

# Residuos de plaguicidas en vegetales bolivianos



*Investigadora principal:*

Nombre: Marlene Skovgaard

Título: MD

Dirección: Fundación PLAGBOL, Calle Fernando Guachalla N° 705, Z. Sopocachi, La Paz, Bolivia

Teléfono: (+591 -2) 2118327

Celular: (+591) 67056298

Correo electrónico: [marlene.skovgaard@gmail.com](mailto:marlene.skovgaard@gmail.com)

*Co-investigadores:*

Susana Renjel Encinas, Coordinadora de comunicación de Plagbol

Olaf Chresten Jensen, Miembro de Diálogos

Guido Condarco, Director Ejecutivo de Fundación Plagbol

Erik Jørs, Miembro de Diálogos

©Octubre de 2015

La Paz - Bolivia

## Glosario

|                          |  |
|--------------------------|--|
| - ARfD                   | Dosis de Referencia Aguda (ing. Acute Reference Dose)  |
| - ADI                    | Acceptable Daily Intake (esp. IDA)   |
| - CA                     | Codex Alimentarius   |
| - E                      | Exposición   |
| - E <sub>a</sub>         | Exposiciones agudas  |
| - E <sub>d</sub>         | Exposiciones promedios por día   |
| - EE.UU.                 | Estados Unidos   |
| - Factor de variabilidad | El factor aplicado al residuo de material compuesto para estimar el nivel de residuos en una unidad de alto residuo  |
| - FAO                    | Organismo de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ing. Food and Agriculture Organisation)  |
| - g                      | Gramo(s)   |
| - IDA                    | Ingesta Diaria Admisible (ing. ADI)  |
| - INLASA                 | Instituto Nacional de Laboratorios de Salud  |
| - IQ                     | Cociente intelectual (ing. Intelegens Quotient)  |
| - IR                     | Índice de riesgo (ing. Hazard rate)  |
| - Kg                     | Kilogramo(s)   |
| - LMR                    | Límites Máximos de Residuos (ing. MRL)   |
| - Método QuEChERS        | Técnica de preparación de muestras. – QuEChERS es un acrónimo inglés de Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, y Safe (esp. rápido, fácil, económico, eficaz, sólido y seguro) |
| - mg                     | Miligramo(s)   |
| - MRL                    | Maximum residual limits (esp. LMR)   |
| - m.s.n.m.               | Metros Sobre Nivel del Mar   |
| - n                      | número   |
| - NA                     | Nivel Aceptable  |
| - NOAEL                  | Nivel sobre lo cual no se observa efectos adversos de una sustancia (ing. No Observed Adverse Effect Level)  |
| - OMS                    | Organismo Mundial de Salud (ing. WHO)  |
| - pc                     | Peso corporal  |
| - SENASAG                | Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria  |
| - SENASA                 | Servicio Nacional de Sanidad Agraria (Perú) – equivalente a SENASAG  |
| - SENAVEX                | Servicio Nacional de Verificación de Exportaciones   |
| - UE                     | Unión Europea  |
| - VL                     | vegetables, leafy (ing.) – (Esp. hortalizas de hoja)   |

## Resumen

**Antecedentes:** Bolivia no tiene un programa de monitoreo en el tema de residuos de plaguicidas en alimentos, pero es miembro de FAO y OMS y por ello debe cumplir con los límites máximos de residuos (LMR) que se plantea en el *Codex Alimentarius*. Los pocos estudios que han sido realizados anteriormente en Bolivia indican problemas graves en leche materna y tomate. Faltan datos de todos los demás productos.

**Metodología:** Por razones de los limitados recursos económicos se eligió tres tipos de verduras entre cientos de alimentos posibles: papa, cebolla y lechuga. Estas verduras fueron elegidas porque son de consumo regular de todo el año en la dieta boliviana. De cada tipo de verdura se tomó ocho muestras en el mercado Rodríguez, y dos muestras en supermercados de la ciudad de La Paz en agosto 2015 – en total se tomaron 30 muestras. Todas las muestras vinieron de diferentes productores asegurando representatividad. Cada muestra fue dividida en dos sub-muestras: una que fue analizada sin procedimiento y una que se preparó para comer. La extracción y análisis de plaguicidas fue efectuada en el laboratorio Andes Control en Perú con los métodos de *QuEChERS* y cromatografía de gases con espectrometría de masas.

**Resultados:** En las muestras de lechuga se encontró *Cipermetrin*, *Clorpirifos*, *Difenoconazol* y *Lambda-Cihalotrin*. 30% de las muestras tenían solamente un tipo de plaguicida por debajo del LMR, y 20% estaban por encima de los LMR y contenían de dos a tres tipos de plaguicidas al mismo tiempo. En las muestras de lechuga, donde se procedió al lavado, los niveles de plaguicidas bajaron casi 50%, pero aún había 20% de las muestras por encima de los LMR. En ninguna de las muestras se detectó una violación de los niveles de ingesta diaria admisible (*IDA*) o la dosis de referencia aguda (*ARfD*) ni para cada plaguicida por su parte ni en forma conjunta. No se encontró plaguicidas ni en papa ni en cebolla.

**Conclusiones:** El porcentaje de muestras de lechuga que contienen residuos de plaguicidas por encima de los LMR es preocupante. Se sugiere elaborar propuestas de prevención, control y monitoreo de la contaminación de alimentos por plaguicidas en Bolivia.

## Antecedentes

Los plaguicidas son sustancias químicas utilizadas principalmente para el control de plagas agrícolas, para mejorar los rendimientos y proteger los cultivos de enfermedades (1). Con una población cada vez mayor y por lo tanto una mayor necesidad de alimentos, la importación y el uso de plaguicidas han aumentado en muchos países, entre ellos en Bolivia (2). Este aumento, en combinación con el control inadecuado del ingreso de plaguicidas prohibidos en Bolivia, falta de educación en el uso correcto de los plaguicidas (3), así como la falta de control del nivel de residuos de pesticidas en los alimentos, pueden llegar a causar efectos adversos graves en el medio ambiente, en los agricultores (3) y en los consumidores (1,3,4).

Por supuesto que el porcentaje de personas afectadas negativamente por plaguicidas es más alto en el grupo de gente que maneja plaguicidas directamente y los efectos en ellos suelen ser más agudos y más alarmantes (intoxicación aguda, suicidio etc.). Probablemente por eso existen muchas más investigaciones en este tema tanto globalmente como en Bolivia (3,5-7). Sin embargo, los consumidores – es decir toda la gente en el mundo – también están siendo afectados por los residuos de plaguicidas ingeridos en los alimentos contaminados, y aunque muy ocasionalmente, los efectos pueden ser tan graves que pueden llegar a causar daños severos (8).

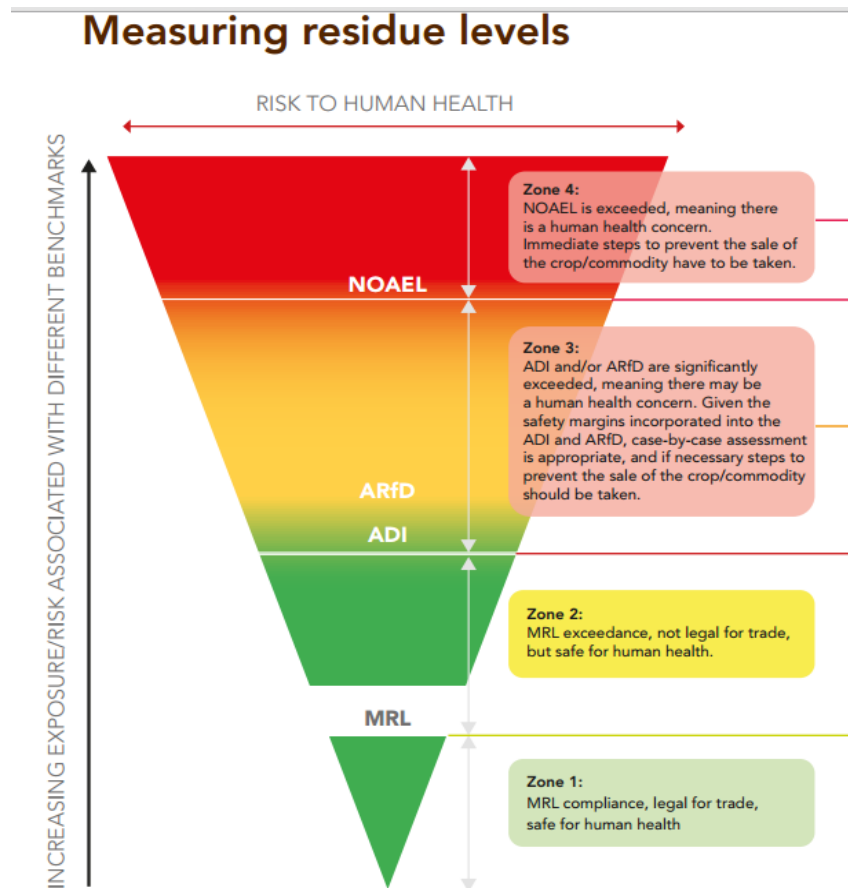
La mayoría de los efectos adversos en consumidores son resultado de la exposición a plaguicidas en dosis bajas pero repetitivamente (9). Estos efectos incluyen IQ disminuido en gente que ha sido expuesta a plaguicidas en el útero (10), y posiblemente también ha generado fertilidad disminuida (11). El riesgo de cáncer parece estar aumentado ligeramente para los consumidores (12). De todos modos el riesgo debido a la ingesta de plaguicidas es menor que el beneficio que representa comer frutas y verduras (13). Sin embargo, no es posible hacer un ensayo controlado aleatorio en humanos en el tema de consumo de residuos de plaguicidas, y por lo tanto nunca se tendrá la total seguridad sobre cuáles son los efectos que los plaguicidas pueden causar en las personas. Los niños y bebés, que tienen una ingesta de plaguicidas mayor por peso corporal, pueden tener un riesgo mayor de cáncer (14,15).

