productiva, algunos métodos de irrigación (riego en manto, riego por canales) desperdician grandes cantidades de agua (Pimentel *et al.*, 1997), lo cual afecta la eficiencia integral del propio sistema de producción. Como el uso eficiente del agua será un aspecto clave para la producción agropecuaria

del futuro, existe una necesidad perentoria de perfeccionar las metodologías para estimar los consumos de agua en los procesos agrícolas y ganaderos (Ortega *et al.*, 2004). También será necesario diseñar sistemas de producción en función de su capacidad para capturar y utilizar eficientemente el agua disponible. Mediante el uso del doble cultivo, por ejemplo, se puede mejorar la eficiencia de captura del agua de lluvia (Caviglia *et al.*, 2004).

Los textos clásicos de ecología sostienen que la materia cicla, mientras que la energía fluye (Odum, 1971). Al analizar el flujo de la energía en los agroecosistemas de la región agrícola de la Argentina (Figura 2.1) se pueden ver diferencias entre las eco-regiones tanto en entrada (energía fósil) como en salida de energía (energía productiva) en los períodos estudiados.

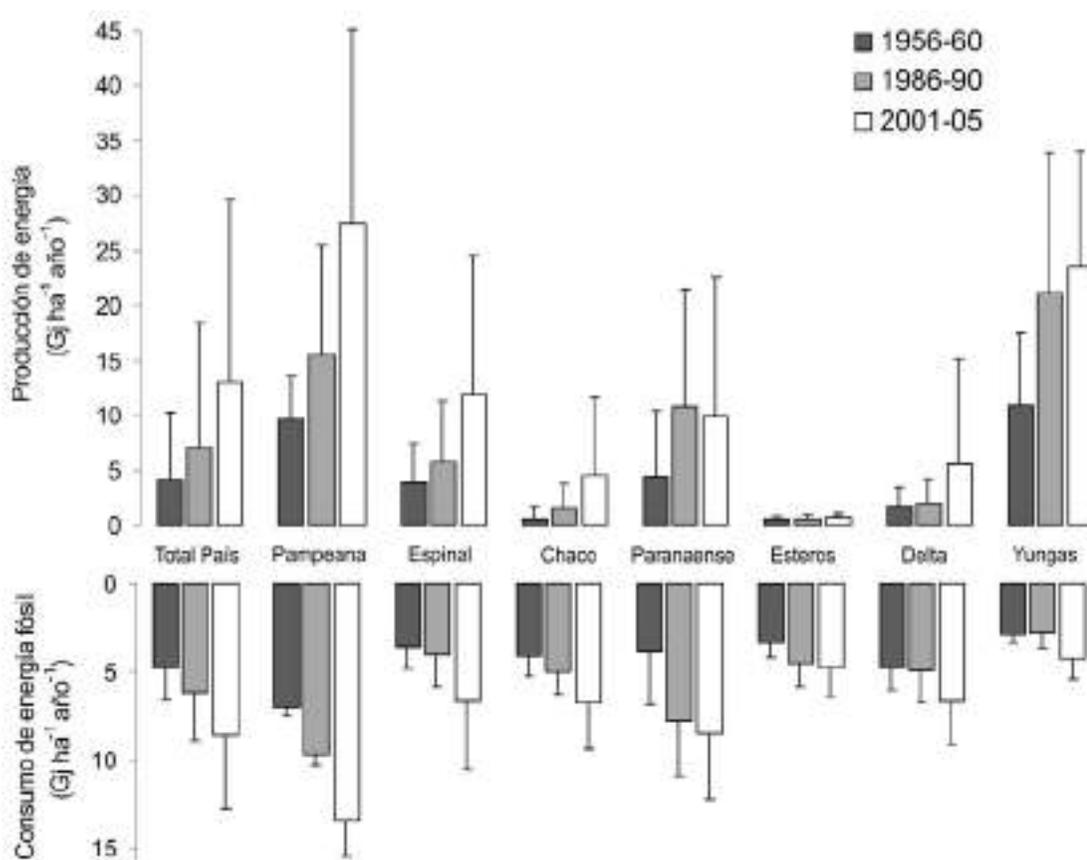


Figura 2.1. Consumo de Energía Fósil y producción de Energía en la región agrícola de Argentina y en las diferentes eco-regiones que la componen en los tres períodos.

Estos análisis están restringidos a los consumos y producciones de energía que se realizan en el ámbito exclusivamente agropecuario, exceptuando otras fuentes de consumo de gran magnitud, como las industrias y el transporte. Pese a la disparidad entre las eco-regiones analizadas, la tendencia para los valores medios para todo el país y las tendencias individuales indican un aumento progresivo en el consumo de energía fósil, y un aumento relativamente mayor en la productividad energética. En la práctica, esto significa un aumento de la eficiencia energética de los sistemas analizados ya que, en promedio, por cada GJ de energía fósil inyectado, se generó aproximadamente 1,5 GJ de energía productiva en el último período, mientras que en el primero la relación fue cercana a la unidad.

Los flujos de energía del agro argentino

Al analizar cómo el uso de la tierra puede afectar al flujo energético en las eco-regiones estudiadas (Cuadro 2.1), se puede apreciar que tanto el consumo de energía fósil como la producción de energía biológica aumentan significativamente cuando se incrementa el porcentaje de cultivos anuales, lo cual resulta en una mayor eficiencia de uso de la energía fósil. Los análisis de regresión muestran relaciones significativas en todos los períodos, aunque con mayores valores de R^2 que en el período 2001-05. Estos comportamientos ayudan a explicar las diferencias encontradas previamente entre las eco-regiones estudiadas (Figura 2.1); la expan-

sión territorial de los cultivos de cosecha parece ser el principal determinante de la eficiencia de uso de la energía fósil. Sería esperable que la relación más favorable entre el consumo de energía fósil y la productividad energética ocurriera en la eco-región más agrícola de Argentina, es decir, la región pampeana. Sin embargo, la mayor eficiencia energética se registró en la región de las Yungas, en la cual la alta productividad energética está sobredimensionada por la caña de azúcar, un cultivo que produce grandes volúmenes de energía en forma de biomasa.

En las restantes eco-regiones fuera de las Yungas y las Pampas no se detectan valores similares de eficiencia energética debido a una menor participación de los cultivos de cosecha. Las actividades ganaderas (producción de carne y de leche) presentan, en relación a los cultivos, índices de eficiencia energética considerablemente menores (Frank, 2007) debido a las altas pérdidas que se generan en los distintos pasos fisiológicos que conforman el metabolismo energético de los rumiantes. Más allá de las diferencias entre productos y procesos en las distintas eco-regiones, los aumentos en el consumo de energía fósil a través del tiempo coincidieron con un aumento en la productividad energética de los sistemas productivos. La agricultura argentina muestra, en términos energéticos, una tendencia a incrementar su consumo y productividad, y a nivelar su performance energética con la de países de producción más intensiva (Spedding, 1979; Giampietro *et al.*, 1999).

Cuadro 2.1. Relación entre las variables energéticas y el uso de la tierra (% de cultivos anuales).

Período	Consumo de Energía Fósil (Mj ha ⁻¹ año ⁻¹)			Producción de Energía (Mj ha ⁻¹ año ⁻¹)			Eficiencia de uso de la EF (Mj EF MJ ⁻¹)		
	Ecuación	Valor p	R ²	Ecuación	Valor p	R ²	Ecuación	Valor p	R ²
1956-1960	y=46,97x+4.295	<0,0001	0,26	y=150,12x+3.187	<0,0001	0,13	y=-0,82Ln(x)+6,94	<0,0001	0,18
1986-1990	y=76,34x+5.361	<0,0001	0,34	y=332,71+5.465	<0,0001	0,12	y=-2,65Ln(x)+9,27	0,0022	0,13
2001-2005	y=115,88x+6.482	<0,0001	0,58	y=559,96+3.501	<0,0001	0,65	y=-1,57Ln(x)+5,77	<0,0001	0,74

Si bien el agua cicla a grandes escalas espaciales y temporales, a los fines de este estudio se consideraron los ecosistemas como entidades ecológicas en las cuales el agua fluye para sostener la producción. Como en el caso de la energía, también en este análisis se estimaron los ingresos (precipitaciones) y salidas de agua (agua evaporada y transpirada en distintos procesos biológicos y productivos) como elementos para calcular la eficiencia de uso de este recurso.

En la Figura 2.2 se resumen los valores estimados para los tres períodos y eco-regiones analizados. Considerando que no hubo demasiadas diferencias en los promedios de precipitaciones dentro de las mismas, se pueden ver disminuciones en las eficiencias de uso del agua (menores consumos), en todas las regiones, en las cuales los cultivos anuales se expandieron rápidamente. La eliminación de áreas boscosas (con vegetación perenne, que consume agua todo el año) por deforestación es lo que parece haber reducido los consumos de agua y, consecuentemente, su eficiencia de

uso, particularmente en la Selva Paranaense o Bosque Atlántico, donde una alta proporción del bosque tropical fue reemplazada por pastizales/pasturas y tierras de cultivo.

A pesar de que existe una alta relación entre el área cultivada y la eficiencia de uso del agua en tierras agrícolas (Frank, 2007), las relaciones entre estas variables no fueron tan claras ($R^2 < 0.64$), aunque en su mayoría fueron significativas (Cuadro 2.2). Este comportamiento se explica por los mayores niveles de evapotranspiración que presentan las especies arbóreas en relación a las especies anuales cultivadas (Running y Coughlan, 1998, Wullschlegel *et al.*, 1998, Sadras, 2003). La deforestación y posterior cultivo en tierras boscosas modifica drásticamente los patrones regionales de evapotranspiración. Sin embargo, es probable que el reemplazo de bosques por cultivos anuales y pasturas haya producido una alteración aún más significativa en los flujos hídricos superficiales y en la profundidad de las napas freáticas de las regiones afectadas (Jobbágy y Jackson, 2004, Jackson *et al.*, 2005, Jobbágy *et al.*, 2006), aspectos que no son abordados en este estudio.

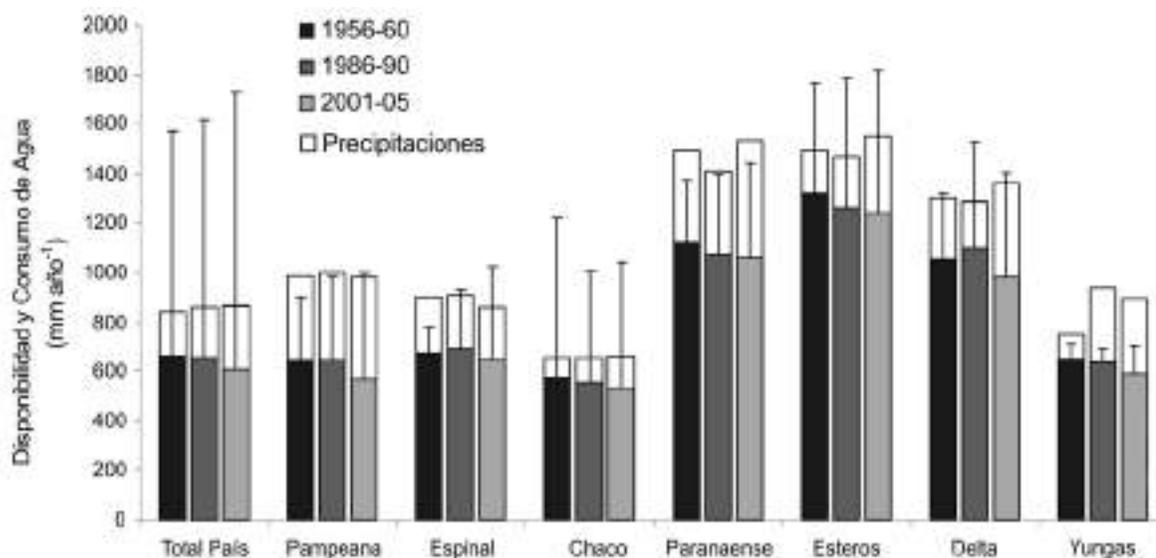


Figura 2.2. Disponibilidad de agua en forma de precipitaciones y consumo de agua en la región agrícola de Argentina y en las diferentes eco-regiones que la componen en tres períodos históricos.

Cuadro 2.2. Relación entre las variables hidrológicas y el uso de la tierra (% de cultivos anuales).

Período	Consumo de Agua (mm año ⁻¹)			Eficiencia de uso del Agua (%)		
	Ecuación	Valor p	R	Ecuación	Valor p	R
1956-1960	$y=-0,92x+686,68$	0,0830	0,01	$y=-0,43x+83,83$	<0,0001	0,36
1986-1990	$y=-2,71x+699,52$	<0,0001	0,09	$y=-0,53x+84,81$	<0,0001	0,51
2001-2005	$y=-3,66x+691,36$	<0,0001	0,22	$y=-0,56x+83,64$	<0,0001	0,64

La relación agua-energía

La relación agua-energía ofrece un indicador útil para estimar la eficiencia con la cual el sector agropecuario/forestal utiliza ambos recursos. Se calculó la relación entre el consumo de agua y la producción de energía en todas las eco-regiones y en los tres períodos estudiados (Figura 2.3). En términos temporales, se registraron relaciones decrecientes en el total del país y en las principales eco-regiones productivas (con excepción de los Esteros del Iberá), lo cual refleja una tendencia a aumentar la eficiencia con la que se genera energía productiva a partir del uso del agua (exceptuando las yungas, en las que el cultivo de caña genera relaciones un poco

más difíciles de analizar). Es decir, a través de los años se demandó cada vez menos agua para producir la misma cantidad de energía biológica. La Selva Paranaense y la región Chaqueña, en las que las tierras boscosas de baja productividad energética han sido reemplazadas por cultivos, son las áreas en las cuales se registraron los mayores aumentos de eficiencia.

La eficiencia en el uso de los recursos, especialmente agua y energía, en las actividades productivas del país será uno de los principales aspectos a considerar en el futuro cercano. Desde una perspectiva ambiental, los menores consumos de energía fósil (menor emisión de gases invernadero) y los mayores consumos de

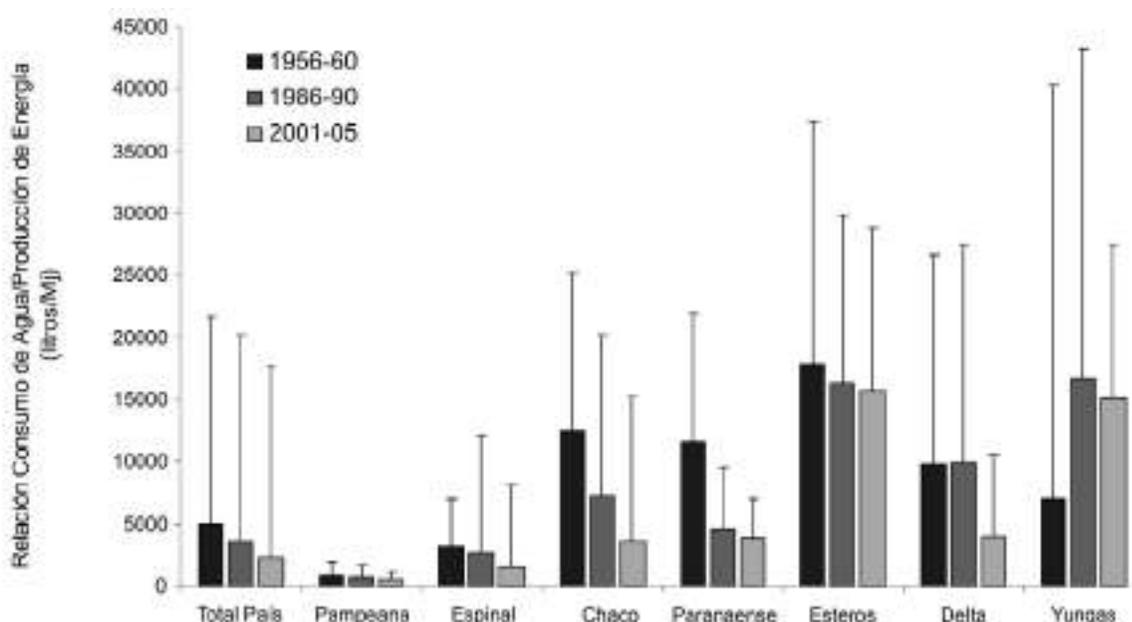


Figura 2.3. Relación entre el consumo de agua y la producción de energía en la región agrícola de Argentina y en las diferentes eco-regiones que la componen en tres períodos históricos.

agua (menor pérdida por escurrimiento e infiltración) son aspectos claves para lograr estrategias agrícolas más sustentables. Es importante conocer cómo las actividades agropecuarias y

los cambios en el uso de la tierra impactan sobre estos indicadores de eficiencia para diseñar sistemas de producción que mejoren el aprovechamiento de estos dos recursos estratégicos.

Capítulo 3

El avance de la frontera agropecuaria y el stock de nutrientes (C, N y P) en los ecosistemas

Viglizzo EF

Es un hecho aceptado globalmente que los nutrientes provistos como fertilizantes han contribuido decisivamente a incrementar los rendimientos agropecuarios en el siglo 20. Cada año, grandes productores agropecuarios como China, Estados Unidos y otros países aplican millones de toneladas de nutrientes esenciales para sostener la productividad de sus suelos. Algunos nutrientes son relativamente abundantes en la naturaleza y no plantean grandes problemas de disponibilidad y uso. Pero otros nutrientes, como el fósforo, sí son causa de preocupación creciente. Sus depósitos naturales son finitos y pueden agotarse en el siglo 21. Aunque no hay coincidencia entre los expertos, muchos argumentan que hay signos de agotamiento de los yacimientos de fósforo y esto plantea serios interrogantes acerca del futuro de la agricultura. Predicen asimismo que su disponibilidad será en los países agrícolas un activo estratégico, y que su precio inevitablemente subirá en los mercados (Gilbert, 2009).

Los stocks de nutrientes como el Carbono (C), el Nitrógeno (N) y el Fósforo (P), esenciales para la producción agropecuaria, conforman el capital que poseen los ecosistemas para garantizar su funcionamiento. Son la base de provisión de algunos servicios ecosistémicos esenciales (ver Capítulo 8 en esta misma obra), como la protección del suelo, la producción de alimentos y materias primas, el ciclado de nutrientes, la provisión de hábitat o el secuestro y retención de C atmosférico (Costanza *et al.*, 1997). Si comparáramos el sistema ecológico con el sistema financiero, el stock de nutrientes representaría el capital, y los servicios ecosistémicos equivaldrían al interés (flujos) que ese capital genera. De allí que cuando se habla de bienes y servicios ecosistémicos, se consi-

dere al stock de nutrientes como un bien y a las funciones ecológicas que ese stock genera como un servicio. Los stocks de macro- y micronutrientes son almacenados en el suelo y en la biomasa. En relación a los bosques templados y boreales, los ecosistemas de selva tropical tienden a almacenar más nutrientes en la biomasa que en el suelo (IPCC, 2006), lo cual torna a esos ecosistemas particularmente vulnerables a la deforestación. Una rápida tala y remoción de la selva tropical implica destruir, en muy poco tiempo, la mayor parte del capital mineral del ecosistema.

Stocks de C en biomasa y suelo

Los stocks de C en biomasa y en la fracción orgánica del suelo en Argentina varían de una eco-región a otra, y de un período a otro (Figura 3.1). El stock de C en biomasa está directamente asociado a la disponibilidad de biomasa vegetal. Las relaciones surgidas entre C de biomasa y C del suelo merecen atención. Los contenidos de C en suelo parecen ser más estables a través del tiempo (durante los tres períodos) y del espacio (en las siete eco-regiones) que los contenidos de C en biomasa, los cuales son más vulnerables a la acción antrópica. La relación C biomasa-C suelo es varias veces mayor en las tierras de bosque que en las tierras de pastizal/pastura y, más aún, que en las tierras agrícolas. En las regiones boscosas tropicales y subtropicales de Argentina (Bosque Atlántico y Yungas), más del 50 % del C total se encuentra almacenado en la fracción de biomasa, la cual hace que este elemento sea fácilmente apropiable por parte del hombre. Esa relación baja drásticamente en áreas donde predominan pastizales/pasturas (Chaco, Espinal, Delta, Esteros y Pampa Anegable), y aún más (sin llegar al 10%) en ecosistemas intensivamente cultivados (Pampas Ondulada, Subhúmeda y Central).

La intervención del hombre en el ecosistema, sobre todo para producir alimentos a partir de la agricultura y la ganadería, modifica los stocks de C en la biomasa y en el suelo. La alteración de la relación entre esas dos fracciones de C orgánico define en parte la sustentabilidad

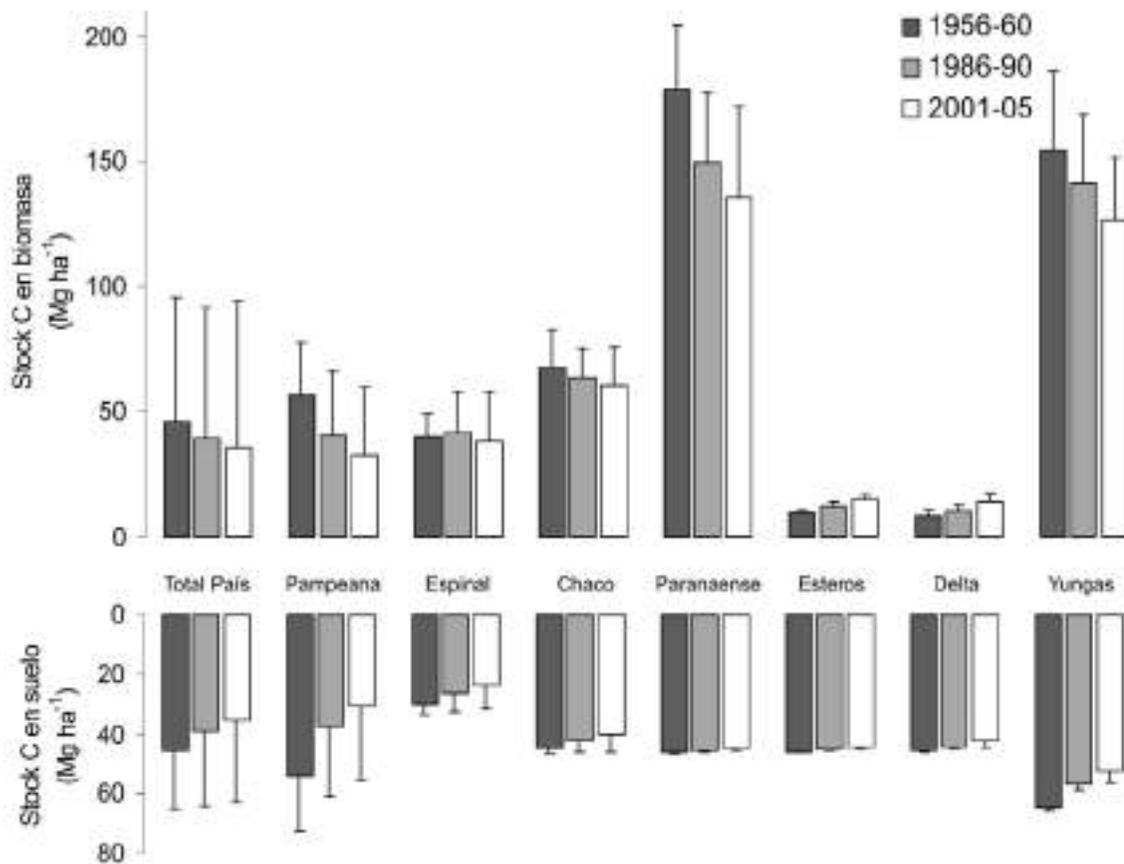


Figura 3.1. Relación estimada entre los stocks medios de C en la biomasa y en la fracción orgánica del suelo en distintas eco-regiones y en tres períodos históricos.

intrínseca del ecosistema: en coincidencia con evidencias aportadas por Jarecki y Lal (2003), los paisajes con una alta fracción apropiable de C en biomasa están más expuestos a la explotación que los paisajes agrícolas. Al tener éstos últimos sus mayores reservas de C en el suelo, son menos sensibles a pérdidas de corto plazo. Los datos de stock de C en biomasa que se presentan en la Figura 3.1 son menores que los reportados por Gasparri *et al.* (2008) para el Bosque Atlántico, la Selva de Yungas y el Bosque Chaqueño. Esto tiene quizás su explicación en el hecho que Gasparri y sus colaboradores: i) han tomado en consideración únicamente áreas boscosas, en tanto que en este estudio se consideraron integralmente esas regiones con sus áreas de bosque nativo, pastizales/pasturas y cultivos anuales, y ii) mientras que en aquellos la unidad de análisis fue el píxel de las imágenes satelitales, la unidad de análisis en

este estudio fue el distrito que conformó la base del registro estadístico.

Al existir un reemplazo creciente de bosques por pastizales/pasturas y cultivos, el stock de C en biomasa declinó, aunque lo hizo más rápidamente entre la década de 1960 y 1980, que entre 1980 y comienzos del siglo 21. En la práctica esto significa que las emisiones de C fueron mayores en el primer período que en el segundo, aspecto que coincide con las estimaciones de emisiones de C estimadas por Gasparri *et al.* (2008).

Los activos de N y P en los ecosistemas

Los stocks de N y P disponible en los suelos cultivables de Argentina muestran un comportamiento dispar. Mientras el stock de N está en buena parte asociado al stock de C, es in-

mediato que toda pérdida de C en biomasa y en suelo genera una pérdida proporcional de N. En cambio, el stock de P resulta poco afectado por las variaciones en el stock de C. Si bien hay una relación de proporcionalidad entre C y P en biomasa, esa relación no se mantiene en el suelo. Aún cuando el stock de C orgánico en suelo se mantenga estable, el stock de P puede variar drásticamente. Esto se aprecia en campos agrícolas donde la extracción por parte de los cultivos no es compensada por una incorporación equivalente de P mediante fertilización (Suñer *et al.*, 2005, Gutierrez Boem *et al.*, 2008, Galantini y Suñer., 2008).

El impacto del área cultivada sobre el stock de C, N y P en los tres períodos considerados se evaluó a través de análisis de regresión simple, involucrando los 399 distritos en estudio. Todas las estimaciones fueron significativas ($P < 0,01$) para los tres minerales. Esos valores de R^2 (li-

neal, pendiente negativa) para C total fueron iguales a 0,13; 0,22 y 0,27 en los períodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05, respectivamente. En el caso de N total, los R^2 para los tres períodos (lineal, negativa) fueron, respectivamente iguales a 0,06; 0,23 y 0,33. Los coeficientes R^2 resultaron similares a los anteriores en el caso del P disponible (lineal, negativa): 0,02; 0,22 y 0,34, respectivamente. Esto tiende a confirmar la relativa independencia del P disponible en suelo respecto a los dos nutrientes restantes. En la Figura 3.2 se presentan estimaciones de los cambios en el stock de P en los 399 distritos durante los tres períodos analizados. Partiendo de un stock aproximado de 150 ppm (aunque esta cifra varía en distintas regiones) en la década de 1940, la extracción no compensada estaría deteriorando de manera creciente los stocks de P por debajo de umbrales que se consideran limitativos (< 20 ppm) para la productividad de los cultivos.

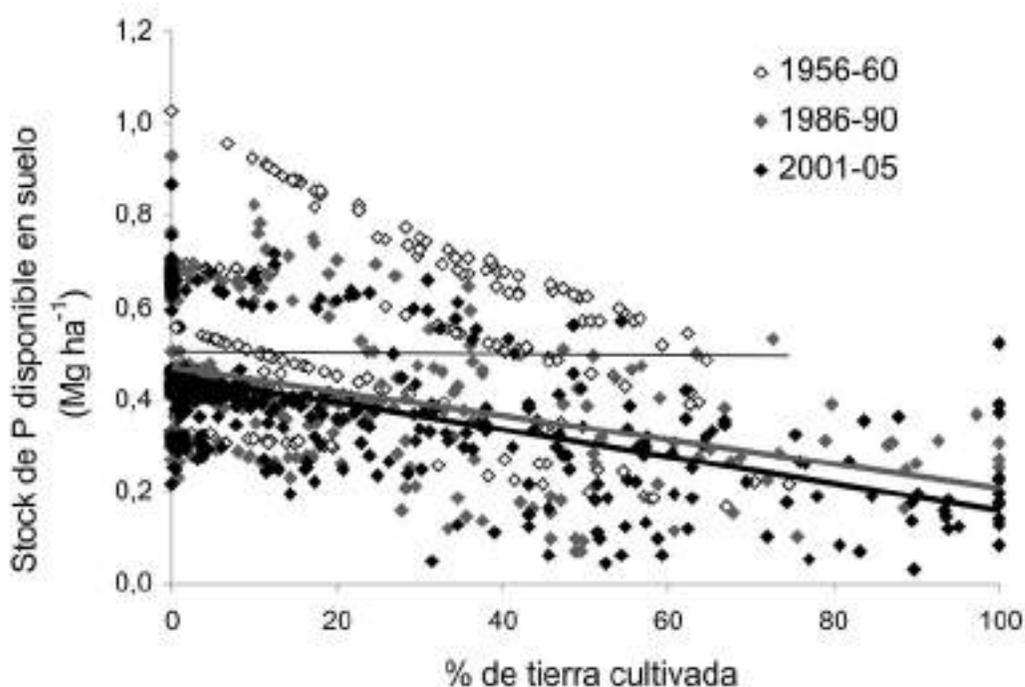


Figura 3.2. Relación entre el % de tierra cultivada y el stock estimado de fósforo disponible en suelo en 399 distritos durante los tres períodos analizados. Los valores del R^2 y del Error Estándar fueron: 0,02 y 0,16; 0,22 y 0,14; 0,34 y 0,13 para los períodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05, respectivamente. Los tres ajustes fueron muy significativos ($p < 0,01$).

El problema parece agravarse significativamente en las regiones expuestas a planteos de agricultura permanente o casi permanente. El rápido decremento registrado en este estudio coincide con evidencias empíricas regionales (Hepper, 1996, Cruzate y Casas, 2003, Vázquez, 2002). Como durante la década 1996-2006, un porcentaje creciente de suelos de la Pampa Subhúmeda alcanzó niveles inferiores a 20 ppm (Romano y Roberto, 2007), de persistir esta tendencia, los altos rendimientos agrícolas alcanzados en los años 1980-90 tendrían dificultad para sostenerse sin el soporte de una fertilización fosfórica sistemática. Una visión geográfica comparada de la pérdida del stock de P disponible en toda el área estudiada se presenta en la Figura 3.3.

El dilema de los balances

Mientras los stocks de C y P pueden considerarse activos renovables a través de usos de la tierra y tecnologías que permiten su recuperación, no ocurre lo mismo con el P. Muchas

décadas de expansión agrícola en Argentina se han sostenido a través de una extracción de la dotación natural de P de los suelos. Pero es necesario tomar conciencia que no es éste un recurso renovable, y que la vía casi excluyente de incorporación o ganancia sigue siendo la de los fertilizantes fosforados. Siendo entonces el P un mineral de costosa reposición a través de los fertilizantes (cuyo valor seguramente aumentará en función de su escasez), es esperable que los capitales aplicados a importantes proyectos de siembra (pools y fondos de inversión) tiendan a trasladarse hacia regiones cuyos suelos presentan todavía un stock no limitativo de este mineral. En la región pampeana, por su parte, el sostenimiento de altos rendimientos agrícolas demandará cantidades crecientes de fertilizantes que compensen muchas décadas acumuladas de extracción. En la medida que declinen en el tiempo los stocks de P disponible en el suelo, es posible inferir que este mineral se convertirá también, en pocos años, en un activo de valor estratégico para la agricultura Argentina.

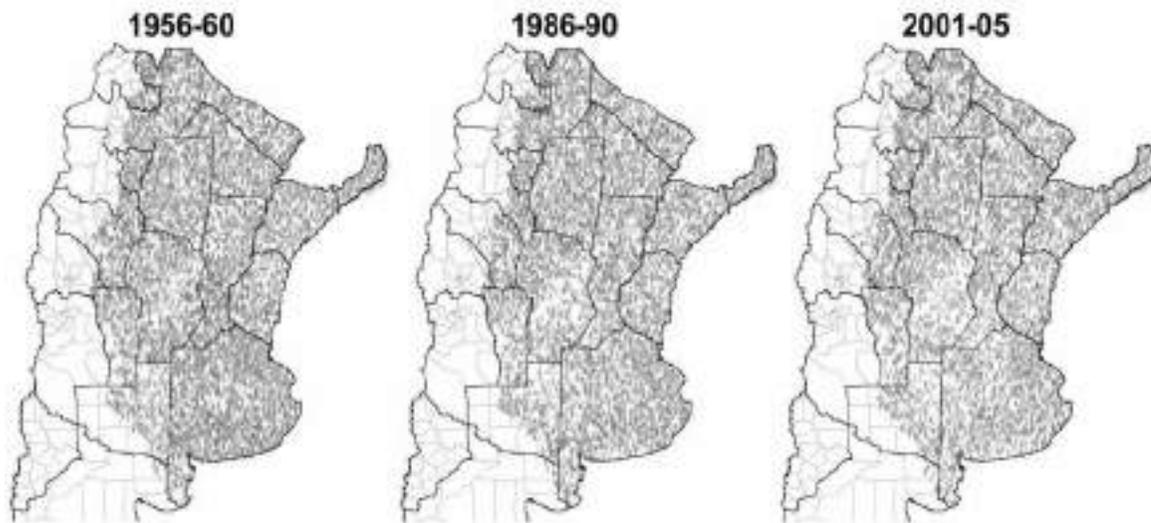


Figura 3.3. Cambios en el stock de P disponible en suelo en las eco-regiones de Argentina en los tres períodos estudiados. 1 punto = 1×10^4 Ton.

Capítulo 4

Balances de Carbono, Nitrógeno y Fósforo

Frank FC, Viglizzo EF

Aún cuando la bibliografía ecológica indique que mientras que la energía fluye, la materia cicla (Odum, 1971), los ciclos de Carbono (C), Nitrógeno (N), y Fósforo (P) muestran dimensiones espaciales y temporales que exceden los alcances del presente estudio. Por lo tanto, se ha enfocado por cuestiones prácticas solamente en aspectos parciales de estos ciclos, en los cuales la materia fluye, es decir, ingresa y egresa del sistema analizado. En este sentido, el análisis de los flujos de C, N y P, al igual que los de agua y energía (ver Capítulo 2), cobra gran importancia tanto durante la expansión de la agricultura como durante el proceso de intensificación que usualmente sobreviene (Agriculture and Agri-food Canada, 2000).

La materia orgánica es un atributo clave de la calidad del suelo, porque es un sumidero de nutrientes, mejora las condiciones estructurales del suelo y promueve la actividad biológica (Masciandaro y Ceccanti, 1999). Este atributo del suelo es responsable de la sostenibilidad de muchos agroecosistemas, porque hace que el mismo sea resiliente y elástico (Doran y Parkin, 1994). El C, componente principal de la materia orgánica, junto con el N y el P, conforman el grupo de nutrientes más importantes, indispensables para el correcto funcionamiento del suelo en los agroecosistemas. En el Capítulo 3 del presente trabajo se discutió la importancia del mantenimiento de los activos (stocks) de C, N y P en la región agrícola de Argentina, así como las implicancias de los cambios en el uso de la tierra y en los manejos realizados en los últimos 50 años. En este capítulo, se espera contribuir a explicar tales resultados, a través del análisis de los balances anuales (flujos) de dichos nutrientes.

Balances de C, N y P en la agricultura argentina

Del análisis de la Figura 3.1 del capítulo anterior, se puede inferir que las pérdidas de C

(principalmente por pérdida de materia orgánica y deforestación) han superado en la mayoría de las regiones a las entradas (debidas a crecimiento de las plantas e implementación de manejos conservacionistas como siembra directa). Integralmente, la región agrícola de Argentina parece haber sido emisora de C en los períodos analizados, perdiendo tanto de la biomasa leñosa como a partir de la materia orgánica del suelo.

Respecto a la tasa de cambio del C de la biomasa leñosa (balances anuales), se encontraron para el período de tiempo transcurrido entre el primer y segundo período (1956-60 a 1986-90) los mayores valores de pérdida en el Bosque Atlántico (Cuadro 4.1). Otras eco-regiones con valores negativos fueron Yungas, Chaco y Espinal (las otras regiones con actividad forestal importantes), pero en menor medida. En el siguiente lapso de tiempo entre períodos (1986-90 a 2001-05) las pérdidas fueron generalmente menores (en parte porque cada vez queda menos para deforestar), e incluso se encontraron valores positivos en regiones como Espinal y Chaco. En general, la región perdió claramente C de la biomasa leñosa en el primer período, mientras que los balances negativos se dieron solamente en algunas eco-regiones en el segundo. Sin embargo, desde casi cualquier punto de vista (ecológico, productivo, ambiental, etc.) las pérdidas de C, y de otras características asociadas (por ejemplo: biodiversidad) en algunas regiones, no pueden ser compensadas por las ganancias en otras.

El análisis de regresión (lineal, con pendiente negativa) para toda la región entre el balance de C de la biomasa y el cambio en el uso de la tierra (% de cultivos anuales) mostró valores significativos, pero con R^2 muy bajos en ambos períodos analizados ($p=0,01$ y $R^2=0,04$, y $p=0,05$ y $R^2=0,01$, respectivamente). Esto indicaría que el proceso de deforestación no podría atribuirse directamente al avance de la frontera agrícola, como también se puede ver en otras variables mencionadas en éste y en otros capítulos.

Cuadro 4.1. Balances anuales de C de la biomasa leñosa y del suelo

Eco-región	Balance de C de la biomasa leñosa (Ton C ha ⁻¹ año ⁻¹)		Balance de C del suelo (Ton C ha ⁻¹ año ⁻¹)	
	1956-60 a 1986-90	1986-90 a 2001-05	1956-60 a 1986-90	1986-90 a 2001-05
Bosque Atlántico	-2,581	-1,025	-0,944	-0,881
Delta del Paraná	-0,056	-0,125	0,062	0,212
Espinal	-0,132	0,191	0,191	-0,040
Esteros del Iberá	-0,031	-0,059	0,088	0,196
Chaco	-0,079	0,145	-0,081	-0,040
Pampas	-0,553	-0,473	-0,003	-0,037
Yungas	-0,064	-0,173	-0,379	-0,778
Total Región	-0,222	0,243	-0,031	-0,065

Además, en el citado cuadro del capítulo anterior, se puede apreciar una reducción y posterior estabilización de los balances de C orgánico en los suelos de casi todas las eco-regiones. Con respecto a los valores de los balances anuales (Cuadro 4.1), las pérdidas en el primer lapso entre períodos se dieron en las regiones que sufrieron, o bien las mayores deforestaciones (Bosque Atlántico, Yungas y Chaco), o bien los mayores aumentos de superficie de cultivos anuales, como las Pampas (ver Capítulo 1). Sin embargo, entre los períodos 1986-90 y 2001-05, parte de esas pérdidas fueron compensadas. Estos cambios pueden atribuirse, en primer término al avance de la agricultura, y posteriormente, a una mayor adopción de labranzas conservacionistas y siembra directa. Resultados similares a estas tendencias fueron encontrados por Steinbach y Alvarez (2006) y Álvarez et al. (2009) en la pradera pampeana. Por su parte, los análisis de regresión entre cambio en el stock de C del suelo y la superficie cultivada (%) presentaron, en ambos períodos, valores de R² (lineales con pendiente negativa) de 0,51 y 0,33, respectivamente (p<0,01). Si bien estos coeficientes de determinación no son altos, se puede ver una clara tendencia, que resalta la influencia negativa del avance de la frontera agrícola sobre el C del suelo.

Por otro lado, la región también sufrió cambios importantes en los stocks de otros nutrien-

tes esenciales de los suelos (ver Capítulo 3). Los balances anuales de N y P (kg ha⁻¹ año⁻¹), que surgieron por diferencia entre ingresos y salidas del sistema, mostraron resultados opuestos entre sí (Cuadro 4.2): mientras que el N fue en general aumentando en los sucesivos períodos, la tendencia encontrada en el stock de P fue claramente negativa.

Al relacionar el balance de N con el porcentaje de cultivos anuales, se encontró una tendencia significativa (p<0,01) de signo positivo en los dos primeros períodos y de signo negativo en el último, aunque los R² fueron muy bajos (0,30, 0,15 y 0,11, respectivamente). Debido a que existen diversos factores que inciden sobre el balance de N (fijación por pasturas, suplementación del ganado, etc.), incluso de mayor magnitud que la extracción del nutriente por parte de los cultivos de cosecha, la relación entre ambas variables no fue tan clara como se supondría. En cambio, al relacionar el balance de P con la superficie cultivada, las tendencias correspondientes a los tres períodos fueron claramente negativas (p<0,01), con similares valores de R² (0,25, 0,20 y 0,54, respectivamente). Similares tendencias fueron encontradas por varios investigadores (Michelena, et al., 1989; Conti, 2004; Cruzate y Casas, 2003) que reportan una pérdida generalizada de P en los suelos agrícolas del país.

Cuadro 4.2. Balances anuales de Nitrógeno y Fósforo

Eco-región	Balance de Nitrógeno (kg N ha ⁻¹ año ⁻¹)			Balance de Fósforo (kg P ha ⁻¹ año ⁻¹)		
	1956-1960	1986-1990	2001-2005	1956-1960	1986-1990	2001-2005
Bosque Atlántico	3,68	9,55	15,71	-0,78	-2,06	-1,34
Delta del Paraná	11,98	10,97	13,65	-0,28	-0,36	-0,77
Espinal	-1,79	-4,39	-0,77	-1,75	-3,07	-2,64
Esteros del Iberá	9,64	11,22	11,52	-0,06	-0,09	-0,09
Chaco	8,97	8,65	10,79	-0,20	-0,43	-0,64
Pampas	27,95	20,43	12,91	-2,58	-3,72	-4,29
Yungas	1,50	4,64	1,04	1,50	3,01	3,00
Total Región	12,33	9,61	9,30	1,20	1,93	2,11

La importancia de los balances

La conversión de tierras naturales a agricultura, especialmente a cultivos de cosecha, lleva a una rápida disminución del C edáfico (Lal, 2002), con pérdidas de materia orgánica de entre 10 y 55% (Burke et al., 1989; Brown y Lugo, 1990), cuando se incorpora un suelo virgen al uso agrícola. Varios estudios han mostrado disminuciones en el contenido de C en los primeros cm de suelo, de alrededor del 20 (Frank et al., 2004), 35 (Elberling et al., 2001), 40 (Tiessen et al., 1998), y hasta 56% (Solomon et al., 2000), en períodos de entre solamente dos y cinco años.

Por su parte, las pérdidas de N y P debidas a la labranza suelen ser mucho más rápidas que las de C, resultando en un cada vez mayor cociente C:N:P (Elberling et al., 2001). En el otro extremo, una mayor intensificación puede causar excesos de nutrientes (especialmente N), ya que solo una parte de los fertilizantes aplicados es tomada por las plantas. En tal sentido, Costa et al. (2002) encontraron que las fertilizaciones con N sobre los campos, sumadas a la mineralización causada por las actividades agrícolas, fueron las fuentes más importantes de nitratos en aguas subterráneas, especialmente en áreas bajo riego.

Desde una perspectiva ecológica, la expansión agrícola en Argentina parece haber causado una alteración significativa en los flujos naturales de energía de esos ecosistemas, lo cual condujo a una apertura de los ciclos del C, N y P. Nuestras estimaciones parecen confirmar interpretaciones conceptuales (Margalef, 1968; Odum, 1969; 1975) introducidas a través de una ciencia ecológica que era todavía incipiente.

La respuesta tecnológica

Si bien en la mayoría de los casos es conveniente mantener balances positivos de C, N y P, para mantener o incluso aumentar los stocks de estos nutrientes (ver Capítulo 3), existen situaciones en las que es necesario prestar atención a los dos últimos. Debido a que los balances positivos no siempre se transforman en mayores stocks (por ejemplo: parte del N ingresado puede contaminar las napas en forma de nitratos), se recomienda a) contabilizar los balances, de manera de minimizar los niveles de N y P residuales, b) analizar la hidrología del lugar (precipitaciones, evapotranspiración, capacidad de retención de agua de los suelos), para elegir los momentos de fertilización, y así reducir los riesgos de que el agua excedente diluya el N y el P residuales.

Capítulo 5

Captura y emisión de gases de efecto invernadero

Carreño LV, Pereyra H, Ricard F

El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) mediante su cuarto informe presentado en febrero de 2007 (IPCC, 2007), concluye, entre otras cosas, que las concentraciones atmosféricas mundiales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750. A partir del análisis de las burbujas de aire retenidas en núcleos de hielo extraídos en los polos, se ha determinado que la concentración de esos gases es actualmente muy superior a los valores que existían en épocas preindustriales. Esto sugiere que la intervención antrópica de los últimos 300 años habría influido decisivamente en el calentamiento global del planeta que hoy sufre el planeta, aspecto acerca del cual no existía certeza científica algunos años atrás.

El dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), figuran entre los gases de efecto invernadero (GEI) más importantes junto a los clorofluorocarbonos (CFC), los hidrofluorocarbonos (HFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). Sin embargo, el origen y el efecto invernadero que cada uno de ellos ejerce sobre el clima global es muy diferente. El CO_2 proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles y los cambios en el uso de la tierra (deforestación y des-vegetación de tierras naturales). Respecto al CH_4 y el N_2O , si bien también son generados por la quema de combustibles fósiles, sus mayores concentraciones se asocian al aumento de las actividades agropecuarias. Pero la potencia invernadero de estos dos últimos gases resulta mucho mayor que la del CO_2 , ya que su impacto es 21 veces y 310 veces más alta para el caso del CH_4 y del N_2O respectivamente (IPCC, 1997). Aunque los CFCs, los HFCs y el SF_6 son gases que tienen una potencia invernadero muchas veces superior a la del CO_2 , el

CH_4 y el N_2O , no se hará referencia explícita a ellos en el presente capítulo debido a que sus principales fuentes generadoras corresponden a refrigerantes, aerosoles y aislantes eléctricos que no tienen una relación (al menos directa) con la expansión de la frontera agropecuaria.

Pese a que las primeras iniciativas para combatir el cambio climático comenzaron con la Convención de Río de Janeiro en 1992, fue recién mediante el Protocolo de Kyoto unos años más tarde, que las partes adoptan compromisos cuantitativos de reducción o limitación de las emisiones. El Protocolo de Kyoto (1997) entró en vigor en 2005 y estableció que los países debían, durante el período 2008-2012, reducir un 15% las emisiones en relación a las del año 1990. Sin embargo, aunque se lograra estabilizar la emisión de GEI, el calentamiento de la atmósfera y el aumento del nivel de los mares podrían continuar durante varios siglos más debido a la inercia propia de las grandes escalas espaciales y temporales involucradas en el clima mundial y sus mecanismos de retro-control (Viglizzo, 2007).

El conocimiento de las emisiones actuales de GEI es fundamental para poder identificar las fuentes principales de emisión y aplicar sobre ellas políticas y medidas destinadas a la regulación de las mismas. Según el último Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero del año 2000 (Fundación Bariloche, 2005), las fuentes principales de emisiones en la Argentina corresponden, en primer lugar al sector energético (47%) y, en segundo lugar, al sector agrícola-ganadero (44%), del cual se ocupa este capítulo. También existen en Argentina estimaciones de emisiones de GEI (1990-2005) y proyecciones (2006-2030), que muestran un crecimiento de 184.6 % en las emisiones netas medidas en Gg de CO_2 entre 1990 y 2030, concentrándose la mayor parte de este crecimiento en el período 2005-2030 (Girardin, 2009). Además, se espera que la mayor parte del crecimiento en las emisiones corresponda al sector energético (122%), aumentando su participación en las emisiones totales en relación al sector agropecuario (Girardin, 2009). Los autores relacionan

estos resultados con el estancamiento de la actividad ganadera y las limitaciones en el área con potencialidad para ser dedicadas a la actividad agrícola.

En el sector ganadero, las emisiones de GEI (fundamentalmente CH_4 y N_2O), se generan a partir de los procesos biológicos de la fermentación entérica del alimento y la descomposición del estiércol y la orina de los animales. Según estimaciones del INTA, entre los años 1990 y 2005, se registró un incremento del 7,7% en las emisiones de GEI de este sector, encontrándose una correlación significativa entre la evolución de estas emisiones y el número de cabezas vacunas (Berra y Valtorta, 2009). Los autores relacionan los cambios que se esperan dentro del sector ganadero y sus consecuencias sobre la emisión de GEI, y presuponen que el incremento de las emisiones que generaría un mayor número de animales (por disminución de la superficie ganadera y mayor intensificación) se compensaría con una disminución de los factores de emisión (mayor uso de granos en alimentación), al aumentar la eficiencia productiva y la calidad de los forrajes suministrados.

Por su parte, las emisiones de GEI del sector agrícola, corresponden fundamentalmente a las emisiones de CH_4 desde suelos de arrozales inundados. Las emisiones de CH_4 , CO , N_2O y NO_x se asignan a la quema de residuos en el campo, y las emisiones directas e indirectas de N_2O se atribuyen al manejo de componentes nitrogenados en suelos agrícolas. Un estudio de Taboada (2009), atribuye la mayor parte de las emisiones de GEI del sector agrícola (1990-2006) al cultivo de soja (ver Capítulo 9). Sin embargo, el autor hace la salvedad de que esta conclusión surge inevitablemente de la metodología usada para los cálculos (IPCC 1997; 2001), y alerta acerca de un posible doble conteo entre las emisiones por fijación biológica de N y por enterramiento de residuos que podría causar una sobreestimación de los cálculos.

Debido a su magnitud, son destacables las emisiones de GEI producidas por el cambio en el uso/cobertura de la tierra, que están directamente relacionadas a la expansión de la frontera agropecuaria. El principal GEI del sector es

el CO_2 que se emite en grandes cantidades durante el desmonte y quema de biomasa y que, inversamente, es secuestrado en la biomasa boscosa o acumulado en la materia orgánica del suelo. La quema de montes y pastizales genera además CH_4 .

Para el cálculo del balance de GEI del presente estudio, se adaptó la metodología propuesta por el IPCC (1997), que consiste en la suma y resta de los valores estimados para las distintas fuentes de emisión y secuestro de GEI, respectivamente (ver anexo metodológico). Los tres gases considerados en este indicador son el CO_2 , el CH_4 y N_2O , aunque se totalizan los resultados en toneladas de equivalente CO_2 (emitido o secuestrado) por unidad de espacio y tiempo ($\text{Ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), teniendo en cuenta la potencia invernadero respectiva de cada una de estas fuentes. De esta manera, los balances pueden ser positivos, negativos o neutros. Un balance positivo indica que la eco-región ha emitido GEI, y un balance negativo, por lo contrario, indica que ha actuado como sumidero.

Si tomamos en conjunto los datos de la Figura 5.1, vemos que existe una tendencia al aumento en las emisiones de GEI a lo largo del tiempo, evidenciado en balances positivos crecientes. Sin embargo, al analizar los datos de manera desagregada, se aprecia que no todas las eco-regiones del país parecen seguir el mismo comportamiento. Existen eco-regiones que en los tres períodos analizados presentaron balances de GEI positivos (región Pampeana, Espinal y Campos, Esteros del Iberá y Delta Paranaense), mientras que otras eco-regiones presentaron un balance de GEI negativo en el primer período, convirtiéndose en positivo en los dos restantes (región Chaqueña, Bosque Atlántico y Yungas). O sea, de una condición inicial tomadora de C durante la década de 1950, pasaron a ser emisoras en las décadas siguientes. Por otra parte, si se analiza el balance total de GEI del país, las estimaciones de este estudio indican que, al comparar el segundo período con respecto al primero, las emisiones aumentaron un 73%; y en el tercero con respecto al segundo, se incrementaron en un 46%.

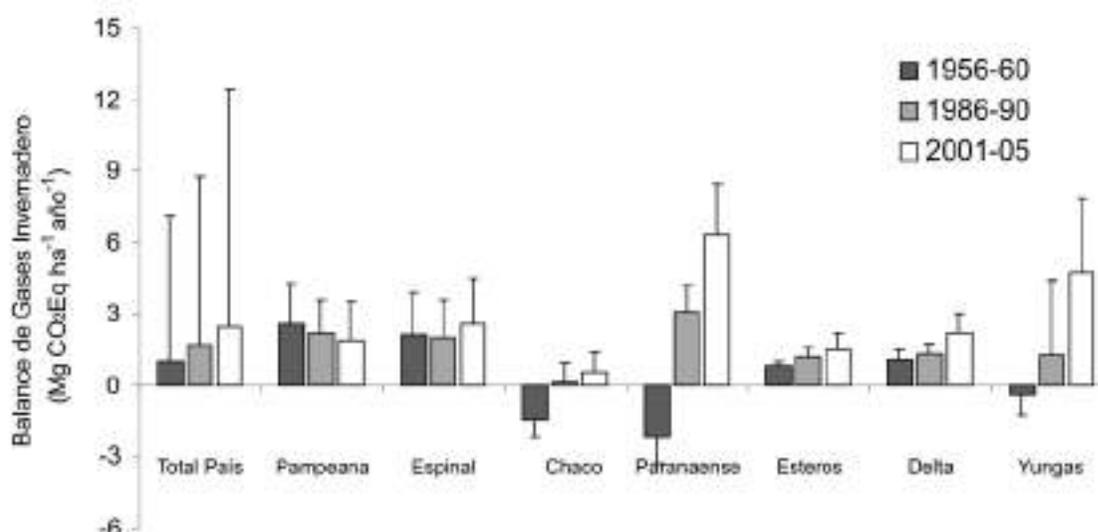


Figura 5.1. Balance de GEI para las distintas eco-regiones del país, y para los tres períodos analizados.

Cuadro 5.1. Relación entre el balance de GEI (Ton Eq-CO₂ ha⁻¹año⁻¹) y la superficie cultivada (%) para las distintas eco-regiones del país, y para los tres períodos analizados.

Eco-región	Período	Modelo de Regresión Lineal	R ²	Valor p
Bosque Atlántico	1956-1960	$y = 0,03 x - 1,83$	0,000	0,8417
	1986-1990	$y = -0,3755x + 3,5672$	0,286	0,0269
	2001-2005	$y = -0,7757x + 6,4664$	0,149	0,1254
Delta Paranaense	1956-1960	$y = -0,0299 x + 1,2905$	0,293	0,1306
	1986-1990	$y = 0,0122x + 1,2689$	0,039	0,6086
	2001-2005	$y = 0,0403x + 1,8659$	0,689	0,0055
Espinal	1956-1960	$y = 0,2727 x + 0,047$	0,996	< 0,0001
	1986-1990	$y = 0,3056x - 0,2766$	0,996	< 0,0001
	2001-2005	$y = 0,3241x - 0,2533$	0,998	< 0,0001
Esteros del Iberá	1956-1960	$y = 0,07 x + 0,76$	0,060	0,4133
	1986-1990	$y = 0,1249x + 1,1749$	0,179	0,1273
	2001-2005	$y = 0,1372x + 1,6928$	0,041	0,4873
Chaco	1956-1960	$y = 0,0442 x - 1,4973$	0,225	< 0,0001
	1986-1990	$y = 0,0227x + 0,00 44$	0,074	0,0010
	2001-2005	$y = 0,012x + 0,5259$	0,113	< 0,0001
Pampas	1956-1960	$y = -0,039 x + 5,1091$	0,999	< 0,0001
	1986-1990	$y = 0,0056x + 3,2104$	0,680	< 0,0001
	2001-2005	$y = 0,0096x + 3,1616$	0,794	< 0,0001
Yungas	1956-1960	$y = 0,0489 x - 0,536$	0,328	< 0,0001
	1986-1990	$y = 0,1546x - 0,1524$	0,976	< 0,0001
	2001-2005	$y = 0,1413x + 3,0931$	0,792	< 0,0001

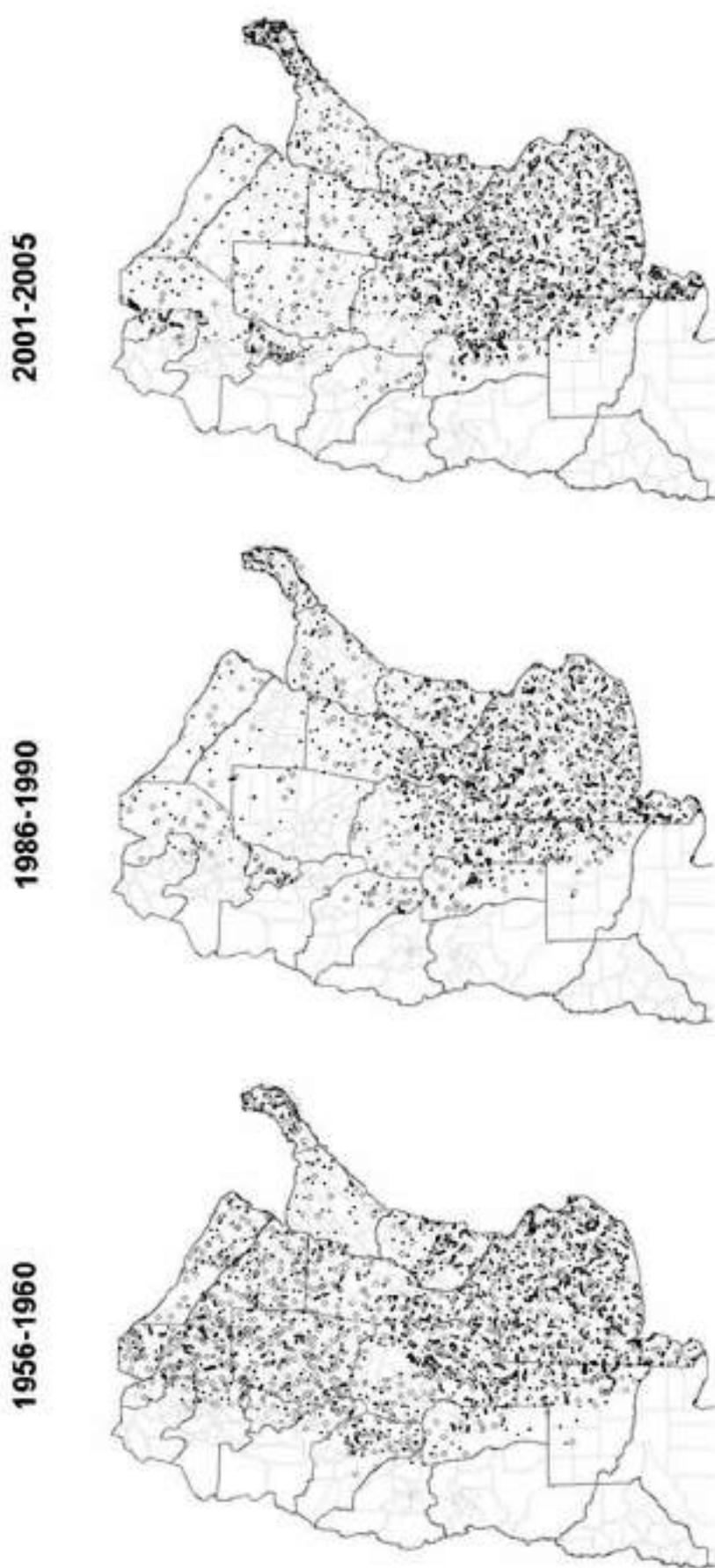


Figura 5.2. Balance de GEI para las distintas eco-regiones del país para los tres períodos analizados. Los puntos vacíos indican secuestro y los puntos llenos indican emisión de GEI (1 punto = 5×10^5 Ton año⁻¹).

Cuando esos datos se despliegan sobre un mapa del país se pueden visualizar los cambios registrados en el balance de GEI y apreciar las diferencias espaciales entre eco-regiones. En la Figura 5.2 se observa que gran parte del área boscosa del norte del país se comportó como sumidero de C (puntos vacíos) durante el período 1956-1960. Ese efecto es claro en las áreas correspondientes al Bosque Atlántico, la región Chaqueña y la región de las Yungas. Debido a la creciente deforestación y desmonte, en el segundo y tercer períodos esas mismas eco-regiones se convirtieron en áreas neutras o emisoras de C.

¿Cuál es el efecto de la expansión de la frontera agropecuaria sobre el balance de GEI? Los resultados de un análisis de regresión entre ambas variables se presentan en el Cuadro 5.1. En general, se atribuye a la expansión de la frontera agrícola la creciente deforestación de tierras boscosas y leñosas naturales, lo cual podría asociarse a una mayor tasa de emisión de GEI (balances positivos crecientes). Sin embargo, esto no parece ser generalizable: en las eco-regiones Espinal y Campos, Pampeana, Chaqueña y Yungas se encontró una buena correlación en los tres períodos. Las pendientes de las rectas resultaron siempre positivas (indicando que a mayor % de superficie cultivada, mayor es el balance de GEI), excepto para la región pampeana en el período 1956-1960. En el resto de las eco-regiones (Delta Paranaense, Esteros del Iberá y Bosque Atlántico), no se registró una correlación positiva entre ambas variables.

En síntesis, de acuerdo a los resultados estimados en este estudio, puede inferirse que la expansión progresiva de la frontera agropecuaria en Argentina ha desencadenado un proceso creciente de emisión de GEI que, en principio, puede atribuirse a dos factores: i) la desvegetación y quema de biomasa para convertir tierras naturales en tierras de cultivo y pastoreo, y ii) la creciente intensificación de procesos productivos que favorecen la emisión de CH_4 y N_2O debido a un aumento de la carga animal y al uso creciente de fertilizantes nitrogenados.

Capítulo 6

Erosión del suelo y contaminación del ambiente

Viglizzo EF, Frank FC

La erosión de los suelos y la contaminación del ambiente con nutrientes y plaguicidas son dos de los impactos ambientales de la agricultura más difundidos a través de los medios de comunicación.

La erosión de los suelos es considerada un serio problema ambiental a escala mundial, aunque resulta difícil estimar con precisión su extensión, magnitud e intensidad, como también sus consecuencias económicas y ambientales. Algunas estimaciones realizadas durante la década de 1970 (Dudal, 1981) indicaban que en esos años ocurría en el mundo una pérdida irreversible de unas 6 millones de hectáreas de suelo fértil por año. De ellas, casi un 20 % del área erosionada se registraba en Sudamérica. Aunque la erosión eólica es en términos cuantitativos menor que la erosión hídrica, puede resultar ruinosa en regiones áridas y semiáridas debido a que es el principal factor responsable de la desertificación (Lal, 1994).

La erosión de los suelos tiene efectos negativos tanto dentro como fuera del predio rural. Dentro del predio se manifiesta a través de una caída de la fertilidad, de los rendimientos, de la capacidad de infiltración y de la retención del agua en el suelo. Y también a través de un aumento de la compactación, del escurrimiento superficial, la pérdida de sedimentos y del pH. Fuera del predio, los principales impactos se hacen visibles a través de la deposición de sedimentos y sedimentación de cursos de agua, la saturación de canales de drenaje, y la formación de médanos y dunas. En general, se considera que los procesos erosivos son resultado de un mal manejo de los suelos. La labranza agresiva, el sobre-pastoreo, el uso inadecuado del fuego, el mal manejo de las pendientes y coberturas vegetales del terreno son causa habitual de erosión. Los expertos indican que la evaluación de

tendencias erosivas en el largo plazo es el primer camino a recorrer para ajustar acciones y prevenir consecuencias indeseables.

La expansión agrícola y la erosión de los suelos

Los resultados de este estudio indican que el riesgo de erosión (eólica + hídrica) en la Argentina aumenta significativamente ($P < 0,01$) en función del % de área cultivada. Los valores de R^2 (lineales) obtenidos fueron iguales a 0,76; 0,60 y 0,68 respectivamente, para los tres períodos analizados (1956-60, 1986-90 y 2001-05). Sin embargo, las estimaciones realizadas parecen indicar una reducción considerable del riesgo de erosión de suelos durante las últimas décadas (Figura 6.1) debido a un reemplazo rápido de las labranzas convencionales por labranzas conservacionistas y siembra directa. Datos estadísticos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina indican que durante la década de 1990 la superficie cultivada bajo siembra directa pasó de 5.000.000 a 7.500.000 hectáreas. Los efectos positivos de las labranzas reducidas y la siembra directa han sido extensamente confirmados mediante numerosas investigaciones en la pradera pampeana (Alvarez et al., 1998).

Riesgo de contaminación por nutrientes y plaguicidas

Los riesgos de contaminación por nutrientes (principalmente N y P) se incrementan a medida que los planteos agrícolas y ganaderos se vuelven más intensivos. La infiltración de nitratos en aguas subterráneas es una importante causa de contaminación que impone riesgos a la salud de los humanos y los rumiantes. Se considera que el agua de bebida no debe exceder una concentración de nitratos de 10 mg litro⁻¹. Asimismo, la acumulación de N y P en los cuerpos de agua suele ser causa frecuente de eutrofización de lagos y lagunas. Esta proliferación anormal de algas y plantas acuáticas reduce los niveles de oxígeno del agua y altera la composición de especies en los ecosistemas acuáticos. En general, los mayores riesgos de

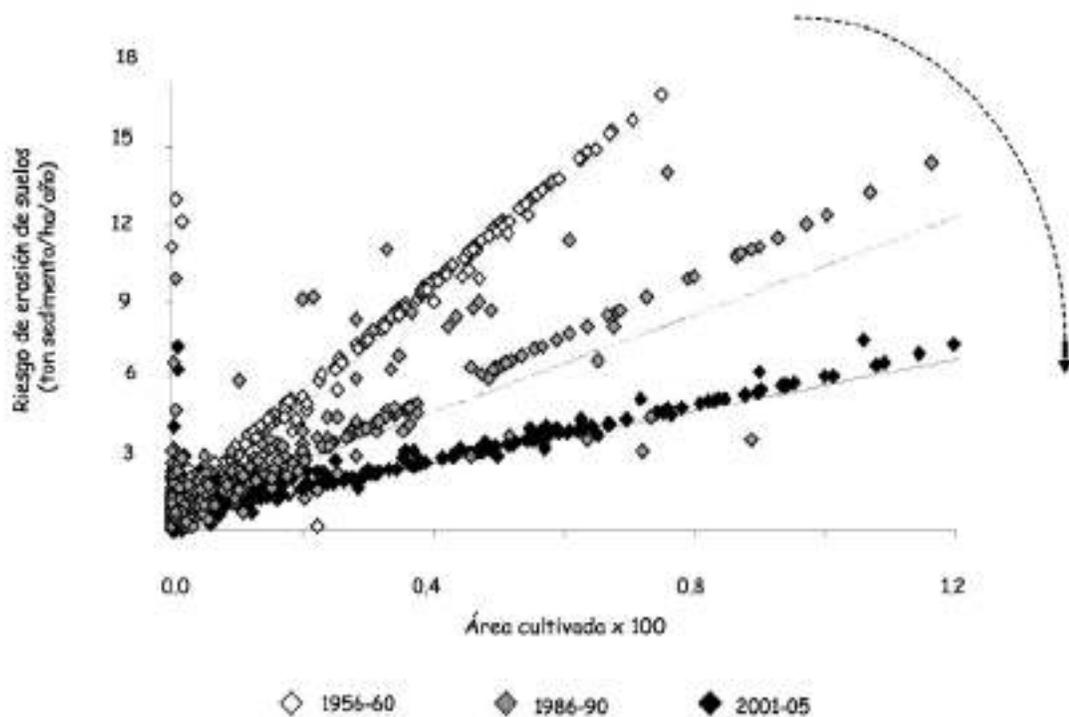


Figura 6.1. Estimación mediante el modelo AgroEcolIndex del impacto relativo del % de área cultivada sobre el riesgo de erosión de suelos (Ton sedimento $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) en los tres períodos analizados.

contaminación por excesos de nutrientes ocurren en lugares donde hay sistemas intensivos de producción animal.

El modelo utilizado en este estudio no detectó, a una escala distrital de análisis, ninguna situación de riesgo de contaminación por nutrientes (N y P). La existencia de balances negativos en el caso del P, y la inexistencia de excesivos residuos nitrogenados, parecen explicar esta ausencia de impacto. No obstante, esta situación de aparente inocuidad detectada a una escala espacial amplia, puede no ser igual a una escala local más restringida. Es muy factible que ocurran episodios de contaminación puntual severa en lugares donde están asentados sistemas intensivos de producción animal como feed-lots, tambos, establecimientos avícolas, porcinos, etc.

El riesgo de contaminación por plaguicidas, que ocurre casi de manera excluyente en los sistemas de producción agrícola, muestra la

otra cara de la moneda. Su impacto se manifiesta a través de: i) una reducción de la calidad del agua y del suelo por presencia y acumulación de residuos de plaguicidas, ii) un deterioro de la calidad del aire por volatilización de sustancias activas, y iii) un impacto negativo sobre la biodiversidad. Los plaguicidas ingresan a los cuerpos de agua a partir tanto de contaminaciones puntuales como difusas, y su presencia depende, entre otras cosas, de su movilidad, solubilidad y tasa de degradación (Stoate et al., 2001). Mientras los órgano-clorados han dejado de ser utilizados por su toxicidad y larga persistencia en el ambiente, muchos de los plaguicidas modernos se degradan fácilmente en la superficie del suelo cuando quedan expuestos al sol, aunque pueden persistir algún tiempo en el subsuelo o en el agua subterránea (Environment Agency, 1999). En relación a las sustancias activas, los riesgos de contaminación por plaguicidas se han reducido notablemente en las últimas cinco décadas debido a la generación de productos comerciales de menor toxicidad y persisten-

cia. Un simple análisis de un índice combinado (toxicidad x persistencia) de sustancias utilizadas desde la década de 1960 hasta la actualidad (Viglizzo et al., 2002b) muestra una caída persistente del riesgo de contaminación (Figura 6.2) debido al empleo de químicos más amigables desde el punto de vista ambiental.

El modelo utilizado en el presente estudio mostró una relación directa, alta y positiva entre el % de tierra cultivada y el riesgo relativo de contaminación por plaguicidas. Los valores de R^2 (lineales y positivos) fueron 0,65; 0,68 y 0,85, respectivamente, para los tres períodos analizados y significativos ($P < 0,01$). En la Figura 6.3 se puede apreciar, comparativamente, el impacto del nivel de cultivo sobre el riesgo de contaminación por plaguicidas en los tres períodos estudiados. El riesgo relativo de contaminación alcanza los niveles más altos durante el período 1956-60, época en la cual predominaban plaguicidas de alta toxicidad (clorados y fosforados). No obstante, ese riesgo habría

declinado significativamente durante el período 1986-90, durante el cual se reemplazaron estas sustancias químicas por otras de menor toxicidad y persistencia en el ambiente (ejemplo, piretroides). El menor riesgo estimado de contaminación refleja un relevante avance tecnológico en la generación de sustancias pesticidas menos agresivas al ambiente. Buena parte de tales logros son debidos a la investigación, desarrollo y difusión realizados por empresas comerciales en asociación con organizaciones públicas.

Aunque los productos fueron químicamente similares a los de la etapa anterior, durante el período 2001-05 se aprecia un repunte del riesgo de contaminación por plaguicidas, que se explica a través de un incremento significativo del área cultivada y de la mayor participación relativa que tuvo el cultivo de soja, más demandante de agroquímicos que otros cultivos. Tal efecto se visualiza en los mapas de la Fi-

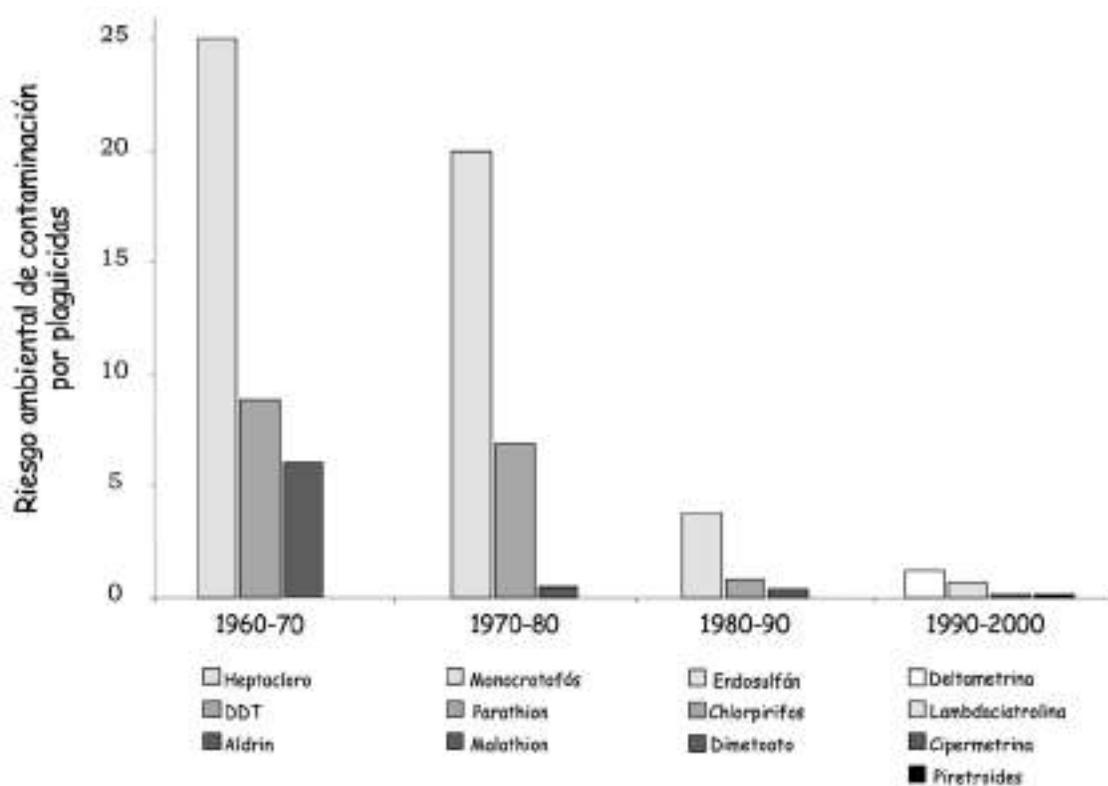


Figura 6.2. Índice combinado de contaminación ambiental (toxicidad x persistencia) de distintos plaguicidas utilizados en la región pampeana en el período 1960-2000.