Precisamente el beneficio de comer frutas y verduras es la razón por la cual se tiene la preocupación sobre los residuos de plaguicidas en alimentos. Se debería comer muchas más frutas y verduras, pero eso no se puede aconsejar a la población general, si paralelamente no se hace algo para minimizar el riesgo de ingesta de los plaguicidas.

En el página web del *Codex Alimentarius* (un página común del Organismo de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO y el Organismo Mundial de Salud, OMS: <http://www.codexalimentarius.net/>) están publicados los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas que están aprobados en los alimentos. Además la FAO y la OMS evalúan por cada plaguicida la ingesta diaria admisible (IDA) que es la dosis diaria máxima que uno puede ingerir durante toda la vida sin llegar a tener efectos negativos, y la dosis de referencia aguda (ARfD) que indica el momento a partir del cual la ingesta de una sustancia, en una sola comida, puede resultar tóxica (16). ARfD, IDA y LMR disminuyen en el orden mencionado (Grafico 1). El LMR se refiere al contenido máximo promedio de plaguicidas en 5 a 10 frutas o verduras mientras que ARfD depende del tamaño del plato ingerido (14). Los LMR son inferiores a la IDA, porque tratan de minimizar la cantidad de plaguicidas ingeridos - especialmente para los niños -, permiten la

posibilidad de que una persona coma varios cientos de gramos de la misma cosecha en un día, y también toman en cuenta el uso correcto de un plaguicida: por ejemplo el período antes de la cosecha en el cual un cultivo determinado no debe ser rociado con un plaguicida determinado (17).

**Gráfico 1: Relación entre NOAEL, ARfD, IDA (ing. ADI) y LMR (ing. MRL)(18) – dejar espacio para**



**el gráfico traducido**

Es la responsabilidad de cada país en forma individual asegurar que los LMR no sean violados. Bolivia no tiene un programa de monitoreo de residuos de plaguicidas en alimentos, aunque debería tenerlo según sus propias leyes (Nueva Constitución Política Del Estado (19)), y según su afiliación con la FAO y la OMS. Entonces no se sabe a ciencia cierta la cantidad de residuos de plaguicidas que existen en los alimentos bolivianos. Dos estudios anteriores de FAO (2008) y PLAGBOL (2012) en tomates bolivianos han mostrado que más del 50% de las muestras estudiadas estaban contaminadas por encima de los LMR (20,21). Esto es muy preocupante y además afecta la posibilidad de exportar estos productos agrícolas, porque otros países tienen controles muy estrictos con los plaguicidas (22,23). Los dos estudios fueron realizados en laboratorios bolivianos los que no cuentan con experiencia prolongada en estudios de residuos de plaguicidas y además

no cuentan con el aval ni la acreditación internacional. Para iluminar más el tema, es necesario hacer una investigación más profunda y de otros tipos de verduras en un laboratorio acreditado.

**Hipótesis:** Se cree que las muestras de verduras estudiadas, no contienen plaguicidas por encima de los límites máximos de residuos, de la ingesta diaria admisible, o la dosis de referencia aguda – solos o en combinación.

## Metodología

**Ajustes:** Se realizó el presente estudio de laboratorio sobre residuos de plaguicidas en alimentos durante el mes de agosto de 2015 en la ciudad de La Paz, Bolivia. La ciudad de La Paz fue elegida porque es una de las ciudades más importantes de Bolivia, es la sede de Gobierno y de los Poderes Legislativo y Ejecutivo. La Paz está ubicada en uno de los valles de la zona andina, se encuentra a una altura de 3.640 msnm, y tiene una población de 764.617 habitantes según el último censo realizado el año 2012, ubicándola como la tercera ciudad más poblada del país.

La mayoría de las verduras que se consumen en la ciudad de La Paz llegan al mercado Rodríguez varias veces por semana y son transportadas en camiones compartidos desde las diferentes comunidades del campo. Los días que más verduras llegan a los mercados son los viernes y sábados en la madrugada. Desde el mercado Rodríguez las verduras se distribuyen a los distintos mercados de la ciudad mediante las vendedoras intermediarias. La ciudad está dividida en varios barrios o zonas. Cada zona tiene su mercado y muchas también tienen supermercados, entre ellas la zona de Sopocachi que es un barrio promedio económicamente y está ubicado céntricamente. En la ciudad de La Paz se pueden encontrar productos de toda Bolivia, desde el oriente tropical y húmedo a 400 m.s.n.m. hasta el seco altiplano con más que 4.000 m.s.n.m. También hay productos de Chile, Perú y otros países vecinos.

**Criterios de selección de las verduras:** Las verduras (cebolla, papa y lechuga) fueron elegidas por las siguientes razones: todas y todos los paceños, sin importar clase social, las consumen todo el año y en el caso de la lechuga y la cebolla frecuentemente las comen crudas. Por otra parte, tanto la lechuga como la papa son algunas de las verduras con el mayor nivel probable de pesticidas según *“Environmental Working Group”*.

El tipo de papa elegido fue “papa imilla roja” porque es la papa más común en La Paz. Cuando no se pudo encontrar esta, se compró la imilla negra u otro tipo. El tipo de cebolla seleccionado fue “cebolla roja con cola” (fresca) porque se sospechaba que las cebollas frescas contenían más residuos de plaguicidas que las cebollas secas. Cuando no se encontró cebolla fresca, se compró cebolla seca. El tipo de lechuga escogido fue “lechuga romana”, y la alternativa fue lechuga repollada; la romana fue elegida sobre la repollada porque se sospechaba que tenía un contenido mayor de plaguicidas siendo que sus hojas son más separadas. El *Organismo de Participación y Control Social* del municipio paceño participó en la identificación de las verduras elegidas.

**Toma de muestras:** En fecha sábado 15 de agosto de 2015 se compró todas las verduras para la investigación. Se eligió el día de sábado porque es el día en el cual se encuentra más verduras frescas, y porque la gran mayoría de familias paceñas tienen la costumbre de hacer sus compras el

sábado. Cada tipo de verdura fue comprado por un grupo de dos personas de ocho diferentes vendedores en el Mercado Rodríguez y de dos distintos supermercados en la zona de Sopocachi. Se decidió comprar de dos supermercados porque en La Paz hay solamente dos grandes cadenas de supermercados. Dentro de cada cadena reciben verduras de los mismos productores y por eso no era necesario comprar de más que una tienda de cada cadena. En el Mercado Rodríguez se venden verduras de aproximadamente 20-24 asociaciones de productores agrícolas de diferentes comunidades. Comprando de ocho vendedoras entonces equivale a comprar de cada tercera asociación.

De cada vendedora se compró el equivalente de dos (sub)muestras (consultar Cuadro 1 para ver qué constituye una muestra). Sin embargo, con el fin de no llamar la atención y actuar de una manera normal, se compró el monto más natural que todavía cumplía con las reglas de *Codex Alimentarius*:  $\frac{1}{4}$  arroba de papa (=2,5 kilogramos), 20-25 unidades de cebollas y 10 cabezas de lechuga de cada vendedora.