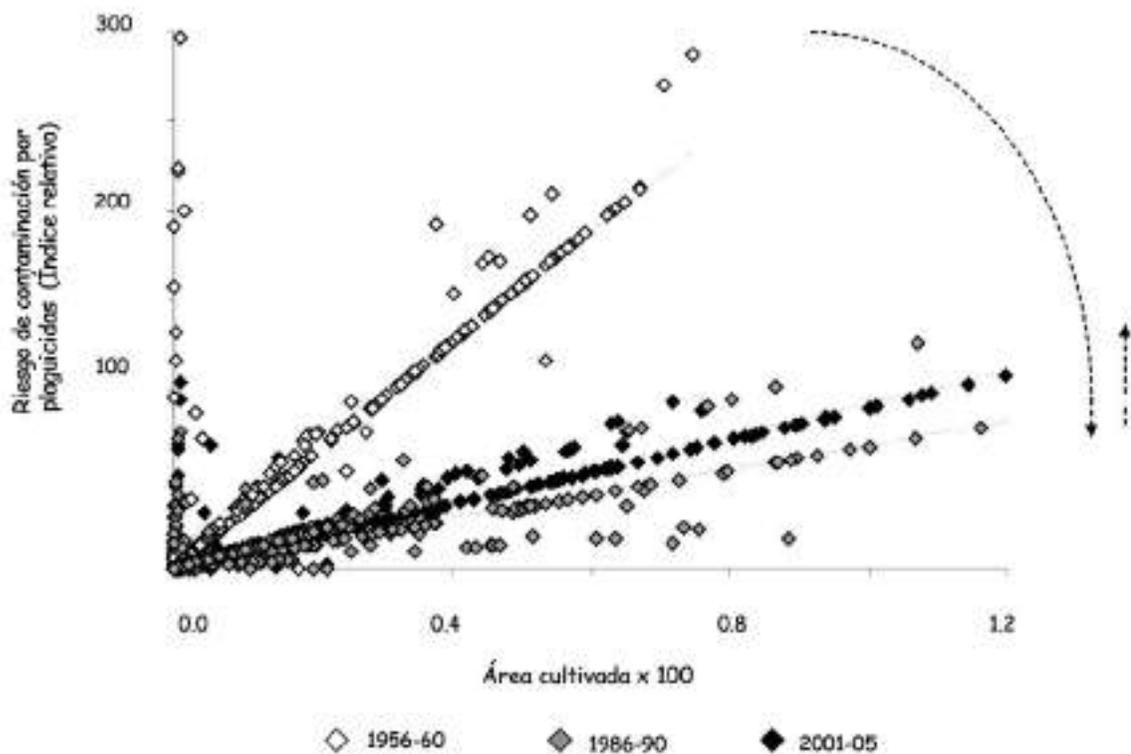


Figura 6.3. Estimación mediante el modelo AgroEcolIndex del impacto relativo del % de área cultivada sobre el riesgo de contaminación por plaguicidas (índice relativo) en los tres períodos analizados.

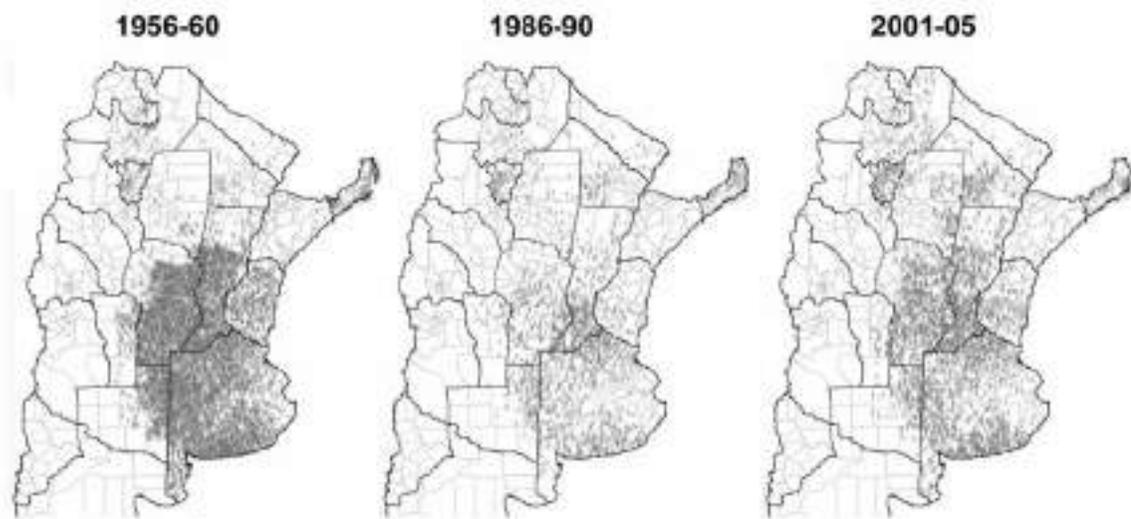


Figura 6.4. Riesgo estimado de contaminación por plaguicidas en distintas eco-regiones de Argentina durante los períodos estudiados. 1 punto = 5 unidades relativas.

gura 6.4, que tienen la utilidad de que permiten valorar el riesgo relativo de contaminación de distintas eco-regiones. Aunque estos mapas no pueden sustituir las mediciones a campo, ofre-

cen un panorama estimativo de la evolución del riesgo de contaminación a través del tiempo, bajo una cobertura geográfica amplia.

La respuesta tecnológica

Se dispone en la actualidad de una batería de tecnologías y prácticas agronómicas para enfrentar los problemas de erosión de suelos y de contaminación por nutrientes y plaguicidas. Existen prácticas y herramientas de probada eficacia para reducir el riesgo de erosión de suelos. Entre otras, se pueden citar: i) la aplicación de un menú de labranzas de baja agresividad (entre ellas, la siembra directa) que son adaptables a distintos ambientes y suelos; ii) la labranza en sentido perpendicular a las pendientes dominantes del terreno, iii) el cultivo en curvas de nivel, iv) el cultivo en franjas, v) la implantación de pasturas, vi) el manejo de los residuos y rastrojos de cosecha, vii) la rotación de cultivos, y viii) la implantación de barreras eólicas.

Los riesgos de contaminación por nutrientes se pueden reducir mediante dos prácticas sencillas: i) el ajuste de la fertilización en función de la extracción de nutrientes por los

cultivos de manera de generar balances equilibrados, evitando el déficit o la acumulación de residuos de nutrientes en el suelo; y ii) el manejo de los nutrientes en función de la hidrología del lugar, evitando fertilizar en épocas de déficit o de grandes excedentes hídricos que puedan transportar los minerales hacia fuentes de agua subterránea o cuerpos de agua superficiales.

Varios sistemas y alternativas tecnológicas están disponibles para minimizar el impacto de los plaguicidas sobre el ambiente: i) utilizar plaguicidas de baja toxicidad y persistencia, ii) desechar los plaguicidas prohibidos, iii) regular estrictamente las dosis, las técnicas y los momentos de aplicación, iv) utilizar equipos eficientes de aplicación, v) introducir esquemas de control integrado de plagas y malezas. Estos esquemas incluyen rotación de cultivos, uso de variedades con resistencia genética, calibración de épocas de siembra y cosecha, control mecánico de malezas, control biológico de plagas y malezas, uso restringido y estratégico de plaguicidas.

Capítulo 7

Impacto sobre el hábitat

Salvador V

Los procesos que ocurren a gran escala geográfica como el clima y el cambio en el uso y cobertura de la tierra, pueden controlar los patrones de biodiversidad en el mundo (Sala *et al.*, 2000). Los cambios en el uso de la tierra producen importantes modificaciones tanto en la estructura como en el funcionamiento de los ecosistemas (Viglizzo *et al.*, 2001; Casas, 2001). La agricultura, junto a la urbanización, la pérdida de vegetación y desertificación, son ejemplos de actividades producidas por el hombre que han modificado la superficie del planeta. Un creciente número de evidencias da cuenta de las consecuencias de la expansión agrícola sobre el clima, el balance de C y N, las emisiones de gases invernadero, la biodiversidad y el balance hídrico (Houghton, 2001).

Rol de la biodiversidad

A través de los siglos, la agricultura ha contribuido decisivamente a la transformación del hábitat natural por intervención directa e indirecta del hombre. Toda intervención al hábitat natural impone una alteración de la biodiversidad. La biodiversidad hace referencia a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan en un ecosistema (Vandermeer y Perfecto, 1995). La biodiversidad ha proporcionado la base genética para todas las plantas y animales utilizados para la producción agropecuaria. Además de su contribución a la generación y mejoramiento de nuevas especies domésticas, la biodiversidad cumple un rol vital en la provisión de servicios ecológicos (MEA, 2005). Los agroecosistemas son ecosistemas artificiales simplificados en biodiversidad, que requieren de la continua intervención humana ya que carecen de capacidad para realizar su propia regulación. Estos modernos sistemas agrícolas se han vuelto muy productivos pero sólo porque son altamente dependientes de aportes externos.

La biodiversidad provee diversos servicios ecológicos, más allá de los servicios de provisión de alimentos, fibras y combustibles. Algunos de ellos son reciclado de nutrientes, control local del microclima, regulación local de procesos hidrológicos, detoxificación de químicos nocivos, control de la erosión. Estos procesos y servicios son y seguirán siendo renovables mientras se mantenga la biodiversidad del ecosistema (Altieri, 1994). La agricultura impacta sobre los ecosistemas naturales y la biodiversidad a través de dos procesos principales: su expansión sobre ambientes naturales y su intensificación en la búsqueda de mayores rendimientos. Estudios realizados en Europa en sistemas agrícolas revelan la conexión entre la intensificación agrícola y la pérdida de biodiversidad (Donald *et al.*, 2001; Wilson *et al.*, 1999). La distribución de las tierras agrícolas es, en la actualidad, un indicador más preciso del estado de amenaza de la vida silvestre que la distribución de la población humana (Schalermman *et al.*, 2005).

La estabilidad del funcionamiento de un ecosistema aumenta con su diversidad (Mc Naughton, 1977; Tilman *et al.*, 2006). En diversas situaciones, una mayor diversidad conduce a una mayor estabilidad de los ecosistemas ante perturbaciones como sequías, cambios en el uso de la tierra, incendios o inundaciones. Existen un gran número de evidencias empíricas que muestran, de manera recurrente, relaciones positivas entre diversidad biológica y estabilidad del ecosistema (Mc Naughton, 1988).

La agricultura moderna implica la simplificación de la estructura del ambiente en grandes extensiones, reemplazando la diversidad natural por un pequeño número de plantas cultivadas y animales domésticos. En el mundo se cultivan principalmente 12 especies de cultivos de grano, 23 especies hortícolas y 35 especies de frutas frescas y secas (Fowler y Mooney, 1990). Esta monopolización de recursos por parte de unas pocas especies puede llevar a una disminución de la diversidad biológica. La dominancia de una especie a escala geográfica determina la exclusión de otras, con la consecuencia de que la riqueza específica (número de especies) y el

equilibrio en la abundancia (importancia relativa de las distintas especies) decrecen tanto a nivel local como regional (Hillebrand *et al.*, 2008). Cuando la expansión de un cultivo se hace en detrimento de otras especies y variedades, nos encontramos frente a una monopolización de los recursos, que es una consecuencia dominante del monocultivo. La homogeneización del paisaje lleva a la pérdida de numerosas especies silvestres que pueden vivir o subsistir en mosaicos agrícolas o mixtos (Tschardt *et al.*, 2005). Una menor diversidad agrícola también es indicadora de deterioro ambiental, donde tanto la diversidad de cultivos como la diversidad de especies y procesos ecológicos asociados a paisajes heterogéneos se ven afectados negativamente (Altieri, 1999).

Relación hábitat-biodiversidad en áreas agrícolas de Argentina

La homogeneización del paisaje agrícola argentino, asociado a la introducción desequilibrante de una especie cultivable, puede observarse en el aumento acelerado del área sembrada con soja. Esta pérdida de heterogeneidad en el ambiente rural trae aparejada una pérdida de diversidad a escala agro-ecosistémica. En el año 2006, la mitad de las hectáreas cultivadas en la Argentina se sembraron con soja. En la década de 1990, al terminar el período de dominancia del trigo, el número efectivo de cultivos que representaba la agricultura argentina era aproximadamente de 11. Para el año 2006 este valor disminuyó a casi seis, lo que representa una caída del 40% de en la agro-diversidad (Aizen *et al.*, 2009). Además de la expansión de la frontera agrícola y de la pérdida de biodiversidad por destrucción de ambientes naturales, Aizen *et al.* (2009) advierten sobre la homogeneización del paisaje agrícola con los múltiples costos ambientales, sociales y económicos que trae aparejado una menor diversidad de cultivos.

Tanto los ecosistemas naturales como los agroecosistemas, se encuentran conectados regionalmente por diversos mecanismos que incluyen el transporte de materiales y energía por largas distancias y el movimiento migratorio

y de dispersión de organismos. El resultado frecuente es que lo que sucede en un ecosistema repercute en otro (Turner *et al.*, 2001). Muchos efectos ambientales de la actividad agropecuaria pueden ser poco significativos a escala de predio o establecimiento, pero sumados, pueden tener repercusiones en otros ecosistemas, o en componentes de índole regional o global.

La desaparición de una especie de un paisaje puede ser consecuencia de una serie de eventos combinados que incluyen los cambios en el uso de la tierra, las prácticas de labranza del suelo, y la contaminación agroquímica (Burel, 1995). Schrag *et al.* (2009) encontraron para la pradera pampeana una correlación positiva entre la presencia de vegetación nativa y la riqueza de especies, y una correlación negativa con el uso agrícola. La continua conversión de los ecosistemas naturales en ecosistemas cultivados puede llevar a una disminución significativa de la riqueza de aves y posiblemente a importantes cambios en la composición de especies.

El índice de riesgo de intervención del hábitat que se analiza en este trabajo, apunta a generar un índice relativo indirecto que permite valorar el impacto negativo que impone un proceso productivo sobre la biodiversidad espacial. Este índice mostró una relación positiva entre el riesgo de intervención antrópica y la expansión del área cultivada. Los cálculos registraron valores de R^2 (0,63; 0,74 y 0,83) muy significativos ($P < 0,01$), respectivamente, durante los tres períodos analizados (1956-60, 1986-90 y 2001-05). Esto era esperable dado el procedimiento utilizado para calcular este indicador, cuyo valor es el resultado de comparar a través de una serie de factores descriptivos el stand de vegetación actual con el considerado "prístino" u "original".

En la Figura 7.1 se puede apreciar el índice relativo correspondiente al riesgo de intervención del hábitat en cada eco-región y cada uno de los períodos analizados. El riesgo de intervención del hábitat se incrementó desde el período 1956-1960 a la actualidad en las principales eco-regiones agropecuarias de la Argentina.

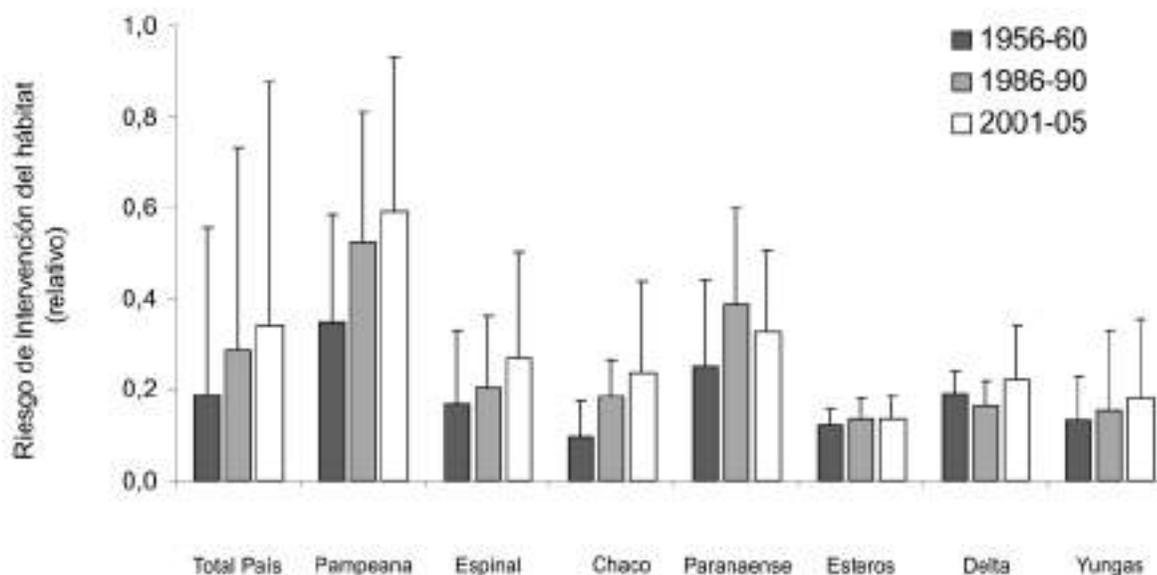


Figura 7.1. Indicador de Riesgo de intervención del hábitat en las diferentes eco-regiones para los tres períodos analizados.

El ecosistema de las Pampas ha experimentado el mayor índice de intervención, aumentando de 0,33 a 0,59 durante el período analizado. El Bosque Atlántico le sigue en orden de importancia, aunque con un cambio de menor magnitud relativa (0,27 a 0,32). De igual manera, las eco-regiones del Chaco, Delta del Paraná, Espinal y Yungas mostraron progresivos aumentos en sus índices relativos de riesgo de intervención. El Espinal y las Yungas son quienes presentaron un mayor aumento en el índice de inter-

vencción (0,14 a 0,23 y 0,15 a 0,20 respectivamente) durante el período estudiado. Por sus características geomorfológicas, la eco-región de los Esteros del Iberá presentó el menor índice de riesgo de intervención del hábitat, el cual aumentó solamente en un valor de 0,01 entre el período de 1956-60 y el período 2001-05 en 0,01.

En la Figura 7.2 se presenta un mapa que refleja los cambios espaciales y temporales de

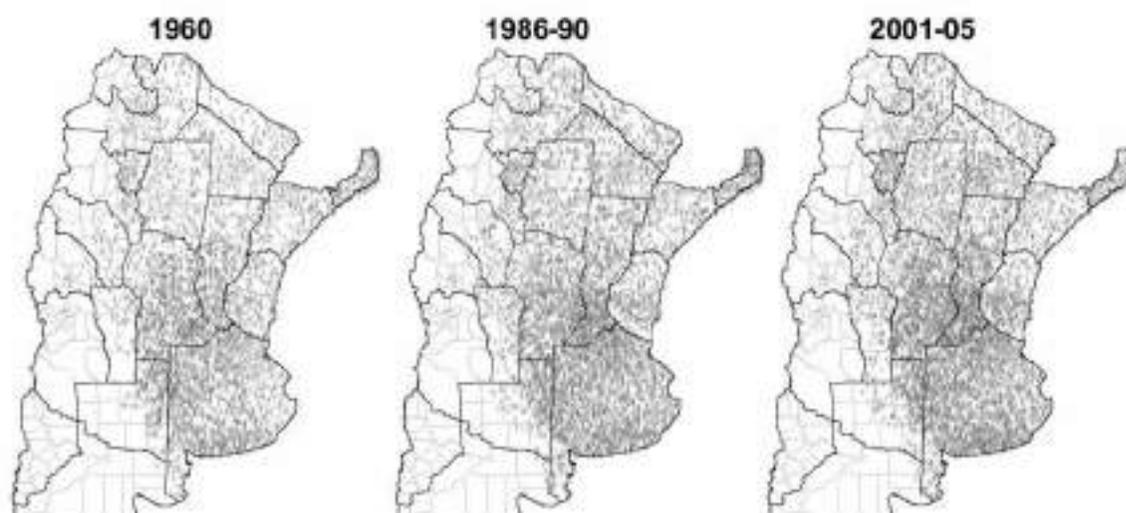


Figura 7.2. Riesgo estimado de intervención del hábitat en distintas eco-regiones de Argentina durante los períodos estudiados. 1 punto = 10.000 unidades relativas.

intervención del hábitat que sufrió el área cultivable de la Argentina entre 1956 y 2005. Es fácil apreciar que el riesgo relativo de intervención del hábitat experimentó una expansión geográfica que muestra una estrecha vinculación con la expansión de la frontera agropecuaria.

La respuesta tecnológica

Existen numerosas prácticas agrícolas que son citadas frecuentemente por su impacto positivo sobre el hábitat y la biodiversidad, como la reducción del uso de pesticidas y fertilizantes, el control mecánico de malezas, el uso de abono verdes y animales, la labranza mínima, el inter-

cultivo, el manejo de bordes, espacios marginales o áreas no cultivadas, épocas de siembra, rotaciones de cultivos, planteos de producción mixta, etc. Tres prácticas pueden ser resaltadas como benéficas para la biodiversidad: i) reducir a niveles estrictamente necesarios el uso de pesticidas químicos y fertilizantes inorgánicos, ii) manejar estratégicamente los sitios no cultivados o marginales que, al convertirse en reservorios, permiten mantener e incrementar la diversidad biológica, y iii) adoptar prácticas de control integrado de plagas y malezas, por ejemplo, tratando de preservar los planteos mixtos y rotativos de producción por su impacto positivo para proveer hábitats heterogéneos y variables en el espacio y tiempo (Hole *et al.*, 2005).

Capítulo 8

Efecto de la agricultura sobre la provisión de servicios ecosistémicos

Carreño LV, Viglizzo EF

El hombre extrae de la naturaleza una gran variedad de bienes y servicios sin ser totalmente consciente de su valor (Balmford *et al.*, 2002). Más aún, la evaluación de los servicios ecosistémicos que ofrecen los distintos biomas del planeta se presenta como uno de los desafíos actuales, ya que su valor rara vez es reflejado por los precios de mercado. Valorar esos servicios es esencial para caracterizar la vulnerabilidad relativa de distintos biomas frente a cambios actuales o potenciales en el uso de la tierra (Metzger *et al.*, 2006). De una manera sencilla, se puede decir que los servicios ecosistémicos son aquellas funciones esenciales del ecosistema que generalmente carecen de un valor de mercado pero que, su alteración o destrucción, afecta la calidad de vida del entorno (MEA, 2003, 2005). Algunos ejemplos concretos de éstos servicios que brinda la naturaleza son la regulación de gases, la regulación del clima, la regulación de disturbios naturales, el suministro de agua, el ciclado de nutrientes, el control de la erosión, la provisión de alimentos y materias prima y la eliminación de desechos.

Valor de los bienes y servicios naturales

Durante la década de 1990 tuvo lugar una corriente de investigaciones en economía ambiental que apuntó a determinar el valor económico de los servicios del ecosistema, y se popularizaron procedimientos tales como la “pre-disposición social a remunerar un servicio”, “el valor contingente”, “el valor de reemplazo”, “el costo evitado”, “el costo de viaje” o el “precio hedónico” (Cristeche y Penna, 2008). Estas metodologías representan de manera arbitraria un valor intangible, de utilidad o de uso, que deja de lado el valor no económico intrínseco del bien o servicio evaluado (Viglizzo y Frank, 2006; Penna y Cristeche, 2008). Uno de los problemas no

resueltos es la distinta percepción que las diferentes sociedades tienen sobre los biomas que les rodean (un pastizal, un bosque, un cuerpo de agua, etc.). En la búsqueda de valoraciones objetivas surgieron enfoques alternativos, como el sistema de valoración energética propuesto por Odum y Odum (2000), o aquellos basados en aspectos biológicos y/o sociales (Kremen y Ostfeld, 2005). Pese a los progresos logrados, aún no existe consenso en la comunidad científica acerca de los enfoques y metodologías más apropiados para valorar la naturaleza. Teniendo en cuenta la creciente necesidad de remover subjetividades, se está generando una demanda creciente de enfoques y métodos basados en datos bio-físicos objetivos. De este modo, se procura lograr estimaciones más confiables que reflejen el valor funcional de los ecosistemas, independientemente de una percepción ocasional u oportunista de utilidad económica.

No todos los ecosistemas ofrecen la misma cantidad de servicios ecosistémicos. Algunos biomas tienen la capacidad de ofrecer servicios de elevado valor ecológico (Costanza *et al.*, 1997), como es el caso de los humedales y los bosques naturales. Pero otros, como las tierras agrícolas, a pesar de tener un alto valor de mercado, su valor ecológico resulta en general bajo por su limitada capacidad de ofrecer otros servicios ecosistémicos esenciales. Es esperable que a medida que la agricultura se expande sobre áreas naturales de alto valor ecológico, la provisión de servicios ecosistémicos de los biomas transformados resulte afectada. Tal situación queda demostrada en estimaciones previas realizadas sobre ecosistemas de la pradera pampeana que han sufrido distintos grados de intervención agrícola en desmedro de sus pastizales naturales (Viglizzo y Frank, 2006). Sin embargo, el impacto de estas alteraciones no es igual en todos los ecosistemas. Cuando se convierte un bosque o un humedal en un campo de agricultura, el impacto sobre los servicios ecosistémicos suele ser muy alto, y el perjuicio potencial a terceros por la pérdida de los mismos puede no justificar la rentabilización de esas tierras a través de la agricultura (Viglizzo y Frank, 2006).

Funcionalidad de los ecosistemas y provisión de servicios ecosistémicos

La disponibilidad de biomasa y los flujos que de ella derivan son una fuente generadora de bienes y servicios ecosistémicos. Varios de ellos, como la protección del suelo, la regulación de los gases y del clima, la regulación de aguas, el ciclado de nutrientes, la provisión de hábitat y refugio, la producción de alimentos, materias prima y recursos genéticos, la provisión de recursos medicinales y ornamentales, y otros vinculados a la cultura (recreación, estética, espiritualidad) están asociados a la existencia y generación de biomasa (de Groot *et al.*, 2002). Buena parte de estos bienes y servicios son también provistos por los recursos acuáticos de los ecosistemas terrestres. Pero estos tienen, además, la capacidad de regular la dinámica hídrica regional (inundaciones), purificar y proveer agua pura, eliminar residuos, proveer alimento (peces), regular la dinámica de nutrientes esenciales, proveer hábitat y biodiversidad, y generar una vía de transporte (Daily, 1997). La mayoría de estos servicios pueden ser explicados y representados a través de dos indicadores dinámicos que varían en el espacio y en el tiempo: i) la PPN y ii) la disponibilidad de corrientes (ríos, arroyos) y cuerpos (humedales, lagos, lagunas) de agua, con sus franjas ribereñas e interfluviales.

Biomasa y agua parecen ser dos componentes clave de los ecosistemas que están asociados a la provisión de bienes y servicios de la naturaleza. En este capítulo se utilizó un modelo de estimación relativa de servicios ecosistémicos a partir de esos dos componentes, pero también se incluyeron otros factores de naturaleza física como la pendiente del terreno, la temperatura media, la altura sobre el nivel del mar o el ingreso de agua al sistema, que tienen la capacidad de modificar la oferta efectiva de servicios. Cuando se utilizan modelos bio-físicos que exigen valorar en distintas unidades, es necesario recurrir a rangos relativos que expresen, indirectamente, el valor de los servicios. Por ejemplo, si el rango de valores va de 0 a 100, el valor 100 representa el caso hipotético

de un bioma cuya oferta de servicios ecosistémicos es completa o perfecta y, por el contrario, el valor 0 es el caso de un ecosistema cuya oferta es nula.

La provisión de servicios ecosistémicos en Argentina

En este capítulo se trabajó sobre la base de un sistema de valuación que surgió de evaluar la funcionalidad ecológica del ecosistema analizado. El valor funcional de un ecosistema se estimó a partir de la sumatoria de seis servicios, algunos de ellos vinculados al stock de biomasa aérea, otros al agua, y otros a una combinación de ambos (ver Anexo Metodológico). Utilizando una base de información de uso-cobertura de la tierra, se aplicó un modelo sencillo para: i) detectar grandes contrastes en la oferta de servicios ecosistémicos de las distintas eco-regiones involucradas en la presente obra (2001-2005), y ii) estimar diferencias en la oferta de servicios ecosistémicos de una determinada eco-región del país en los tres períodos históricos analizados (1956-1960, 1986-1990 y 2001-2005).

En el mapa de la Figura 8.1 se puede apreciar la capacidad diferencial de los distintos biomas de la Argentina para proveer servicios ecosistémicos estimados mediante el método de valuación funcional para el período 2001-2005. Existen algunas eco-regiones que se destacan por su alta oferta relativa de servicios. Es el caso del Bosque Atlántico, el Delta del Paraná, los Esteros del Iberá y la región de las Yungas. Tales resultados concuerdan, en líneas generales, con un trabajo previo de Carreño y Viglizzo (2007), en el cual se tomaron como base los datos de valuación aportados por Costanza *et al.* (1997) en un artículo clásico en el tema. En el trabajo de Carreño y Viglizzo (2007), al ordenar las eco-regiones estudiadas de manera decreciente según su oferta relativa de servicios, se aprecian grandes diferencias entre las mismas. Esto se debe a que las estimaciones de Costanza otorgan valores muy elevados a los ecosistemas acuáticos (principalmente humedales) y bastante menores a los ecosistemas terrestres.



Figura 8.1. Oferta relativa de servicios ecosistémicos para el período 2001-2005, según el método de valoración funcional. 1 punto = 0,25 unidades.

En el mapa de la Figura 8.1, es el Bosque Atlántico quien provee una mayor oferta relativa de servicios. Este bioma adquiere un alto valor indirecto al proveer una gran variedad de servicios como la regulación y purificación de aguas, la protección del suelo contra la erosión, la regulación del clima local y la purificación del aire, la protección contra las tormentas al actuar como barreras rompevientos, el secuestro de carbono y la provisión de hábitat. En orden de importancia decreciente, el elevado aporte de servicios ecosistémicos que registran las eco-regiones del Delta del Paraná y de los Esteros del Iberá se explica, en parte, por la alta proporción de superficie cubierta con humedales, los cuales son sistemas hidrológicamente dinámicos que proveen servicios esenciales como el control de inundaciones, la purificación de aguas, la protección contra tormentas, el ciclado de nutrientes y la provisión de hábitat. En tercer lugar, se aprecia una elevada oferta de servicios ecosistémicos en la eco-región de las Yungas que, por su predominio de bosques en pendiente (montanos y pede-montanos), se comporta como un potente regulador y estabilizador de caudales hídricos y ofrece, al mismo tiempo, un hábitat con capacidad para sustentar una rica diversidad biológica. Continúa luego un grupo

de biomas con valores intermedios de oferta relativa de servicios (eco-regiones del Chaco y del Espinal) y, finalmente, un último grupo que comprende la eco-región Pampeana (con sus sub-regiones) que, pese a su alto valor agrícola, es relativamente pobre en su capacidad para ofrecer servicios ecosistémicos esenciales.

¿Cuál ha sido el impacto que han tenido los cambios ocurridos en el uso-cobertura de la tierra (1956-2005) sobre la oferta de servicios ecosistémicos en las eco-regiones del país analizadas? En el Cuadro 8.1 se observa que tales resultados varían de acuerdo a la región considerada. Entre ellas, el Bosque Atlántico, el Chaco Subhúmedo Occidental (Chaco Salteño o Umbral al Chaco), y la eco-región de las Yungas parecen haber sido las más afectadas a lo largo de todo el período de estudio. La situación es distinta en la eco-región del Espinal. Allí, la oferta relativa de servicios parece haberse incrementado con el tiempo. Es particular también el caso de las eco-regiones con una vasta extensión de territorio cubierta por humedales y cuerpos de agua. Si bien los Esteros del Iberá poseen una oferta relativa de servicios ecosistémicos elevada, la disminución a lo largo del tiempo fue relativamente menor a la de otras

eco-regiones. En el trabajo previo de Carreño y Viglizzo (2007), los autores ya señalaban la relativa estabilidad temporal en la oferta de servicios de algunas regiones con humedales estables como los de la región Mesopotámica argentina. Resulta menos claro en cambio, el caso del Delta Paranaense, ya que se observa un ligero incremento de la oferta de servicios para el período 1986-1990, aunque esto podría relacionarse con la naturaleza dinámica propia de estos sistemas hidrológicos. Por último, para aquellas eco-regiones del país altamente productivas como las Pampas, los cambios en la oferta resultan casi imperceptibles debido al valor ecológico relativamente bajo de sus tierras.

La dinámica de la frontera agropecuaria entre 1956 y 2005, y los cambios tecnológicos asociados (expuestos con más detalle en el Capítulo 1), pueden en parte explicar los cambios ocurridos en la oferta de servicios ecosistémicos en varias de las eco-regiones estudiadas.

Tales cambios pueden ser atribuidos a: a) las elevadas tasas de deforestación y la expansión de cultivos de cosecha y forrajeros en la eco-región del Chaco Salteño; b) la reducción de la superficie de bosques naturales en el Bosque Atlántico, la región Chaqueña y la Selva de las Yungas; c) el desplazamiento de ganado bovino desde la región pampeana hacia las eco-regiones del Chaco, Bosque Atlántico y los Esteros del Iberá, que impulsó el reemplazo de áreas boscosas por áreas de pasturas cultivadas y, d) el aumento de leñosas en la eco-región del Espinal, entre otros. La alta variabilidad registrada en la oferta de servicios ecosistémicos en varias de las eco-regiones involucradas demuestran el alto valor ecológico original de las mismas, como ocurre con el Bosque Atlántico, el Delta del Paraná, los Esteros del Iberá y la región de las Yungas. Pero esta variabilidad también revela su vulnerabilidad ecológica frente a la intervención humana. Estas características y atributos particulares de cada bioma, evaluados a

Cuadro 8.1. Oferta relativa de servicios ecosistémicos para los tres períodos analizados según el método de valoración funcional (0-100).

Eco-región	Sub-región	Valor Total de Servicios Ecosistémicos		
		1956-60	1986-90	2001-05
Pampas		0,69	0,69	0,65
	Ondulada	0,79	0,68	0,64
	Subhúmeda	0,67	0,69	0,66
	Austral	0,70	0,70	0,65
	Semiárida	0,62	0,62	0,62
	Anegable	0,59	0,61	0,60
	Mesopotámica	0,88	0,89	0,80
Espinal y Campos		1,76	2,01	2,05
Chaco		2,63	2,45	2,31
	Húmedo Sub-húmedo	3,56	3,36	3,16
	Sub-húmedo Central	2,89	2,72	2,54
	Seco	1,86	1,85	1,83
	Sub-húmedo Occidental	4,75	3,69	3,15
Bosque Atlántico		31,23	23,05	18,99
Esteros del Iberá		13,70	13,16	12,78
Delta del Paraná		14,75	16,26	13,03
Región de Yungas		12,73	11,04	9,33
	Promedio	3,50	3,27	2,96

través de métodos objetivos, deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar estrategias de ordenamiento territorial del espacio rural.

Respuesta estratégica

Una respuesta estratégica que permita estabilizar la oferta de servicios ecosistémicos esenciales debe estar focalizada, centralmente, en las políticas de ordenamiento territorial del espacio rural. Como se muestra en el mapa de la Figura 8.1, es necesario reconocer la aptitud diferencial de las distintas eco-regiones que forman parte del territorio argentino. Algunas eco-regiones tienen una marcada aptitud para proveer servicios agropecuarios con valor tangible de mercado, como granos, carnes, leche, fibras vegetales y animales, materias prima, etc. Tal es el caso de la región pampeana argentina. Pero otras eco-regiones tienen una reconocida aptitud para proveer servicios ecosistémicos intangibles que, pese a no cotizar en el mercado,

son esenciales para sostener los sistemas de vida. Esto ocurre en eco-regiones boscosas como el Bosque Atlántico y la selva montana de las Yungas, o en biomas de humedal como los que existen en las eco-regiones de los Esteros del Iberá o del Delta del Paraná. No sería racional convertir esos biomas de alto valor ecológico en biomas agrícolas y ganaderos de dudosa sustentabilidad futura. Una estrategia racional sería, en cambio, generar un sistema de estímulo financiero mediante el cual los dueños de tierras de alto valor ecológico reciban una compensación atractiva a cambio de mantener esos biomas en plena funcionalidad y capacidad para proveer servicios ecosistémicos de importancia crítica. Es necesario evitar que caigan en la natural tentación de opciones agrícolas o ganaderas de mayor rentabilidad en el corto plazo al costo de destruir su alta capacidad de oferta de servicios ecológicos que son esenciales e irremplazables para la sociedad.

Capítulo 9

La relación soja-ecología-ambiente. Entre el mito y la realidad

Pincén D, Viglizzo EF, Carreño LV, Frank FC

¿Ángel o demonio? La soja, como cultivo dominante de las últimas décadas en la agricultura argentina, ha sido igualmente santificada por algunos sectores, como demonizada por otros. Para algunos, es el cultivo que ha permitido el despegue de la economía argentina debido a su alta productividad y rentabilidad (Figura 9.1) y a su impacto positivo sobre los excedentes generados en nuestra balanza comercial de los últimos 20 años. Resaltan la plasticidad del cultivo, la simplicidad de su manejo y el alto impacto de su modelo tecnológico, basado en un esquema simple integrado por la siembra directa, el uso de material transgénico resistente al herbicida Glifosato, y la aplicación generalizada

de este último insumo. Estos argumentos parecen ser suficientemente sólidos para explicar la explosiva expansión de la soja en el territorio argentino desde la década de 1980 (Figura 9.2).

Para otros, la soja es el cultivo que dispara una rápida deforestación de los bosques nativos en el NO del país, concentra la riqueza en grandes corporaciones, destruye empleos rurales, expulsa comunidades indígenas, aniquila la diversidad biológica, y deteriora la calidad ambiental debido a un mayor uso de plaguicidas y fertilizantes que contaminan el suelo, el aire y los cuerpos de agua, y afectan la salud humana ¿Cuánto hay de mito y realidad en esta puja a menudo sesgada por intereses económicos, políticos o ideológicos? En este capítulo nos proponemos ayudar a esclarecer, mediante la información objetiva que disponemos y generamos en este estudio, algunos aspectos vinculados a la problemática ecológica y ambiental de la soja.

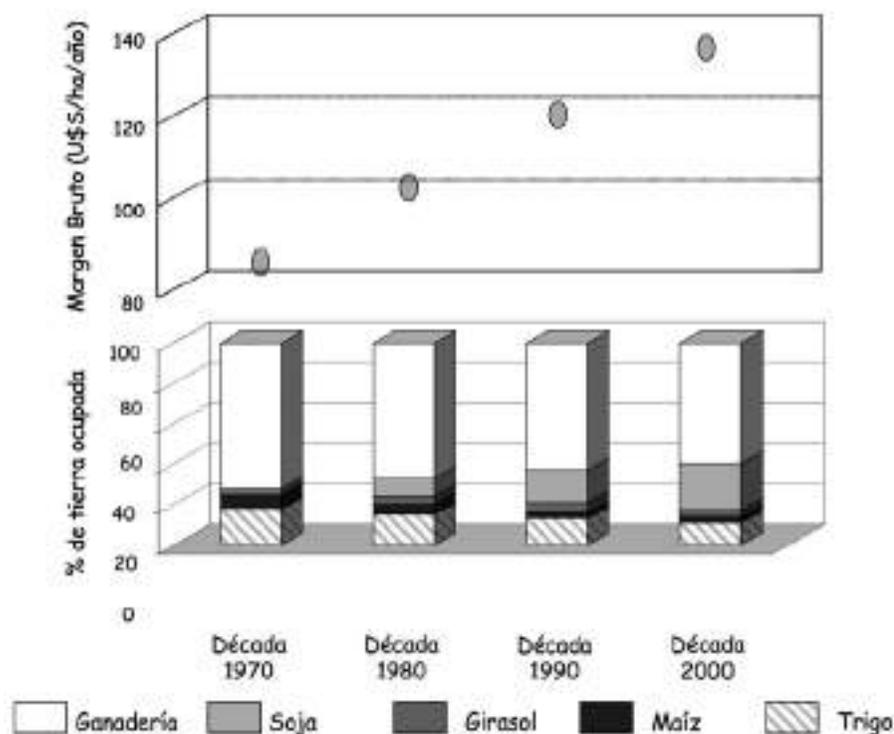


Figura 9.1. Cambios históricos en la configuración del uso de la tierra y su impacto sobre el margen bruto (círculos grises) por hectárea (Fuente: Viglizzo, 2008).

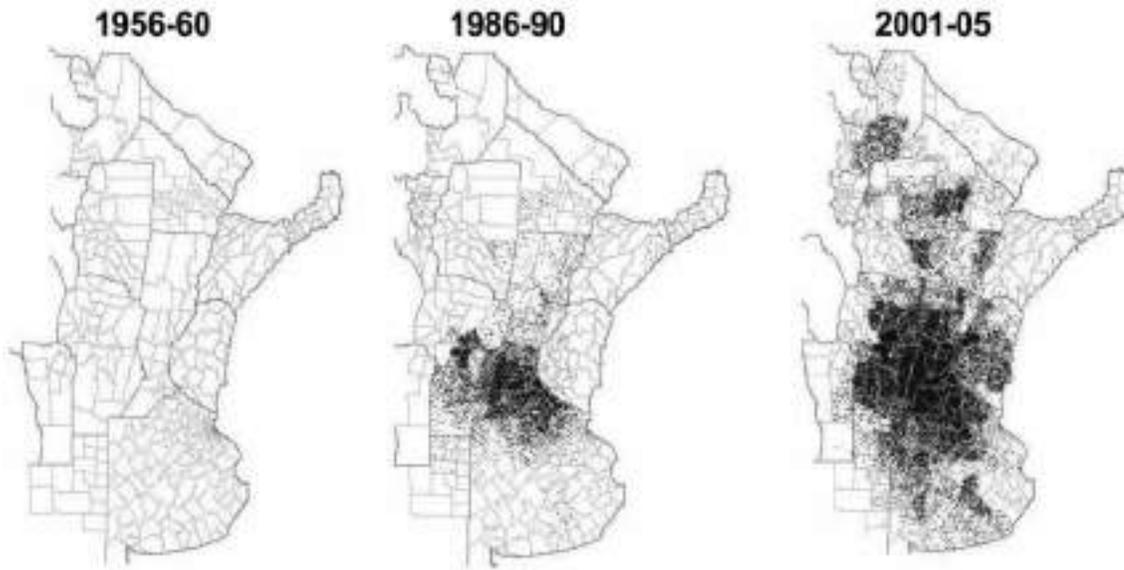


Figura 9.2. Expansión histórica del área de soja en la Argentina. 1 punto: 350 ha (Fuente: Carreño y Viglizzo, 2007).

Eficiencia energética del cultivo de soja

Una preocupación frecuente que ha inquietado por años a agrónomos y ecólogos es la eficiencia energética de las actividades agropecuarias (Spedding, 1979; Odum, 1975). Cuando la cantidad de energía fósil consumida en una unidad de tiempo y espacio iguala o supera la energía producida como alimento o como bioenergía, el proceso productivo comienza a ser severamente cuestionado. Por otra parte, la ecuación energética resulta desfavorecida porque el consumo de energía fósil está directamente asociado a la emisión de gases de efecto invernadero (ver Capítulo 5), con lo cual emerge una externalidad adicional que es necesario incorporar al análisis. En términos energéticos ¿qué ha implicado la acelerada expansión de la soja en nuestros sistemas extensivos de producción? ¿Justifica el rendimiento energético de la producción de soja un mayor consumo de energía fósil?

Algunos resultados de nuestro estudio se presentan en la Figura 9.3, que muestra una

mayor producción de energía pero no así un mayor consumo de energía fósil a medida que la soja ha incrementado su participación en el planteo productivo. Esto significa un balance favorable en la eficiencia energética de los sistemas estudiados. Mientras que las regiones que tienen niveles bajos de participación de la soja muestran una relación relativamente equilibrada entre energía fósil consumida y energía biológica producida (por ejemplo: Bosque Atlántico y Esteros), esa relación de eficiencia mejora sustancialmente cuando la soja adquiere mayor gravitación en el sistema de producción (como en la Región Pampeana y las Yungas). Es previsible inferir que esta relación, aún más favorable en el período 2001-05, ha sido influida por una adopción masiva de siembra directa, que es un sistema que reduce significativamente los consumos de energía fósil en relación a otros sistemas de labranza. A nivel regional, la soja aportó en el último período estudiado más de un tercio de la producción de energía, y pero solamente alrededor del 10% del consumo de energía fósil correspondiente.

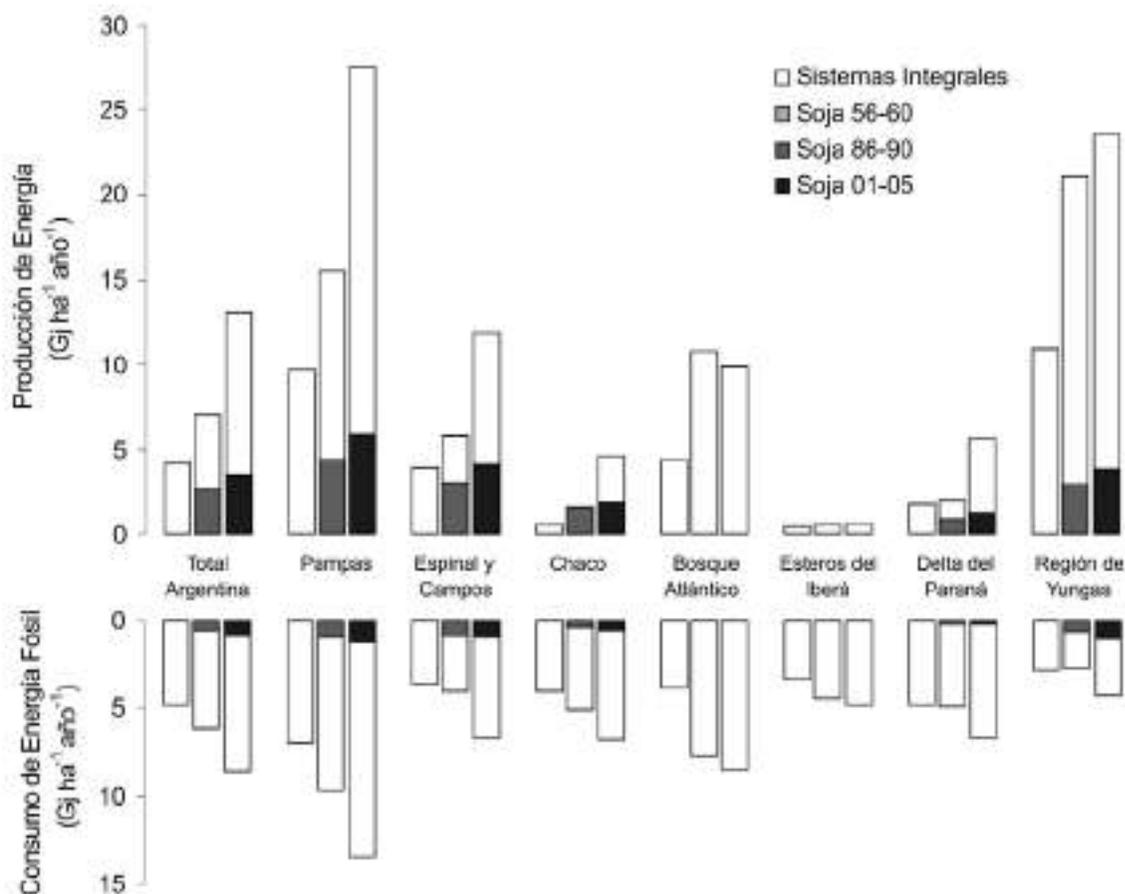


Figura 9.3. Consumo y producción de energía de la soja en relación a los sistemas integrales en diferentes períodos y regiones.

Soja y deforestación

Más allá de las ventajas productivas y económicas que se le asignan, la expansión de la soja para alimento o para bio-combustible es a menudo citada como la causa principal de deforestación y daño ambiental. Semino (2008) atribuye a este cultivo la deforestación agresiva de bosques y montes nativos mediante máquinas topadoras, fuego y aplicaciones aéreas de plaguicidas. Mientras algunos autores (Grau *et al.*, 2005) sostienen que las tasas de deforestación en el bosque chaqueño argentino son menores que las ocurridas en la pluviselva tropical brasileña, otros (Boix y Zinck, 2008) consideran que la intensidad de la deforestación argentina, en términos relativos, es mayor que la brasilera debido a que ésta última ocurre sobre una superficie boscosa 1200 veces mayor que la del Chaco. Datos de la Secretaría de Ambiente y

Desarrollo Sustentable (SAyDS) de la Argentina indican que, a pesar de la vigencia de la Ley de Bosques N° 2386 del año 2007, en el año 2008 se deforestaron alrededor de 140.000 hectáreas en el NO de Argentina.

Como se señaló en el Capítulo 3 de esta obra, la deforestación del bosque nativo conduce a pérdidas de carbono orgánico en biomasa y suelo que incrementan las emisiones globales de gases invernadero (Gasparri *et al.*, 2008) y deterioran en el largo plazo los sumideros naturales de este elemento (Guillison *et al.*, 2007). Datos de Taboada (2004) indican que la deforestación es una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero de la Argentina.

La pregunta inevitable es si el cultivo de soja, tal como difunden con frecuencia los me-

dios, ha sido efectivamente el principal responsable de las altas tasas de deforestación en el norte argentino. Una manera simple (o quizás, simplista) de evaluarlo es confrontar, en términos espaciales, el % del área implantada con soja en los departamentos con vegetación boscosa/leñosa de nuestras provincias norteañas, con el stock de carbono contenido en esa biomasa leñosa. Dado que el stock de C está directamente asociado al stock de biomasa leñosa, una alta correlación negativa sería un claro indicio de un efecto negativo directo de la expansión de la soja sobre el área boscosa. Contrariamente a lo esperado, los resultados de la Figura 9.4 nos muestran que esa relación negativa entre soja y C en biomasa leñosa no aparece como tal en ninguno de los biomas analizados durante los períodos 1986-90 y 2001-05.

Este análisis espacial solamente indica que los departamentos con menor biomasa boscosa no necesariamente son los que tienen la mayor superficie implantada con soja. En necesario

reconocer que este enfoque es demasiado simplista, y enmascara seguramente otra relación de causalidad significativa, pero más indirecta, que no es captada en el análisis. Idealmente, el análisis debería ser abordado sobre una dimensión temporal antes que espacial, pero no se disponen de series prolongadas de datos que permitan confrontar en forma directa el avance del cultivo de soja con la deforestación de bosques nativos. No obstante, se ha podido reconstruir una serie de tiempo para ambas variables en el noroeste argentino que cubre el período 1977-2005.

La deforestación acumulada fue estimada a través de imágenes satelitales (Volante *et al.*, comunicación personal), y la expansión del cultivo de soja fue estimada a partir de datos anuales provistos por los censos de la SAGPYA (2009) de la Nación. La Figura 9.5 muestra una relación completamente distinta a la obtenida en la figura anterior. Se halló un $R^2 = 0,92$ cuando se confrontaron ambas variables, lo

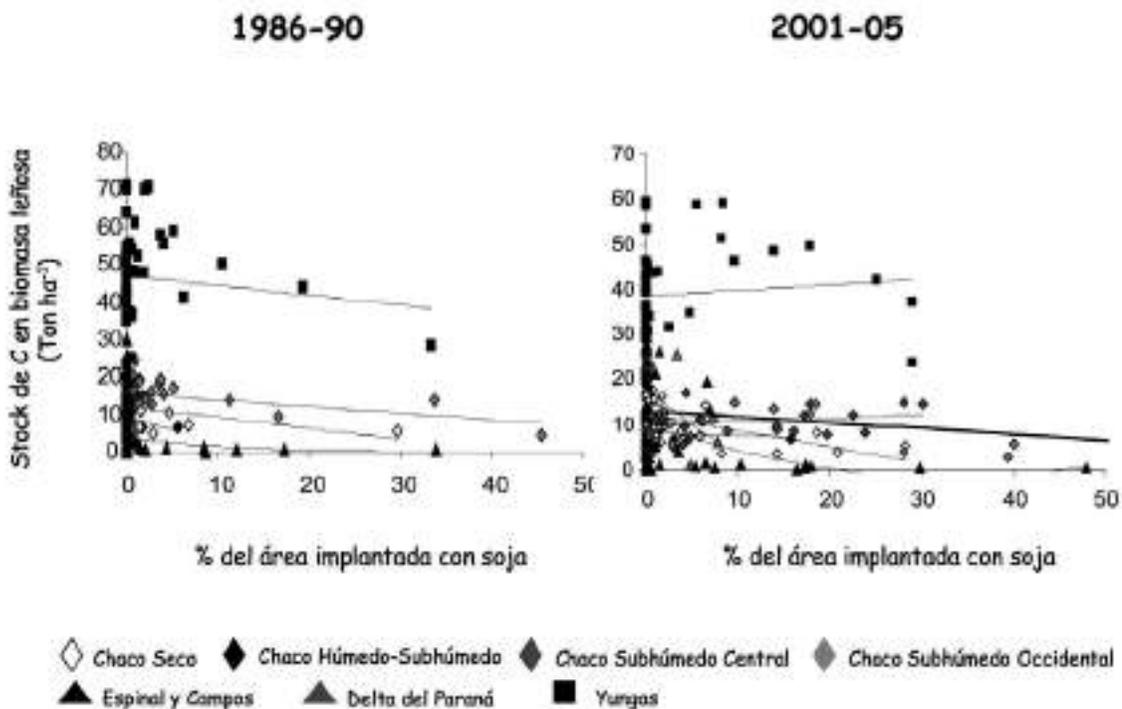


Figura 9.4. Relación entre el porcentaje del área cultivada con soja y el stock de Carbono en biomas boscosos/leñosos de la Argentina.

cual permite inferir que el avance de la soja está estrechamente vinculado a la creciente deforestación que se ha registrado en el noroeste argentino. También otro factor indirecto asociado a la soja puede explicar la declinación del área boscosa: el avance del cultivo de soja en la región pampeana sobre las áreas de pastoreo probablemente ha provocado un desplazamiento significativo de la ganadería bovina hacia regiones extra-pampeanas (Capítulo 1 de esta obra). Para alojar esa creciente migración ganadera, es posible que una parte considerable del área deforestada se haya convertido en tierras de pastoreo, sin pasar necesariamente al cultivo de soja.

Soja y contaminación por plaguicidas

Algunas organizaciones ambientalistas han levantado voces de alarma acerca del impacto ambiental negativo que tendría el uso intensivo de plaguicidas como el Endosulfán, Glifosato, Paraquat y otros en cultivos extensivos dominantes. La aplicación creciente del Glifosato está estrechamente vinculado a la expansión de soja transgénica (soja GM) resistente a este herbicida. La soja GM pasó de ocupar un 19 % del área cultivada con soja en 1997/98, a un

100% en 2008 (USDA, 2008). Aproximadamente en igual período, el consumo de Glifosato se elevó de 14 millones a 200 millones de litros.

En la Figura 9.6 se muestra una relación comparada entre el riesgo de contaminación por el cultivo de soja y el estimado para los sistemas integrales de producción (que incluyen a la soja más todas las actividades agropecuarias restantes) durante el período 2001-05. Los resultados obtenidos indican que la expansión de la soja en los sistemas de producción podría duplicar el riesgo de contaminación por plaguicidas en relación al promedio del conjunto de actividades agropecuarias. La alta dependencia del esquema de soja GM-siembra directa respecto de los plaguicidas explicaría este fenómeno. No obstante, si comparamos esos valores con los obtenidos para el conjunto de actividades en el período 1956-60, los riesgos actuales de contaminación por plaguicidas debido al uso de la soja serían aproximadamente la mitad de los que se habrían registrado 50 años atrás.

Algunas investigaciones se han ocupado de estudiar el impacto negativo del Glifosato sobre los organismos benéficos como las lombrices (Casabé *et al.*, 2007) y otros organismos

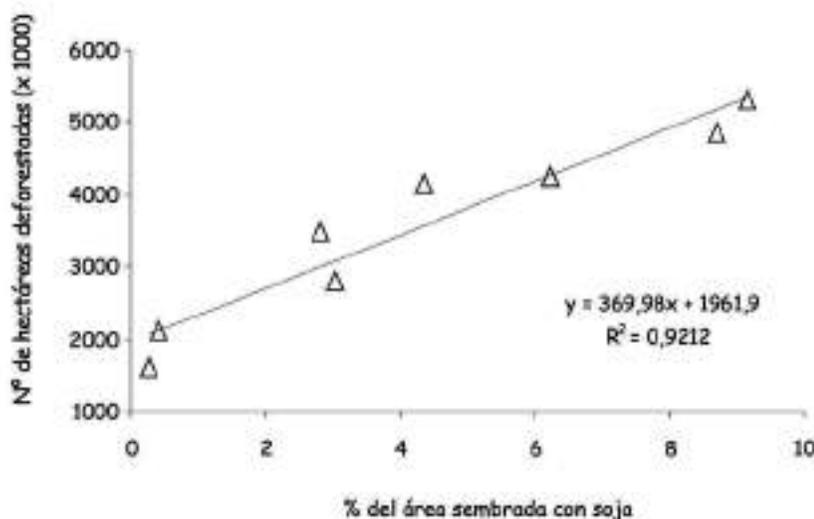


Figura 9.5. Relación entre la superficie deforestada y el área sembrada con soja en el NOA entre 1977 y 2005 (Fuentes: Volante *et al.*, comunicación personal; SAGPyA, 2009).

del suelo que facilitan su degradación, con lo cual aumentaría su persistencia en el ambiente (Pessagno *et al.*, 2005). Por otro lado, algunas organizaciones ambientalistas han reportado casos (que no fueron probados científicamente) de malformación en embriones y toxicidad en humanos atribuidos al Glifosato, especialmente cuando las fumigaciones aéreas se realizaron en cercanía de poblados. Al existir información contradictoria respecto a estos temas de toxicidad vinculados a la producción de soja, especialmente del herbicida Glifosato, el CONICET de Argentina encomendó a un grupo de expertos una revisión de antecedentes nacionales e internacionales acerca del tema. Se realizó un estudio multi-disciplinario (CONICET, 2009) que intentó esclarecer aspectos esenciales del impacto del herbicida Glifosato sobre: (i) la salud humana, (ii) la persistencia en el ambiente, (iii) la presencia de residuos en alimentos y agua, (iv) los mamíferos de laboratorio, y (v) la biota terrestre y acuática. Las principales conclusiones indican que los estudios epidemiológicos encontrados no demuestran una correlación entre la exposición al Glifosato y efectos tales como incidencia de cáncer, problemas reproductivos, enfermedad de Parkinson, o hiperactividad y déficit de atención en niños, como reportaron algunas publicaciones no científicas de divulgación. Solamente cuando

el producto se aplica directamente sobre la piel puede provocar casos de irritación verificable.

La persistencia del Glifosato en el suelo es variable (entre 12 y 60 días), y esto parece depender del clima y del tipo de suelo considerado. Si bien el producto puede aparecer en cuerpos de agua superficiales por deriva o escurrimiento luego de su aplicación, sería aún bajo el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. Se detectaron vestigios de Glifosato en granos cosechados de soja GM, pero no en sus derivados de harinas y aceites. Sin embargo, la concentración de residuos encontrados no parece ser un riesgo para la salud de los consumidores. En animales de laboratorio (ratas, perros, conejos) expuestos a altas concentraciones de Glifosato se ha comprobado la existencia de una toxicidad leve. No obstante, la absorción por vías cutánea y oral parece ser limitada, y su excreción es rápida, lo que explicaría que no se hallaran casos de bio-acumulación en tejidos. En lo que respecta a la biota del suelo y del agua, la toxicidad parece depender de la formulación del producto aplicado. Existen algunas formulaciones más tóxicas que otras. Por ejemplo, en invertebrados terrestres se detectó una toxicidad de leve a moderada que se manifestó bajo la forma de efectos sub-letales.

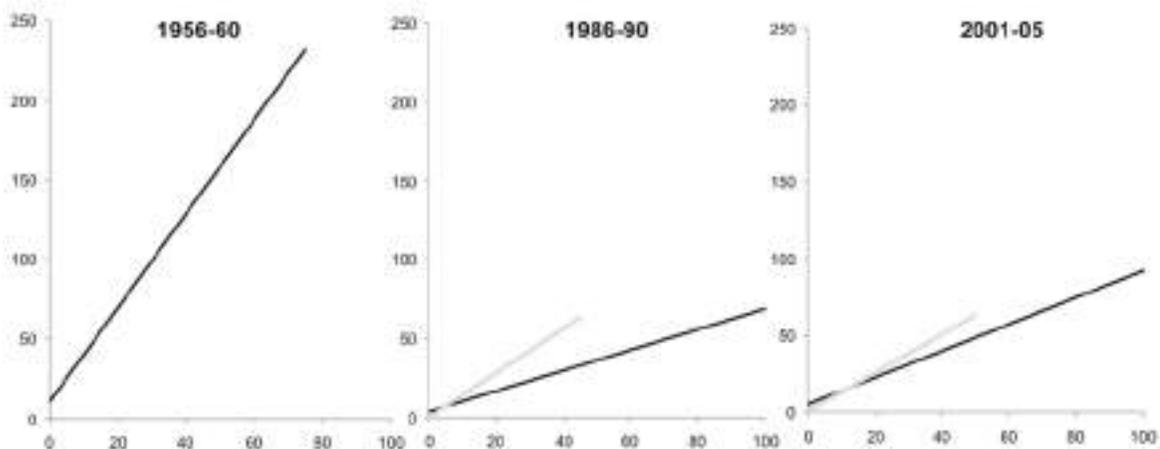


Figura 9.6. Riesgo de contaminación por plaguicidas de la soja (líneas grises) en relación al conjunto de los cultivos (líneas negras) en los periodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05.

El riesgo de contaminación por plaguicidas que puede asociarse al cultivo de soja merece ser sometido a un escrutinio científico adicional, ya que parece ser éste el eslabón más débil en la cadena de críticas y objeciones que acumula el cultivo. No obstante, a partir del análisis comparativo del indicador de riesgo de contaminación por plaguicidas (Capítulo 6), se puede ver que la soja aporta al mismo en mayor medida que el resto de los cultivos (Figura 9.6). Teóricamente, si continuase aumentando la proporción de este cultivo, los riesgos de contaminación relativos se verían incrementados considerablemente.

Los balances minerales en el cultivo de soja

Cruzate y Casas (2003) y Forjan (2006) atribuyen a la expansión del cultivo de soja la alta tasa de extracción de nitrógeno y otros minerales esenciales del suelos. Aunque entre 30-50 % del N consumido por el cultivo es aportado por la propia planta a través de fijación simbiótica, ese aporte no alcanzaría para compensar la extracción provocada por un grano con alto contenido de N proteico. Cruzate y Casas (2003) indican que el crecimiento de la producción agrícola en Argentina se logró en base a nuevas tec-

nologías, a una mejora en el manejo de conocimientos e información por parte de productores y técnicos, y a la propia capacidad productiva de las nuevas tierras incorporadas a la producción agropecuaria. Según estos autores, el consumo anual de nutrientes por los cultivos se aproximaría a los 4 millones de toneladas, mientras que la reposición sería ligeramente superior a 1 millón de toneladas que provendrían, básicamente, de la aplicación de unos 2,5 millones de toneladas de fertilizantes. O sea que el nivel de reposición alcanzaría apenas entre el 25 y 30 por ciento de lo extraído, generando un balance negativo que seguramente afectará la producción futura. Las máximas tasas de extracción de nutrientes ocurren en la denominada "área núcleo" de la Pampa Ondulada (norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba), y también en el centro y norte de Córdoba. En estas regiones se extraerían 14-21 kg P ha⁻¹ año⁻¹, 10-14 kg S ha⁻¹ año⁻¹ kg ha⁻¹, y 6- 8 kg Ca ha⁻¹ año⁻¹.

Los resultados (Figura 9.7b) de este estudio indican que la expansión del cultivo de soja podría explicar un elevado porcentaje (R² = 0,36) de la extracción de P del suelo, alcanzando valores de extracción de 12-15 kg P ha⁻¹ año⁻¹, en regiones donde el cultivo se aproxima

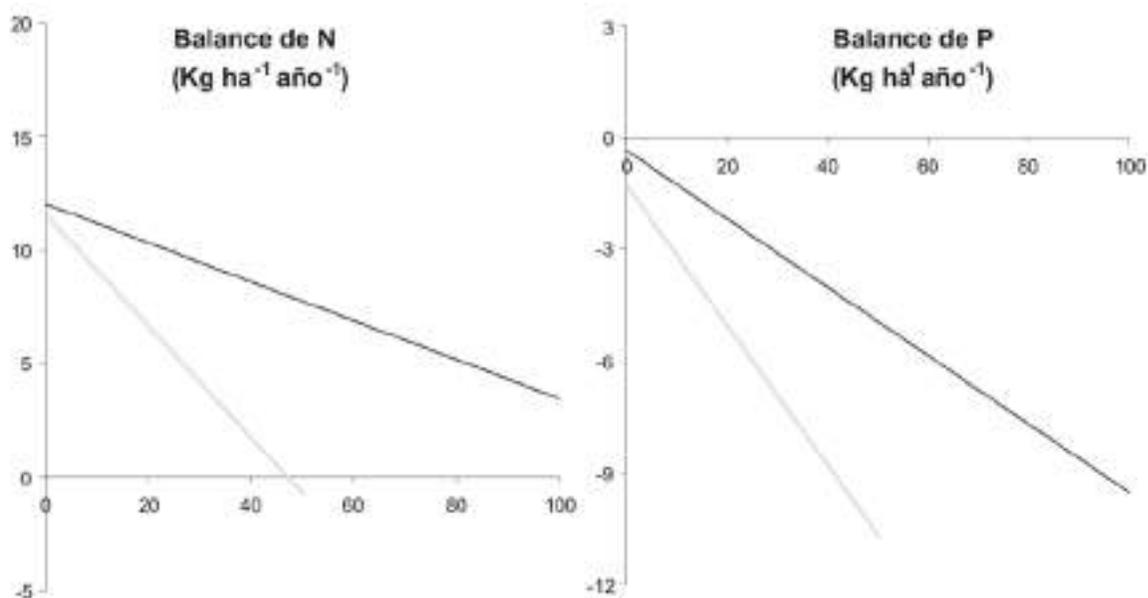


Figura 9.7. Relación entre la superficie de soja implantada y los balances estimados de a) Nitrógeno (N) y b) Fósforo (P) para soja (líneas grises) y los sistemas integrales (líneas negras).

al 50 % del área cultivada. Estas cifras coinciden con las informadas por Cruzate y Casas (2003). En nuestro estudio, el balance de N no es tan claro. En la Figura 9.7a se presentan resultados que solo indican una tendencia a lograr balances negativos de N cuando la superficie de soja implantada excede el 50 % del área cultivada. Pero en este caso, el cultivo de soja explicaría apenas el 11 % de la variabilidad registrada. En otras palabras, otros cultivos y actividades darían cuenta de la mayor parte de los balances negativos de N que se han estimado. Dados estos balances minerales que oscilan entre levemente positivos y marcadamente negativos, no es posible inferir la ocurrencia de episodios extensivos de contaminación de corrientes y cuerpos de agua superficiales, ni menos aún de los acuíferos subterráneos. La eutrofización causada por contaminaciones puntuales de cuerpos de agua o napas se debería, principalmente, a episodios localizados de escurrimiento superficial.

Impacto de la expansión de soja sobre el hábitat y la oferta de servicios ecosistémicos

En este estudio se valoró el impacto de la soja sobre la biodiversidad a través de un indi-

cador indirecto que valora el impacto sobre el hábitat. El supuesto utilizado fue que los mayores índices de intervención del hábitat reflejan un efecto negativo sobre las especies de la flora y la fauna. En efecto, se han reportado datos de poblaciones de aves nativas que tendieron a declinar cuando las tierras naturales fueron convertidas en paisajes agrícolas (Furness y Greenwood, 1993; Tucker y Heath, 1994; Gregory *et al.*, 2000). Datos de Schrag *et al.*, (2009) indican que la riqueza de especies de aves en la pradera pampeana tiende a estar correlacionada positivamente con la presencia de vegetación natural y negativamente con la presencia de sistemas simplificados de cultivo como la soja u otros cultivos anuales.

El indicador utilizado para valorar el impacto de la soja sobre el hábitat indica que la expansión de este cultivo estuvo asociada a una declinación en la calidad del hábitat (Figura 9.8), la cual afectaría de manera indirecta la diversidad biológica en los ecosistemas intervenidos. A diferencia de lo que ocurre con el riesgo de contaminación por plaguicidas, la expansión de la soja no tendría un efecto mayor al resto de los cultivos que integran los sistemas de producción.

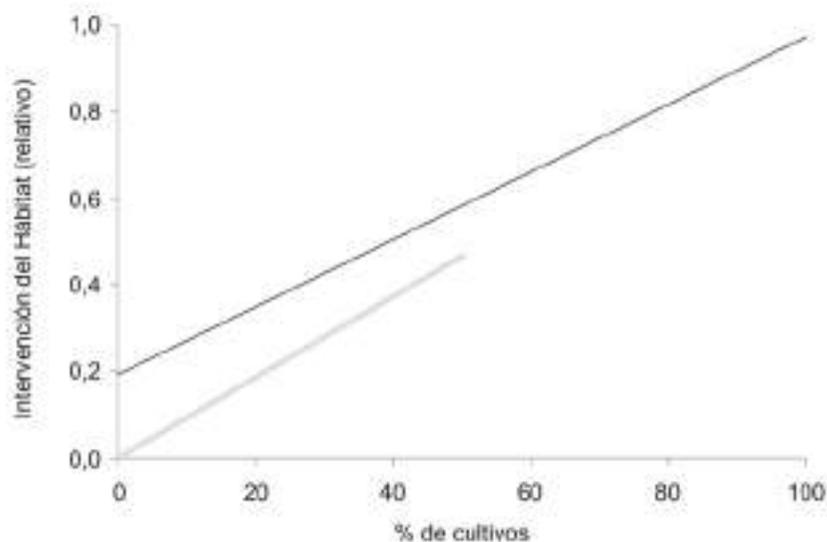


Figura 9.8. Relación comparada entre el riesgo de intervención del hábitat por cultivo de soja (línea gris) y el estimado para los sistemas integrales de producción analizados (línea negra) durante el período 2001-05.

Si existe una relación efectiva entre la expansión del área de soja y la pérdida de biomasa boscosa y C en biomasa como parece mostrar la Figura 9.5, es inevitable asociar a la expansión de este cultivo con una declinación en la oferta de servicios ecosistémicos, tal como ocurriría con la capacidad de los biomas boscosos para retener y secuestrar C atmosférico. Igualmente, la pérdida de biomasa boscosa supone una reducción en la oferta de servicios de protección de suelos, regulación de flujos de agua, regulación del clima local, ciclado de nutrientes y control de disturbios. Sin embargo, no puede culparse a un cultivo en especial por estas pérdidas, ya que es el hombre que, en su búsqueda de una mejor renta económica en el corto plazo, desencadena estos episodios. Podría ocurrir lo mismo con cualquier otro cultivo o actividad agropecuaria que mejore la respuesta económica frente un cambio en el uso y cobertura de la tierra.

Respuesta tecnológica

Las recetas tecnológicas para mejorar los impactos negativos de este cultivo son bien conocidos: labranza conservacionista o siembra

directa, rotación con cultivos de gramíneas o con pasturas, fertilización estratégica (principalmente fosforada), control integrado de plagas. Como la sucesión de cultivos de soja de un año para otro en las mismas tierras acarrea una relación repetitiva de extracción de nutrientes, es necesario quebrar ese patrón negativo mediante rotaciones con otros cultivos. El maíz, el sorgo, el trigo y otras gramíneas generan relaciones diferentes de extracción, con lo cual se puede generar un balance más equilibrado de nutrientes en los suelos a través de los años. Asimismo, como estas gramíneas permiten una incorporación de rastrojos y residuos de cosecha, y dejan un remanente radicular que enriquece los contenidos de C en suelo, las rotaciones soja-gramíneas parecen ser un componente esencial para mejorar la sustentabilidad de nutrientes en el sistema de producción.