**Cuadro 1. Muestreo de productos de origen vegetal según *Codex Alimentarius* (24)**

|  | <b>Clasificación de los productos</b>  | <b>Ejemplos</b>                        | <b>Naturaleza de las muestras primarias que han de tomarse</b>        | <b>Tamaño mínimo de cada muestra de laboratorio</b> |
|--|--|--|---|---|
| <b>Categoría A, Productos alimenticios primarios de origen vegetal</b> |  |  |   |   |
| 1.   | <b>Todas las frutas, tipo 1, grupos 001-008</b><br><b>Todas las hortalizas, tipo 2, grupos 009-019, excepto el grupo 015 (legumbres secas)</b> |  |   |   |
| 1.1  | <b>Productos frescos de tamaño pequeño</b> , unidades generalmente < 25g   | varias bayas<br>guisantes<br>aceitunas | unidades enteras, envasadas, o tomadas con un instrumento de muestreo | <b>1 kg</b>   |
| 1.2  | <b>Productos frescos de tamaño medio</b> , unidades de 25-250 g, generalmente  | manzanas<br>naranjas                   | unidades enteras  | <b>1 kg</b><br><b>(10 unidades al menos)</b>        |
| 1.3  | <b>Productos frescos de tamaño grande</b> , generalmente unidades >250 g   | coles<br>pepinos<br>uvas (racimos)     | unidades enteras  | <b>2 kg</b><br><b>(5 unidades al menos)</b>         |

Para evitar errores de información acercamos la situación de compras lo más posible a la realidad. Entonces siempre fue una mujer paceña la que compró las verduras y solamente se preguntaba los siguientes datos mediante una conversación natural: “¿Dé donde son las verduras?”, “¿Cuándo han llegado al mercado?”, “¿Me puede dar las verduras más frescas, por favor?”, y “¿Me cambia esto? Está dañado”. Después, lejos de los vendedores se anotaban los datos. No se ha socializado ni informado a las vendedoras sobre la investigación.

Las verduras fueron compradas al azar, pero asegurando que llegaron de diferentes lugares y de diferentes productores. El equipo responsable de las compras se reunió a las 7:00 de la mañana en el mercado Rodríguez esquina Max Paredes y Rodríguez, para de allí proceder con las compras en

la primera vendedora. Después se preguntó a la siguiente vendedora de dónde venían sus verduras. Si era del mismo lugar de la primera muestra se seguía preguntando a la siguiente vendedora, y si era de un nuevo lugar se compraba el producto, etc. etc. hasta completar las compras de ocho diferentes lugares. En el caso de la papa se compró todas las muestras de la calle de las mayoristas de papa (C. Emil Callejón), y en el caso de lechuga y cebolla se buscó en todo el mercado hasta que se encontró la totalidad de verduras. Durante cada compra se pidió que las vendedoras usaran sus propias manos para poner las verduras en sus propias bolsas. Después el equipo puso todo en otra bolsa limpia, más grande, adecuadamente enumerada y cerrada para que no se mezclara con otras muestras. Las muestras fueron guardadas en temperatura ambiental (15-20 grados Celsius) hasta su preparación.

**Preparación:** Las muestras fueron preparadas el lunes 17 de agosto de 2015, es decir, dos días después de comprar las verduras. Se escogió este día porque muchos paceños hacen sus compras los días sábado y las guardan para toda la semana. Con guantes desechables, limpios y nuevos de un solo uso en una cocina limpia y esterilizada con agua caliente y alcohol se prepararon las muestras del mercado y supermercado, una a la vez. Se abrió la bolsa con la papa, cebolla o lechuga que se había comprado. Se dividió el contenido en dos sub-muestras con mínimo uno o dos kilos y mínimo 10 o cinco unidades según el cuadro de *Codex Alimentarius* (Cuadro 1). Lo que sobraba se puso en la bolsa otra vez. La primera muestra (M1) se preparó como para comer, y la otra muestra (M2) fue procesada sin preparación retirando las partes que no se comen (Cuadro 2). Para saber cómo suelen preparar los paceños sus verduras, se ha aplicado un cuestionario a 80 personas.

Se licuó las verduras sin añadir ninguna sustancia. Primero se trabajó la M1 y después M2 para no contaminar la muestra “limpia” con la muestra “sucia”. En seguida medimos 150 gramos de muestra y pusimos en un vaso esterilizado y numerado que después fue depositado en una congeladora. Al final limpiamos cuidadosamente antes de abrir una bolsa nueva con otra muestra.

**Cuadro 2. Preparación de verduras.** (Fuentes: Directivo de EU 90/642(25) y cuestionario propio.)

|                                    | <b>Papa</b>   | <b>Lechuga</b>   | <b>Cebolla</b>   |
|------------------------------------|---|--|--|
| <b>Sin preparación (casi) (M2)</b> | Entera y cruda pero sin tierra (se lava en agua corriente y/o con un cepillo) | Entera pero sin hojas destrozadas ni tierra ni raíces                        | <i>Secas:</i> enteras pero sin la cascara seca y sin tierra ni raíces<br><i>Frescas:</i> enteras pero sin raíces ni tierra |
| <b>Con preparación (M1)</b>        | Pelada, lavada y hervida (73%) 30 minutos en la altura de 3600 m.s.n.m.       | Lavada moviendo las hojas externas (66%) en un bañador de agua por 5 minutos | Sin la capa de afuera y lavada (31%) en un bañador de agua por 5 minutos   |

**Transporte:** martes 18 de agosto de 2015, justamente antes de ir al aeropuerto, las muestras congeladas fueron transferidas a una caja de poliestireno con gel pack para mantenerlas congeladas. Se transportó las muestras personalmente en taxis y avión hasta el laboratorio “Andes



Control” en Lima. En total las muestras estuvieron siete horas fuera de una congeladora. En Andes Control las muestras fueron transferidas hasta su frízer (-20 grados Celsius).

**Análisis de laboratorio:** El laboratorio Andes Control en Lima fue elegido porque tiene acreditación Internacional de DAKK’s Alemania (alcance ISO 17.025), y más que 10 años de experiencia en el trabajo con residuos de plaguicidas en alimentos. Ellos analizaron las muestras con determinación de multiresiduos de pesticidas por cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC/MS) basado en QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe por su sigla en inglés); IT-LAB QuEGC-01. El personal del laboratorio no fue informado de la meta de nuestra investigación y no formaron parte de la interpretación de los resultados o de escribir el informe.

Las muestras fueron homogeneizadas separadamente en licuadora, para obtener la alícuota analítica y la contra-muestra, las cuales se trataron según normas internas estándar. El producto se extrajo con acetonitrilo y se secó con MgSO<sub>4</sub> para eliminar el agua residual. El extracto se limpió mediante dispersión de amina secundaria primaria junto con anhídrido MgSO<sub>4</sub>. Los extractos se concentraron y analizaron por cromatografía de gases-espectrometría de masas. Se determinó el análisis de 283 materias activas de plaguicidas con un límite de detección de 0,01 mg/kg de producto (consultar la lista en el material adicional). El laboratorio notificó los tipos de plaguicidas presentes en las muestras y la cuantificación del residuo encontrado, y también las matrices sin residuos.

**Cálculo y análisis estadístico:** Niveles y tipos de plaguicidas encontrados fueron comparados con el LMR de dicho plaguicida en hortalizas de hoja o específicamente en lechuga romana, mencionado en la página web de *Codex Alimentarius* (Grafico 3-6 y Cuadro 3). Si el *Codex Alimentarius* no mencionaba LMR para hortalizas de hoja o lechuga, se consultó la página web de la Unión Europea (UE) o de Estados Unidos (EE.UU.). Para ver si la dosis de referencia aguada (ARfD) fue violada se calcularon las exposiciones agudas ( $E_a$ ) de la siguiente manera:

$$E_a \text{ (mg/kg pc)} = \text{LMR (mg/kg verdura)} / 1000\text{g/kg} \times \text{monto de verdura comido en un día como máximo (g de verdura)} / \text{peso de la persona (kg)}$$

Para controlar si el nivel de ingesta diaria admisible (IDA) fue excedido, se calcularon las exposiciones promedio por día ( $E_d$ ) usando la media de la pregunta “¿Cuántas veces por semana comes lechuga?” y la media de la pregunta “¿Consumo máximo de lechuga en un día”.

$$E_d \text{ (mg/kg pc)} = \text{LMR (mg/kg verdura)} / 1000\text{g/kg} \times \text{monto de verdura consumido en un día como promedio (g de verdura)} / \text{peso de la persona (kg)}$$

Los datos usados para calcular  $E_a$  y  $E_d$  se extrajeron del cuestionario de conocimiento sobre plaguicidas en alimentos aplicado a consumidores y vendedoras de la ciudad de La Paz.

Para los resultados de  $E_a$  y  $E_d$ , además del resultado promedio de toda la muestra, se calculó resultados extremos multiplicando con un “factor de variabilidad” de 3 (FAO(14)). La razón por lo cual se aplica este factor, es que cada muestra es un compuesto de cinco a 10 unidades de verdura (Cuadro 1), y si se encuentra resultados alterados, puede ser por causa de solamente una de esas unidades. Usando el “factor de variabilidad” se trata de calcular el nivel teóricamente de residuos de plaguicidas en esa una unidad de alto residuo.