Por otro lado, la sustitución de áreas naturales de bosques, leñosas y pastizales por cultivos anuales deben realizarse dentro de un esquema de ordenamiento territorial del espacio rural, especialmente en regiones donde la agricultura y la ganadería se expanden con mayor velocidad.

Capítulo 10

Agricultura y ambiente en Argentina y el mundo

Viglizzo EF

Los resultados de este estudio indican que 50 años de expansión agropecuaria sobre las tierras más productivas de la Argentina han provocado tanto alteraciones funcionales en los ecosistemas como impactos ambientales en el medio rural. Algunos cambios han sido positivos, otros neutros o negativos. El análisis de estos cambios a partir de cifras que representan valores medios del territorio estudiado permitió reconstruir un modelo hipotético que describe el impacto ecológico y ambiental de medio siglo de agricultura de secano en la Argentina (Figura 10.1).

La conversión de tierras naturales (bosques y pastizales) en tierras cultivadas (pasturas y cultivos), y la creciente incorporación tanto de insumos tecnológicos (fertilizantes, plaguicidas, alimentos concentrados, combustibles) como de prácticas agronómicas (sistemas de labranzas, manejo de plagas y malezas, rotaciones) durante el último medio siglo, produjeron una notable ampliación de los flujos de energía que tuvo su impacto en una mayor productividad, una apertura de los ciclos de la materia (C, N, P y agua), y un impacto ambiental cambiante sobre el medio rural.

Nuestros resultados indican que si bien el stock de N podría haber aumentado entre la década de 1990 y comienzos del siglo 21 por un uso creciente de fertilizantes nitrogenados y una mayor fijación de N atmosférico, los stocks de C

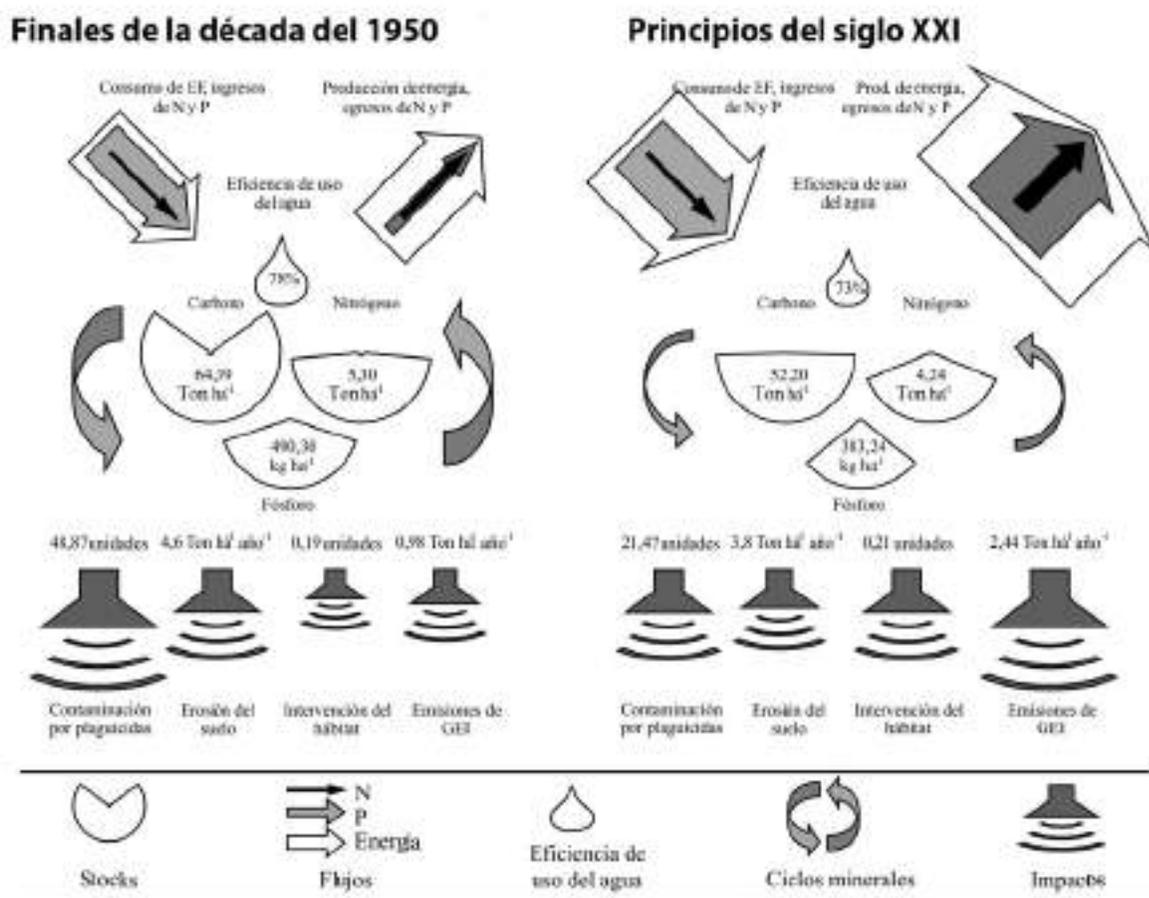


Figura 10.1. Alteraciones funcionales sobre los ecosistemas e impactos ambientales de la expansión agropecuaria en Argentina.

y de P habrían experimentado en 50 años una pérdida aproximada de 10 % y 40 %, respectivamente. Las consecuencias de estas cifras se reflejan en un debilitamiento paralelo de los ciclos internos de estos dos minerales dentro de los ecosistemas. Este comportamiento sería el resultado de un flujo energético de entrada (mayor ingreso de energía fósil) y de salida (mayor productividad) más potente al final que al inicio del período estudiado, lo cual conlleva una mayor extracción de C debida a la pérdida de biomasa forestal, y una mayor extracción de P disponible en suelo explicada por una mayor superficie de cultivo y una productividad mayor por hectárea. Es probable que ni las tasas de reforestación ni la fertilización fosfórica (que fue pequeña en relación a la nitrogenada) permitirían compensar las pérdidas acumuladas de C y P. La mayor productividad lograda a comienzos del siglo 21, que triplicó la alcanzada a fines de la década de 1950, se logró en buena medida a expensas de un considerable empobrecimiento del capital mineral del suelo y la biomasa.

Pero no todas las consecuencias de la expansión agrícola parecen haber sido negativas. Merced a una masiva incorporación de tecnologías de labranza, de manejo y la aplicación de plaguicidas de menor toxicidad relativa se aprecia, a comienzos del siglo 21, en relación a las décadas de 1950-60, una significativa reducción de impactos negativos debidos a la contaminación por plaguicidas y a la erosión de los suelos. Las estimaciones indican valores de riesgo 50 % más bajos al final que al comienzo del período estudiado. Como contrapartida, debido al mayor número de hectáreas cultivadas, el cual se incrementó casi en 60 % en 50 años, parece haber aumentado (aproximadamente un 70 %) la presión sobre el hábitat.

Estos efectos y cambios han afectado seguramente la oferta de servicios ecosistémicos en las eco-regiones estudiadas. Dado que varios servicios naturales (protección del suelo, ciclado de nutrientes, regulación de gases, control de disturbios, provisión de hábitat) están vinculados a la economía del C, es dable inferir que la pérdida de C en biomasa y suelo ha

devaluado la oferta de algunos servicios ecosistémicos, particularmente aquellos provistos por las tierras boscosas del Bosque Atlántico, de las Yungas y de la eco-región Chaqueña. De igual manera, es probable que la pérdida de biomasa boscosa y su reemplazo por biomasa de pasturas y cultivos haya modificado los patrones regionales de evapotranspiración y la eficiencia de captura del agua de lluvia, con consecuencias sobre la regulación del clima local en áreas de bosque.

Más allá de las tendencias registradas en el territorio estudiado, es conveniente abordar un análisis comparado de los indicadores estimados en relación a los de otros países más y menos desarrollados que la Argentina. No es sencillo encontrar en la bibliografía internacional indicadores que sean comparables o que utilicen las mismas expresiones y unidades que las utilizadas en este trabajo. No obstante, dado que algunos de ellos (como el consumo de energía fósil, la producción de energía, los balances de nitrógeno y fósforo, y la erosión de suelos) admiten la posibilidad de comparación, en el Cuadro 10.1 se ofrece un resumen de datos y estimaciones de distintos países y regiones agropecuarias del mundo. Los valores allí presentados para el caso del sector rural argentino corresponden a los períodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05 del presente estudio. No ocurre lo mismo en los casos restantes, que son estimaciones puntuales publicadas en diferentes momentos entre las décadas de 1970 y la primera década del siglo 21.

La comparación correspondiente al uso y producción de energía indica que si bien la agricultura argentina muestra una tendencia de largo plazo hacia la intensificación, que se manifiesta en un mayor consumo de energía fósil y rendimiento de energía, esos valores son todavía entre 2-4 veces más bajos que los registrados en las agriculturas más intensivas de algunos países europeos y asiáticos. En magnitud, las cifras de la agricultura argentina se acercan a las registradas en Canadá, EEUU, Brasil y Nigeria.

En relación a las agriculturas intensivas de China, Japón, Holanda y países escandinavos,

Cuadro 10.1. Comparación de los balances de energía, Nitrógeno y Fósforo y el riesgo de erosión entre Argentina y otros países.

País	Consumo de Energía Fósil (GJ ha ⁻¹ año ⁻¹)	Producción de Energía (GJ ha ⁻¹ año ⁻¹)	Balace de Nitrógeno (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Balace de Fósforo (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Riesgo de Erosión (Ton ha ⁻¹ año ⁻¹)	Comentarios
Argentina ^{1,10}	5,0 ^a	5,5 ^a	+12,6 ^a	-1,2 ^a	8,5 ^a	Datos erosión de región pampeana solamente
	6,6 ^b	10,7 ^b	+9,3 ^b	-2,9 ^b	11,3 ^b	
	9,0 ^c	15,9 ^c	+9,6 ^c	-2,1 ^c	8,8 ^c	
	2,0	21,2				
Holanda ²		62,4	+115,0		> 50,0	
Reino Unido ^{3,4,5,9}	26,4 ^a	58,6 ^a				^a Trigo ^b Maíz ^c Carne
	30,1 ^b	83,7 ^b	+20,0 ^c		0,1 - 0,4	
	21,4 ^c	3,9 ^c				
China ^{6,9,10}	25,4	62,2	+227,0	+53,0	220,0 - 536,0	China Continental
Japón ^{8,10}	115,8	47,5	+135,0		50,0 - 250,0	
Escandinavia ^{8,9,10}	15,3	30,3	+19,0		0,5 - 2,5	Suecia y Dinamarca
Francia ⁸			+53,0		50,0 - 250,0	
Canadá ^{7,8,9,10}	6,0	10,8	+13,0		> 50,0	
	6,9	17,4				
USA ^{6,8,9,10}	12,6	25,6	+10,0	-9,0	50,0 - 250,0	Estados del Medio -Oeste
Nueva Zelanda ^{8,10}	60,2	37,3	+6,0			
Brasil ^{8,9,10}	5,4	25,0	-8,6		> 50,0	Cerrado Brasileño
Nigeria ^{2,5,9,10}	1,3	12,0	-22,0		10,0 - 50,0	
Kenia ^{6,9}			-52,0	+1,0	195,0	

Referencias: ¹Resultados de este estudio: períodos ^a1965-60, ^b1986-90 and ^c2001-05; ²Giampietro et al., 1999; ³Spedding, 1979; ⁴Spedding y Walsingham, 1975; ⁵Stoorvogel y Smaling, 1990; ⁶Frissel, 1978; ⁷Vitousek et al., 2009; ⁸McRae et al., 2000; ⁹OECD, 2001, ¹⁰Lal, 1994, ¹⁰Estimaciones de Giampietro et al., 1999 y Conforti & Giampietro, 1997 para granos, solamente.

las mayores diferencias se registran en la fertilización nitrogenada. Es indudable que los muy altos balances positivos de nitrógeno que registran estos países asiáticos y europeos indican que se aplica mucho más nitrógeno del que se extrae, y eso connota un riesgo alto de contaminación de aguas. No se detectaron indicios de contaminación por nitrógeno en la agricultura extensiva de Argentina, y ello tendría su explicación en la existencia de balances más equilibrados. Por otro lado, si bien es preocupante el balance negativo acumulado de fósforo que registran los suelos de Argentina, este déficit podría ser aún mayor en EEUU. Pese a la escasez de datos, China parece aplicar niveles muy altos de fertilización de fósforo, lo cual generaría balances positivos muy elevados de este nutriente y un riesgo inevitable de contaminación fosfórica.

Las estimaciones de pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en este trabajo muestran un riesgo bajo a muy bajo en relación a otros países. Resultan sorprendentes las cifras

de erosión que la bibliografía atribuye a China, país que hoy padece un gigantesco fenómeno de "dust-bowl" que obliga a retirar anualmente grandes extensiones de tierra que antes fueron dedicadas a la producción agropecuaria (Brown, 2004). Solo algunos países europeos parecen tener niveles de erosión de suelos más bajos que los de Argentina. Sin duda, el predicamento y la difusión que alcanzaron las labranzas reducidas en Argentina –la siembra directa en particular– durante las dos últimas décadas pueden explicar el bajo impacto de la agricultura sobre la erosión de los suelos.

Los grandes números que surgen de los indicadores productivos, ecológicos y ambientales analizados sugieren que el sector agropecuario argentino está apoyado todavía en una tecnología agropecuaria de bajos insumos que le confiere una ventaja competitiva respecto a países que desarrollan esquemas productivos más intensivos. Sin duda, en esto radica parte de su competitividad comercial, aún al precio de descapitalizar el stock de algunos recursos

naturales importantes como el carbono de la biomasa vegetal y el fósforo de los suelos. Las pérdidas acumuladas de carbono de la biomasa boscosa están asociadas a una mayor emisión de gases de efecto invernadero, que hoy es causa de preocupación en el mundo, y que puede potencialmente jugar en contra del país en un futuro no lejano. Las pérdidas de fósforo son indicativas, por otro lado, de un deterioro

de la capacidad productiva de los suelos que, más temprano que tarde, deberá compensarse mediante una fertilización que elevará los costos de producción. Como los expertos (Gilbert, 2009) avizoran un agotamiento incipiente de los yacimientos de fósforo del planeta, es esperable que la creciente escasez se refleje en un aumento considerable en el precio de este insumo.

Capítulo 11

Límites y utilidad del estudio

Viglizzo EF

El uso de indicadores a escalas geográficas macro (agro-ecosistemas, eco-regiones) plantea limitaciones que deben ser motivo de precaución para los lectores de este trabajo. Es menester recordar, ante todo, que este estudio hace foco excluyente sobre las actividades dominantes en nuestra producción agropecuaria de secano. Se omite la consideración de actividades intensivas de producción de frutas, hortalizas y productos animales (producción de pollos, cerdos, etc.) en áreas peri-urbanas como también la producción bajo riego. Tampoco se consideran procesos de producción forestal y agro-industrial. Por lo tanto, todas las inferencias que surgen de esta contribución alcanzan solamente a los sistemas de producción analizados que, por cierto, son dominantes en el sector agropecuario argentino.

Limitaciones del estudio y precauciones a tomar

Los indicadores utilizados en este trabajo intentan mostrar grandes tendencias de cambio en el tiempo y en el espacio, pero no ofrecen un cuadro preciso de procesos que ocurren a nivel de predio o de potrero. Esto es inevitable, ya que a medida que se asciende en la escala espacio-temporal, se pierde noción de detalles que solo es posible percibir a una escala más reducida.

Las estimaciones se realizaron sobre un número limitado de actividades predominantes. No se incluyeron todas las actividades explotadas en condiciones de secano en las regiones cultivables de Argentina porque el costo de recolectar y manipular tanta información habría sido demasiado alto en relación a los objetivos establecidos y al beneficio esperado. El trabajo fue realizado sobre la base de diez actividades de alta importancia histórica en distintas regiones del país (trigo, maíz, girasol, soja, arroz, lino, caña de azúcar, algodón, leche y carne bo-

vina). Es indudable que un perfeccionamiento posterior de este informe debería incluir también a otras actividades de importancia económica y social.

Los datos utilizados imponen restricciones que deben ser conocidas. Como surge del Anexo Metodológico, las estimaciones que aquí se presentan son el resultado de datos, información y conocimiento provenientes de distintas fuentes, y no de una sola fuente homogénea. Se relevó información histórica sobre usos de la tierra, modalidades productivas y tecnologías aplicadas en diferentes épocas (métodos de labranzas, plaguicidas, fertilizantes, planteos productivos dominantes). En base a datos estadísticos disponibles y a información cualitativa provista por expertos, se definieron las pautas de adopción de esos planteos y tecnologías por parte del sector rural.

La calidad de los datos es otra limitación a considerar. La información sobre suelos que se aplica a áreas relativamente extensas proviene de sitios puntuales que no necesariamente reflejan la condición ni la heterogeneidad del área estudiada. Aunque fue considerada como la mejor información disponible en relación a los objetivos al momento de realizar este estudio, es necesario señalar que se trabajó con promedios estadísticos y coeficientes de variación insuficientemente conocidos. Para operar con mayor nivel de detalle se habría necesitado información de alta resolución que hoy no está disponible para analizar un proceso de cambio histórico a lo largo de medio siglo. La incorporación futura de nuevos datos y métodos de recolección seguramente mejorará la calidad de las estimaciones.

Como se detalla posteriormente, cada indicador es el resultado de una metodología específica de cálculo. Varios de los procedimientos aplicados tienen un fundamento teórico sólido para abordar a escalas espaciales reducidas, pero necesitarían una validación de campo cuando se aplican a escalas mayores. Reconocida la existencia de márgenes de error, el hecho de que se aplique una metodología acorda-

da por igual a distintas realidades espaciales y temporales, le da al trabajo cierto valor comparativo. Aún con errores, es posible comparar entre sí zonas y épocas distintas, más allá de las cifras absolutas que presentan. Como se señaló más arriba, la interpretación de condiciones y tendencias ambientales requiere utilizar escalas geográficas y temporales amplias. No obstante, el hecho de que el método aplicado no permita detectar un problema por falta de resolución suficiente, no significa una ausencia del problema a una escala más reducida. Por ejemplo, la no detección de episodios de contaminación por nutrientes a una escala espacial amplia, no significa que no existan episodios puntuales de importancia en áreas donde existen sistemas agrícolas o ganaderos intensivos.

En base a las estimaciones realizadas se construyeron mapas que muestran gradientes y variaciones espaciales significativas. Los mismos fueron el resultado de vincular bases de datos y mapas en un sistema de información geográfica que permitieron proyectar tendencias y estados a través del tiempo y el espacio.

Análisis de incertidumbre

Varias restricciones afectan la certeza de los resultados en este estudio: i) los sistemas analizados fueron caracterizados únicamente por las actividades dominantes, ii) las estimaciones se basaron en la utilización de diversas fuentes de datos, iii) dado el bajo nivel de resolución del estudio (la unidad de cálculo fue el departamento o distrito político), la validación de campo de los resultados no fue posible, iv) los métodos aplicados no siempre fueron sensibles a detectar pequeños cambios en el uso de insumos, iv) no todos los procedimientos de cálculo aplicados fueron igualmente consistentes en lo conceptual, v) algunos supuestos iniciales pueden ser motivo de cuestionamiento o revisión. Sin embargo, más allá de estas limitaciones, los resultados nos permiten detectar gradientes y tendencias espaciales y temporales que, en su momento, pueden ser útiles para el diseño de estrategias agro-ambientales.

Los resultados de nuestro análisis de incertidumbre se presentan en el Cuadro 11.1. La incertidumbre de los datos utilizados de uso/cobertura de la tierra fue baja en el caso de cultivos y pasturas/pastizales, pero resultó algo mayor en el caso de las tierras forestales. La relación entre dos fuentes distintas de datos (los censos nacionales del INDEC y los inventarios forestales nacionales de la SAyDS) fueron estimados a nivel provincial para evaluar el grado de coincidencia entre los mismos. Las relaciones fueron cercanas a 1 (1,04 en promedio) en la mayoría de las provincias con cobertura forestal, pero se apartaron de la unidad en los casos de las provincias de Catamarca (1,25), Corrientes (0,61), Entre Ríos (0,65), La Rioja (1,60) y San Luis (1,85).

Resultó de Bajo a Moderado el grado de incertidumbre respecto a los stocks estimados de carbono, nitrógeno y fósforo, y respecto al consumo de agua. Por otro lado, debido a la inexistencia de valores confrontables en la bibliografía que permitan una validación, resultó Muy Alto el grado de incertidumbre que asignamos a los riesgos de contaminación por nutrientes y plaguicidas.

¿A quién sirve este estudio?

La clave que confiere fortaleza a este estudio no radica tanto en el valor absoluto de las estimaciones obtenidas, como en la identificación de patrones y gradientes espaciales, y tendencias temporales. En otros términos, los resultados permiten mejorar nuestro conocimiento acerca del costo ecológico y ambiental de la expansión agropecuaria argentina, y visualizar si esos costos se mantienen estables, se reducen o se incrementan a través del tiempo y del territorio analizado.

La necesidad de una estrategia ambiental para el sector agropecuario tiene hoy más fundamento que años atrás. Aunque no surgía como una urgencia social en décadas pasadas, la gestión saludable del ambiente no es hoy un problema que se pueda ignorar o diferir. Tomar nota de algunas tendencias relevantes es un camino sensato a seguir, por varias razones:

1) La conciencia pública y las presiones sociales para contar con un ambiente más saludable se incrementan en casi todos los países,

2) Los mercados agropecuarios se han globalizado y segmentado. No es novedad que los consumidores externos valoran cada vez más la seguridad de los alimentos que compran y consumen. Pero en los países de mayor poder adquisitivo, esa valoración se extiende más allá del producto. Se consolida una tendencia a valorar la calidad de la gestión ambiental de la producción en países vendedores. Una deficiente gestión ambiental puede tanto cerrar mercados existentes como bloquear mercados potenciales. Las tendencias indican que la negligencia ecológica se puede penalizar en el futuro con el levantamiento de barreras arancelarias y para-arancelarias que antes no existían.

3) En un contexto global sensibilizado, a los gobiernos nacionales les urge definir políticas ambientales para distintos sectores de la economía, entre ellos el rural. Es un riesgo tomar decisiones de importancia económica y social sin evaluar el impacto ambiental que esas decisiones pueden generar. Frente a la demanda pública creciente de información confiable y de calidad, las instituciones de ciencia y tecnología son los organismos idóneos para proveerla. Cuando ellas no lo hacen, otras organizaciones que suelen manejar información sesgada por dogmas pueden ocupar su lugar.

4) El sistema de cuentas públicas del país y de las provincias necesitan incorporar el costo ambiental para estimar con precisión los bienes y servicios producidos. Hasta hoy, los bienes y servicios ecológicos (entre ellos, agua y aire puro, prevención de la erosión de los suelos, mantenimiento de los ciclos minerales, regula-

ción de disturbios, polinización, recreación, etc.) no son imputados como beneficio o costo en la contabilidad pública. Si aceptamos el papel multi-funcional que hoy puede cumplir el sector rural, es necesario valorizar de manera apropiada los bienes y servicios que el ambiente rural produce.

5) El sistema nacional, y los propios sistemas regionales de ciencia y tecnología, necesitan re-analizar periódicamente sus prioridades de investigación y transferencia. En un contexto económico y social de recursos escasos, los fondos destinados a la investigación científica y al desarrollo tecnológico deben ser orientados hacia la solución de problemas críticos. Es necesario conocer qué problemas ecológicos y ambientales imponen un costo que puede convertirse en algo inaceptable para la sociedad, y destinar recursos a su solución.

6) A nivel mundial existe un interés creciente por conocer cómo evoluciona la salud del ambiente global con el fin de evaluar, orientar y coordinar esfuerzos internacionales. Los países ya no pueden ignorar la necesidad de contar con una creciente gobernabilidad del ambiente global, y de generar una responsabilidad sobre la gestión de sus ambientes fronteras adentro. Las presiones para realizarlo aumentarán en el futuro. Es necesario incorporar este compromiso con celeridad y no esperar a que terceras partes lo hagan por nosotros.

El problema ambiental del sector rural plantea a futuro tantas amenazas como oportunidades. Aprovechar oportunidades minimizando amenazas parece ser un objetivo inteligente e ineludible. Para ello se requiere contar con la mejor información disponible que permita guiar estrategias ambientales necesarias e inevitables.

Cuadro 11.1. Comparación de los balances de energía, Nitrógeno y Fósforo y el riesgo de erosión entre Argentina y otros países.

Variable	Unidades	Estimaciones ¹		Valor de referencia		Incertidumbre
		Media	DS	Media	DS	
Uso de la tierra	%	44,55	47,22	sd	sd	Muy bajo ²
Stock de C del suelo	Ton ha ⁻¹	39,02	14,31	45,03	16,93	32% - Bajo ³
Stock de N del suelo	Ton ha ⁻¹	4,29	1,43	4,95	1,86	48% - Moderado ³
Stock de P del suelo	Ton ha ⁻¹	0,39	0,14	0,5	0,19	50% - Moderado ³
Stocks de C-N-P de la biomasa	Ton ha ⁻¹	nd	nd	sd	sd	Alto ⁴
Eficiencia de uso del agua	%	71,65	19,33	68,93	26,46	27% - Bajo ⁵
Contaminación por nutrientes	Relativo	nd	nd	sd	sd	Alto ⁶
Contaminación por plaguicidas	Relativo	21,47	71,66	sd	sd	Alto ⁴

Referencias: DS = desvío estándar; C = Carbono; N = Nitrógeno; P = Fósforo; sd = sin datos; ¹Media y DS para toda el área agrícola de Argentina; ²Relaciones entre estimaciones de este estudio y otras fuentes cercanas a 1 (ver sección de métodos); ³Revisión hecha por Steinbach y Álvarez (2006); ⁴Ausencia de datos para comparación; ⁵Datos de varias fuentes; ⁶Datos de este estudio no mostraron signos de contaminación por N o por P.

Capítulo 12

Una mirada hacia el futuro

Jobbágy EG

Introducción

Los cambios que experimentó la agricultura del centro de la Argentina (Pampa, Chaco, sur de la Mesopotamia) en el último medio siglo, presentados en las páginas anteriores, dejan entrever lo difícil que resulta anticipar lo que sucederá en el medio siglo que viene. En la Pampa de los años 50, aún el más agudo observador y profundo analista hubiese tenido pocas probabilidades de anticipar con éxito los aspectos sobresalientes de nuestros sistemas productivos de hoy. Inspirarse en otras regiones del mundo en las que la “película” del desarrollo, expansión e intensificación agrícola estaba entonces avanzada unos cuantos “cuadros”, tales como las grandes planicies norteamericanas, hubiese sido sólo de parcial ayuda. Por ejemplo, este observador hipotético no podría haber previsto que un cultivo prácticamente ignoto entonces, como la soja, iba a dominar la región (capítulo 9). También es improbable que anticipara el advenimiento de una agricultura sin labranza que encontraría su máxima tasa de adopción del mundo en nuestras tierras, reduciendo fuertemente la erosión de los suelos y multiplicando el consumo de herbicidas (capítulo 6). A estas sorpresas, mayormente tecnológicas, deben sumarse muchas otras, como las climáticas, que a través del fuerte aumento de las lluvias de los 80s y 90s en el oeste pampeano contribuyeron a impulsar el avance agrícola.

Este panorama retrospectivo puede llevarnos a la impresión de que cualquier proyección del futuro representa una quimera de poco valor práctico, que posiblemente se limite a pronosticar que habrá más sorpresas. Dos aspectos importantes deberían alejarnos de esta impresión. El primero es que algunas tendencias o fuerzas de cambio recientes se mantendrán en el futuro e influenciarán los cambios de la agricultura durante las próximas dos o tres déca-

das. Esto implica asumir que muchas semillas del futuro ya existen en el presente y que sólo aguardan nuestro análisis crítico. El segundo aspecto a tener en cuenta es el hecho de que nuestra sociedad es un importante artífice del futuro de los sistemas agrícolas tanto por acción como por omisión. El acceso que ella tenga a la información, por ejemplo aquella presentada en los capítulos anteriores respecto a los cambios agrícolas del pasado y sus consecuencias, sumado a la aplicación que haga de un creciente abanico de herramientas que apoyan la evaluación económica, ambiental y social de distintos escenarios de uso del suelo, pueden ayudar a ordenar el territorio y en parte las tendencias de los sistemas agrícolas que hospeda, en forma inteligente y justa. En los próximos párrafos se (1) discuten las principales fuerzas motoras que impulsaron los cambios agrícolas del pasado medio siglo, (2) se especula sobre su papel y tendencia en las próximas décadas, y (3) se plantean los principales desafíos que impondrán desde la perspectiva productiva y ambiental.

Factores de cambio

Entre los factores que impulsaron los cambios descritos en este libro, pueden identificarse seis grandes fuerzas o procesos que incluyen a (a) el crecimiento de la demanda global de productos agropecuarios y recursos naturales en general, (b) la innovación tecnológica, incluyendo la escala de mecanización e integración de cadenas agro-industriales, (c) la creciente conectividad de la sociedad (comunicaciones, acceso a datos remotos en tiempo real, mercados globalizados), (d) la concentración de la producción en menos actores que controlan mayor volumen y superficie, (e) los cambios del ambiente, especialmente climáticos, y (f) el desarrollo de una mayor conciencia ambiental en la sociedad. Es importante destacar que estos factores a menudo han interactuado entre sí, generando a veces retroalimentaciones (e.g. estimulación mutua entre conectividad y concentración). Debe aclararse también que esta lista representa una tosca simplificación e ignora controles más profundos de los cambios

que encuentran su raíz en procesos sociales y políticos regionales, nacionales y globales.

Cabe asignarle un papel central a la creciente demanda global de recursos naturales y particularmente alimentos como fuerza motora de los cambios agrícolas de la Argentina en los últimos 50 años. Una población mundial que se multiplicó desde 1950 hasta hoy 2.7 veces y aumentó su consumo per cápita de calorías totales y de carnes un ~25 y ~165%, respectivamente, ha propagado su demanda a gran distancia de los centros de mayor población y consumo gracias a la creciente globalización de los mercados. En este escenario, un territorio de alta productividad agrícola actual o potencial y baja población como el de la llanura Chaco-pampeana, experimentó un cambio drástico en las señales recibidas de los mercados globales, que estimularon una mayor producción.

Sumado al simple y potente motor demográfico del avance agrícola debe superponerse otro más complejo e impredecible, que es el de la tecnología. Innovaciones de impacto específico sobre la actividad agropecuaria tales como la mejora genética de cultivos, acelerada por la llegada de los organismos genéticamente modificados, o la aparición del paquete de la siembra directa y las nuevas familias de agroquímicos, han tenido impactos múltiples y a menudo contradictorios desde la perspectiva ambiental. Por un lado, estas tecnologías han favorecido la expansión de la agricultura sobre bosques y pasturas; como ha ocurrido con la introducción de maíces genéticamente resistentes a insectos (BT) que habilitan la siembra tardía, antes coartada por las plagas, y vuelven más atractivas para su cultivo zonas de lluvias estivales tardías en el Chaco; o con la introducción de la siembra directa facilitando el ingreso de rotaciones de agricultura continua donde antes se alternaban cultivos y pasturas, o dónde suelos problemáticos (muy arenosos o arcillosos, con altas pendientes) mantenían una cobertura de pasturas o vegetación natural. Por otro lado las mismas tecnologías han disminuido el costo ambiental de las prácticas agrícolas en zonas que ya estaban bajo cultivo (capítulos 6 y 9). Otros cambios

tecnológicos no específicamente orientados a la agricultura, como las tecnologías de la comunicación han tenido un papel importante, moldeando entre otras cosas, la fluidez con que se intercambia información climática, tecnológica, de mercados, de gestión o el mismo capital.

Posiblemente los cambios tecnológicos, en interacción con el contexto económico, social y político, han favorecido el importante proceso de concentración de la gestión de la tierra, comúnmente asociado a su arrendamiento y en menor medida a transferencias de su propiedad, que tuvo lugar en las últimas dos décadas. Nuevamente aquí, ha jugado un papel importante la revolución de las comunicaciones, con herramientas masivas como la telefonía celular y la world-wide web permitiendo, por ejemplo, que un puñado de profesionales gestione decenas de miles de hectáreas repartidas entre varias provincias, maximizando oportunidades, distribuyendo riesgos, agilizando la fluidez del capital y la aplicación de tecnología, y por lo general desplazando a actores locales de menor escala y eficiencia. Las consecuencias de estos cambios, que nos obligan hoy a revisar y actualizar el concepto de productor o "farmer", aún no se han explorado en profundidad, pero sin duda contribuyen a explicar el aumento de tamaño de las unidades de manejo (lotes) y el despoblamiento del medio rural de las últimas dos décadas. Cabe considerar entonces una hipótesis más amplia que sostiene que el sistema agropecuario del centro de Argentina se industrializa, siguiendo procesos de concentración (menos actores), aumento de escala (menos y más grandes unidades de manejo), especialización (distintos tipos de actores dedicados a aspectos muy específicos de la producción) y homogeneización (modelos "óptimos" que se difunden rápidamente y reducen la diversidad productiva). Es interesante destacar que a pesar de esta tendencia de concentración, el control de la producción agrícola se mantiene aún muy atomizada en relación a otros sectores de producción primaria, como el minero, pesquero o forestal; sectores que pueden ilustrar las consecuencias positivas y negativas de la concentración.

Otro importante vector de las transformaciones agrícolas es el cambio en el ambiente, y especialmente en el caso del centro de Argentina en las últimas tres décadas, los cambios pluviométricos. Un aumento de hasta 30% de las precipitaciones, sobre todo estivales, favoreció el avance de la agricultura hacia el oeste de la región y pudo haber jugado un papel algo menor en la “veranización” de la agricultura pampeana (Capítulo 1). También es posible que estos cambios hayan favorecido dos severos ciclos de anegamiento masivo del centro-oeste de la región pampeana, condicionando localmente la producción. Otro cambio ambiental que emerge en el presente es la caída de stock de fósforo de los suelos (capítulo 3), si la misma se combina con una escasez global de rocas fosfóricas y precios crecientes de ese insumo, los planteos agrícolas pueden sufrir cambios.

El último factor que requiere atención al analizar el pasado y proyectar el futuro de los sistemas agrícolas del centro de Argentina es la creciente conciencia ambiental en distintos sectores de la sociedad. Esta preocupación por el ambiente en general envía señales muy diversas a los sistemas agrícolas. Algunas son “remotas” y viajan a través de mercados y regulaciones internacionales, otras son locales y se expresan en la emergencia de conflictos entre productores y pobladores. Algunos ejemplos que ilustran la diversidad de caminos por los cuales llegan estas señales son los mecanismos de certificación ambiental, los mercados y regulaciones internacionales respecto a servicios ambientales, las políticas nacionales y provinciales que intentan regular la deforestación, la emergencia de conflictos locales respecto a la contaminación de fuentes de agua o pérdida de hábitats valorados, o la búsqueda de soluciones menos tóxicas por parte en las nuevas tecnologías de insumos. Se deja de lado dentro de este punto a las preocupaciones ambientales asociadas directamente a la producción y que hacen a su propia sustentabilidad (e.g. protección de la fertilidad del suelo), asumiendo que las mismas son parte inherente del sistema de

producción. El cambio más importante ha sido el de reconocer y profundizar el debate sobre sus externalidades o (dis)servicios ambientales.

Tendencias

¿En que medida los seis grandes procesos o fuerzas de cambio que se han destacado en el último medio siglo, operarán en el futuro y condicionarán el camino de la agricultura del centro de Argentina? La demanda global de productos agrícolas presenta la mayor certidumbre. La misma no cambiará su tendencia creciente y si bien se espera una desaceleración en el crecimiento de la población global, lo contrario podría ocurrir con las tasas de consumo per cápita. En un marco que incrementa o aún mantiene la actual conectividad de los mercados, la presión de los mismos por expandir e intensificar la producción agrícola en todo el planeta, no hará otra cosa que crecer en las próximas décadas. En contraste con la demografía y el consumo global, el futuro de las tecnologías resulta mucho más incierto. Cabe esperar, sin embargo, que la tasa de generación de innovaciones se acelere y en un marco de alta conectividad y producción concentrada, las mismas se adopten rápidamente. Las nuevas tecnologías de insumos (agroquímicos + genética) posiblemente no pierdan el efecto paradójico que han tenido sobre el ambiente hasta ahora, que incluye reducir la toxicidad e impacto ambiental de la actividad agrícola por un lado, pero hacer factible su establecimiento en nuevas tierras por el otro, favoreciendo la transformación del territorio y la pérdida de hábitats. En un mundo que demande más recursos, no solo alimentos, el costo de la energía o el de los fertilizantes posiblemente se multiplique y las tecnologías que incrementen su uso eficiente cobrarán más importancia. Especialmente importante dictando esta última cuestión serán los valores relativos de los alimentos respecto a la energía, definiendo el peso que se asigne a tecnologías que incrementan la productividad bruta o la eficiencia en el uso de recursos. El rumbo que sigan las innovaciones y políticas energéticas globales (por ejemplo, crecimiento del sector nuclear, imposición de limitaciones en el uso de combusti-

bles fósiles) esta entonces ligado al que sigan las tecnologías agrícolas.

La creciente conectividad de la sociedad no parece ser una tendencia que se revierta en el futuro, con nuevas generaciones acostumbradas al acceso permanente a la comunicación. Mientras el flujo de información y tecnología sólo puede crecer ante este contexto, el intercambio económico y la globalización de los mercados, en cambio, depende fuertemente del contexto político, que es más impredecible. La concentración de la gestión de la tierra, fuertemente ligada a la conectividad actual, no ha mostrado aún su techo en el país. El crecimiento horizontal y en algunos casos vertical de muchas empresas agrícolas puede acercarlas en pocas décadas al grado de concentración que ya se observa en el sector forestal. En la ganadería el camino recorrido es aún más incipiente pero la integración vertical cría-recría-invernada en áreas que antes se limitaban a la primera actividad, crece de la mano de la intensificación. El debate y recorrido político que siga la cuestión de la concentración y sus consecuencias (buenas o malas) productivas, ambientales y sociales en la Argentina podrá influenciar sólo parcialmente este proceso, que responde a múltiples controles.

El ambiente del planeta entero cambia a tasas nunca vistas en el último millón de años y en este sentido las sorpresas climáticas y ecológicas son difíciles de anticipar. Algunos pronósticos sugieren que las temperaturas para la mitad del siglo veintiuno se volverán inviablemente (pero no uniformemente) altas para la mayoría de los cultivos que hoy pueblan zonas subtropicales y templadas. Es difícil imaginar la maraña de cambios que invadirán la agricultura en ese caso, y que recorren no sólo el ambiente propio de los cultivos sino también posibles colapsos en la provisión de insumos o creciente turbulencia social y política. Otros escenarios globales pronostican cambios más moderados para los próximos cincuenta años. Lo que es relativamente certero es que se experimentarán temperaturas más altas acompañadas de eventos climáticos extremos, que los problemas de

plagas y enfermedades tenderán a desplazarse hacia el sur y que será necesaria una capacidad de ajuste de los sistemas de cultivo (variedades, sanidad, especies, rotaciones, etc.) muy veloz. Se sumará al problema de las temperaturas, su interacción con las crecientes tasa globales de redistribución de especies (invasiones), que pueden acercar a nuestras tierras de cultivo plagas de otros continentes. Un interrogante más importante, tal vez, es cuál será el comportamiento de las precipitaciones. ¿Se mantendrá la tendencia de ascenso de los últimos treinta años? Si la causa última del aumento de precipitaciones reside en el cambio climático y calentamiento global estimulado por el aumento del poder invernadero de la atmósfera, puede preverse que la tendencia continúe o se sostengan, al menos, los niveles actuales. Cabe destacar que estas proyecciones también anticipan tormentas de creciente intensidad y una variabilidad interanual de las precipitaciones mayor. Sin embargo, las aún tímidas exploraciones del pasado climático del centro de la Argentina disponibles hasta hoy (registros meteorológicos, documentos históricos, anillos de crecimiento de árboles), sugieren la existencia de ciclos que alternan fases húmedas y secas de varias décadas de duración, apoyando la idea de que el aumento de precipitaciones de las últimas cuatro décadas, puede revertirse en el futuro cercano. La interacción de la oferta hídrica futura en términos de su tendencia media, pero también de su variabilidad interanual, con el contexto político-económico para las inversiones de mediano plazo, definirán en qué medida el centro de Argentina experimente o no una expansión veloz del riego, aproximándose a los valores de área regada observados en zonas ecológica e hidrológicamente similares en el resto del mundo. Pasos incipientes de esta transición al riego han tenido lugar en las provincias de Córdoba y San Luis. Entre los cambios ambientales deben incluirse los cambios más lentos pero persistentes en el stock de nutrientes de los suelos, entre los que posiblemente asome como elemento crítico el fósforo y en menor medida el azufre. Puede esperarse que ante un escenario de precios crecientes del fósforo, sugerido por las limitadas reservas globales, la existencia de

tierras “nuevas” en las que el stock biodisponible de este elemento aún no haya sido agotado actúe como una fuerza de atracción para la expansión o migración territorial de la agricultura hacia ellas.

Que la conciencia ambiental de la sociedad local y global siga avanzando muy probable (y deseable). Las presiones internacionales, con fuerte arraigo en las naciones desarrolladas de Europa y Norteamérica, para lograr una agricultura de menor toxicidad e impacto ambiental y limitar la destrucción de hábitats, particularmente de bosques y humedales, posiblemente crezca y encuentre fuertes ecos en poblaciones urbanas locales. Por otra lado debe tenerse en cuenta que la demanda de productos agrícolas que más crecerá en el futuro cercano es la de países asiáticos (India, China, Indonesia), cuya tradición en demandas ambientales es mucho menor. A estas señales externas contradictorias deben sumarse las actitudes de la sociedad argentina. Jugarán un papel importante en cómo ésta aborda el tema ambiente-agricultura, la existencia de tres pilares: una sociedad que acceda al conocimiento (información), instituciones públicas y privadas robustas capaces de estimular y contener el debate (organización), y un estado capaz de articular intereses sectoriales buscando promover el bien común (gobernabilidad). El camino que sigan estos pilares en Argentina es incierto pero fundamental definiendo las políticas de producción y protección del ambiente. En la medida en que los conflictos entre producción y ambiente sean usados como “rehenes” de otros enfrentamientos como los de clase social, ámbitos urbanos vs. rurales, interior vs. capital, o muchos otros que recorren la historia Argentina con persistencia, los acuerdos y soluciones serán elusivos.

Desafíos productivos

Vislumbrar tendencias futuras debe servirnos para anticipar los desafíos y oportunidades que como sociedad enfrentaremos en las próximas décadas. Nuevamente aquí, la incertidumbre tiñe cualquier intento, pero es posible,

sin embargo, reconocer algunos desafíos que surgirán en el terreno productivo (i.e. generación de bienes de mercado en forma sostenida) y ambiental (i.e. oferta de servicios ecológicos indispensables).

Desde la perspectiva productiva, el avance de la agricultura de granos hacia nuevas tierras impone el desafío de ajustar o incluso reinventar los modelos actuales de producción que se han acuñado en la pampa húmeda. Nuevas especies, rotaciones y planteos de cultivo capaces de lidiar con la escasez de agua, con el riesgo de anegamiento, o con regímenes térmicos más continentales deberán sumarse a planes más cuidadosos de monitoreo y remediación de la salud de los suelos, sobre todo cuando se someten a cultivo ecosistemas cada vez más frágiles. En el caso de los sistemas ganaderos, su presión para expandirse e intensificarse en tierras periféricas al corazón agrícola de la región obligará a diseñar estrategias para (a) aprovechar más intensamente el forraje producido por la vegetación natural, (b) establecer recursos forrajeros implantados capaces de persistir en condiciones ambientales adversas para los cultivos agrícolas, (c) sacar el máximo beneficio del grano importado desde los sistemas agrícolas. La flexibilidad de los sistemas de producción ante cambios ambientales será un atributo clave para mantener sus resultados. En este sentido, la diversidad de opciones de cultivo, la articulación de esquemas agrícolas y ganaderos, y los esquemas de alerta temprana ante posibles procesos de degradación, serán especialmente valiosos a medida que se intensifiquen los ambientes sub-húmedos y semiáridos.

La tendencia a la concentración y aumento de escala vuelve cada vez más fuerte el desafío de la heterogeneidad. Cómo logramos aplicar insumos y tomar decisiones en unidades de manejo cada vez más grandes y dispersas en el territorio ante una heterogeneidad que mantienen un grano de variabilidad fino y ante la cual el manejo artesanal que podía sostener un productor pequeño deja de ser una opción viable. El desarrollo de la agricultura de precisión y de las herramientas de observación y moni-

toreo satelital, aéreo o de terreno se volverán más necesarias a la hora de ajustar el manejo por debajo de la tradicional unidad del lote. Las nanotecnologías crecerán en importancia para los monitoreos espaciales (contaminación por nutrientes, por plaguicidas, presencia de plagas, salinización, etc.) Las mismas deberán ir acompañadas de un crecimiento geométrico en la capacidad de procesar e interpretar múltiples planos de información (mapas de atributos suelo, rendimiento, nivel de napa, índices verdes, presencia de malezas, etc.) en tiempo real.

Una consideración especial merece el desarrollo del riego en la llanura Chaco-Pampeana. Si las condiciones para las inversiones de mediano plazo comienzan a ser más atractivas, el potencial de riego con agua subterránea puede desplegarse rápidamente en la región. Aún mayor será este interés si las lluvias retornan a los niveles de hace cuarenta años en un contexto económico más dependiente de la agricultura. Los desafíos aquí son varios e incluyen (a) la caracterización cuidadosa de los recursos hídricos disponibles y las tasas de recarga y extracción máximas que aseguren su estabilidad, (b) la planificación del soporte energético que esta actividad requiere y que en muchos casos es hoy más limitante que el agua para su avance, (c) la evaluación y prevención de posibles ascensos freáticos que sean acompañados por salinización, especialmente en los territorios más planos de la región, (d) la creación de organismos de regantes capaces de asegurar la gobernabilidad y gestión colectiva del riego en el largo plazo.

Posiblemente los desafíos anteriores son eclipsados por uno aún mayor que responde simultáneamente a la producción, la protección de hábitats y el desarrollo social, e implica la búsqueda de usos económicamente rentables y ambientalmente virtuosos de la vegetación leñosa del espinal y el chaco seco. Estos sistemas hoy albergan en su mayoría una producción ganadera ineficiente (cría bovina con muy bajas cargas y eficiencias reproductivas) y una explotación forestal extractiva y marginal (producción de leña y carbón), teniendo en el fuego

a su principal agente de consumo de biomasa. Se suma a estas condiciones el proceso recurrente de arbustización que lleva a muchas de estas tierras a estados menos productivos aún (capítulo 1). La baja rentabilidad de las actividades ganaderas y forestales actuales en estos contextos vuelve atractiva en el corto plazo, aún con riesgos muy altos de fracaso, a la agricultura de secano y su correspondiente desmonte. El diseño creativo de sistemas ganaderos (algunos en marcha) y forestales y/o bioenergéticos (aún prácticamente inexplorados) basados en la vegetación natural que logren mayor eficiencia, rentabilidad y sustentabilidad, actuarán de manera mucho más efectiva que las vedas para limitar los desmontes y preservar hábitats y pueblos que puedan imponerse.

Desafíos ambientales

Junto a los desafíos propios de la producción surgen otros relacionados a la capacidad de las tierras para mantener la oferta de servicios ambientales necesarios y/o valorados por la sociedad. Uno de estos desafíos es el de la protección de hábitats. Sin duda la pérdida completa de algunos tipos de ecosistemas, ya vista en otras zonas del mundo, será condenada por las generaciones futuras y traerá consecuencias graves en la conservación de la "biblioteca biológica" del país y del planeta. Más allá de asegurar la protección de "muestras" de nuestros ecosistemas naturales, resulta importante reconocer que junto a los hábitats perdidos se pueden perder también servicios del territorio que van desde los puramente biofísicos como la generación de agua en cantidad y calidad, hasta los netamente humanos que incluyen el valor cultural y estético de los ecosistemas que se reemplazarían. En este sentido la dicotomía entre sistema natural que presta servicios ambientales vs sistema agrícola que genera productos, no ayuda y es necesario reclamar a los paisajes productivos ambas funciones a partir de un diseño inteligente y flexible de su uso y manejo. Encontrar un equilibrio entre las demandas productivas y ambientales que la sociedad impone al territorio obliga a profundizar en el conocimiento de las consecuencias que el uso de la

tierra y las distintas acciones de manejo tienen sobre el abanico de bienes y servicios que otorgan los ecosistemas. También esto obliga a favorecer esquemas de producción, y sobre todo, de uso integral del territorio, que eviten transformaciones irreversibles y sean acompañadas por un monitoreo permanente de las variables más sensibles del ambiente.

Una de las funciones más sensibles de los ecosistemas al uso de la tierra en llanuras como la Chaco-Pampeana es la regulación de la dinámica del agua subterránea. En zonas subhúmedas, como la pampeana, con niveles freáticos cercanos a la superficie, son recurrentes los períodos en que estos niveles encuentran la superficie, causando prolongadas inundaciones. Reconocer que estos procesos no sólo responden a aportes altos de precipitación sino también a la tasa con que la cubierta vegetal los evapo-transpira, señala el desafío de lograr un inteligente diseño del paisaje capaz de hacer un uso exhaustivo y eficiente de estos excesos hídricos y minimizar la vulnerabilidad al anegamiento. Posiblemente el avance de la agricultura sobre pastizales y pasturas en la llanura pampeana haya incrementado esta vulnerabilidad. En regiones más secas que siendo originalmente ocupadas por bosques y arbustales, se convierten en agrícolas, existe el riesgo de la movilización de sales (abundantes en estratos profundos del suelo) hacia las aguas subterráneas y, tras su ascenso, hacia el suelo superficial. Estos procesos han tenido consecuencias muy graves en otros continentes (África, Australia) bajo condiciones eco-hidrológicas similares a las del Chaco y el Espinal. Desde la perspectiva de la provisión de agua para consumo humano o industrial, el avance del riego puede imponer otro desafío severo. El uso sustentable de los recursos hídricos no sólo debe reconocer las tasas naturales de recarga y el cuidado de las reservas de agua en cantidad y calidad, sino también anticipar el crecimiento de la demanda urbana, esperable en las próximas décadas.

Otro reclamo que la sociedad ha comenzado a imponer al territorio en las últimas dos décadas es el de la regulación climática, asociada

a la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y, en casos más ambiciosos, a su secuestro. Prueba de esto es el Mecanismo de Desarrollo Limpio, estimulado por el Protocolo de Kyoto. En el presente los científicos discuten y revisan esta función en las tierras agrícolas, ganaderas y forestales, y crecen velozmente dos perspectivas que pueden llevar al secuestro de gases invernadero a un segundo plano. Por un lado se reconocen cada vez más otros mecanismos de influencia climática del territorio como los cambios de albedo (capacidad de reflejar la radiación solar) que podrían tener un impacto tan importante como el balance de gases invernadero. Por otro lado se detecta que en el intento de revertir el balance de gases invernadero actual de la Tierra, tendrán un papel mucho más importante las actividades industriales, el transporte y la vivienda. Es posible que el entusiasmo por sumar a las actividades agropecuarias y forestales el comercio del secuestro de gases invernadero decline en el futuro, mientras que el tradicional valor asignado al carbono orgánico del suelo como agente clave de la fertilidad, posiblemente vuelva a ser la razón principal para prestar atención a su dinámica y balance en los ecosistemas.

Los problemas de contaminación asociada a la producción agropecuaria son otro de sus desafíos ambientales y deben reconocer dos avenidas, la de los pesticidas y la de los fertilizantes y/o nutrientes. Respecto a la primera, posiblemente la agricultura encuentre un abanico de opciones y herramientas cada vez más amplio para responder a una demanda central en su historia reciente que es la de reducir su toxicidad. Una sociedad informada sobre los costos y beneficios (productivos y ambientales) que representan las distintas herramientas químicas disponibles para los sistemas agrícolas debería estimular la constante mejora de los insumos, de sus prácticas de aplicación y de la regulación y control que ejerza el sector público. En este contexto será necesario expandir los sistemas de monitoreo actuales integrando mediciones a nivel de lote con seguimientos de cursos y espejos de agua. La preocupante fuga

de nutrientes de los sistemas agrícolas más intensificados del hemisferio norte, no parece ser un problema actualmente en la Argentina, salvo muy focalizadas excepciones (Capítulos 3 y 10). Difícilmente lo sea en el futuro para la producción de granos, considerando que el costo de la energía (principal insumo para la fijación industrial de nitrógeno) y de las rocas fosfatas crezca y no se apliquen grandes subsidios locales sobre estos insumos. Posiblemente el desafío de contaminación por nutrientes más importante en el futuro cercano será de naturaleza localizada e impuesto por los esquemas de concentración animal que ya están en marcha. El desarrollo de la producción animal intensiva deberá apoyarse en buenos planes de zonificación, esquemas de monitoreo y aprovechar las mejores tecnologías de control y reciclado de deshechos. La lista de desafíos ambientales no termina aquí y se extiende a una miríada de cuestiones que pueden ser localmente o temporariamente importantes. Algunos ejemplos son la interacción entre usos particulares de la tierra y la dispersión de enfermedades humanas (e.g. riego por inundación y poblaciones de mosquitos, concentración animal y epidemias virales, etc.), efectos sobre la calidad del aire, o transformaciones estéticas del paisaje.

Al margen de estos desafíos ambientales anteriores se plantean otros de naturaleza puramente social. ¿Cómo la expansión e intensificación de la producción agropecuaria logra traducirse en mayor bienestar de la población local? ¿El desarrollo de las poblaciones pampeanas que incubó la expansión agrícola de principios del siglo XX, podrá reproducirse ahora en el Chaco? Más allá del desarrollo territorial, surge el desafío del desarrollo humano asociado a la

producción. Aquí cabe preguntarse ¿Qué necesitamos ganar y qué no debemos perder? Sin duda la actividad agropecuaria de las próximas décadas demandará personas capacitadas en profesiones y oficios diversos, muchos de ellos nuevos, y una estructura educativa capaz de darles esa capacitación en muchos puntos del país. Simultáneamente un valioso capital humano que existe hoy se erosiona cuando las veloces transformaciones agrícolas desplazan rubros y segmentos enteros de la producción (por ejemplo, la actividad tambora). Sumado a lo anterior, en algunas regiones la expansión agropecuaria no planificada pone en peligro la integridad cultural y subsistencia de pueblos originarios y otros sectores desprotegidos del medio rural.

Los desafíos ambientales y sociales presentados pueden ser escollos insalvables que castiguen la capacidad de generar riqueza y bienestar de los sistemas agrícolas o verdaderas "hojas de ruta" que permitan arribar a sistemas de producción y territorios más virtuosos que los actuales. La capacidad de nuestra sociedad de superarse en su conocimiento, organización y gobernabilidad jugará un papel decisivo. La expresión de acuerdos de esta sociedad deberá plasmarse en planes de ordenamiento del territorio que sean inteligentes y justos al responder a los múltiples intereses involucrados, pero también flexibles para adaptarse a demandas y condiciones de contextos que sin duda cambiarán más rápidamente de lo que lo han hecho hasta hoy. El sector científico y técnico aportará mucho a este proceso transformando la tosca caricatura del futuro que aquí se intentó presentar en un panorama más completo y cuantitativo de los escenarios posibles.

Referencias

- Adámoli, J. (2006). Problemas ambientales de la agricultura en la región chaqueña. En Brown, A., U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (Eds.), *La Situación Ambiental Argentina 2005*, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, pp 436-442.
- Agriculture and Agri-Food Canada (2000). *Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agri-Environmental Indicador Project* (T.J. McRae, C.A.S. Smith, & L.J. Gregorich, edit.). Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa (Ontario), 133-140.
- Agudelo, J.L., Hoekstra, A.Y. (2001). Valuing water for agriculture: Application to the Zambezi basin countries. In: *Globalization and Water Resources Management. The Changing Value of Water*, International Specialty Conference, University of Dundee, Dundee (UK).
- Aizen, A., Garibaldi, L. y Dondo, M. (2009). Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecología Austral* 19: 45-54.
- Altieri, M.A. (1994). *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. Haworth Press, New York, 185 pp.
- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Alvarez, R., M.E. Russo, P. Prystupa, J.D. Scheiner, and L. Blotta (1998). Soil carbon pools under conventional and no-tillage systems in the Argentine Rolling Pampa. *Agron. J.* 90:138-143.
- Alvarez, R., Díaz, R.A., Barbero, N., Santanatoglia O.J., Blotta, L. (1995). Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil Tillage Res.* 33:17-28.
- Alvarez, C.R., Taboada, M.A., Gutiérrez Boem, F.H., Bono, A., Fernández, P.L., Prystupa, P. (2009). Topsoil Properties as Affected by Tillage Systems in the Rolling Pampa Region of Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73:1242-1250.
- Andrade, F.H., Sadras, V.O. (2002). Efectos de la sequía sobre el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. En: *Bases para el Manejo del Maíz, el Girasol y la Soja* (F.H. Andrade, V.O. Sadras, eds.). UI Balcarce (INTA-UNMP), Balcarce (Argentina), p. 175-210.
- Andriulo, A., Sasal, C., M.L. Rivero, M.L. (2001). Los sistemas de producción conservacionistas como mitigadores de la pérdida de carbono orgánico edáfico. En J.L. Panigatti *et al.* (ed.) *Siembra directa II*. Ediciones INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, 17-27.
- Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., Jenkins, M., Jefferiss, P., Jessamy, V., Madden, J., Munro, K., Myers, N., Naeem, S., Paavola, J., Rayment, M., Rosendo, S., Roughgarden, J., Trumper, K., Kerry Turner, R. (2002). Economic Reasons for Conserving Wild Nature. *Science* 297: 950-953.
- Barthélemy, F., Renault, D., Wallender, W. (1993). Water for a sustainable water nutrition: inputs and resources analysis for arid areas. Internal report, University of California, Davis.
- Bennett, A. (2000). Environmental consequences of increasing production: some current perspectives. *Agriculture Ecosystems and Environment* 82(1-3):89-95.
- Benton, T., Vickery, J., Wilson, J. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecological Evolution* 18(4):182-188.
- Bernardos, J.N., Viglizzo, E.F., Jouvét, V., Lértora, F.A., Pordomingo, A.J., Cid, F.D. (2001). The use of EPIC model to study the agroecological change during 93 years of farming transformation in the Argentine pampas. *Agricultural Systems*, 69/3: 215-234.
- Berra, G., Valtorta, S. (2009). Determinación de metano entérico. En: *El cambio climático en la Argentina*, Nazareno Castillo Marín (Ed.), Buenos Aires, marzo de 2009, 88 págs.
- Bilenca, D., Codesido, M., González Fischer, C. (2008). Cambios en la fauna pampeana. *Ciencia Hoy*, 18: 8-17.
- Boix, L.R., Zinck, A.Z. (2008). Land use planning in the Chaco Plain. Part 1: Evaluating land use change options to support crop diversification in an agricultural frontier area using physical land evaluation. *Environmental Management* 42:1043-1063.
- Boletta, P.E., Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M., Grilli, M. (2006). Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *For Ecol Manage* 228: 108-114.
- Brown, L. R. (2004). *Outgrowing the Earth: The Food Security Challenge in an Age of Falling Water Tables and Rising Temperatures*. W.W. Norton, New York.
- Brown, S., Lugo, A. (1990). Effects of forest clearing and succession of the carbon and nitrogen

- content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant and Soil* 124:53–64.
- Burel, F. (1995). Ecological patterns and processing European Agricultural landscape. *Landscape and urban planning* 31: 1- 412.
- Burke, I., Yonker, C., Parton, W., Cole, C., Flach, K., Schimel, D. (1989). Texture, climate and cultivation effects on soil organic matter content in US Grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* 53:800–805.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.B. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol. Appl.* 8, 559–568.
- Carreño, L.V., Viglizzo, E.F. (2007). *Provisión de Servicios Ecológicos y Gestión de los Ambientes Rurales en Argentina. Área Estratégica de Gestión Ambiental.* Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, 68 pp.
- Carson, R.L. (1962). *Silent Spring.* Riverside Press, Cambridge MA.
- Casabé, N., Piola, L., Fuchs, J., Oneto, M.L., Pamparato, L., Basack, S., Giménez, R., Massaro, R., Papa, R., Kesten, E. (2007). Ecotoxicological assessment of the effects of glyphosate and chlorpyrifos in an Argentine soya field. *J Soil Sed* 7(4): 232 – 239.
- CASAFE (1997). *Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina.* Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, Buenos Aires.
- Casas, R. (2001). La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, tomo LV, 247 pp.
- Caviglia, O., Sadras, V., Andrade, F. (2004). Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat–soybean. *Field Crops Research* 87:117–129.
- Conforti, P., Giampietro, M. (1997). Fossil energy use in agriculture: an international comparison. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 65, 231-243.
- CONICET (2009). *Evaluación de la información científica vinculada al Glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente, Informe de la Comisión Nacional de Investigación sobre Agroquímicos Decreto 21/2009,* Buenos Aires, 130 pp.
- CONICET-UBA (2008). *La Argentina en Mapas.* Departamento de Investigaciones Geográficas (UBA-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), Buenos Aires, Argentina, <http://www.laargentinaenmapas.com.ar>
- Conti, M. (2004). *Primer Foro Nacional de Agricultura sustentable.* Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Dirección de Agricultura; Programa de Producción Agropecuaria Sustentable, pp.1 -9.
- Costa, J., Massone, H., Martínez, D., Suero, E., Vidal, C., Bedmar, F. (2002). Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. *Agricultural Water Management* 1744:1–15.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Shahid, Naeem, O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Cristeche, E., Penna, J.A. (2008). *Métodos de Valoración Económica de los Servicios Ambientales.* Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales N° 3. Ediciones INTA, Buenos Aires, 55 pp.
- Cruzate, G. y R.R. Casas (2003). Balance de nutrientes. *Fertilizar; Año 8, Número Especial sustentabilidad,* Diciembre. pp 7 -13.
- Daily, G.C. (1997). Introduction: What are ecosystem services? In: *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* (C.G. Daily, Editor), Island Press, Washington, D.C., 1-10.
- de Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- Donald, P.F., Green, R.E., Heath, M.F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. Royal. Soc. London B. Biol. Sci.* 268, 25-29.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., Bentvelsen, C.L., Branscheid, V., Plusjé, J.M., Smith, M., Uittenhogaard, G.O., Van der Val, H.K. (1986). *Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos.* FAO, Roma.
- Doran, J. and Parkin, B. (1994). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment.* Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, Estados Unidos. Special Publication. N° 35. 21 pp.

- Dudal, R. (1981). An evaluation of conservation needs. En: Soil Conservation, Problems and Prospects (R.P.C. Morgan, editor). John Wiley and Sons, Chichester, England.
- Dussart, E., Lerner, P., Peinetti, R. (1998). Long term dynamics of two populations of *Prosopis caldenia* Burkart. J. Range Management 51: 685-691.
- Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H., Holdren, J.P. (1977). *Ecoscience: Population, Resources, Environment*. Freeman, San Francisco, CA.
- Elberling, B., Touré, A., Rasmussen, K. (2001). Changes in soil organic matter following groundnut-millet cropping at three locations in semi-arid Senegal, West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96:37-47.
- Environment Agency (1999). *Pesticides in the Aquatic Environment*. Environment Agency, Wallingford (UK).
- Ewers, R.M., Scharlemann, J.P.W., Balmford, A. (2009). Do increases in agricultural yield spare land for nature? *Global Change Biology* 15: 1716-1726.
- FAO (1992). CROPWAT: a computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage, Technical Paper N° 46.
- FAO (2003). Base de Datos. Disponible en <<http://www.fao.org/>> [consulta: 03/06].
- Ferraro, D.O., Ghersa, C.M., Sznaider, G.A. (2003). Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 96: 1-18.
- Folletto, R. (2001). Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil Till Res* 61:77-92.
- Forjan, H.J. (2006). Impacto de la inclusión de la soja en secuencias agrícolas del sur bonaerense: el balance de nutrientes. INTA, EEA Tres Arroyos, Argentina. http://www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/trabajos_pdf/T152.pdf
- Fowler, C., Mooney, P. (1990). *Shattering Food, Politics and the Loss of genetic Diversity*. University of Arizona Press, Tucson, AZ, 178 pp.
- Frank, F. (2007). Impacto agroecológico del uso de la tierra a diferentes escalas en la Región Pampeana de Argentina. Tesis de *Magister Scientiae*. FCA-UNMdP.
- Frank, F., Álvarez, C., Goicochea, L., Quiroga, A., Noellemeyer, E. (2004). Contenido de carbono y actividad microbiana en una secuencia de uso del suelo en la región semiárida pampeana. 19no Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos, Argentina. pp. 239.
- Frissel, M.J. (1978). *Cycling of mineral nutrients in agricultural systems*. Elsevier, Amsterdam, Holanda, 356 pp.
- Fundación Bariloche (2005). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina—Año 2000*, Buenos Aires, Septiembre de 2005, 160 págs,
- Furness, R.W., Greenwood, J.J.D. (1993). *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman & Hall, London.
- Galantini, J.A., Suñer, L. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo: Análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* 45: 41-55.
- Gasparri, N.I., Grau, H.R., Manghi, E. (2008). Carbon pools and emissions from deforestation in extra-tropical forests of Northern Argentina between 1900 and 2005. *Ecosystems* 11: 1247-1261.
- Gasparri, N.I., Menéndez, J. (2004). Transformación histórica y reciente de la selva pedemontana. *Ciencia Hoy* 83: 53.
- Giampietro, M. Bukkens, S.G.F., Pimentel, D. (1999). General trends of technological change in agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18: 261-282.
- Gilbert, N. (2009). The disappearing nutrient. *Nature* 461: 716-718.
- Girardin, L.O. (2009). Emisiones de gases de efecto invernadero en la Argentina. Evolución histórica y prospectiva. En: *El cambio climático en la Argentina*, Nazareno Castillo Marín (Ed.), Buenos Aires, marzo de 2009, 88 págs.
- Givens, D.I., Moss, A.R. (1990). *UK Tables of Nutritive Value and Chemical Composition of Feedingstuffs*. Blacklaws Printers, Aberdeen (UK), 420 pp.
- Gontier, M., Balfors, B., Mörtberg, U. (2006). Biodiversity in environmental assessment-current practice and tools for prediction. *Environmental Impact Assessment Review* 26(3):268-286.
- Grau, H.R., Gasparri, N.I., Aide, T.M. (2005). Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environ Conserv* 32: 140-148.
- Gregory, R.D., Noble, D.G., Campbell, L.H., Gibbons, D.W. (2000). *The State of the UK's Birds 1999*. RSPB and BTO, Sandy (UK).
- Gullison, R.E., Frumhoff, P.C., Canadell, J.G., Field,

- C.B., Nepstad, D.C., Hayhoe, K., Avisaar, R., Curran, L.M., Friedlingstein, P., Jones, C.D., Nobre, C. (2007) Tropical forests and climate policy. *Sci* 316 (5827): 985-986.
- Guo, L.V., Gifford, R.M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. *Global Change Biology* 8: 345-360.
- Gutierrez Boem, F.H., Alvarez, C.A., Cabello, M.J., Fernández, P.L., Prystupa, P., Taboada, M.A. (2008). Phosphorus retention on soil surface of tilled and no-tilled soils. *Soil Science Society of America Journal*, 72: 1158-1162.
- Hagen, L.J. (1991). Wind erosion mechanisms: Abrasion of aggregated soil. *Am Soc Agric. Eng* 34: 891-937.
- Hepper, G., Hevia, G., Buschiazzo, D. E., Urioste, A. M., Bono A. (1996). Efectos de la agricultura sobre fracciones de fósforo en suelos de la región semiárida pampeana central. *Ciencia del Suelo* 14 (2) 96-99.
- Hillbrand, H., Bennett, D.M. and Cadotte, M.W. (2008). Consequences of dominance: a review of evenness effects on local and regional ecosystem processes. *Ecology* 89: 1510-1520.
- Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q. (2002). Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade. *Value of Water Research Report Series N° 11*, IHE, Netherlands.
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D. (2005). Does organic farming benefit biodiversity?. *Biological Conservation* 122: 113-130.
- Hooker, T., Compton, J. (2003) orest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first Century after agricultural abandonment. *Ecological Applications* (13) 2, 299-313.
- Houghton, R. (2001). Counting terrestrial sources and sinks of carbon. *Climatic Change* 48, 525-534.
- IAASTD (2009). *Agriculture at a Crossroads: Global Report. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD)*. Island Press, Washington, DC, 590 pp.
- INDEC (1964). *Censo Nacional Agropecuario 1960*. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina, Buenos Aires.
- INDEC (1991). *Censo Nacional Agropecuario 1988*. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina, Buenos Aires.
- INDEC (2004). *Censo Nacional Agropecuario 2002*. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina, www.indec.mecon.gov.ar.
- INTA-UNDP (1990). *Atlas de Suelos de la República Argentina*. Buenos Aires.
- IPCC (1997). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. NGGIP Publications; Japan, www.PICC-nggip.iges.or.jp.
- IPCC (2001). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. NGGIP Publications; Japan, www.PICC-nggip.iges.or.jp.
- IPCC (2006). *Revised 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.
- IPCC (2007). *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Irurtia, C.B., Musto, J.C. y J.P. Culot (1984). Evaluación del riesgo de erosión hídrica en el sector argentino de la cuenca del Plata. *Instituto de Suelos del INTA, CIRN, Castelar*, Buenos Aires.
- Jackson, R.B., Jobbágy, E.G., Avissar, R., Roy, S.B., Barrett, D., Cook, C.W., Farley, K.A., LeMaitre, D.C., McCarl, B.A., Murria, B.C. (2005). Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science* 310: 1944-1947.
- Janzen, H. (2004). Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. *Agric Ecosyst Environ* 104:399-417.
- Jarecki, M., Lal, R. (2003). Crop management for soil carbon sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22: 471-502.
- Jobbágy, E.G., Jackson, R.B. (2004). Groundwater use and salinization with grassland afforestation. *Global Change Biology* 10: 1299-1312.
- Jobbágy, E.G., Noretto, M.D., Paruelo, J.M., Piñeiro, G. (2006). Las forestaciones rioplatenses y el agua. *Ciencia Hoy* 95: 12-21.
- Kallarackal, J., Sonen, C.K. (2008). Water loss from tree plantations in the tropics. *Current Science* 94: 201-210.
- Koga, N., Tsuruta, H., Tsuji, H., Nakano, H. (2003).

- Fuel consumption-derived CO₂ emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan. *Agric Ecosyst Environ* 99:213–219.
- Kremen, C., Ostfeld, R. (2005). A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services (Review). *Frontiers in Ecology and the Environment* 3: 540-548.
- Krüger, H. (1996). Compactación en Haplustoles del Sudoeste Bonaerense bajo cuatro sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo* 14: 104-106.
- Lal, R. (1994). Sustainable land use systems and soil resilience. In: Greenland, D.J., Szabolcs, I. (Eds.), *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB International, Wallingford, UK.
- Lal, R. (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Environmental Pollution* 116(3):353–362.
- Lambin, E.F., Turner, B.L. II, Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R. Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C. and Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions* 11(4):5-13.
- Lloyd, L.E., McDonald, B.E., Crampton, E.W. (1978). *Fundamentals of Nutrition* (2nd edn.). W.H. Freeman, San Francisco, CA.
- Loomis, R.S., Connor, D.J. (1996). *Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems*. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Manuel-Navarrete, D., Gallopín, G.C., Blanco, M., Díaz-Zorita, M., Ferraro, D.O., Herzer, H., Latorra, P., Murmis, M.R., Podestá, G.P., Rabinovich, J., Satorre, E.H., Torres F., Viglizzo, E.F. (2007). Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. *Environ. Dev. Sustain.*, DOI 10.1007/s10668-007-9133-0.
- Margalef, R. (1968). *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago, IL. 82 pp.
- Markwick, G. (2007). Water requirements for sheep and cattle. *Prime Fact* 326:1–4. NSW Department of Primary Industries. New South Wales, Australia.
- Martínez-Ghersa, M.A. y Ghersa, C.M. (2005). Consecuencias de los recientes cambios agrícolas. En: *La Transformación de la Agricultura Argentina* (M. Oesterheld, editor). *Ciencia Hoy*, 15: 37-45.
- Masciandaro, G. y Ceccanti, B. (1999). Assessing soil quality in different agro-ecosystems through biochemical and chemico-structural properties of humic substances. *Soil Tillage Research* 51(1–2):129-137.
- McDonald, K.B. (2000). Risk of water contamination by nitrogen. En: *Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agr-Environmental Indicator Project* (T.J. McRae, C.A.S. Smith, & L.J. Gregorich, edit.). Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa (Ontario), 161-170.
- McNaughton, S.J. (1977). Diversity and stability of ecological communities: A comment on the role of empiricism in Ecology. *The American Naturalist* 111: 515-525.
- McNaughton, S.J. (1988). Diversity and stability. *Nature* 333: 204-205.
- McRae, P.; Smith, C.A.S. y Gregorich, L.J. (2000). *Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agr-Environmental Indicator Project. A summary*. Ottawa-Canada.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment, (2003). *Ecosystem and Human Well-Being. A Framework for assessment*, World Resources Institute, Washington (DC), 212 pp.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment, (2005). *Ecosystem and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis*, World Resources Institute, Washington (DC), 80 pp.
- Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., Schröter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 69- 85.
- Michelena, R.O.; Iurtia, C.B.; Vavruska, F; Mon, R. y A. Pittaluga (1989). Degradación de suelos en el Norte de la Región Pampeana. INTA. Proyecto de Agricultura Conservacionista. Publicación Técnica N° 6. Estación Experimental Agropecuaria INTA – Pergamino.
- Murphy, G.M. (ed.), (2008). *Atlas Agroclimático de la Argentina*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 112 pp.
- Nadkrmirz, N.M., Matelson, J. (1992). Biomass and Nutrient Dynamics of Epiphytic Litterfall in a Neotropical Montane Forest, Costa Rica.