Para calcular el índice de riesgo (IR) combinado en las muestras donde se encuentra dos o más tipos de plaguicidas, se usó la siguiente fórmula. El índice de riesgo debe ser menor que 1 (= menor que 100%):

$$IR = E_1/NA_1 + E_2/NA_2 + \dots + E_n/NA_n$$

(IR = índice de riesgo; E = exposición de un plaguicida; NA = nivel aceptable de dicho plaguicida; n = número total de plaguicidas encontrados. Si  $E = E_a$ ,  $NA = ARfD$ . Si  $E = E_d$ ,  $NA = IDA$ )

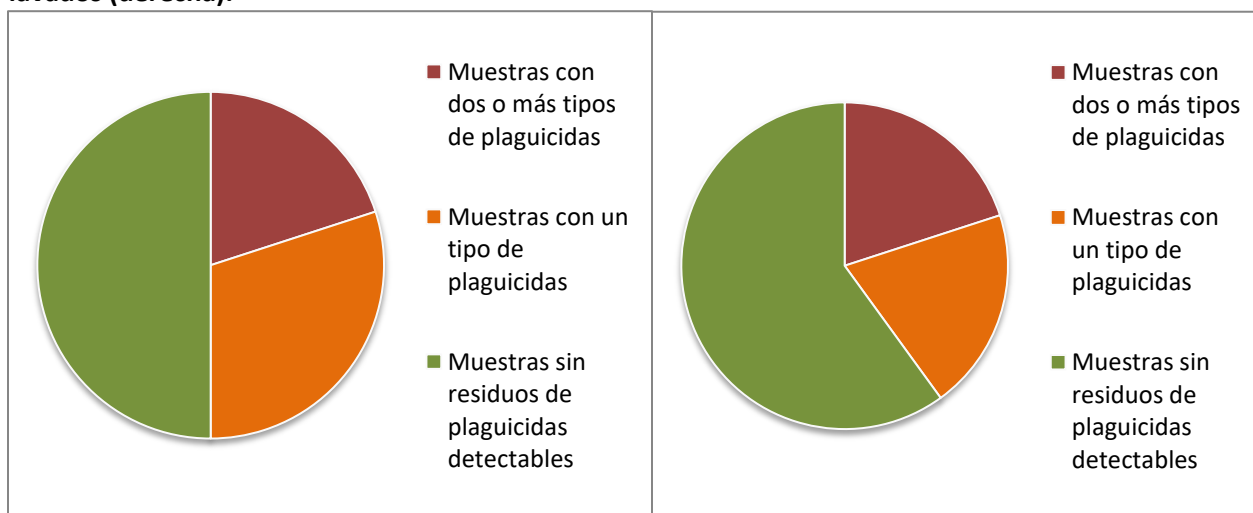
Los datos fueron tabulados y analizados con Stata Software (versión 11.1; StataCorp, College Station, TX, USA) y Microsoft Excell (versión 2010).

**Permisos:** Para el desarrollo del proyecto se gestionó los permisos de SENASA en Perú, SENASAG en Bolivia, y SENAVEX en Bolivia. Además se ha socializado el proyecto con el Organismo de Participación y Control Social del Municipio de La Paz, FAO Bolivia, INLASA, e Intendencia Municipal. De la misma manera se invitó al SENASAG, Intendencia y Control Social para acompañarnos en el proceso de compra de verduras, pero lamentablemente respondieron en forma negativa.

## Resultados

**Uno, más o ningún plaguicida:** No se encontró ningún plaguicida ni en papa ni en cebolla. En lechuga se encontró residuos de plaguicidas en 5 de 10 muestras no lavadas (Grafico 2 izquierda). Después de lavar los residuos bajaron a 4 en 10 (Grafico 2 derecha).

**Gráfico 2: Número de residuos de plaguicidas identificados en muestras crudas (izquierda) y lavadas (derecha).**



**Qué plaguicidas fueron encontrados:** “Lechuga 3” contenía cipermetrin, clorpirifos y difenoconazol, “Lechuga 4” tenía cipermetrin y clorpirifos y “Lechuga 6, 7 y 9” contenían Lambda-Cihalotrin. La información sobre los plaguicidas encontrados está en el Cuadro 3. Cabe hacer notar que ninguno de los plaguicidas están comprendidos en la clasificación de la OMS como clase 1a ni 1b, y que de los cuatro tipos de plaguicidas encontrados en las muestras de lechuga, dos fueron del grupo pyrethroid.

**LMR:** La relación entre el nivel de los plaguicidas específicos y los LMR de lechuga es mostrada en los cuadros de abajo (Cuadro 3-6). Por lo general se ha tratado de comparar con los LMR de *Codex Alimentarius* cuando fue posible. Donde no se lo encontró se usó los límites de la Unión Europea o de Estados Unidos.

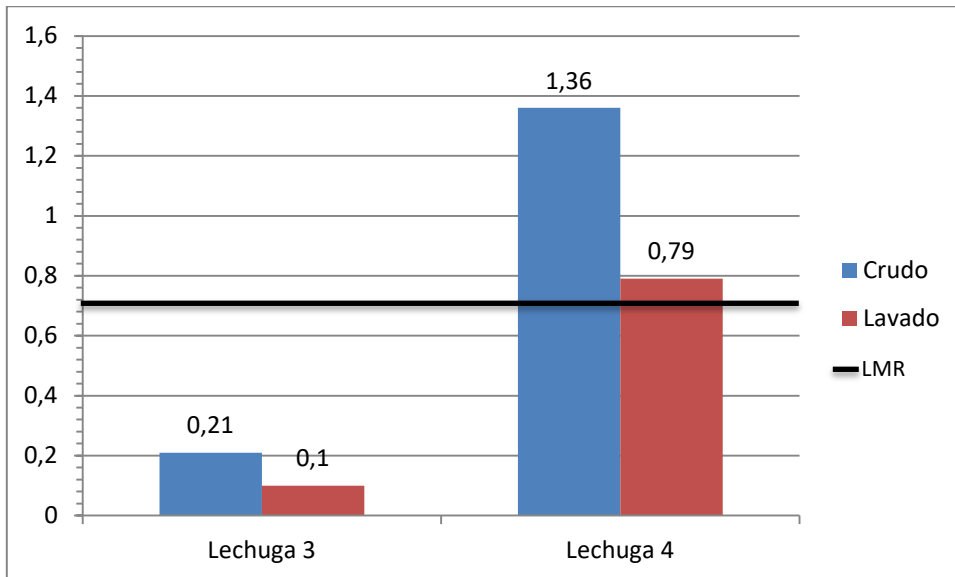
Independiente del tipo de plaguicida, el nivel de plaguicida bajó aproximadamente con 45% (mínimo 13%, máximo 70%) después de lavar la lechuga durante cinco minutos. Aun así en la muestra de “Lechuga 3” el nivel de clorpirifos estaba por encima de la LMR europeo tanto en la muestra cruda como en la muestra lavada. También la muestra “Lechuga 4” tenía niveles tanto de cipermetrin como de clorpirifos por encima de los LMR en las muestras crudas y lavadas. En resumen, 20% de las muestras de lechuga tenían niveles de residuos de plaguicidas por encima de los LMR. Considerando la totalidad de las muestras, contando lechuga, cebolla y papa, solamente 7% de las muestras estaban por encima de los LMR.

**Cuadro 3: Información de cada plaguicida encontrado.**

| Plaguicidas      | Cipermetrin                            | Clorpirifos   | Difenoconazol                          | (Lambda)-Cihalotrin  |
|------------------|--|---|--|--|
| Nombre en ingles | Cypermethrin                           | Chlorpyrifos  | Difenoconazole                         | (Lambda)- Cyhalothrin                                      |
| CA número        | 118                                    | 17  | 224                                    | 146  |
| Clase funcional  | Insecticida                            | Insecticida, acaricida y nematocida   | Funguicida                             | Insecticida  |
| Clase química    | Pyrethroid                             | Organofosforado clorificado   | Triazole                               | Pyrethroid   |
| Clase de OMS     | II                                     | II  | III                                    | II   |
| Código de color  | Amarillo                               | Amarillo  | Azul                                   | Amarillo   |
| ARfD – CA        | 0,04 mg/kg pc (26)                     | 0,1 mg/kg pc (27)   | 0,1 mg/kg pc (28)                      | 0,02 mg/kg pc (29)   |
| IDA – CA         | 0-0,02 mg/kg pc (26)                   | 0-0,01 mg/kg pc (27)  | 0-0,01 mg/kg pc (28)                   | 0-0,02 mg/kg pc (29)                                       |
| LMR – CA*        | 0,7 mg/kg comida                       | (1 mg/kg comida)  | 2 mg/kg comida                         | No mencionado  |
| LMR – UE (30)    | No mencionado                          | 0,05 mg/kg lechuga  | 2 mg/kg lechuga                        | 0,5 mg/kg lechuga (31)                                     |
| LMR –EEUU (32)   | No mencionado                          | 0,1 mg/kg lechuga   | No mencionado                          | 2,0 mg/kg lechuga  |
| *en que comida   | Hortalizas de hoja (=todo el grupo VL) | VL 0467 Col china (ni “lechuga” ni “hortalizas de hoja” en general son mencionados) | VL 0483 Lechuga romana                 | Ni “lechuga” ni ningún “hortaliza de hoja” son mencionados |
| Media vida       | 5 días en follaje<br>30 días en tierra | 10-14 días en el superficie de plantas  | 1 día en agua<br>149-187 días en suelo | 5 días en el superficie de plantas                         |

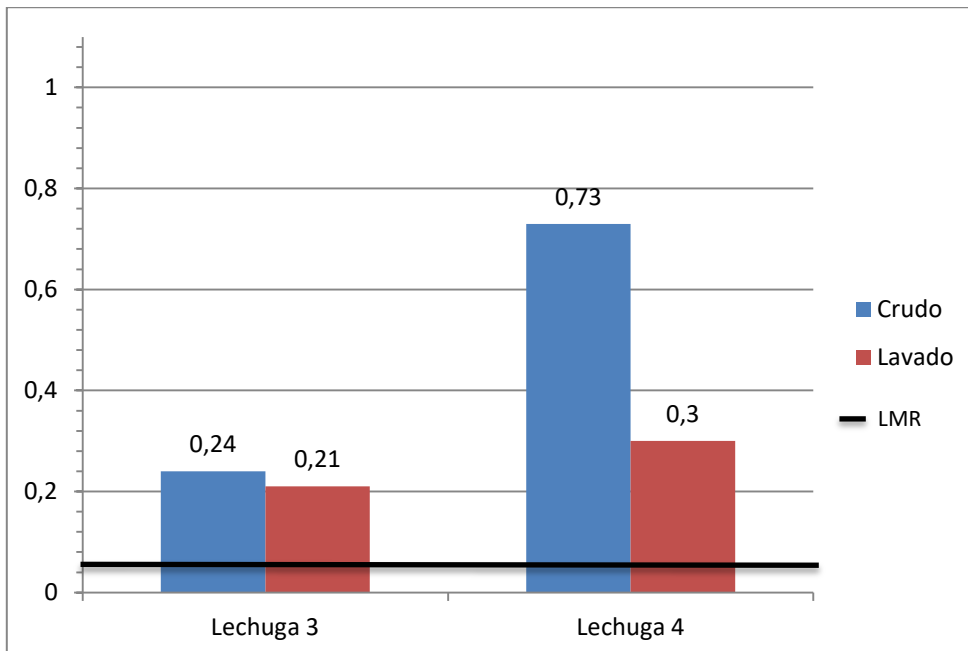
pc =peso corporal; VL = vegetables, leafy (ingles) = hortalizas de hoja; CA = Codex Alimentarius

**Gráfico 3: CIPERMETRIN – relación entre niveles de plaguicidas (mg/kg) encontrados por muestra y el LMR de hortalizas de hoja**



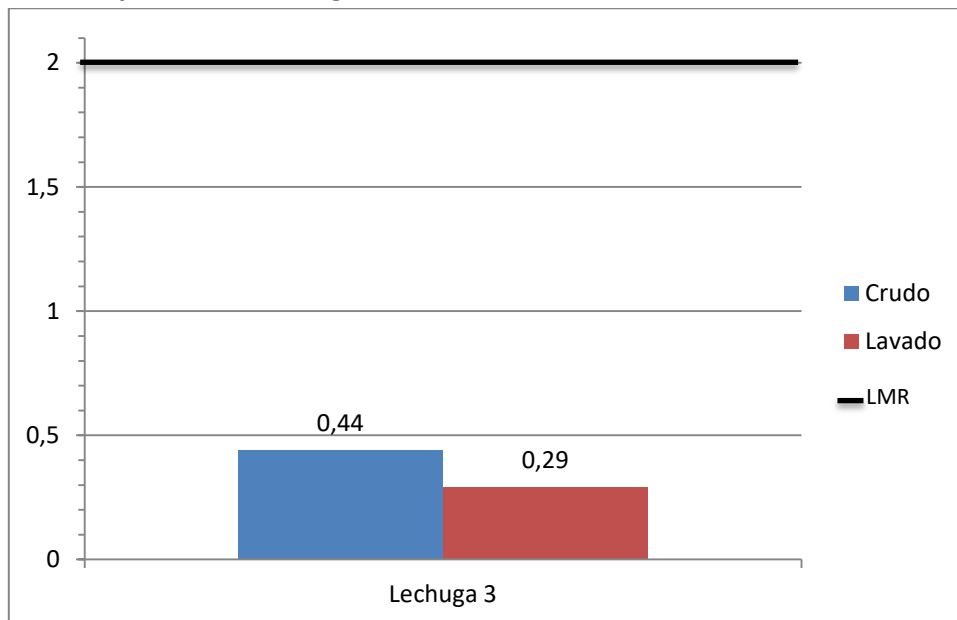
En límite máximo de residuos (LMR) de cipermetrin es 0,7 mg/kg según Codex Alimentarius.

**Gráfico 4: CLORPIRIFOS – relación entre niveles de plaguicidas (mg/kg) encontrados por muestra y el LMR de hortalizas de hoja (según UE)**



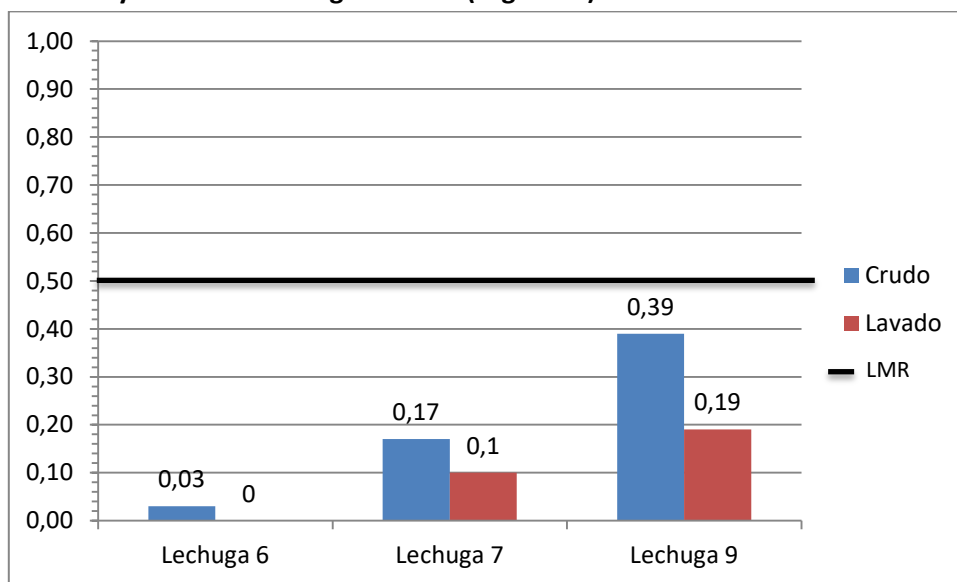
En límite máximo de residuos (LMR) de clorpirifos es 0,1 mg/kg según las reglas en EEUU. En la Unión Europeo los límites son 0,05 mg/kg. Codex Alimentarius no menciona un LMR de clorpirifos específicamente para lechuga.

**Gráfico 5: DIFENOCONAZOL – relación entre niveles de plaguicidas (mg/kg) encontrados por muestra y el LMR de lechuga romana**



En límite máximo de residuos (LMR) de difenoconazol es 2,0 mg/kg según Codex Alimentarius. El LMR del UE también es 2,0 mg/kg.

**Gráfico 6: LAMBDA-CIHALOTRIN – relación entre niveles de plaguicidas (mg/kg) encontrados por muestra y el LMR de lechuga romana (según UE)**



En límite máximo de residuos (LMR) de lambda-cihalotrin es 0,5 mg/kg según las reglas en UE. En EEUU los límites son 2,0 mg/kg. Codex Alimentarius no menciona un LMR de lambda-cihalotrin específicamente para lechuga u hortalizas de hoja en general.

**ARfD:** Según el cuestionario aplicado a 36 vendedoras y 55 consumidores en La Ciudad de La Paz la mayoría comen lechuga uno a dos veces por semana (53%) y 26% comen lechuga tres o más veces por semana. En general las personas – adultos y niños – comen solamente un poco lechuga por día (menos que un ¼ plato o aproximadamente 15 gramos), pero seis adultos (7%) y tres niños (7%) comen hasta un plato entero de lechuga (=120 gramos) los días en los cuales comen mucha lechuga y seis adultos y cuatro niños comen hasta medio plato (=60 gramos). Edad y peso de cada una de estas personas con mayor consumo están mostrados en el Cuadro 4.

**Cuadro 4: Personas con mayor consumo de lechuga en un día en La Ciudad de La Paz**

| 1 plato de lechuga (120g) |             |                   | ½ plato de lechuga (60g) |             |                   |
|---------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|-------------|-------------------|
| Numero                    | Edad (años) | Peso (kilogramos) | Numero                   | Edad (años) | Peso (kilogramos) |
| 1                         | 63          | Más que 70        | 10                       | 35          | 61-70             |
| 2                         | 34          | Más que 70        | 11                       | 44          | 61-70             |
| 3                         | 56          | -                 | 12                       | 30          | 61-70             |
| 4                         | 60          | -                 | 13                       | 57          | 61-70             |
| 5                         | 60          | 61-70             | 14                       | 50          | Más que 70        |
| 6                         | 59          | 51-60             | 15                       | -           | Menos que 10      |
| 7                         | 12          | 31-40             | 16                       | 10          | 31-40             |
| 8                         | -           | -                 | 17                       | 2           | Menos que 10      |
| 9                         | -           | Más que 40        | 18                       | 12          | 21-30             |

Fuente: Propio cuestionario. Color negro = adultos. Color azul = niños.

El adulto que come más lechuga por peso corporal es una persona 6 con 120g/55kg = 2,18g de lechuga en una ocasión. El niño que come más lechuga por peso corporal es una persona 17 con 60g/10kg = 6,00g de lechuga. El Cuadro 5 muestra que cantidades de plaguicidas estas personas hubieran comido por kilogramo de peso corporal, si hubieran comido las lechugas más contaminadas. También muestra el porcentaje de la ARfD. Como se ve, ninguno de los porcentajes de ARfD son mayores a 100% y por lo tanto los ARfDs no son violados, tampoco si se multiplica por el “factor de variabilidad” de tres como recomienda el *Codex Alimentarius* (14).

**Cuadro 5: EXPOSICIÓN AGUDA - Exposiciones máximas en un día de plaguicidas para adultos y niños relacionado con la dosis de referencia aguda (ARfD)**

| Plaguicida:              | Adulto         |              | Niño           |               |
|--------------------------|----------------|--------------|----------------|---------------|
| <b>Cipermetrin</b>       | 0,003 mg/kg pc | 7,4% de ARfD | 0,008 mg/kg pc | 20,4% de ARfD |
| <b>Clorpirifos</b>       | 0,002 mg/kg pc | 1,6% de ARfD | 0,004 mg/kg pc | 4,4% de ARfD  |
| <b>Difenoconazol</b>     | 0,001 mg/kg pc | 1,0% de ARfD | 0,003 mg/kg pc | 2,6% de ARfD  |
| <b>Lambda-Cihalotrin</b> | 0,001 mg/kg pc | 4,3% de ARfD | 0,002 mg/kg pc | 11,7% de ARfD |

Para entender mejor los resultados, por favor consulta la sección de “cálculo y estadísticas” en la metodología.

**IDA:** Como se ha mencionado líneas más arriba, los paceños comen un promedio de 15 gramos de lechuga una a dos veces por semana o cada cinco días. Entonces eso sería tres gramos de lechuga por día por persona. Calculando las exposiciones promedio por día para un adulto de 55

kilos y un niño de 10 kilos usando las muestras con mayor contaminación se llega a los resultados mostrados en el Cuadro 6.

Se ve que los IDAs no son violados en ninguna de las circunstancias, tampoco si se multiplica por el “factor de variabilidad” de tres como *indica el Codex Alimentarius* (14).

**Cuadro 6: EXPOSICIÓN CRÓNICA - Exposiciones promedio por día de plaguicidas para adultos y niños relacionado con la ingesta diaria admisible (IDA)**

| Plaguicida:              | Adulto           |             | Niño            |             |
|--------------------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| <b>Cipermetrin</b>       | 0,00007 mg/kg pc | 0,4% de IDA | 0,0004 mg/kg pc | 2,0% de IDA |
| <b>Clorpirifos</b>       | 0,00004 mg/kg pc | 0,4% de IDA | 0,0002 mg/kg pc | 2,2% de IDA |
| <b>Difenoconazol</b>     | 0,00002 mg/kg pc | 0,2% de IDA | 0,0001 mg/kg pc | 1,3% de IDA |
| <b>Lambda-Cihalotrin</b> | 0,00002 mg/kg pc | 0,1% de IDA | 0,0001 mg/kg pc | 0,6% de IDA |

Para entender mejor los resultados, por favor consulta la sección de “cálculos y estadísticas” en la metodología.

**Efecto aditivo de plaguicidas:** Aplicamos la fórmula de índice de riesgo (IR) para el *adulto* más liviano y que come más (Persona °6) tendremos estos resultados si usamos  $E_a$  y ARfD:

$$\text{IR (Lechuga 3)} = 0,00045818/0,04 + 0,00052364/0,1 + 0,00096/0,1 = \underline{2,6\%}$$

$$\text{IR (Lechuga 4)} = 0,00296727/0,04 + 0,00159273/0,1 = \underline{9\%}$$

Para el *niño* más liviano y que come más (Persona °17) llegamos a los siguientes resultados:

$$\text{IR (Lechuga 3)} = 0,00126/0,04 + 0,00144/0,1 + 0,00264/0,1 = 0,0315 + 0,0144 + 0,0264 = \underline{7,2\%}$$

$$\text{IR (Lechuga 4)} = 0,00816/0,04 + 0,00438/0,1 = \underline{25\%}$$

Los resultados muestran que los Índices de Riesgo no son violados en ninguna de las circunstancias, tampoco si se multiplica con un “factor de variabilidad” de 3 como en *Codex Alimentarius*. Usando  $E_a$  y IDA no cambia la conclusión.

## Discusión

Esta investigación científica reporta resultados sobre residuos de plaguicidas en 30 muestras de lechuga, cebolla y papa compradas en la ciudad de La Paz durante el mes de agosto de 2015. En las muestras de cebolla y papa no se encontró ningún plaguicida sobre el nivel de detección (generalmente 0,01 mg/kg). En las muestras de lechuga se encontró residuos de plaguicidas en 50% de las muestras crudas – es decir no lavadas – y en 40% de las muestras lavadas de los tipos Cipermetrin, Clorpirifos, Difenoconazol y Lambda-Cihalotrin. Sin embargo, solamente dos muestras en diez contenían niveles de plaguicidas por encima del LMR, las cuales estaban elevadas también después de lavar. Lavar la lechuga cinco minutos en una bañera quitó casi el 50% de los plaguicidas. En dos muestras se encontraron una mezcla de dos o tres diferente plaguicidas, pero eso no violaba el índice de riesgo combinado. Ninguna de las muestras estaba por encima de las IDA las ARfD.

Esta es la primera investigación boliviana en mostrar resultados de residuos de plaguicidas de tres tipos de verduras. La importancia de este estudio está dada por: su tamaño con 30 muestras

en total, su representatividad de casi todos los productores que traen papa, cebolla y lechuga a la ciudad de La Paz, su diseño el cual ha sido elaborado según las costumbres de compra y preparación de verduras de los paceños, y los análisis que fueron realizados en un laboratorio que cuenta con experiencia de más que 10 años, acreditación internacional y un test múltiple de GC/MS que criba 283 diferentes plaguicidas. Además es una de las únicas investigaciones hecha en Bolivia hasta ahora, y por lo tanto los resultados son muy importantes. Anteriores estudios bolivianos oficiales (fuera de lo que han hecho algunos estudiantes para su maestría (33)) muestran solamente resultados en tomates (20,21) y leche materna (34).

Mientras es casi imposible que los resultados muestren más plaguicidas de lo que en verdad había en las muestras, o que muestren niveles más altos que la realidad, es probable que los resultados sean “demasiados buenos”. En primer lugar el estudio fue limitado por el hecho de que no se podía llevar verduras enteras y frescas de Bolivia a Perú, lo cual dio lugar a una división del proceso de laboratorio. Por otro lado, las verduras fueron licuadas y congeladas en Bolivia antes de ser llevadas a Perú, lo cual puede haber causado una disminución del nivel de residuos de plaguicidas. En segundo lugar no todas las muestras fueron analizadas el mismo día. Las muestras de lechuga donde se encontró plaguicidas fueron analizadas primero, seguidas por las de papa y cebolla. Sin embargo, aunque la mitad de las muestras de papa fueron analizadas el mismo día que la lechuga y la otra mitad al día siguiente, no se encontró residuos de plaguicidas en ninguna de las muestras. Además todas las muestras fueron licuadas y congeladas el mismo día así que estaban congeladas los días de espera, lo cual normalmente no afecta demasiado el nivel de residuos de plaguicidas si es durante un tiempo corto (35). Como ejemplo se guarda las muestras en el laboratorio para dirigencia o contra-muestras 90 días antes de botarlas. Eso no tendría sentido si los niveles de plaguicidas se cambiarían rápido. En tercer lugar puede ser que hayamos perdido algunos plaguicidas porque solamente se usó el método de cromatografía de gases y no la cromatografía líquida que hubiera identificado otros 86 tipos de plaguicidas. Sin embargo, nuestra experiencia al visitar y entrevistar a los productores bolivianos para ver cuales plaguicidas usan (3,36), junto con los resultados de anteriores estudios en tomates (21) y leche materna (20) indican que probablemente no hemos perdido tantos plaguicidas. En cuarto lugar es probable que hubiéramos encontrado niveles de plaguicidas más altos si hubiéramos procesado las verduras el día de compras (día 0) en vez del día dos. En quinto lugar no fue posible determinar exactamente cuánto tiempo pasó entre la cosecha de las verduras y la compra de las mismas. Finalmente, como hemos tomado las muestras en un solo día durante todo un año puede ser que hubiéramos encontrado más plaguicidas en otra época del año. Es difícil estimar la magnitud de esas limitaciones en nuestros resultados. Nuestro estudio en tomate de 2012 (21) muestra que algunos plaguicidas se reducen en un 50% o más durante 3 días – depende del plaguicida en cuestión. Eso también es equivalente a los resultados de dos meta-análisis de residuos de plaguicidas (37)(38)

En el caso del riesgo combinado en muestras donde se encontró dos o más tipos de plaguicidas al mismo tiempo la fórmula para el índice de riesgo combinado asume que todos los plaguicidas tienen efectos aditivos. Sin embargo, sabemos que algunos plaguicidas tienen un efecto sinérgico (mayor a adición) y algunos tienen un efecto antagónico (menor a adición). Entonces existe un riesgo leve de que la fórmula subestima o sobreestima el riesgo de los plaguicidas combinados. A



pesar de que en nuestro estudio los IRs están bastante lejos del límite de peligro no es probable que exigía el límite de uno, tampoco en el caso hipotético de que los plaguicidas combinados tenían un efecto sinérgico en vez de solamente aditivo.

No se ha encontrado todos los LMR específicamente para lechuga romana en el *Codex Alimentarius* de FAO/OMS, pero se han encontrado los LMR para todo el grupo de hortalizas o se lo ha encontrado en la base de datos de la Unión Europea o de Estados Unidos. En la misma manera también se ha asegurado que todos los plaguicidas encontrados son registrados para el uso en lechuga.

A pesar de las limitaciones mencionadas, nuestro estudio demuestra que en la lechuga hay un problema de mezcla de diferentes plaguicidas. También muestra que una quinta parte de las muestras tienen residuos de plaguicidas por encima del LMR. Esto es mucho menor que el aproximadamente 50% de muestras contaminadas que se encontraron en los dos estudios de FAO/INLASA (2008) (20) y de Fundación PLAGBOL (2012)(21) en tomates bolivianos, pero 20% todavía es preocupante, especialmente porque no podemos asegurar que los niveles de plaguicidas no hubieran sido más altos en realidad si no se hubieran dado las limitaciones ya mencionadas.

Nuestros resultados son parecidos a un estudio de Brazil realizado en 2009 (39) en el cual se encontró que 14,3% en 112 muestras de balda, chirimoya, mora, higo, uva, guayaba, limón, mango, papaya y caqui estuvieron por encima de los LMR europeos. Al igual que en el presente estudio, también se encontró cipermetrin y clorpirifos. Una investigación chilena de 2014 (40) también identificaba clorpirifos como uno de los plaguicidas más comunes pero no encontraron residuos de plaguicidas por encima de los LMR de *Codex Alimentarius*. Anteriores estudios de Bolivia han descrito que pyrethorids y organofosforados son los dos grupos de plaguicidas más comunes (3,36). Eso es similar a nuestros resultados. Afortunadamente no hemos encontrado plaguicidas obsoletos en nuestro estudio como fue el caso de uno de los anteriores estudios mencionados (36).

Según nuestro conocimiento estudios específicamente en residuos de plaguicidas en lechuga, papa y cebolla no existen en países subdesarrollados como Bolivia. Un informe del programa de monitoreo de Canadá (2010-2012) mostró que 2% de lechuga, 3% de papa y 4% de cebolla producida en Canadá contiene residuos de plaguicidas por encima de los límites máximos mientras 20% de papa y 15% de lechuga importado a Canadá violaba los LMR (41). Bolivia no exportó a Canadá, pero sus vecinos (Perú, Chile, Argentina y Brasil) fueron parte de los exportadores y solamente violaban los LMR en 2-7% de las muestras en total de fruta, verdura, carne etc. Un informe del programa de monitoreo danés (2004-2011) reveló que 1% de lechuga danesa y 4% de lechuga importada tenía residuos por encima de LMR; ninguna de las muestras de papa o cebolla, ni locales ni importadas estuvieron por encima de los LMR (42). Un estudio de Eslovenia encontró que 3,1% de las muestras de lechuga y 23,1% de las muestras de papa exigieron los LMR (43).

Los niveles y tipos de plaguicidas encontrados dependen mucho del país. Es decir los hábitos de manejo de plaguicidas en el lugar, las leyes nacionales y el cumplimiento de las mismas. Por lo

tanto no se puede generalizar nuestros resultados fuera de Bolivia, pero sí se puede usarlos para aumentar el conocimiento sobre las condiciones en dentro de Bolivia.

## Conclusiones

Nuestra investigación demuestra que en las muestras estudiadas no hay un problema con residuos de plaguicidas en cebolla ni papa en la ciudad de La Paz - Bolivia en el mes de agosto. Esto puede ser porque los productores que venden sus productos en La Paz simplemente no usan tantos plaguicidas, o se puede deber a uno o más factores de inseguridad, lo que probablemente es lo más posible tomando en cuenta que no se conoce precisamente el tiempo que ha pasado entre el cosecha y la realización de los análisis. Como agosto es parte de invierno o la época seca en Bolivia puede ser que especialmente las papas fueron guardadas bastante tiempo antes de llegar al mercado.

Sin embargo, en el tema de lechuga sí hay un problema: en la mitad de las muestras se encontró Cipermetrin, Clorpirifos, Difenoconazol y (Lambda)-Cihalotrin y en 20% de las muestras no solamente se violaba los LMR sino también contenían dos a tres diferentes plaguicidas al mismo tiempo. Afortunadamente ni solos ni en conjunto los niveles de plaguicidas llegaron a superar el ARfD o la IDA.

No obstante una violación de 20% en lechuga es un porcentaje más alto que en países desarrollados o en los países vecinales lo cual señala que algo no está bien. Por ello y por la salud de la población boliviana se debe tomar medidas como ser: educación, comunicación y control para mejorar el manejo de plaguicidas en la agricultura boliviana y asegurar que se cumpla con las normas. Además será necesario continuar con otras investigaciones de más tipos de verduras y frutas en diferentes épocas del año para develar la situación en Bolivia de mejora manera, y trabajar en el aval y acreditación de los laboratorios bolivianos.

## Gracias a

Primeramente gracias al Organismo de Participación y Control Social del Municipio de La Paz, Intendencia Municipal, FAO, SENASAG y SENASA por su cooperación en la planificación del proyecto. Gracias al Laboratorio Andes Control por analizar las muestra. Finalmente nuestro agradecimiento a Jens Hinge Andersen - Asesor Principal, División de Evaluación de riesgos y nutrición, Instituto Nacional de Alimentos, Universidad Técnica de Dinamarca por sus consejos y ayuda.

## Bibliografía

(1) Williamson S, Ball A, Pretty J. Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries. *Crop Protection* 2008 10;27(10):1327-1334.

(2) Ministerio de desarrollo rural y tierras. Compendio Agropecuario 2012 - Observatorio Agroambiental y Productivo. Cauthin, Marielle; Durán, Maria Tereza; Vega, Lizbeth ed. La Paz, Bolivia, <http://www.agrobolivia.gob.bo/compendio2012>; 2012.

(3) Jors E, Morant RC, Aguilar GC, Huici O, Lander F, Baelum J, et al. Occupational pesticide intoxications among farmers in Bolivia: a cross-sectional study. *Environ Health* 2006 Apr 21;5:10.

(4) Konradsen F. Acute pesticide poisoning--a global public health problem. *Dan Med Bull* 2007 Feb;54(1):58-59.

(5) Jors E, Christoffersen M, Veirum NH, Aguilar GC, Morant RC, Konradsen F. Suicide attempts and suicides in Bolivia from 2007 to 2012: pesticides are the preferred method - females try but males commit suicide! *Int J Adolesc Med Health* 2014;26(3):361-367.

(6) Jors E, Gonzales AR, Ascarrunz ME, Tirado N, Takahashi C, Lafuente E, et al. Genetic Alterations in Pesticide Exposed Bolivian Farmers: An evaluation by analysis of chromosomal aberrations and the comet assay. *Biomark Insights* 2007 Nov 12;2:439-445.

(7) Jors E, Lander F, Huici O, Morant RC, Gulis G, Konradsen F. Do Bolivian small holder farmers improve and retain knowledge to reduce occupational pesticide poisonings after training on Integrated Pest Management? *Environ Health* 2014 Oct 1;13:75-069X-13-75.

(8) Sumi Y, Oode Y, Tanaka H. Chinese dumpling scare hits Japan--a case of methamidophos food poisoning. *J Toxicol Sci* 2008 Oct;33(4):485-486.

(9) Oates L, Cohen M, Braun L, Schembri A, Taskova R. Reduction in urinary organophosphate pesticide metabolites in adults after a week-long organic diet. *Environ Res* 2014 Jul;132:105-111.

(10) Gonzalez-Alzaga B, Lacasana M, Aguilar-Garduno C, Rodriguez-Barranco M, Ballester F, Rebagliato M, et al. A systematic review of neurodevelopmental effects of prenatal and postnatal organophosphate pesticide exposure. *Toxicol Lett* 2014 Oct 15;230(2):104-121.

(11) Isling LK, Boberg J, Jacobsen PR, Mandrup KR, Axelstad M, Christiansen S, et al. Late-life effects on rat reproductive system after developmental exposure to mixtures of endocrine disrupters. *Reproduction* 2014 Mar 2;147(4):465-476.

(12) Ames BN, Gold LS. Environmental pollution, pesticides, and the prevention of cancer: misconceptions. *FASEB J* 1997 Nov;11(13):1041-1052.

(13) Reiss R, Johnston J, Tucker K, DeSesso JM, Keen CL. Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. *Food Chem Toxicol* 2012 Dec;50(12):4421-4427.

- (14) FAO. Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. FAO plant production and protection paper 2009 November 2009;197:127.
- (15) Lozowicka B. Health risk for children and adults consuming apples with pesticide residue. Sci Total Environ 2015 Jan 1;502:184-198.
- (16) Hamilton D, Ambrus A, Dieterle R, Felsot A, Harris C, Petersen B, et al. Pesticide residues in food--acute dietary exposure. Pest Manag Sci 2004 Apr;60(4):311-339.
- (17) Ministry for Primary Industries. Maximum Residual Limits (MRLs). 2015; Available at: <http://www.foodsmart.govt.nz/whats-in-our-food/chemicals-nutrients-additives-toxins/agricultural-production/mrls/>. Accessed March, 2015.
- (18) The European Crop Protection Association. Pesticide use and food safety. [http://www.ecpa.eu/files/attachments/ECPA\\_ResiduesLeafletUK\\_Web\\_01.pdf](http://www.ecpa.eu/files/attachments/ECPA_ResiduesLeafletUK_Web_01.pdf); 2014.
- (19) JUSTICIA Bolivia. Nueva Constitución Política Del Estado. 2015; Available at: <http://bolivia.justia.com/nacionales/nueva-constitucion-politica-del-estado/>. Accessed September/25, 2015.
- (20) Flores G. De 784 muestras tomadas a varios productos, el 25 por ciento no tiene inocuidad. 2009; Available at: [http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/De\\_784\\_muestras\\_tomadas\\_a\\_varios\\_productos.pdf](http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/De_784_muestras_tomadas_a_varios_productos.pdf). Accessed March, 2015.
- (21) Alvarez M, Lira GR, Rivadeneira JLL, Limache de la Fuente, D., Alvarez O, Aramayo A, et al. Plaguicidas Organofosforados en los cultivos de tomate - Municipio de Omereque y Río Chico, Bolivia. Fundación Plagbol 2012 July.
- (22) Araujo ACP, Telles DL, Lima LLA, Rodrigues J, Lima TLA, Silva M. Pesticide residue monitoring in fruits for export. Rev Bras Toxicol 2001 2001/;14(2):43-48.
- (23) Clarke EE, Levy LS, Spurgeon A, Calvert IA. The problems associated with pesticide use by irrigation workers in Ghana. Occup Med (Lond) 1997 Jul;47(5):301-308.
- (24) Codex Committee on Pesticide Residues. RECOMMENDED METHODS OF SAMPLING FOR THE DETERMINATION OF PESTICIDE RESIDUES FOR COMPLIANCE WITH MRLS CAC/GL 33-1999. 1999; Available at: <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/>. Accessed March, 2015.
- (25) RÅDET FOR DE EUROPÆISKE FÆLLESSKABER. RÅDETS DIREKTIV af 27. november 1990 om fastsættelse af maksimalgrænseværdier for pesticidrester på og i visse produkter af vegetabilsk oprindelse, herunder frugt og grønsager (90/642/EØF). De Europæiske Fællesskabers Tidende 1990 November 27;350:71.

- (26) JMPR. CYPERMETHRINS (INCLUDING ALPHA- AND ZETA-CYPERMETHRIN) (118). 2011; Available at: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/JMPR/Report11/Cypermethrins.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Report11/Cypermethrins.pdf). Accessed September/25, 2015.
- (27) JMPR. CHLORPYRIFOS (017) . 2004; Available at: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/JMPR/Evaluation04/CHLORPYRIFOS.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation04/CHLORPYRIFOS.pdf). Accessed September/25, 2015.
- (28) JMPR. DIFENOCONAZOLE (224). 2010; Available at: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/JMPR/Evaluation10/Difenoconazole.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation10/Difenoconazole.pdf). Accessed September/25, 2015.
- (29) JMPR. LAMBDA-CYHALOTHRIN (146) . 2008; Available at: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/JMPR/Evaluation08/Lambda-cyhalothrin.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation08/Lambda-cyhalothrin.pdf). Accessed September/25, 2015.
- (30) European Commission. EU - Pesticides database. 2015; Available at: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>. Accessed September/25, 2015.
- (31) THE EUROPEAN COMMISSION. COMMISSION REGULATION (EU) No 834/2013 of 30 August 2013 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for acequinocyl, bixafen, diazinon, difenoconazole, etoxazole, fenhexamid, fludioxonil, isopyrazam, lambda-cyhalothrin, proflufenfos and prothioconazole in or on certain products. Official Journal of the European Union 2013 August/31;233:11.
- (32) Bryant Christie Inc. Global MRL Database. 2015; Available at: <https://www.globalmrl.com/db#query>. Accessed September/25, 2015.
- (33) Perez Irusta LA. Contaminación con plaguicidas en productos hortícolas de mayor consumo en L.P. T-131 1996.
- (34) Ávila R, Gemio S R. RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN LECHE MATERNA. Rev Bol Quim 2011 October;28(1):22.
- (35) Fussell RJ, Hetmanski MT, Colyer A, Caldow M, Smith F, Findlay D. Assessment of the stability of pesticides during the cryogenic processing of fruits and vegetables. Food Addit Contam 2007 Nov;24(11):1247-1256.
- (36) Haj-Younes J, Huici O, Jørs E. Sale, storage and use of legal, illegal and obsolete pesticides in Bolivia. Cogent Food & Agriculture 2015 05 February;1.
- (37) Bajwa U, Sandhu KS. Effect of handling and processing on pesticide residues in food- a review. J Food Sci Technol 2014 Feb;51(2):201-220.

- (38) Kaushik G, Satya S, Naik SN. Food processing a tool to pesticide residue dissipation – A review. *Food Research International* 2008;42:26.
- (39) Ciscato CH, Bertoni Gebara A, Henrique Monteiro S. Pesticide residue monitoring of Brazilian fruit for export 2006-2007. *Food Addit Contam Part B Surveill* 2009;2(2):140-145.
- (40) Munoz-Quezada MT, Lucero B, Iglesias V, Munoz MP. Exposure pathways to pesticides in schoolchildren in the Province of Talca, Chile. *Gac Sanit* 2014 May-Jun;28(3):190-195.
- (41) Canadian Food Inspection Agency. National Chemical Residue Monitoring Program 2010-2012 Report. 2013:1.
- (42) Petersen A, Hamborg Jensen B, Hinge Andersen J, Erecius Poulsen M, Christensen T, Nielsen E. Pesticide Residues - Results from the period 2004 – 2011. DTU Fødevareinstituttet 2013;1(1):1.
- (43) Cesnik HB, Gregorcic A, Bolta SV, Kmecl V. Monitoring of pesticide residues in apples, lettuce and potato of the Slovene origin, 2001-04. *Food Addit Contam* 2006 Feb;23(2):164-173.