- Biotropica 24: 24-30.
- NRC, National Research Council (1978). Nutrient Requirements of Domestic Animals, National Academy of Sciences, Washington DC.
- OECD (2001). Use of farm inputs and natural resources. En: Environmental Indicators of Agriculture; Methods and Results. Volume 3. OECD Report, Paris, Francia. pp. 117-139.
- Odum, E.P. (1969). The strategy of ecosystems development. *Science* 164, 262–270.
- Odum, H.T. (1971). *Environment, Power and Society*, Wiley-Interscience, 331 pp.
- Odum, E.P. (1975). *Ecology: The Link Between the Natural and Social Sciences*. Holt, Reinhart and Winston, San Francisco, CA.
- Odum, H.T., Odum, E.P. (2000). The energetic basis for valuation of ecosystem services. *Ecosystems* 3: 21-23.
- Ortega J., de Juan J., Tarjuelo J. (2004). Evaluation of the water cost effect on water resource management: Application to typical crops in a semiarid region. *Agric Water Manage* 66:125–144.
- Parkes, D., Newell, G., Cheal, D. (2003). Assessing the quality of native vegetation: The “habitat hectares” approach. *Ecological Management and Restoration* 4:S29–S38.
- Paruelo, J.M., Oesterheld, M., Del Pino, F., Guerschmann, J.P., Verón, S.R., Piñeiro Guerra, G., Volante, J., Baldi, G., Caride, C., Arocena, D., Vasallo, M., Porfirio, L., Durante, M. (2004). Patrones Espaciales y Temporales de la Expansión de Soja en Argentina: Relación con Factores Socio-Económicos y Ambientales. Informe final LART/FAUBA al Banco Mundial, 87 pp.
- Penna, J. A. y Cristeche, E. (2008). La Valoración de Servicios Ambientales: Diferentes Paradigmas. Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales N° 2. Ediciones INTA, Buenos Aires, 44 pp.
- Pessagno, R.C., Dos Santos, A.M., Torres Sanchez, R.M. (2005). N-(Phosphonomethyl) glycine interactions with soils. *J Arg Chem Soc* 93(4-6): 97-108.
- Pimentel, D. (1999). Environmental and economic benefits of sustainable agriculture. In: *Sustainability in Question: The Search for a Conceptual Framework* (J. Kohn, J. Gowdy, F. Hinterberger & M.A. Northampton), N. York.
- Pimentel, D., Houser, J., Preiss, E., White, O., Fang, H., Mesnick, L., Barsky, T., Tariche, S., Schreck, J., Alpert, S. (1997). Water resources: agriculture, the environment and society. *Bioscience* 47(2):97–106.
- Plucknett, D.L. (1993). International Agricultural Research for the next century. *BioScience* 43: 432-440.
- Pogue, D., Schnell, G. (2001). Effects of agriculture on habitat complexity in a prairie-forest ecotone in the Southern Great Plains of North America. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87:287–298.
- Qadir M., Borres T., Schubert S., Ghafoor A., Murtaza G. (2003). Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities. *Agric Water Manage* 62:165–185.
- Quiroga, A.R., M. Monsalvo, D. Buschiazzo, and E. Adema (1996). Labranzas en la Región Semiárida Pampeana Central. En D. Buschiazzo *et al.* (ed.) *Labranzas en la Región Semiárida Argentina*. INTA, La Pampa-San Luis, p. 81–91.
- Rabinovich, J.E. y Torres, F. (2004). Caracterización de los Síndromes de Sostenibilidad del Desarrollo: El Caso de Argentina. CEPAL/ Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Rearte, D. (2007). Situación Actual de la Producción de Carne Vacuna. Documento SEAGyP/INTA, www.sagpya.meccon.gov.ar
- Reed, W., Shu, G., Hills, F.J. (1986). Energy input and output analysis of four field crops in California. *Journal of Agronomy and Crop Science* 157, 99-104.
- Renault, D., Wallender, W. (2000). Nutritional water productivity and diets: from “crop per drop” towards “nutrition per drop”. *Agricultural Water Management* 45:275–296.
- Riitters, K., O'Neill, R., Jones, K. (1997). Assessing habitat suitability at multiple scales: A landscape-level approach. *Biological Conservation* 81(1–2):191–202.
- Romano, N., Roberto, R. (2007). Contenido de fósforo extractable, pH y materia orgánica en los suelos del este de la provincia de La Pampa. Publicación del Internacional Plant Nutrition Institute, 1-6.
- Rudel, T.K. (2007). Changing agents of deforestation: From state-initiated to enterprise driven processes, 1970-2000. *Land Use Policy* 24: 35-41.
- Running, S.W., Coughlan, J.C. (1998). A general model of forest ecosystem processes for regional applications: I. Hydrology balance,

- canopy gas exchange and primary production processes. *Ecological Modelling* 42: 125-154.
- Sadras, V.O. (2003). Influence of size of rainfall events on water-driving processes. I. Water budget of wheat crops in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 54:341–351.
- SAGPyA, (2009). Estimaciones Agrícolas de Cereales, Oleaginosas, Algodón, Maní y Poroto. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina, www.sagpya.mecon.gov.ar.
- SAYDS, (2004). Informe sobre la Deforestación en Argentina, Buenos Aires, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina.
- SAYDS, (2007a). Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=311>.
- SAYDS, (2007b). Informes Nacional y Regionales del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=316>
- Sala, O. E., Stuart Chapin, F., Armesto, J. J., Berlow, E. *et al.*, (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100, *Science* 287: 1770–1774.
- Salamanca, S. R. (1999). Suelos y fertilizantes. Ediciones USTA, Bogotá, 345 pp.
- Salvador, C. (2002). The environmentally positive aspects of the agrochemical industry in Argentina. En: *The Impact of Global Change and Information on the Rural Environment* (O.T. Solbrig, Di Castri, F. and Paarlberg, R., editors), Harvard University Press, Cambridge, MA, 201-215.
- Sanmartino, F. (2006). Anuario del Campo Argentino 2005/2006. Ediciones La Nación, año 2, número 2, Buenos Aires, 300 pp.
- Satorre, E.H. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura actual. En: *La Transformación de la Agricultura Argentina* (M. Oesterheld, editor). *Ciencia Hoy*, 15: 24-31.
- Schalerman, J.P., Balmford, W. y Green, R.E. (2005). The level of threat to restricted-range bird species can be predicted from mapped data on land use and human population. *Biological Conservation*, 123: 317-326.
- Schrag, A.M., Zaccagnini M.E., Calamari, N., Canavelli, S. (2009). Climate and land-use influences on avifauna in central Argentina: Broad-scale patterns and implications of agricultural conversion for biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 132: 135-142.
- SENASA (2004). Mercado de Fertilizantes. Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria de la República Argentina. www.sagpya.mecon.gov.ar.
- SENASA (2008). Movimiento de Hacienda 2007, Informe Estadístico N° 2. Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria de la República Argentina, 83 pp. www.sagpya.mecon.gov.ar
- Semino, S. (2008). Can certification stop high pesticide use? *Pest News* 82: 9-11.
- Solbrig, O.T. (1997). Ubicación histórica: Desarrollo y problemas de la pampa húmeda. En: J. Morello y O.T. Solbrig (eds.) *¿Argentina Granero del Mundo? ¿Hasta Cuándo?* Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, p. 29-40.
- Solbrig, O.T. and Viglizzo, E.F. (1999). Sustainable farming in the Argentine pampas: history, society, economy and ecology. Paper No. 99/00-1, DRCLAS (Working papers on Latin America), Harvard University, Cambridge, MA, 40 pp.
- Solomon, D., Lehmann, J., Zech, W. (2000). Land use effects on soil organic matter properties of chromic luvisols in semi-arid northern Tanzania: carbon, nitrogen, lignin and carbohydrates. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78:203–213.
- Spedding, C.R.W. (1979). *An Introduction to Agricultural Systems*. Applied Science Publishers, London.
- Spedding, C.R.W. y Walsingham, J.M. (1975). The production and use of energy in agriculture. *Journal of Agriculture Economics* 27(1): 19-30.
- Steinbach, H.S., Alvarez, R. (2006). Changes in soil organic carbon contents and nitrous oxide emissions after introduction of no-till in Pampean agroecosystems. *J. Environ. Qual.* 35:3–13.
- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Rio Carvalho, C., de Snoo, G.R., Eden, P. (2001). Ecological Impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365.
- Stoorvogel, J.J. y Smaling, E.M.A. (1990). Assessment of soil nutrient depletion in sub-Saharan Africa, 1983-2000. Report 28. Winan Staring Center for Integrated Land, Soil and Water Research (SC-DLO). Wageningen, Holanda.

- Stout, B.A. (1991). *Handbook of Energy for World Agriculture*. Elsevier, N. York.
- Studdert, G.A., and H.E. Echeverría, H.E. (2002). Rotaciones mixtas, labranzas y carbono orgánico en la capa arable en el Sudeste Bonaerense. Proc. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Suelo Medio Ambiente y Sociedad, Centro Nacional Patagónico (CENPAT), Puerto Madryn (Argentina), p 102.
- Suñer, L., Galantini, J., Rosell, R. (2005). Cambios del fósforo en suelos bajo diferentes rotaciones de cultivos. *Informaciones Agronómicas* (Marzo 2005), p. 5-8.
- Taboada, M.A. (2004). Inventario de gases efecto invernadero del sector agrícola Argentino. Facultad de agronomía de la Universidad de Buenos Aires, II taller sobre la segunda comunicación de cambio climático, 29 November 2004, Argentina. <http://www.fundacionbariloche.org.ar/>.
- Taboada, M.A. (2009). Estimación de la evolución anual a nivel nacional, de las emisiones de gases de efecto invernadero en el período 1990-2005, correspondientes al sector agrícola. En: *El cambio climático en la Argentina*, Nazareno Castillo Marín (Ed.), Buenos Aires, marzo de 2009, 88 págs.
- Tiessen, H., Feller, C., Sampaio, E., Garin, P. (1998). Carbon sequestration and turnover in semi-arid savannas and dry forest. *Climatic Change* 40:105–117.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R.L., Polasky, S. (2002). Agricultural Sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Tilman, D., Reich, P.B. and Knops, J.M. (2006). Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature* 441: 629-632.
- Timm, J. (2004). Variabilidad Climática y Cambios en el Uso de la Tierra en la Región Pampeana Argentina. Tesis de Graduación, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina. Santa Rosa (L.P.), 42 pp.
- Tisdell, C.A. (1993). *Economics of Environmental Conservation*. Economics for Environmental and Ecological Management. Elsevier, Amsterdam.
- Trigo, E.J. (2005). Reflexiones sobre las oportunidades que ofrece la biotecnología agropecuaria a los países de América Latina y el Caribe y las opciones de políticas a impulsar para su desarrollo. Documento elaborado para el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en el marco del servicio WEB Coyuntura Agropecuaria 2004. http://www.iica.org.uy/online/coyuntura_10doc.asp
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. and Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Lett* 8: 857-874.
- Tucker, G.M., Heath, M.F. (1994). *Birds in Europe: Their Conservation Status*. Birdlife International, Cambridge (UK).
- Turner, M., Gardner, R. and O'Neill, R.V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: Pattern and Process*. Springer, New York.
- USDA (2008). *Argentina Soybeans and Products Supply and Distribution Local Marketing Years*. USDA Foreign Agricultural Service. <http://www.fas.usda.edu/>
- Vandermeer, J., Perfecto, I. (1995). Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction. *Food First Books*, Oakland, 185 pp.
- Vazquez, M.E. (2002). Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana. En *Simposio Enfoque sistémico de la fertilización fosfórica*. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Pto Madryn, Chubut.
- Verdegem, M.C, Bosma, R.H., Verreth, J.A. (2006). Reducing water use for animal production through aquaculture. *Water Resources Development* 22:101–113.
- Victoria, F. B., Viegas Filho, J. S., Pereira, L. S., Texeira, J. L. and Lanna, A. E. (2005). Multi-scale modeling for water resources planning and management in rural basins. *Agricultural Water Management* 77: 4-20.
- Viglizzo, E.F. (1982). Los potenciales de producción de carne en la región pampeana semiárida. *Primeras Jornadas Técnicas sobre Producción Animal en la Región Pampeana Semiárida*. Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa (Argentina), 233-269.
- Viglizzo, E.F. (2007). El Sector Rural Argentino frente al Cambio Climático Global: Amenazas, Oportunidades y Estrategias. Área Estratégica de Gestión Ambiental, INTA, abril de 2007, 15 pp.
- Viglizzo E.F., Frank F.C. (2006). Land use options for Del Plata Basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision. *Ecological Economics* 57:140-151.
- Viglizzo, E.F., Frank, F.C., Bernardos, J., Buschiazzo,

- D.E., Cabo, S. (2006). A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the Pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 117:109-134.
- Viglizzo, E.F., Lértora, F.A., Pordomingo, A.J., Bernardos, J., Roberto, Z.E., Del Valle, H. (2001). Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 81, 65-81.
- Viglizzo, E. F., A. J. Pordomingo, M. G. Castro y F. A. Lértora (2002a). La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla? *Ciencia Hoy* 12: 38-51.
- Viglizzo, E. F., A. J. Pordomingo, M. G. Castro y F. A. Lértora (2002b). La sustentabilidad ambiental del agro pampeano, Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria. Argentina, INTA, 84 pp.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M. G. and Lértora, F. (2003). Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 87: 169-195.
- Vitousek, P.M., Naylor, R., Crews, T., David, M.B., Drinkwater, M.B., Holland, E., Johnes, P.J., Katzenberger, J., Martinelli, L.A., Matson, P.A., Nziguheba, G., Ojima, D., Palm, C.A., Robertson, G.P., Sánchez, P.A., Townsend, A.R., Zhang, F.S. (2009). Nutrient imbalances in agricultural development. *Science* 324: 1519-1520.
- Wackernagel, M., Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island (Canada).
- Waggoner, P.E. (1995). How much land can ten billion people spare for nature? Does technology make a difference? *Technology in Society* 17: 17-34.
- WCED -World Commission on Environment and Development- (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press, New York, 43 pp.
- Wilson, J., Morris, A., Arroyo, B., Clark, S. and Bradbury, R. (1999). A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agricultural Ecosystem Environmental* 75, 13-30.
- Wischmeyer, W. H., Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook Nº 537. Washinton. USA.
- Woodruff, N.F., Sidoway, F.H. (1965). A wind erosion equation. *Soil Sci Soc Am Proc* 29: 602-608.
- Wullschleger, S.D., Meinzer, F.C., Vertessy, R.A. (1998). A review of whole-plant water use studies in trees. *Tree Physiology* 18, 499-512.
- Zak, D.R., Grigal, D.F., Gleeson, S., Tilman, D. (1990) Carbon and nitrogen cycling during old-field succession: Constraints on plant and microbial biomass. *Biogeochemistry* 11, 111-129.
- Zak, D.R., Pregitzer, K.S. (1990) Spatial and temporal variability of nitrogen cycling in northern Lower Michigan. *Forest Science* 36,367-380.
- Zhang L., Dawes, W.R., Walker, G.R. (2001) Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research* 37, 701-708.
- Zimmer, D., Renault, D. (2002). Virtual water in food production and global trade: review of methodological issues and preliminary results. *Proceeding Expert Meeting on Virtual Water*, Delft.

Anexo Metodológico

1. Área y período estudiado

El área geográfica cubierta por este estudio supera los 1.470.000 km², que representa el 63 % de la superficie continental de Argentina. Comprende las regiones de mayor importancia agrícola y ganadera del país (Pampas, Chaco, Espinal, Noreste y Noroeste), en las cuales ocurrió la expansión más significativa de cultivos anuales en condiciones de secano durante las últimas cinco décadas. El estudio involucró 15 eco-regiones, a saber: las Pampas Ondulada, Sub-húmeda, Austral, Semiárida, Anegable y Mesopotámica, los Chacos Húmedo Sub-húmedo, Sub-húmedo Central, Seco y Sub-húmedo Occidental, el Espinal y Campos, el Bosque Atlántico (Paranaense), los Esteros del Iberá, el Delta del Paraná y la Selva de Yungas. En ellas se concentra actualmente el 89 % de la población, el 98 % de las cabezas de ganado bovino y más del 27 % de la superficie implantada con distintos tipos de cultivos anuales y perennes (INDEC, 2004). Existe una alta diversidad de biomas que incluye grandes planicies cultivadas, pastizales y arbustales templados y subtropicales, bosques tropicales y subtropicales, ecosistemas de montaña, desiertos, ríos y arroyos, cuerpos de agua y humedales. La eco-región de las Pampas es la que más aporta a la economía agropecuaria de la región estudiada, ya que con menos del 30 % de las tierras totales en producción de secano, concentró en el período 2001-05 más del 70 % de la población del país y más del 50 % del stock de ganado bovino.

El estudio cubrió un lapso de 50 años entre 1956 y 2005, dividido en tres sub-períodos (1956-60, 1986-90 y 2001-05) que fueron seleccionados en función de la disponibilidad de datos estadísticos y de sus características específicas. El período 1956-60 representa satisfactoriamente el modelo agropecuario extensivo tradicional de Argentina, de bajos insumos, tecnologías rudimentarias y baja productividad. El período 1986-90 representa un punto de in-

flexión entre el modelo agrícola tradicional y el modelo tecnificado actual. El período 2001-05 muestra un modelo tecnificado de producción de granos que se ha expandido rápidamente en Argentina, con un uso moderado a alto de insumos, prácticas agronómicas eficientes y alta productividad relativa.

2. Fuentes de datos e información

La búsqueda de datos y su consolidación en bases ordenadas requirió una definición operativa de los usos/coberturas de la tierra. Se consideraron solamente tres tipos: i) tierra boscosa, que involucró a todas las tierras con cobertura vegetal de bosques tropicales, subtropicales y secos sin degradación irreversible, ii) tierra de pastizal/pastura, que incluyó a todas aquellas superficies que fueron utilizadas para pastoreo de ganado, como pastizales naturales (sabanas, arbustales, praderas templadas, vegetación herbácea en suelos hidromórficos) y pasturas cultivadas perennes, y iii) tierra cultivada en condiciones de secano, que es aquella que albergó los principales cultivos anuales de cereales y oleaginosas (trigo, maíz, sorgo, arroz, lino, soja y girasol), cereales forrajeros anuales (avena, centeno y triticale) y cultivos industriales (caña de azúcar y algodón). Las tierras cultivadas bajo riego no fueron consideradas en este estudio. Por diferencia entre la superficie de bosques más la superficie cultivada se calculó, para cada distrito, la superficie correspondiente al área de pastizal. La estructura básica de información cubrió 399 distritos políticos (departamentos y partidos), con una distribución territorial de aproximadamente 29 %, 43 %, 17 %, 8 % y 3 % para Pampas, Chaco, Espinal, Noreste y Noroeste, respectivamente.

Debido a la disparidad presentada por las distintas fuentes de información, se decidió reconstruir una base de datos que fuera consistente con los objetivos planteados. Los datos para estimar tierras cultivadas y rendimientos agrícolas medios de cada cultivo provinieron de los últimos tres Censos Nacionales Agropecuarios (1960, 1988, 2002; INDEC 1964, 1991 y 2004, respectivamente), de la serie anual 1969-

2005 de Estimaciones Agrícolas de la SAGPyA (2009), y de la publicación *La Argentina en Mapas* (CONICET-UBA, 2008). El Censo Nacional Agropecuario de 1960 fue la única fuente de datos utilizada para describir el primer período (1956-60), ya que en esa etapa no existían mediciones alternativas. Los dos períodos restantes (1986-90 y 2001-05) fueron reconstruidos a partir de las Estimaciones Agrícolas. Si bien el monitoreo efectuado por los censos nacionales del INDEC cubrieron en detalle el 100 % de las unidades censales programadas, los datos relevados correspondieron solamente al año en que el censo fue realizado. Suponiendo que las anomalías del año censado debido a condiciones de clima, precios, políticas, etc. distorsionaron los valores medios del período, se consideraron como válidos los promedios quinquenales (de área cultivada y rendimientos de cultivos) estimados a partir de las series de Estimaciones Agropecuarias anuales.

Al no existir cuantificaciones estadísticas de productividad ganadera, la tasa de producción de carne ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) fue estimada a partir de ecuaciones (Viglizzo, 1982) que vinculan la producción con la carga animal media (unidades ganaderas $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) para todos los distritos analizados. Las ecuaciones no lineales utilizadas para áreas de cría y engorde bovino fueron, respectivamente: $Y = -27,0 + 258,4X - 15,4X^2$ y $Y = -32,0 + 252,9X - 62,6X^2$, donde Y es producción de carne, y X es carga animal. La carga animal media se estimó a partir de datos estadísticos de cabezas bovinas (INDEC 1964, 1991, 2004), asumiendo una equivalencia de 1 cabeza igual a 1 unidad ganadera. La producción lechera fue analizada únicamente en la pradera pampeana, ya que más del 95% de los tambos se concentra allí. La productividad lechera es el resultado de un efecto combinado de carga animal y alimentación con concentrados energéticos y proteicos. La producción fue de base pastoril durante el período 1956-60, con una participación creciente de concentrados durante los dos períodos restantes. Los valores medios estimados de productividad fueron 1230, 3765 y 5733 litros de leche $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ para los períodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05, respectivamente. Estos

datos surgieron de dividir la producción media total de leche en la pradera pampeana, por la superficie lechera, mientras que en los períodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05 el stock lechero representó respectivamente 3,7; 3,1 y 2,9% del stock total (Sanmartino, 2006).

La tecnología de los cultivos fue caracterizada mediante cuatro factores: labranzas, insecticidas, herbicidas y fertilizantes. Las fuentes de información de uso y aplicación provinieron de: i) consultas a informantes técnicos que operaron en el primer período (1956-60) y, ii) consultas a publicaciones de difusión técnica en los dos períodos restantes. El análisis de las labranzas se basó en la relación cambiante que ocurrió entre labranza convencional y labranza conservacionista en los distintos períodos analizados. Esa relación fue 100-0, 90-10 y 40-60 para los períodos 1956-60, 1986-90 y 2001-05, respectivamente (Salvador, 2002). Los insecticidas fueron químicamente distintos en las tres épocas: predominaron los insecticidas clorados durante el período 1956-60, una combinación de fosforados y piretroides en el período 1986-90, y los piretroides en el período 2001-05. Respecto a los herbicidas, dependiendo de los cultivos tratados, predominaron distintas combinaciones de 2,4D, 2,4DB, Piclorán, Atrazina, Trifluralina, Bromoxinil y Glifosato. Éste último dominó el escenario del período 2001-2005 en cultivos de soja modificada. Las dosis adoptadas fueron las recomendadas por sus fabricantes. Se consideró solamente el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, asumiendo una curva de uso que guardó una relación directa con la compra de estos productos según estadísticas disponibles (SENASA, 2004): aunque las dosis variaron de acuerdo al tipo de cultivo, el máximo valor de uso (100) se asignó al período 2001-05. Valores de 20 y 0 fueron respectivamente asignados a los períodos 1986-90 y 1956-60.

En relación a la superficie de bosques, los datos de los tres Censos Nacionales Agropecuarios del INDEC presentaron divergencias notorias respecto a otras fuentes de información (Gasparri y Menéndez, 2004; Grau *et al.*, 2005; Boletta *et al.*, 2006, SAyDS, 2007a, SAyDS,

2007b). Las áreas boscosas fueron re-calculadas a partir de los criterios y estimaciones de Gasparri *et al.* (2008), quienes utilizaron distintas fuentes de información para estimar, en un meticuloso estudio, los cambios en el stock y emisiones de carbono en bosques del Norte argentino durante el período 1900-2005. Debido a que esos datos no estaban desagregados en distritos como requería nuestro estudio, la distribución porcentual de los biomas boscosos entre los distritos analizados fue reconstruida a partir de la distribución geográfica que esos bosques presentaban en los Censos Nacionales considerados.

La base de datos reconstruida y organizada a escala de distrito permitió identificar 399 tipologías distintas de producción (una por distrito) para cada uno de los tres períodos analizados. El cálculo básico consistió en definir para cada distrito, un sistema predominante que fue función del patrón de uso/cobertura de la tierra, el área relativa (%) de cada rubro productivo, sus rendimientos anuales por hectárea, los insumos utilizados y los procesos desarrollados dentro del período estudiado. De esta manera, el estudio involucró 1197 sistemas distintos de producción.

3. Estimación de stocks, balances e impactos

Mediante indicadores específicos se evaluó el comportamiento ecológico y ambiental de las 1197 tipologías productivas identificadas. Esta evaluación incluyó: i) cambios en el stock de carbono, nitrógeno y fósforo total, en suelo y en biomasa, ii) los balances de energía, carbono, nitrógeno y fósforo, iii) el uso del agua, iv) el riesgo de contaminación por nutrientes y plaguicidas, v) la pérdida de sedimentos por erosión de los suelos, vi) el balance de gases de efecto invernadero, vii) el riesgo de intervención del hábitat y, viii) los cambios en la oferta de servicios ecosistémicos.

3.1. Stocks (Capítulo 3)

A través de diferentes procedimientos y fuentes de información se estimaron los stocks

de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo disponible (P) en los tres períodos analizados.

3.1.1. Stocks de C

El stock de C, que incluyó el C contenido en la biomasa y en el suelo, tuvo una estimación independiente para los biomas de bosque (natural y cultivado), para los pastizales naturales/pasturas cultivadas y para los cultivos anuales. El stock de C en bosques se estimó a partir de tres componentes: i) la biomasa aérea, ii) una fracción de biomasa extra (incluyó la biomasa subterránea, la vegetación de sotobosque, y los desechos de material vegetal), y iii) el C orgánico en los primeros 30 cm de suelo (estimado a partir de la densidad aparente del suelo igual y asumiendo un 58 % de C en la materia orgánica). El stock de biomasa aérea (Ton MS ha⁻¹) en los bosques fue estimado a partir de los inventarios del IPCC (2006) para biomas boscosos (tropicales y subtropicales, húmedos y secos). Las estimaciones del IPCC (2006) fueron posteriormente confrontadas con las estimaciones realizadas recientemente por Gasparri *et al.* (2008) con el objeto de detectar discrepancias entre ambas fuentes. Mientras el valor medio para el bosque Chaqueño de acuerdo a Gasparri *et al.* (2008) fue de 78, ese valor calculado según el IPCC fue igual a 74 Ton MS ha⁻¹ año⁻¹. Siguiendo el mismo criterio, los valores medios confrontados fueron 256,5 y 300 para el Bosque Atlántico, y 197,7 y 180 para la Selva de Yungas. Asumimos que la cercanía de estas cuantificaciones daba fiabilidad al método escogido en este estudio. La fracción de biomasa extra fue calculada como un porcentaje de la biomasa aérea, tomando como base las estimaciones de Gasparri *et al.* (2008). Esos porcentajes fueron de 0.49, 0.41 y 0.38, respectivamente, para las eco-regiones de Chaco, Bosque Atlántico y Yungas. Se utilizó un promedio de los tres (0.43) para la eco-región del Espinal. Para estimar la fracción de C en la biomasa se adoptó un factor medio de conversión de 0.47, recomendado por el IPCC (2006) para estimar el stock de C por tonelada de MS de biomasa. El stock medio de C orgánico en suelos de tierras de bosque fue estimado a partir de datos de Quiroga *et al.*

(1996), Guo y Gifford (2002) y Gasparri *et al.* (2008). Los datos utilizados fueron de 31, 35, 65 y 56 Ton ha⁻¹ para las eco-regiones de Chaco, Bosque Atlántico, Yungas y Espinal respectivamente. Se asumió un valor similar al del Bosque Atlántico (35 Ton ha⁻¹) para los suelos boscosos de los Esteros del Iberá y el Delta del Paraná.

A pesar de que el área implantada con bosques cultivados fue pequeña en relación al área total del estudio (0; 0,43 y 0,74% en los tres períodos, respectivamente; SAGPyA, 2009), su contribución al stock de C fue calculada en las regiones de Selva Paranaense, Delta del Paraná y Esteros del Iberá (0; 4,1 y 8,0, respectivamente). La superficie de bosques implantados en el resto de las regiones fue inferior a 0,2% en todos los casos. Siguiendo el criterio del IPCC (2006), se utilizaron valores de biomasa aérea de 222,5; 157,0 y 88,75 Ton ha⁻¹ en bosques implantados tropicales, subtropicales y templados.

Los mismos tres componentes fueron utilizados para estimar el stock de C de los pastizales y pasturas, tomando los datos default sugeridos por IPCC (2006) para ambientes tropicales-subtropicales y templados, y para condiciones de alta y baja precipitación. Para las eco-regiones y sub-regiones de Chaco Húmedo, Chaco Sub-húmedo, Chaco Seco, Bosque Atlántico, Selvas de Yungas, Esteros, Delta, Espinal, Pampa Semiárida, Pampa Sub-húmeda y Pampa Húmeda, se aplicaron en nuestras estimaciones valores medios (Ton C ha⁻¹) para la biomasa aérea (13,5; 9,5; 6,1; 16,1; 9,1; 16,1; 16,1; 6,5; 6,5 y 13,6 respectivamente) y para la biomasa extra (1,6; 1,6; 2,8; 1,6; 1,6; 1,6; 1,6; 2,8; 2,8 y 4,0 respectivamente). Los stocks de C orgánico en suelo se obtuvieron a partir de datos de Quiroga *et al.* (1996), Alvarez *et al.* (1995), Krüger (1996), Andriulo *et al.* (2001), Studdert y Echeverría (2002), Steinbach y Alvarez (2006) y Gasparri *et al.* (2008). Esos valores (Ton C ha⁻¹) fueron 34, 39, 72, 39, 39, 52, 55 y 57, 52, 45, 55 y 55, para Chaco Húmedo, Chaco Sub-húmedo, Chaco Seco, Bosque Atlántico, Selvas de Yungas, Esteros del Iberá, Delta del Paraná, Espinal, Pampa Ondulada, Pampa Austral, Pampa Sub-húmeda, Pampa Semiárida,

Pampa Anegable y Pampa Mesopotámica, respectivamente.

En el caso de los cultivos, no se tomaron en cuenta variaciones de biomasa aérea y subterránea. Se asumió que el stock de C del ecosistema se encuentra almacenado en la materia orgánica del suelo. Aceptando que los cultivos anuales han colonizado suelos de vegetación natural, se arrancó en el período 1956-60 con un stock de C orgánico en suelos similar al que presentan los biomas de bosque y pastizal. Tomando valores promedios de ganancia y/o pérdida de C orgánico entre dos períodos consecutivos (cuyo cálculo se describe en la sección siguiente referida a Flujos), se estimaron los stocks medios correspondientes a los períodos 1986-90 y 2001-05. Por otro lado, el stock de C del suelo de los bosques fue estimado a partir de Gasparri *et al.*, (2008), con valores de 31, 35, 65 y 56 Ton C ha⁻¹ para Chaco, Selva Paranaense, Yungas y Espinal, respectivamente. Un valor de 35 Ton C ha⁻¹ fue asumido para los suelos de bosques del Delta del Paraná y Esteros del Iberá.

3.1.2. Stocks de N

Para calcular el stock de N (Ton ha⁻¹), se adoptó una metodología sencilla dividiendo la estimación en dos compartimentos: biomasa y suelo. Parte del stock en biomasa y suelo fue estimado a partir de valores constantes. Se utilizaron relaciones N:C específicas para cultivos (0.02458 ± 0.00256) (Givens *et al.*, 1990), bosques (0.0359 ± 0.0126) (Zak y Pregitzer, 1990; Nadkrmiz & Matelson, 1992; Hooker & Compton, 2003), pastizales (0.0603 ± 0.0072) (Zak *et al.*, 1990) y pasturas (0.0796 ± 0.0234) (NRC, 1978; Givens *et al.*, 1990). En el caso de los suelos, el stock (Ton N ha⁻¹) se calculó a partir de una relación relativamente constante de 0,11 Ton de N por Ton de C orgánico, resultante de promediar valores de N que oscilan entre 10 y 12% del C orgánico almacenado en los primeros 30 cm de suelo (Salamanca, 1999). La otra parte de la estimación del stock de N en suelos involucró una suma de los balances de N cuyo cálculo se describe en la sección de *Balances de N y P*.

3.1.3. Stocks de P

La estimación del stock de P disponible (kg ha^{-1}) también fue dividida en dos compartimentos: biomasa y suelo. Un valor de $0,1184 \pm 0,0620$ se aplicó como relación P:N en el caso de la biomasa. En el caso del suelo, se asumió una relación de 1 tonelada de P por cada tonelada de C orgánico. Este stock inicial fue modificado mediante los valores de ganancia y/o pérdida anual de P registrados entre dos períodos consecutivos para estimar los stocks correspondientes a los períodos.

3.2. Balances (Capítulo 4)

El instrumento de evaluación utilizado para valorar balances e impactos fue el modelo *AgroEcoIndex*, utilizado anteriormente con el mismo fin en la pradera pampeana a escala regional (Viglizzo *et al.*, 2003) y predial (Viglizzo *et al.*, 2006). El análisis de los balances de energía, C, N y P adquiere significación durante los procesos de expansión territorial e intensificación tecnológica de la producción agropecuaria (Agriculture y Agri-Food Canada, 2000).

3.2.1. Balance de energía

Los flujos energéticos ($\text{MJ ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) generados a partir del ingreso de energía fósil (EF) y el egreso de energía productiva se estimaron mediante un procedimiento sencillo: i) el ingreso de EF fue el resultado de sumar el costo energético de síntesis de distintos insumos (plaguicidas, fertilizantes, concentrados, semillas, etc.) y actividades agropecuarias (arada, rastreada, siembra, fumigación, cosecha, bombeo de agua, etc.) que consumen combustible fósil, y ii) el egreso de energía surgió de sumar los rendimientos de energía contenidos en granos y productos animales que salen del sistema. Distintas fuentes aportaron los datos utilizados para valorar insumos y productos (Reed *et al.*, 1986; Givens y Moss, 1990; Stout, 1991, Conforti y Giampietro, 1997, Pimentel, 1999).

3.2.2. Balance de C

Los flujos de C ($\text{Ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) producidos en la biomasa vegetal se estimaron a partir de

datos de forestación, deforestación, la quema de bosques y pastizales y la extracción o remoción de material leñoso. Los cálculos, realizados de acuerdo a la metodología propuesta por IPCC (2006) se basaron en el supuesto que: i) los bosques naturales o cultivados en equilibrio (clímax) no actúan como fuente ni sumidero, ii) la regeneración de bosques secundarios y pastizales sobre tierras abandonadas, así como el crecimiento anual de los bosques, son un sumidero de C, iii) los bosques pierden C por efecto de la deforestación y la extracción de material leñoso, iv) la densidad media de C en la biomasa leñosa equivale a $47 \text{ Ton C Ton}^{-1}$ de biomasa seca, v) la pérdida de C por extracción, quemadas controladas o incendios destruyen biomasa dentro del año, mientras que la descomposición de madera en el sitio dura en promedio 10 años. Se asume que la quema deja un remanente de carbón de leña (menos del 10 %) que tiene una descomposición lenta (hasta 100 años), y vi) no se computa el crecimiento de otros tipos de vegetación (cultivos, pasturas), ya que se supone que el C secuestrado es removido en poco tiempo durante la cosecha o por el ganado.

Los valores medios de cambios en biomasa leñosa ($\text{Ton MS ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) fueron obtenidos de datos *default* revisados por el IPCC (2006) para bosques (naturales y cultivados) tropicales, subtropicales, templados y boreales, y pastizales de estepa, tundra, sabana y arbustivas. De esta manera, el balance de C en biomasa (C_b) en un período dado resulta de la siguiente ecuación:

$$\text{Balance } C_b = A_c - (D \text{ y/o } E) + F + DC$$

donde, A_c es el aumento anual de C por crecimiento de la biomasa, D es la extracción de C por deforestación, E es la extracción de C por remoción de biomasa leñosa sin deforestación, F es la pérdida de C contenido en la biomasa afectada por el fuego, y DC es la pérdida de C por descomposición de la biomasa luego de la deforestación.

Los flujos de C orgánico en suelo ($\text{Ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) fueron estimados a partir de una meto-

dología simplificada de cálculo propuesta por el IPCC (2006). La línea de base fueron los stocks iniciales utilizados en la sección anterior. El stock inicial fue afectado por tres factores multiplicativos de corrección: i) un factor de uso de la tierra (U) cuyo valor es diferente para cultivos, pastizales/pasturas y bosques; ii) un factor de labranza (L), que multiplicó por un valor menor a 1 en el caso de labranzas convencionales, e igual o mayor que 1 en el caso de labranzas conservacionistas, y iii) un factor residuos orgánicos (R), que valoró el remanente de materia orgánica sobre el potrero (rastros). Este valor fue menor a 1 en el caso de una actividad que no deja residuos orgánicos sobre el suelo, y mayor a 1 cuando existe un residuo o bien un agregado de MO. De esta manera, el flujo anual de C es el resultado de corregir el stock previo mediante esos factores y dividirlo por el número de años entre dos estimaciones consecutivas:

$$\text{Flujo de C}_{\text{actual}} = (\text{Stock C}_{\text{previo}} \times U \times L \times R) / 20$$

3.2.3. Balances de N y P

Los flujos medios de ingreso y salida ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) de N y P se estimaron mediante un procedimiento similar. Las vías y valores de ingreso de N al sistema fueron las siguientes: i) N ingresado por precipitaciones (0.6 kg N por cada 100 mm lluvia), ii) N ingresado por fertilizantes aplicados (en kg ha^{-1}), iii) N ingresado por fijación biológica de leguminosas (estimado entre 70 y $120 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ según cultivos) y, iv) N ingresado al sistema como suplemento animal. Por su parte, las vías de ingreso de P fueron dos: i) P ingresado por fertilizantes aplicados (su densidad depende del fertilizante) y, ii) P incorporado como suplemento animal. Las vías de egreso de N consideradas fueron i) el producto, ii) el N perdido por erosión (ver sección 3.4.3) y pérdida de materia orgánica (ver sección 3.2.2) y iii) las emisiones de N_2O a la atmósfera ($\text{N}_2\text{O} \times 0,68$). Estas últimas fueron a su vez a partir de la metodología propuesta por IPCC (2006), como se describe en la sección 3.4.4. En el caso del P, las vías de pérdida consideradas fueron las dos primeras, asumiendo

una relación N:P fija (ver sección 3.1.3). Los datos de concentraciones de N y P de insumos y productos fueron obtenidos de diversas fuentes bibliográficas (Lloyd *et al.*, 1978; NRC, 1978; Givens y Moss, 1990).

3.3. Uso del agua

Los flujos anuales de ingreso y salida (mm año^{-1}) de agua consumida por las actividades agrícolas durante el proceso productivo, requirieron un cálculo complejo. Por un lado, se consideraron los consumos de agua de los cultivos y del ganado expresados en $\text{mm ha}^{-1} \text{año}^{-1}$. El consumo anual se calculó en base a valores de evapotranspiración real (ETP) que fueron corregidos por el coeficiente K_c específico para cada cultivo (FAO, 1992). A cada especie de cultivo le corresponde una fracción específica de esta ETP de referencia, aunque varía de acuerdo a las condiciones atmosféricas y al rendimiento obtenido (Andrade y Sadras, 2002; Sadras, 2003). Por otro lado, para evaluar el consumo de agua por parte de especies forestales se recurrió a trabajos de revisión bibliográfica sobre el tema (Running y Coughlan, 1998; Wullschlegel *et al.*, 1998; Kallarackal y Somen, 2008). El consumo en bosques y pastizales fue estimado en base a modelos empíricos que relacionan la evapotranspiración con las precipitaciones propuestos por Zhang *et al.* (2001). Se utilizaron las siguientes ecuaciones para estimar el consumo en bosques (ETPb), pastizales (ETPp) y ecosistemas mixtos (ETPm): i) $\text{ETPb} = 50,0 + 0,9195 \text{ PPT} - 0,0001 \text{ PPT}^2$; ii) $\text{ETPp} = 69,875 + 0,6263 \text{ PPT} - 0,0001 \text{ PPT}^2$; iii) $\text{ETPm} = 59,938 + 0,7729 \text{ PPT} - 0,0001 \text{ PPT}^2$.

Para calcular el uso de agua por parte del ganado, se consideraron dos fracciones: el agua de bebida y el agua ingerida mediante el consumo de alimentos. El primero, estimado en $50 \text{ litros cabeza}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en el caso de los bovinos, es relativamente pequeño en relación al segundo (Verdegem *et al.*, 2006), ya que éste último arrastra la "memoria" de agua utilizada para producir forraje y alimentos. Por lo tanto, el agua ingerida con los alimentos está directamente asociada al consumo diario de MS de

forraje, que varía de acuerdo al tipo y tamaño del animal, condición fisiológica, calidad del forraje, temperatura ambiente, viento y humedad. El consumo voluntario de forraje y alimentos concentrados (kg MS cabeza⁻¹ día⁻¹) fue estimado a partir de ecuaciones propuestas por Verdegem *et al.* (2006) para ganado bovino de carne y leche. Estas ecuaciones tienen factores constantes y variables que tomaron en cuenta la metabolizabilidad de la dieta (proporción de energía metabolizable sobre energía bruta total), el peso metabólico de los animales ($P^{0.45}$), el nivel de producción (de carne o leche) y la naturaleza del alimento incorporado (pasto o concentrados). Los ingresos de agua provenientes de los alimentos se estimaron a partir de cálculos bibliográficos del agua utilizada para la producción de los mismos (Doorenbos *et al.*, 1986; FAO, 1992; Barthèlemy *et al.*, 1993; Hoekstra y Hung, 2002; Renault y Wallender, 2000; Zimmer y Renault, 2002). Sumando los volúmenes de agua consumidos por kg de producto en granos, carne, leche y biomasa se realizó una estimación de la cantidad total de agua utilizada (mm año⁻¹) por parte del sistema analizado. De esta manera fue posible confrontar los mm de agua ingresados con los mm egresados del ecosistema en estudio.

3.4. Impactos (Capítulos 5, 6, 7 y 8)

Los impactos sobre el ambiente se analizaron en relación a: i) la contaminación por nutrientes, ii) la contaminación por plaguicidas, iii) la pérdida de sedimentos por erosión del suelo, iv) el balance de gases de efecto invernadero, v) el riesgo de intervención del hábitat y, vi) los cambios en la oferta de servicios ecosistémicos.

3.4.1. Riesgo de contaminación por nutrientes

El riesgo de contaminación por nutrientes (expresado en mg litro⁻¹ de agua de drenaje) fue directamente vinculado a los balances de N y P estimados en 3.2.3. Siguiendo un procedimiento sugerido por Mc Donald (2000), se asumió que solamente existe riesgo de contaminación

en casos que denotaron excedentes no utilizados de N o P en el suelo. Como los excedentes son transportados por el agua, el análisis se complementó con datos hídricos del ecosistema analizado, a saber: i) valores medios de *precipitación*, ii) valores medios de *evapotranspiración real*, y iii) *capacidad media de retención de agua* del suelo, que fue función de la textura del suelo. Los valores de precipitación y evapotranspiración fueron extraídos del Atlas Agro-climático de la República Argentina (Murphy *et al.*, 2008), y los de capacidad de retención de agua de los suelos de AgriFood Canada (2000). Los datos fueron agrupados en tablas incorporadas a la configuración del modelo. El riesgo se valoró a través del nutriente residual que potencialmente pudo diluirse en el agua excedente, que fue resultado de la diferencia entre evapotranspiración real y la precipitación media (mm precipitados - mm evapotranspirados). El riesgo se manifestó solamente en el caso que ambos residuos (nutrientes y agua) fueron positivos.

3.4.2. Riesgo de contaminación por plaguicidas

El cálculo del riesgo de contaminación de las napas por plaguicidas es un índice relativo que permitió comparar distintos procesos productivos. El cálculo del indicador se basó en determinar la toxicidad de los plaguicidas más utilizados (insecticidas, herbicidas y fungicidas) y en la corrección de ese valor por factores de persistencia y movilidad del compuesto una vez ingresado al suelo. Fue necesario asimismo recabar información acerca de los plaguicidas aplicados en distintos cultivos, como también su formulación (% de producto activo) y dosis aplicada por hectárea. La ecuación utilizada en el modelo fue la siguiente:

$$Riesgo = \frac{1000}{DL50} \left[\frac{K_{sp} + R}{2} + K_{oc} + T \frac{1}{2} \right] \times Dosis \times Superficie$$

La toxicidad del compuesto, obtenida del vademécum de plaguicidas utilizado en Argentina (CASAFE, 1997), fue estimada a partir de datos sobre la dosis letal media oral para ratas

(DL50) expresada en mg kg^{-1} de peso vivo. Se utilizó el inverso multiplicativo para indicar que a menor valor de DL50, mayor es la acción tóxica del producto. La solubilidad del compuesto en agua (Ksp) expresa el riesgo de que el mismo llegue al acuífero y está asociada a la recarga anual de agua al acuífero (R), de manera que a mayor recarga mayor riesgo de contaminación. Se considera también el coeficiente de adsorción por la fase orgánica del suelo (Koc) porque los compuestos con altos valores de adsorción sufren menor lixiviación y resultan menos tóxicos. Finalmente, la vida media ($T_{1/2}$) del compuesto se asocia a su persistencia tóxica en el ambiente. Los valores Ksp, R, Koc y $T_{1/2}$ fueron tabulados según valores relativos de toxicidad (1 es el menor y 5 es el mayor) de acuerdo a la naturaleza del compuesto y las características del suelo estudiado. El riesgo de contaminación general de un proceso productivo surge de sumar las contribuciones relativas de las distintas actividades agropecuarias explotadas dentro de un período productivo de 12 meses.

3.4.3. Pérdida de sedimentos por erosión del suelo

El cálculo del riesgo de la producción de sedimentos por erosión del suelo ($\text{Ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) se basó en las ecuaciones universales para estimar Erosión Eólica (WEQ) y Erosión Hídrica (USLE). WEQ (Woodruff y Sidoway, 1965; Hagen, 1991) toma en cuenta la erodabilidad potencial (E) del suelo (que es función de los contenidos de materia orgánica, limo, arcilla, arena y carbonatos, de la interacción entre temperatura, lluvia y viento, y de la longitud de los potreros), la cobertura vegetal (CV) del suelo (que depende del tipo de cultivo o vegetación existente), y la rugosidad (K) del suelo (que depende del sistema de labranza aplicado). La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$\text{WEQ} = (34,8183 - 23,1874 * \text{CV} + 0,578141 * \text{E}) * \text{K}$$

Por su parte, USLE (Wischmeyer y Smith, 1978) toma en cuenta la erosividad (R) de las lluvias (calculada a partir de las precipitaciones según procedimiento de Irurtia et al., 1984), la

susceptibilidad (K) del suelo a la erosión hídrica (función de la materia orgánica, textura y permeabilidad del suelo), la topografía (LS) (que es función de la pendiente del terreno), la cobertura vegetal (C) del suelo (que depende del tipo de cultivo o vegetación existente), y el tipo de labranza (P) considerado (convencional, conservacionista o siembra directa). La ecuación aplicada es multiplicativa:

$$\text{USLE} = \text{R} * \text{K} * \text{LS} * \text{C} * \text{P}$$

El cálculo de erosión total surgió de sumar los aportes relativos por WEQ y USLE en cada una de las actividades consideradas. La información necesaria para los cálculos de ambas ecuaciones fue obtenida del Atlas de Suelos de la Argentina (INTA, 1990), Murphy (2008) y Michelena et al. (1989).

3.4.4. Balance de gases de efecto invernadero

El balance de gases invernadero se obtiene a partir de una adaptación de la metodología propuesta por el IPCC (1997), que consiste en la suma y resta de los valores estimados para las distintas fuentes de emisión y secuestro de gases invernadero, respectivamente. Los tres gases considerados en este indicador son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), y el óxido nitroso (N_2O), aunque se totalizan los resultados en toneladas de equivalente CO_2 (emitido o secuestrado) por unidad de espacio y tiempo ($\text{Ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$). Para realizar esto, se convierten los dos últimos gases, afectándolos por su potencia invernadero, de 21 y 310 veces el potencial correspondiente al CO_2 , respectivamente. A continuación veremos los cálculos necesarios para la estimación de emisión y/o secuestro de CO_2 , CH_4 y N_2O , respectivamente.

Cálculo de la emisión y secuestro de CO_2

$$\text{Eq. CO}_2 = (\text{CO}_2) + (\text{CH}_4 \times 21) + (\text{N}_2\text{O} \times 310)$$

En primer lugar, se estima la emisión y el secuestro de CO_2 , a partir de tres componentes de su balance: el cambio en el stock de C del

suelo, los cambios en el stock de C de la biomasa, y la emisión de CO₂ por quema de combustibles fósiles en las actividades agropecuarias.

$$CO_2 = (CO_2 - SC) + (CO_2 - BIO) + (CO_2 - CF)$$

El primero de los componentes se estima a partir del indicador de cambio en el stock de C del suelo (CSC), explicado anteriormente. Para esto, se multiplica, teniendo en cuenta los pesos atómicos de los elementos que componen la molécula, el valor obtenido por el cociente 44×12^{-1} (para convertir la masa de C a su equivalente en CO₂). Cabe agregar que, debido a que se asume que las pérdidas en el C del suelo significan ganancias en el C de la atmósfera, también se cambia de signo el valor del indicador anterior.

$$CO_2 - SC = \pm CSC \times 44/12$$

En el segundo componente, algunos cambios en el stock de C de la biomasa, como la forestación, la deforestación y la quema de bosques y pastizales implican un cambio importante en las tasas de emisión y secuestro de CO₂. Básicamente, los cálculos consisten en estimar las pérdidas o ganancias de biomasa y convertirlas en CO₂.

- Los cálculos asumen algunos supuestos básicos: Los bosques naturales o cultivados en equilibrio (climático), que no sufren intervención antrópica no actúan como fuente ni sumidero, por tanto, al ser neutros, no entran en el cálculo.
- La regeneración de bosques secundarios sobre tierras abandonadas, así como el crecimiento anual de los bosques conforman un sumidero neto de secuestro de C (CO₂ -REG).
- También entran en el cálculo distintos tipos de bosques que sufren cambios significativos en el stock de biomasa, como deforestación (CO₂ -DEF) y extracción de leña y rollizos (CO₂ -EXT).
- Todo el C removido con la biomasa leñosa es oxidado (convertido en CO₂)

en el mismo año de la extracción.

- La concentración de C en la biomasa es igual a 0.5 Ton C Ton de biomasa seca⁻¹.
- La liberación de CO₂ por extracción, quemas controladas o incendios consumen biomasa en la escala temporal de un año, mientras que la descomposición de madera en el sitio ocurre dentro de una década.
- Una parte de la madera generalmente se comercializa, otra es quemada en el lugar (CO₂ -QUE), y otra parte queda como un remanente de carbón de leña que tiene una descomposición muy lenta (hasta 100 años).
- Se asume que todo el C de la biomasa en descomposición se libera como CO₂, aunque la bibliografía disponible indica que hasta un 10 % del C quemado se convierte en carbón de leña
- De la biomasa que queda remanente en el lugar, una parte (50 %) es quemada dentro del mismo año, y el resto (50 %) sufre una degradación lenta (de varios años) en el terreno.
- Donde existen quemas en el lugar, ocurren también emisiones de metano (CH₄), de monóxido de C (CO), de óxido nitroso (N₂O), y otros óxidos de N (NO y NO₂).
- El enfoque utilizado consiste en estimar la emisión de estos gases en relación a la cantidad de C liberado durante la quema. De esta manera, por cada tonelada de C liberado, se liberan en promedio: (a) 0,012 t de CH₄, (b) 0,06 t de CO, (c) 0,007t de N₂O, y (d) 0,121 t de NO. Luego, estos gases deben ser convertidos a C.
- Las equivalencias en peso molecular son: C-CH₄= 16×12^{-1} , y C-CO= 28×12^{-1} . En el caso de los gases que contienen N hay que definir la relación N:C de la madera que se quema. Se acepta una relación de 0,01, para convertir esta emisión en C se asume: C-N₂O= 44×28^{-1} , y C-NO= 46×14^{-1} .
- La fracción de biomasa aérea rema-

nente que no fue quemada, queda expuesta a un proceso lento de oxidación que demora más o menos una década. El IPCC (1997) recomienda considerar una tasa de descomposición de 10 % por año.

- Cuando las tierras de cultivo y pasturas son retiradas de la producción y abandonadas, el C se reacumula tanto en la biomasa (si crece un bosque) como en el suelo.
- No se computa, por el contrario, el crecimiento de otros tipos de vegetación (cultivos, pasturas, pastizal natural), ya que se asume que, en estos últimos, el C secuestrado es removido en poco tiempo en la cosecha o por el ganado.

En resumen, las ecuaciones para estimar las emisiones y secuestros de CO₂ por cambios en la biomasa son las siguientes:

$$(CO_2-BIO)=(CO_2-REG)-(CO_2-DEF)-(CO_2-EXT)+(CO_2-QUE)$$

$$(CO_2 - REG) = -(Crecim .Biomasa \times 0,5 \times 44 / 12)$$

$$(CO_2 - EXT) = Extracc .Biomasa \times 0,5 \times 44 / 12$$

$$(CO_2 - DEF) = ((CO_2 - EXT) \times 0,5 \times 44 / 12) + ((CO_2 - EXT) \times 0,1 \times 44 / 12)$$

(de lo que se extrae, la mitad queda y se descompone tras la quema y una parte se descompone en 10 años)

(lo que se quema se descompone, y además se libera CH₄, CO, N₂O y NO)

Finalmente, la emisión de CO₂ por quema de combustibles fósiles (CO₂-CF) se basa en el consumo de energía fósil utilizada en distintas actividades e insumos agropecuarios, y se parte del supuesto que cada Mj quemado de energía fósil equivale a una producción de 72 gramos de CO₂.

$$CO_2 - CF = Consumo .EF \times 72$$

Cálculo de la emisión de CH₄

En segundo lugar, la emisión de gases invernadero por generación de CH₄ deriva, en el sector rural, de tres fuentes principales: fermentación entérica (CH₄-FE), fermentación fecal (CH₄-FF), y emisión en cultivos de arroz (CH₄-ARR). Los dos primeros valores dependen de la cantidad de animales y del tipo de alimentación (básicamente porque hay más carbono en el pasto que en el grano), mientras que el tercero se estima en 5,68x10⁻⁴ toneladas de CH₄ por ha de arroz sembrada.

$$CH_4 = (CH_4 - FE) + (CH_4 - FF) + (CH_4 - ARR)$$

Cálculo de la emisión de N₂O

En tercer lugar, se calcula la emisión de gases invernadero por generación de óxido nitroso. Los cálculos de este módulo son los más complejos de todo el proceso, no obstante, algunos de ellos han podido ser simplificados a través de tablas de emisión estimadas únicamente para las condiciones de la planicie pampeana.

Las tres vías principales de emisión son: emisiones directas por heces y orina (N₂O-HO), emisiones indirectas por volatilización, lavado e infiltración de fertilizantes sintéticos y excreciones animales (N₂O-VLI), y emisiones directas desde suelos agrícolas por fertilización, fijación biológica de N y residuos de cosecha (N₂O-SA).

$$N_2O = (N_2O - HO) + (N_2O - LVI) + (N_2O - SA)$$

Se estima que los animales eliminan aproximadamente 0,02 kg de N₂O por kg de N excretado como heces y orina. Los valores de N excretado (kg N cabeza⁻¹ año⁻¹) dependen del tipo de ganado y del tipo de alimentación, al igual que la emisión de CH₄.

$$(N_2O - HO) = N .Excretado \times 0,02$$

Las emisiones indirectas por volatilización, lavado e infiltración reflejan el N₂O que se pierde proveniente de fertilizantes nitrogenados aplicados y excreciones animales. Este N₂O proviene

fundamentalmente del N amoniacal (N-NH₃). El factor de emisión sugerido es de 0,01 kg N₂O por kg N-NH₃, la fracción de NH₃ que se estima es de 0,2 kg N-NH₃ por kg de N excretado, y 0,1 kg N-NH₃ por kg de N aplicado como fertilizante.

$$(N_2O - VLI) = (N.Excretado \times 0,01 \times 0,2) + (N.Fertilizado \times 0,01 \times 0,1)$$

Las emisiones directas desde suelos agrícolas provienen tanto del uso de fertilizantes sintéticos, como de fijación biológica de N, como de residuos de cosecha (rastros). Los supuestos de cálculo son: los fertilizantes sintéticos emiten aproximadamente 0,0125 kg N₂O por kg de N aplicado, se emiten 0,7 kg N₂O por kg de N fijado por pasturas y 0,35 kg N₂O por kg de N fijado por soja, y finalmente la emisión por residuos de cosecha (rastros) se ha unificado en 0,96 kg N₂O por ha y por año.

$$(N_2O - SA) = (N.Fert \times 0,0125) + \left(N.Fij \times \begin{matrix} 0,70 \\ 0,35 \end{matrix} \right) + (0,96 \times Sup.Agrícola)$$

Concluyendo, el balance de gases de efecto invernadero puede ser positivo, negativo o neutro. Si el balance es positivo, quiere decir que el establecimiento está actuando como emisor de Equivalente CO₂ (o sea, de gases invernaderos). Si el balance es negativo, actúa como sumidero de CO₂, es decir que está secuestrando gases invernaderos.

3.4.5. Riesgo de intervención del hábitat

A través del indicador de intervención del hábitat se intentó evaluar la condición actual de los agroecosistemas, al compararla con la condición considerada como original (previa a la llegada del Hombre blanco al continente americano). Esta condición representó, en cada área agroecológica, las características promedio del stand de vegetación maduro, sin presencia de disturbios importantes. Si bien se sabe que la pérdida y fragmentación de hábitats es una de las mayores amenazas para la biodiversidad, no existen demasiados métodos para identificar y cuantificar tales impactos (Gontier *et al.*,

2006). El indicador utilizado consistió en una comparación relativa, a partir de una serie de características de la vegetación presente (o ausente) en ambos casos, de manera similar a la propuesta por Parkes *et al.* (2003). En las mismas se hizo referencia principalmente a su valor como oferente de refugio y alimentación para la biodiversidad autóctona, debido a que se sabe que el arreglo espacial de la vegetación determina en gran medida la distribución y abundancia de muchas especies animales y vegetales (Riitters *et al.*, 1997).

Se utilizaron, para tal fin, las siguientes características de la vegetación: la cantidad de especies (una o muchas), el origen de esas especies (nativo o introducido), la periodicidad (perenne o anual) y la organización en estratos verticales (arbóreo, arbustivo y gramíneo). Seguidamente, se asignaron "puntos de impacto", a través de una ponderación determinada empíricamente, a dichas características. De esta manera, cuando más diferentes fueron los potreros de la condición original, mayores fueron los valores del indicador que se obtuvieron (asumiendo que eso significaría mayores efectos negativos sobre la flora y fauna nativa).

Con respecto a la cantidad de especies, se asignaron diez puntos de impacto cuando se consideró que hubo un cambio significativo en la misma. Por ejemplo, si originalmente hubiese correspondido a determinado potrero un pastizal natural, y se encuentra a la fecha de evaluación una pastura o un cultivo de una o pocas especies, se asignarían diez puntos a tal unidad de superficie. Por su parte, para el origen de las especies, se utilizó el criterio de asignar 7,5 puntos de impacto si una proporción significativa de las especies presentes en la vegetación actual perteneció a especies introducidas por el hombre. Se partió del supuesto de que la vegetación nativa tiene mayor capacidad de servir de hábitat para la biodiversidad que la vegetación exótica. El siguiente aspecto en orden de importancia fue la periodicidad de la vegetación dominante, debido a que una la provisión de recursos durante todo el año es una característica importante en los hábitats

(Benton *et al.* 2003). En los lugares en que la vegetación considerada original era perenne, y se reemplazó con especies anuales (o viceversa), se asignaron cinco puntos de impacto a los potreros correspondientes. En relación al nivel de organización vertical de la vegetación, se asumió que una mayor cantidad de estratos se corresponde con una mayor disponibilidad de hábitats para la vida silvestre. Por consiguiente, la simplificación de la complejidad de los hábitats significaría un cambio en la capacidad de los ecosistemas de proveer refugio y alimento (Pogue y Schnell 2001). Considerando tales supuestos, se asignaron 2,5 puntos de impacto cuando hubo modificaciones importantes en tal sentido (por ejemplo, eliminación del estrato arbóreo o del arbustivo) y se asignó un punto de impacto (independientemente de la ocurrencia o no del cambio anterior) cuando hubo modificaciones de orden menor (ejemplo: reemplazo de un pastizal con varios estratos gramíneos por una pastura de una sola especie).

Finalmente, para obtener el valor final de la estimación del impacto sobre el hábitat de los establecimientos, se sumaron los puntos de impacto relativos a los criterios de comparación elegidos para cada potrero, y se calculó el promedio, ponderando por la superficie de los mismos. Se dividieron, luego, estos valores por 26, para obtener un rango de intervención de cero (sin intervención alguna) a uno (la máxima intervención posible).

3.4.6. Cambios en la oferta de servicios ecosistémicos

Para la evaluación de los cambios ocurridos en la oferta de servicios ecosistémicos de las distintas eco-regiones estudiadas, se utilizó lo que llamamos un modelo funcional (basado en una consideración de las funciones más conocidas de los ecosistemas que se proponen estudiar). El stock y los flujos de: i) la biomasa, y ii) del agua conforman la base del modelo analítico. Sabemos que la disponibilidad de biomasa y los flujos que de ella derivan (expresables como PPN) son una fuente generadora de bienes y servicios ecosistémicos. Varios de ellos,

como la protección del suelo, la regulación de los gases y del clima, la regulación de aguas, el ciclado (liberación y retención) de nutrientes, la provisión de hábitat y refugio, la producción de alimentos, materias primas y recursos genéticos, la provisión de recursos medicinales y ornamentales, y otros vinculados a la cultura (recreación, estética, espiritualidad) están asociados a la existencia y generación de biomasa (de Groot *et al.*, 2002). Buena parte de estos bienes y servicios son también provistos por los recursos acuáticos de los ecosistemas terrestres. Pero estos tienen, además, la capacidad de regular la dinámica hídrica regional (inundaciones), purificar y proveer agua pura, eliminar residuos, proveer alimento (peces), regular la dinámica de nutrientes esenciales, proveer hábitat y biodiversidad, y generar una vía de transporte (Daily, 1997). La mayoría de estos servicios pueden ser explicados y representados a través de dos indicadores dinámicos que varían en el espacio y en el tiempo: i) la PPN y ii) la disponibilidad de corrientes (ríos, arroyos) y cuerpos (humedales, lagos, lagunas) de agua, con sus franjas ribereñas e interfluviales.

El modelo propuesto utiliza una estimación relativa (con variación dentro de un rango de 0 a 100) de servicios ecosistémicos a partir de esos dos componentes, pero también considerando otros factores de naturaleza física como la pendiente del terreno, la temperatura media y la altura sobre el nivel del mar. El valor funcional (VF) de un ecosistema o unidad de paisaje se estima a partir de la sumatoria de seis servicios. Algunos de ellos están vinculados al stock de biomasa aérea, otros al agua, y otros a ambos.

Los servicios vinculados al stock de biomasa aérea son: 1) servicios de protección del suelo, que incluye la prevención de la erosión, la sedimentación de los cursos de agua y los deslizamientos de tierra; 2) servicios de producción (de alimentos, fibras, materias prima, genes), y de regulación (ciclado de nutrientes, de regulación climática y gaseosa, regulación hídrica); 3) servicios de purificación y provisión de agua (la biomasa favorece la retención e infiltración del agua de lluvia); y 4) servicios de provisión y hábitat que favorecen la conservación de la biodiversidad.

Los servicios vinculados al stock de agua disponible contemplan: 5) servicios de regulación de disturbios (control de inundaciones, regulación de flujos de agua); y 6) servicios de eliminación de desechos y purificación del agua (captura y retención en biomasa de nutrientes excedentes en agua, eliminación de nitrógeno como emisión de óxido nítrico, deposición y retención de sedimentos). Como se aprecia los servicios de depuración y regulación de aguas, y los servicios de provisión de hábitat y refugio son comunes a ambos stocks, el de biomasa y el del agua. A continuación detallamos el cálculo de cada uno de los distintos servicios ecosistémicos contemplados.

1) Servicio de protección del suelo

El servicio de protección del suelo (SProtec) se calcula a partir de algún estimador de la PPN del ecosistema o paisaje estudiado. En el presente trabajo se utilizó el Índice Verde Normalizado, quedando:

$$S_{protec} = PPN \times (1 - CV_{PPN}) \times (1 - Pd)$$

donde, PPN= (0-100), CV_{PPN} = Coeficiente de variación de la PPN (0-1) dentro del período que se propone evaluar, y Pd = Factor de corrección por pendiente media del área en estudio (0-1). En este caso, a mayor pendiente mayor es la importancia que adquiere el stock de biomasa como factor de protección del suelo.

2) Servicio de producción y regulación

El servicio de producción y regulación (Sprod-regul) responde a la siguiente ecuación:

$S_{produc-regul} = PPN \times (1 - CV_{PPN}) \times (1 - Pa)$
donde, PPN y CV_{PPN} representan lo mismo que en Sprotec, y Pa es la superficie cubierta por cuerpos de agua (0-1). Este último factor permite identificar la superficie del paisaje sin capacidad de producción de bienes de interés agropecuario (alimentos, fibras, materias prima) y sin capacidad de proveer regulación por acción de la biomasa existente.

3) Servicio de purificación y provisión de agua

Los servicios de purificación y provisión de agua (Sppagua), incluyen:

$$S_{ppagua} = (PPN \times (1 - CV_{PPN}) \times Ci \times Pd)$$

donde, PPN y CV_{PPN} representan lo mismo que en Sprotec, Ci es la capacidad de infiltración del suelo analizado (0-1), y Pd es la pendiente (0-1).

4) Servicio de regulación de disturbios

Los servicios de regulación de disturbios (Sdisturb) incluyen:

$$S_{disturb} = la \times (Pi \times 100^{-1})$$

donde, la es el Ingreso de agua al sistema (0-100) y Pi es el porcentaje de ocupación de los cuerpos de agua y del área "buffer" anegable (0-1), con el fin de absorber los flujos excedentes de agua.

5) Servicio de provisión de hábitat y refugio

Los servicios de provisión de hábitat y refugio (Shábitat) contemplan:

$$S_{hábitat} = PPN \times (1 - CV_{PPN}) \times la \times F_{t\acute{e}rmico} \times F_{altitud}$$

donde, PPN y CV_{PPN} representan lo mismo que en Sprotec, la es el ingreso de agua al sistema (0-1), $F_{t\acute{e}rmico}$ es un factor térmico de la región (0-1) que se valora a través de la temperatura media, y $F_{altitud}$ es un factor de altitud de la región (0-1) que ubica la altura sobre el nivel del mar del ecosistema o paisaje estudiado. Conceptualmente, cuanto más baja es su temperatura media y más alta su altitud sobre el nivel del mar, menos propicio es el sitio para sostener diversidad biológica.

6) Servicio de tratamiento de residuos y desechos

Finalmente, los servicios de tratamiento de residuos y desechos (Sdes) se calculan según el siguiente criterio:

$$\text{Sdesechos} = \text{PPN} \times (1 - \text{CV}_{\text{PPN}}) \times \text{Ia} \times \text{Pi}$$

donde, PPN y CV_{PPN} representan lo mismo que en Sprotec, la es el ingreso de agua al sistema (0-1) y Pi es el porcentaje de ocupación de los cuerpos de agua y del área "buffer" anegable (0-1).

La ecuación final para calcular la *Oferta Total de Servicios Ecosistémicos* (S) en un ecosistema dado queda integrada así:

$$S = (\text{Sprotec}) \times 0,1667 \times 1,50 + (\text{Sprod-regul}) \times 0,1667 \times 1,5 + (\text{Sppagua}) \times 0,1667 \times 1,75 + (\text{Sdisturb}) \times 0,1667 \times 1,25 + (\text{Shábitat}) \times 0,1667 \times 2,0 + (\text{Sdesechos}) \times 0,1667 \times 1,75$$

El coeficiente empleado en la sumatoria de la ecuación final (0.1667, que surge de dividir 1 por la cantidad de factores que integran la ecuación) tiene por finalidad lograr una compensación interna para balancear el comportamiento de la ecuación, es decir, para dar igual peso a todos los factores que la integran y que en ningún caso la suma supere el valor de 100. Los coeficientes 1,25; 1,50; 1,75 y 2,00 son también coeficientes de compensación para evitar la degradación numérica de cada factor que integra la ecuación. Cuantos más componentes integran un factor, este factor pierde peso relativo y la ecuación se ve más degradada dentro de la escala de 0-100. Para no descompensar el peso relativo de esos factores, cada uno de ellos se multiplica por un coeficiente en función de la cantidad de factores multiplicativos que integran dicha ecuación.

4. Análisis y mapeo de los resultados

Mediante análisis de regresión simple, utilizando modelos lineales y no lineales, se evaluaron relaciones y efectos que merecieron atención. Los resultados fueron volcados en mapas con el objeto de identificar tanto patrones y gradientes geográficos, como tendencias temporales, dentro del área estudiada. Se utilizó un sistema de información geográfica (Arc-GIS) para vincular (mediante un sistema de densidad de

puntos geográficos) la matriz de datos generada con el mapa del territorio estudiado.

5. Análisis de incertidumbre

Se utilizó la guía de buena práctica del IPCC (2003) para evaluar el grado de incertidumbre que se genera respecto a los datos utilizados y resultados obtenidos, lo que permite validar la consistencia o fiabilidad de los mismos en relación a valores de referencia disponibles en bases estadísticas de datos o en la literatura especializada. En este estudio adoptamos un método semi-cuantitativo basado en estimaciones de la media y del desvío estándar de nuestros datos y resultados y su posterior confrontación con datos de referencia. De esta manera se reconstruyeron distribuciones de probabilidad, las cuales fueron apoyadas por conocimiento de expertos cuando el número de datos de referencia disponible no fue suficiente para sostener análisis. Mediante un chequeo cruzado entre los datos utilizados o estimados y los datos de referencia, se estimó el grado de superposición de los mismos. Asumimos que una alta superposición en la distribución de probabilidad (P) de ambas fuentes, indica un bajo nivel de incertidumbre; y lo contrario ocurre cuando la superposición es débil. Los rangos de incertidumbre adoptados fueron Muy Bajo ($P < 20\%$), Bajo ($20\% < P < 40\%$), Moderado ($40\% < P < 60\%$), Alto ($60\% < P < 80\%$) y Muy Alto ($P > 80\%$).

Esta pequeña obra procura esclarecer algunos interrogantes y controversias acerca de la relación compleja entre agricultura y ambiente en la Argentina. A menudo somos testigos de posiciones dogmáticas o interesadas que hoy requieren ser abordadas con el mejor conocimiento científico disponible ¿Cuánto hay de mito y de realidad en los impactos ambientales de la expansión agrícola? ¿Es progresiva la expansión de la frontera agrícola, o hay avances y retrocesos territoriales? ¿Aumenta la contaminación por plaguicidas? ¿Aumenta la erosión de los suelos por el mayor cultivo? ¿Se deforesta en Argentina a tasas tan altas como denuncian las organizaciones ambientalistas? ¿Se pierden áreas de pastizales y pasturas? ¿Cuán afectados están el hábitat y la biodiversidad? ¿Hay una pérdida desmedida de minerales esenciales como el carbono, el nitrógeno y el fósforo? ¿Cuál es el impacto real del cultivo de soja sobre la ecología y el ambiente? ¿Qué muestran nuestros indicadores ecológicos y ambientales respecto a otros países del mundo? Ninguno de estos interrogantes tiene una respuesta sencilla, pero sí es posible aproximarla a través del análisis de 50 años de avance de nuestra frontera agropecuaria.

Ernesto F. Viglizzo

ISBN N° 978-987-1623-83-9



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires