

## Mapeo geográfico toxicológico de plaguicidas utilizados en cultivos de maíz zona norte de la provincia de Los Ríos

### Toxicological geographic mapping of pesticides used in corn crops in the northern area of the province of Los Ríos

### Mapeamento geográfico toxicológico dos pesticidas utilizados em cultivos de milho na zona norte da província de Los Ríos

Nieto Cañarte, Carlos Alberto  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
cnieto@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-1817-9742>



Corro Cedeño, Karla Pierina  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
karla.corro2015@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0007-8388-9245>



Diaz Ponce, Mariela Alexi  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
mdiaz@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-8944-5994>



Sánchez Moyano, Kevin Ariel  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
kevin.sanchezm2017@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-6488-3330>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/nE1/86>

#### Como citar:

Nieto, C. Corro, K. Diaz, M. & Sánchez, K. (2023). Mapeo geográfico toxicológico de plaguicidas utilizados en cultivos de maíz zona norte de la provincia de Los Ríos. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(E1), 73-88.

Recibido: 08/04/2023

Aceptado: 20/04/2023

Publicado: 19/05/2023

## Resumen

La incidencia de plaguicidas en monocultivos dentro de la zona norte de la provincia de los Ríos es fuerte debido al impacto económico que posee dentro de Quevedo, Quinsaloma, Ventanas, Mocache y Pueblo Viejo. Se determinó por medio de mapeo geográfico la toxicología de los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz, para esto se trabajó con un total de 260 agricultores. El nivel de toxicidad de los plaguicidas fue clasificado según criterios sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) con respecto a dosis letal media (DL50). El muestreo consistió en el uso de un Global Positioning System (GPS), se utilizó el software ArcGIS. Para el tratamiento de datos fue necesario el uso de la herramienta EXCEL PERMANOVA (PAST) mediante análisis permutacional. Se identificó que entre los diferentes cultivos se utilizan con mayor frecuencia herbicidas, insecticidas y fungicidas, teniendo así el uso de Glifosato y Amina con un 84% y 64% en el grupo de herbicidas, así también se contempla el uso de Radiant y Proclain con un 52% y 100% en el grupo de insecticidas y al final con Thil y Bravo con un 100% en ambos según su frecuencia de uso en el grupo de fungicidas. A esto se añade que según con la categorización por la OMS los cantones evaluados arrojan para fungicidas (ligeramente peligroso), insecticidas (ligeramente peligroso) y herbicidas (moderadamente peligroso). Se destaca concretamente el uso de plaguicidas con categoría toxicológica II y IV, representadas por alta y ligeramente toxicológicas en la zona norte de la provincia. Los cantones Mocache y Ventanas son los que emplean mayor cantidad de plaguicidas en el cultivo de maíz; además se obtuvo que los plaguicidas comerciales con mayor frecuencia de uso son: Proclain, Thil y Bravo.

**Palabras clave:** Agrícola, SIG (Sistema Internacional Geográfico), Producción, Impactos.

## Abstract

The incidence of pesticides in monocultures in the northern zone of the province of Los Ríos is high due to the economic impact in Quevedo, Quinsaloma, Ventanas, Mocache and Pueblo Viejo. The toxicology of the pesticides used in corn cultivation was determined by means of geographic mapping, working with a total of 260 farmers. The toxicity level of the pesticides was classified according to criteria suggested by the World Health Organization (WHO) and the United States Environmental Protection Agency (EPA) with respect to median lethal dose (LD50). Sampling consisted of the use of a Global Positioning System (GPS) and ArcGIS software. For data processing it was necessary to use the EXCEL PERMANOVA (PAST) tool through permutational analysis. It was identified that among the different crops herbicides, insecticides and fungicides are used more frequently, thus having the use of Glyphosate and Amine with 84% and 64% in the group of herbicides, as well as the use of Radiant and Proclain with 52% and 100% in the group of insecticides and finally with Thil and Bravo with 100% in both according to their frequency of use in the group of fungicides. In addition, according to the WHO categorization, the cantons evaluated for fungicides (slightly hazardous), insecticides (slightly hazardous) and herbicides (moderately hazardous). The use of pesticides with toxicological category II and IV, represented by high and slightly toxicological in the northern part of the province, stands out. The cantons of Mocache and Ventanas are the ones that use the greatest amount of pesticides in corn cultivation: Proclain, Thil and Bravo.

**Keywords:** Agricultural, GIS (International Geographic System), Production, Impacts.

## Resumo

A incidência de pesticidas em monoculturas na parte norte da província de Los Ríos é forte devido ao impacto económico que tem em Quevedo, Quinsaloma, Ventanas, Mocache e Pueblo

Viejo. A toxicologia dos pesticidas utilizados na cultura do milho foi determinada através de cartografia geográfica, trabalhando com um total de 260 agricultores. O nível de toxicidade dos pesticidas foi classificado de acordo com os critérios sugeridos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) no que diz respeito à dose letal média (LD50). A amostragem consistiu na utilização de um Sistema de Posicionamento Global (GPS), tendo sido utilizado o software ArcGIS. Para o tratamento dos dados foi necessário utilizar a ferramenta PERMANOVA (PAST) do EXCEL por análise permutacional. Identificou-se que entre as diferentes culturas, os herbicidas, insecticidas e fungicidas são utilizados com maior frequência, com a utilização de Glifosato e Amina com 84% e 64% no grupo dos herbicidas, bem como a utilização de Radiante e Proclain com 52% e 100% no grupo dos insecticidas e finalmente com Thil e Bravo com 100% em ambos de acordo com a sua frequência de utilização no grupo dos fungicidas. Além disso, de acordo com a categorização da OMS, os cantões avaliaram os fungicidas (ligeiramente perigosos), os insecticidas (ligeiramente perigosos) e os herbicidas (moderadamente perigosos). Destaca-se a utilização de pesticidas com categoria toxicológica II e IV, representada por alta e ligeiramente toxicológica na parte norte da província. Os cantões de Mocache e Ventanas são os que utilizam a maior quantidade de pesticidas na cultura do milho; verificou-se também que os pesticidas comerciais com maior frequência de utilização são: Proclain, Thil e Bravo.

**Palavras-chave:** Agrícola, GIS (Sistema Geográfico Internacional), Produção, Impactos.

## Introducción

El continuo crecimiento acelerado de la población mundial, demanda una mayor cantidad de productos agrícolas, para suplir las necesidades alimenticias; esto aumento significativamente el monocultivo, con el fin de lograr una mayor tasa de producción y rentabilidad, pero sin tomar en cuenta el perjuicio que ocasiona esta práctica en la salud del agricultor y un gran impacto dañino al medio ambiente por el uso intensivo e indiscriminado de plaguicidas (Torres, 2015). Es así que, la adopción de prácticas agrícolas sostenibles (PAE) ha sido recomendada por muchos expertos e instituciones internacionales para abordar los problemas de seguridad alimentaria y cambio climático (Setsoafia et al., 2022).

El maíz contiene un alto valor nutricional, es el cultivo más importante del mundo. Sin embargo, la fitotoxicidad y los residuos de terbutilazina (TBA), ametryn (AME) y atrazina (ATZ) en el maíz y el suelo afectan directamente la producción de cultivos y la inocuidad de los alimentos (Yu et al., 2021). Ciertamente en los análisis tradicionales de toxicología ambiental, los experimentos in vitro e in vivo deben llevarse a cabo durante un largo período

de tiempo debido al número limitado de sujetos del ensayo, lo que incurre en costos financieros y de tiempo considerables, así como en posibles resultados inhumanos (Wu et al., 2022).

De manera que, la adopción de nuevas alternativas para estudios toxicológicos, las imágenes aéreas, junto con las técnicas de digitalización, Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y Sistema de Información Geográfica (SIG), pueden contribuir a la elaboración de un mapa del terreno con diferentes zonas detalladas, inclusive permitir la estimación de la cantidad exacta del pesticida a aplicar en cada zona agrícola según las necesidades (Rea et al., 2015), inhibiendo problemas relacionados a costes y riesgos.

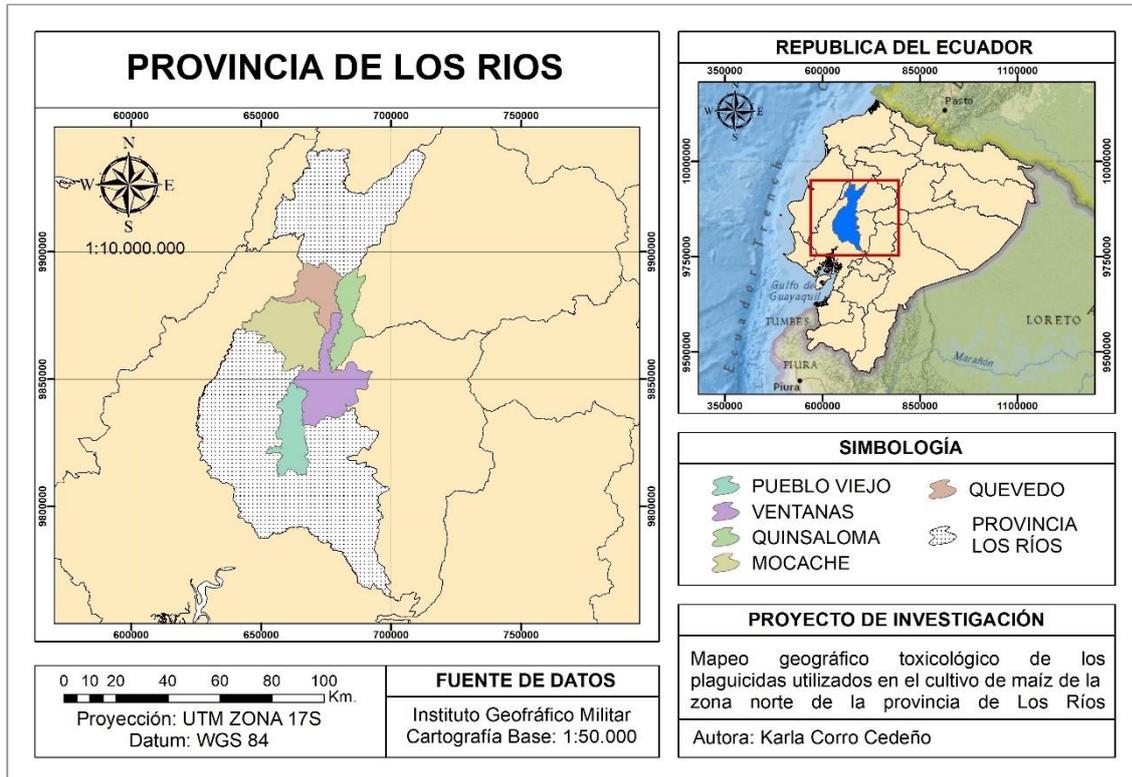
La agricultura es una de las actividades productivas más relevantes del Ecuador, donde el maíz duro juega un papel fundamental dentro de la dieta de los ecuatorianos y en la industria de los balanceados por el consumo animal. Constituyendo la base de la economía de un gran número de pequeños y medianos productores especialmente del litoral ecuatoriano (INIAP, 2018). Lo que vincula el uso constante de plaguicidas altamente peligroso resumido en peligros la salud humana y de la naturaleza; factores como: la forma y el modo de fumigar, la falta de información, el laxo control, la sobredosificación, el almacenamiento y la disposición final de los desechos, son entre otras, preocupaciones que deben ser consideradas en bienestar de la sustentabilidad de la actividad (Naranjo, 2017). Se identificaron los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz (*Zea mays*), en la zona norte de la provincia de Los Ríos, a su vez se clasificó la toxicidad de los plaguicidas, contrastándolo geográficamente mediante sistemas de información geográfica (SIG) según el uso indiscriminado de estos químicos.

## Metodología

La zona de estudio se delimita en los cantones Quevedo, Mocache, Quinsaloma, Ventanas y Pueblo Viejo de la provincia Los Ríos. La Figura 1, indica los límites geográficos de la zona

de estudio: al norte, cantón Valencia; al sur, cantones Babahoyo, Baba, Vinces y Palenque; al este, provincias Cotopaxi y Bolívar y al oeste, provincia Guayas.

**Figura 1**  
*Ubicación de zona de estudio*



**Línea base de plaguicidas**

Los resultados obtenidos en el instrumento de evaluación fueron tratados mediante estadística descriptiva (análisis de frecuencias) e inferencial [análisis no paramétrico PERMANOVA (PAST)] permitiendo identificar diferencias estadísticas entre las cantidades de agroquímicos por cantón.

**Clasificación e identificación de plaguicidas**

El nivel de toxicidad de los plaguicidas ha sido clasificado por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) (OMS, 2005). Cuando se realizan estudios para establecer la toxicidad de una sustancia se determina la dosis letal media (DL50), esta se define como aquella dosis en la que se causa la muerte del 50% de los animales de prueba; Tabla 1.

**Tabla 1***Dosis Letal media para cada nivel de toxicidad según la OMS*

	OMS	DL50 para rata (mg/kg de peso)	
		Oral	Dermal
<b>Ia</b>	Extremadamente Peligroso	<5	<50
<b>Ib</b>	Altamente Peligroso	5-50	50-200
<b>II</b>	Moderadamente Peligroso	50-2000	200-2000
<b>III</b>	Ligeramente Peligroso	<2000	<2000
<b>U</b>	Normalmente no causa ningún peligro	≥5000	

Fuente: OMS (2005)

La EPA también reconoce cuatro categorías de toxicidad aguda; Tabla 2.

**Tabla 2***Dosis Letal media para cada nivel de toxicidad según la EPA*

	EPA	DL50 para rata (mg/kg de peso)	
		Oral	Dermal
<b>I</b>	Altamente tóxico	<50	<200
<b>II</b>	Moderadamente tóxico	50-500	200-2000
<b>III</b>	Ligeramente tóxico	500-5000	2000-5000
<b>IV</b>	Prácticamente no tóxico	>5000	

Fuente: UNA-IRET (2015)

### Contraste geográfico de nivel de toxicidad

El muestreo consistió en georreferenciar los predios agrícolas en que se cultiva maíz con la ayuda de un Global Positioning System (GPS). Luego se realizó la interpolación de los datos obtenidos mediante la utilización del software ArcGIS y su variante ArcMap (Abarca et al., 2017).

Como el método de interpolación se tienen los modelos determinísticos: que son aquellos en que los valores del modelo de parámetros son determinados arbitrariamente. En este caso el Modelo Estadístico Splines sería el más aplicable a la investigación a realizar de acuerdo con los parámetros a evaluar (Bastos, 2018).

### Tratamiento de datos.

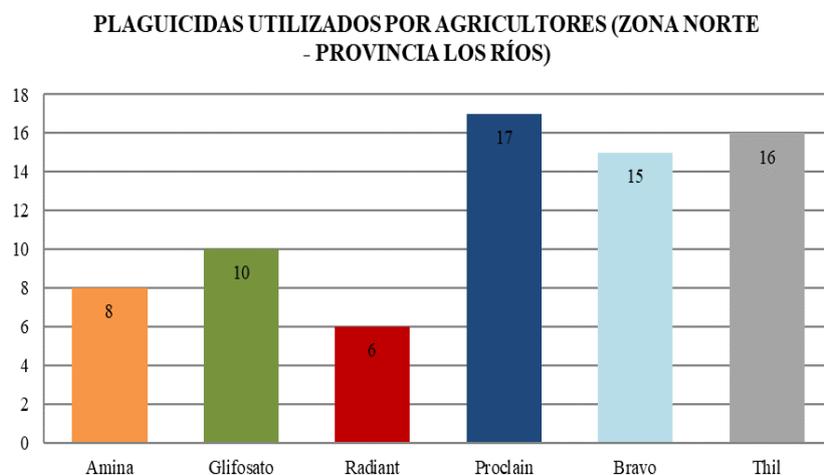
La herramienta de EXCEL PERMANOVA (PAST) es un modelo estadístico no paramétrico que se utilizó para la tabulación de los datos obtenidos en el instrumento de evaluación, donde

se codificó como 1 y 0 para las respuestas de sí o no, donde se pueden comparar los resultados, relacionar las variables y describir la tendencia. Determinando las respuestas simultáneas del conjunto de variables en el manejo de plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas) en el factor de estudio (cantones) se empleó el análisis permutacional de la varianza (PERMANOVA) el cual permitió obtener el valor de  $p$ , el mismo que en una matriz de contraste permitió identificar los grupos homogéneos en los cantones con respecto al manejo de los plaguicidas; cabe indicar que la distancia utilizada fue la distancia Euclidiana, con 999 permutaciones y valor de alfa  $p=0,05$ .

## Resultados

En la zona norte de la provincia de Los Ríos los plaguicidas agrícolas de mayor uso son los fungicidas Thil (22,2%) y Bravo (20,8%), seguido por los insecticidas Radiant (8,3%) y Proclain (23,6%), y en tercer orden los herbicidas Glifosato (13,9%) y Amina (11,1%); Figura 2.

**Figura 2**  
*Plaguicidas*



**Nota:** Plaguicidas más usados en la zona norte de la provincia Los Ríos **Fuente:** Autores, 2023

El análisis de los herbicidas usados muestra la existencia de diferencias estadísticas significativas entre cantones, con Fisher. De esta manera, los valores para los cantones Mocache y Ventanas son estadísticamente iguales; al igual que Pueblo Viejo y Quevedo; Tabla 3.

**Tabla 3**  
*Diferencias estadísticas de herbicidas por cantones*

	Mocache	Ventanas	Pueblo Viejo	Quevedo	Quinsaloma
Mocache		0,001	0,0314	0,1733	0,0096
Ventanas	0,001		0,0219	0,1663	0,0064
Pueblo Viejo	0,0314	0,0219		0,6798	0,0005
Quevedo	0,1733	0,1663	0,6798		0,0124
Quinsaloma	0,0096	0,0064	0,005	0,0124	

*Fuente:* Autores, 2023

El uso de insecticidas y fungicidas es elevado y esto presenta diferencias estadísticas significativas entre cantones; en este contexto, los cantones Quevedo y Ventanas son estadísticamente iguales; de igual manera Mocache y Quinsaloma; Tabla 4 y 5.

**Tabla 4**  
*Diferencias estadísticas de insecticidas por cantones*

	Mocache	Ventanas	Pueblo Viejo	Quevedo	Quinsaloma
Mocache		0,0001	0,0467	0,0001	0,0716
Ventanas	0,0001		0,0033	0,0001	0,0013
Pueblo Viejo	0,0467	0,0033		0,0017	0,3291
Quevedo	0,0001	0,0001	0,0017		0,0049
Quinsaloma	0,0716	0,0013	0,3291	0,0049	

*Fuente:* Autores, 2023

**Tabla 5**  
*Diferencias estadísticas de fungicidas por cantones*

	Mocache	Ventanas	Pueblo Viejo	Quevedo	Quinsaloma
Mocache		0,0585	0,1212	0,5459	0,2116
Ventanas	0,0585		0,2867	0,1709	0,2672
Pueblo Viejo	0,1212	0,2867		0,0937	0,9513
Quevedo	0,5459	0,1709	0,0937		0,1735
Quinsaloma	0,2116	0,2672	0,9513	0,1735	

*Fuente:* Autores, 2023

Mediante encuestas realizadas e investigación bibliográfica se observó que los agroquímicos poseen diferentes nombres comerciales, sin embargo, comparten similitud en el ingrediente activo según diferentes casas comerciales de agroquímicos; Tabla 6.

**Tabla 6**  
*Identificación de los ingredientes activos de plaguicidas*

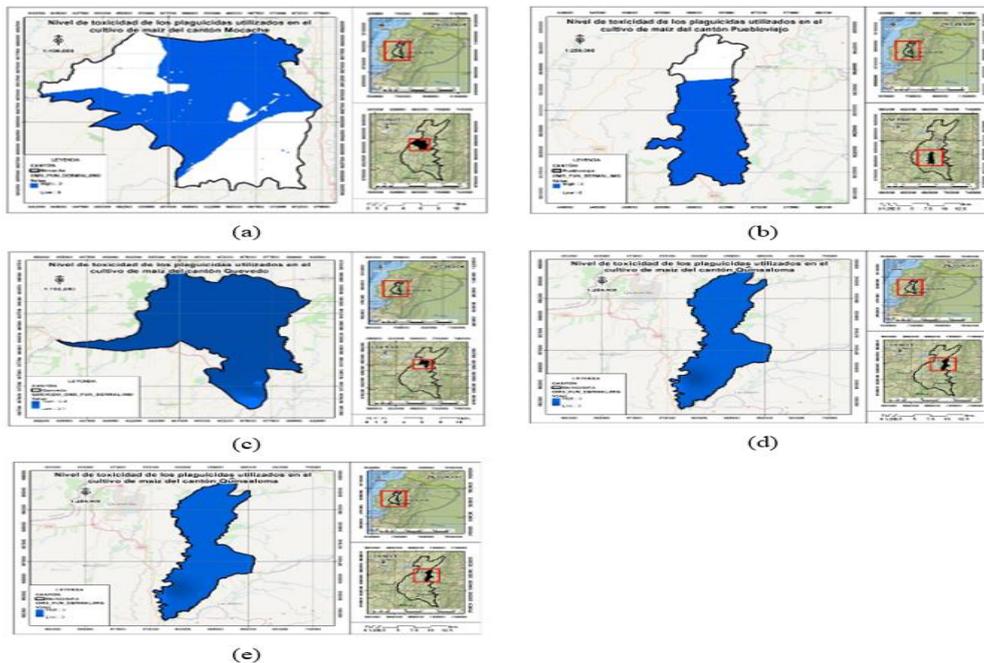
Herbicidas (NC)	Ingrediente activo	Insecticida (NC)	Ingrediente activo	Fungicidas (NC)	Ingrediente activo
Prowl	Pendimetalina	Radiant	Spinetoram	Propiconazol	Propiconazol
Glifosato	Glifosato	Engeo	Tiametoxam	Thil	Propiconazol
Puñete	Clorpirifós	Afir	Bezoato de emamectina	Bravo	Chlorothalonil
Amina	2,4-D	Proclain	Bezoato de emamectina	Topgun	Azoxistrobina
Accent	Nicosulfuron			Renaste	Piraclostrobina
Gramoxone	Paraquat				
Glucosonato de amonio	Glufosinato				
Atrasina+Ni colsufuron	Atrazina				

*Fuente:* Autores, 2023

El nivel de toxicidad para las zonas con cultivo de maíz en los cinco cantones evaluados según estándar de la OMS atañe a la categoría de ligeramente peligroso (zonas de tonalidad azul), lo

que relaciona sectores que no usan fungicida dentro de cada territorio cantonal. Esta distribución es poco homogénea para el caso de Mocache y Pueblo viejo, mostrándose así áreas en blanco, que corresponderían a sitios con cultivo de maíz en donde se utiliza en poca medida este plaguicida; Figura 3.

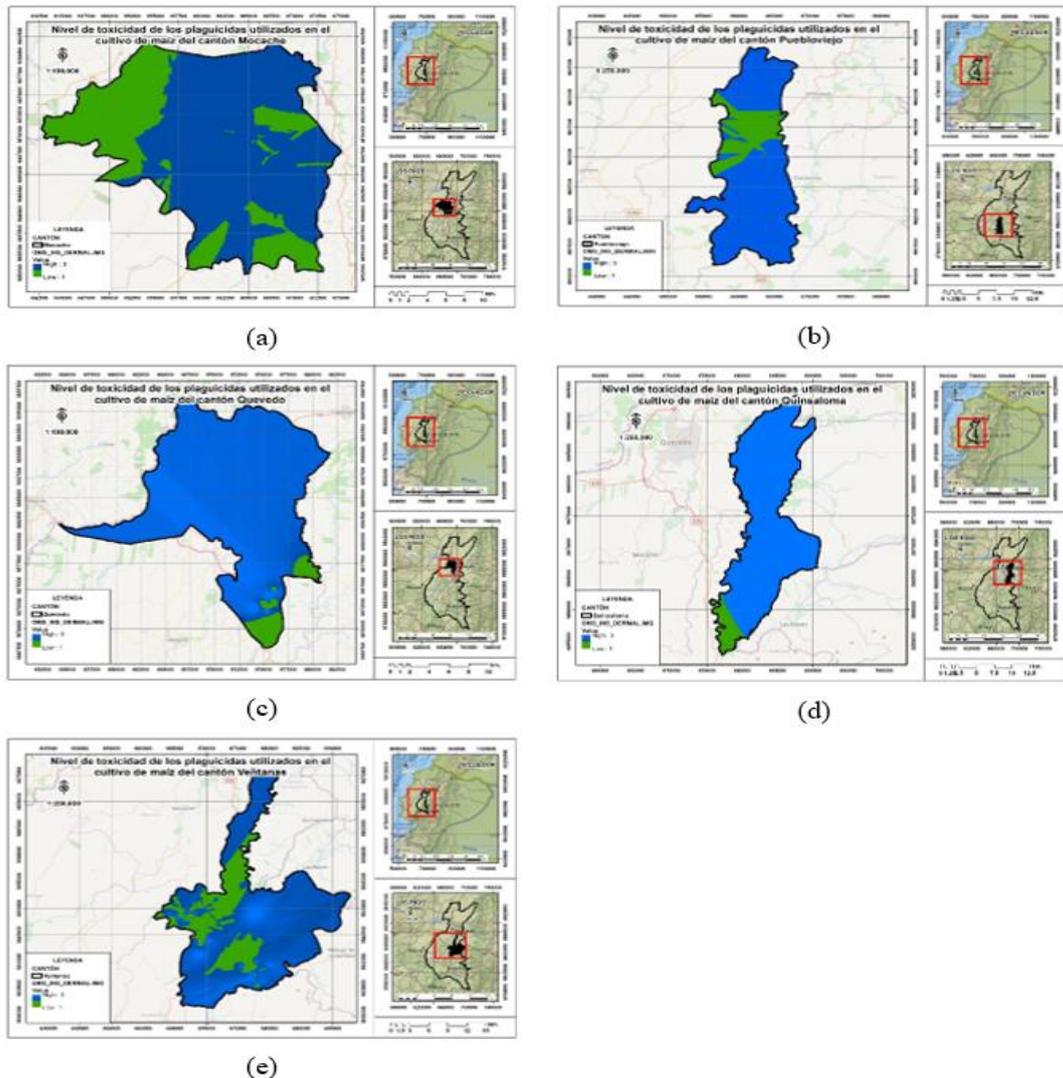
**Figura 3**  
*Nivel de toxicidad fungicida*



**Nota:** Nivel de toxicidad dermal por fungicida: (a) Mocache; (b) Pueblo Viejo; (c) Quevedo; (d) Quinsaloma; (e) Ventanas **Fuente:** Autores, 2023

El nivel de toxicidad para insecticidas en las zonas con cultivo de maíz según estándar de la OMS corresponde a la categoría de ligeramente peligroso (zonas de tonalidad azul) y no peligroso (zonas de color verde); es decir, que las zonas con tonalidad verde atañen a sitios en los que no se usa este tipo de plaguicida. Según la distribución geográfica mostrada en la cartografía, los cantones Quinsaloma, Pueblo Viejo y Quevedo son los que mayormente utilizan insecticidas en el cultivo de maíz, con una marcada diferencia respecto al cantón Mocache, el cual reporta poco uso de este agro insumo; Figura 4.

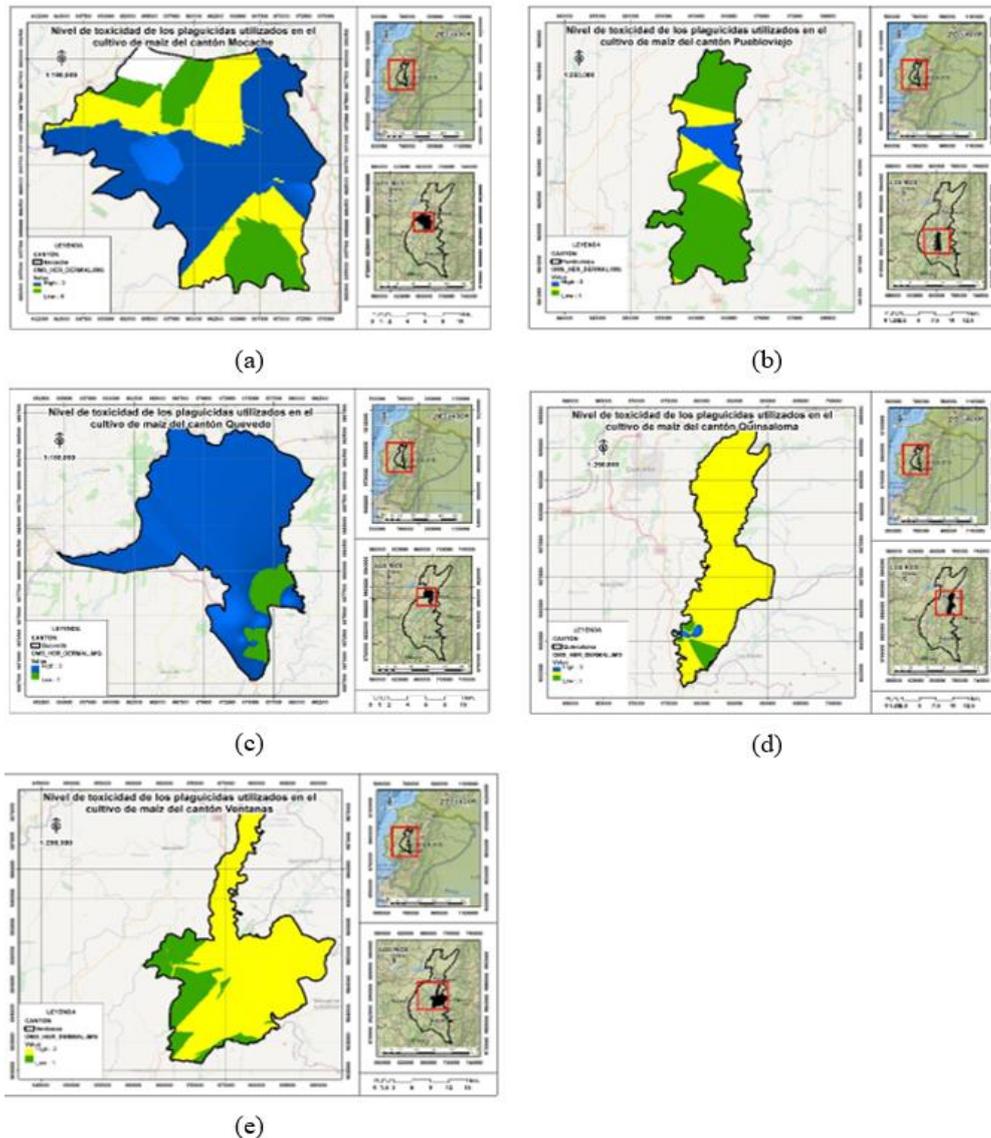
**Figura 4**  
*Nivel de toxicidad insecticida*



**Nota:** Nivel de toxicidad dermal por insecticida: (a) Mocache; (b) Pueblo Viejo; (c) Quevedo; (d) Quinsaloma; (e) Ventanas **Fuente:** Autores, 2023

El nivel de toxicidad para herbicidas en las zonas de producción de maíz según estándar de la OMS corresponde a la categoría de moderadamente peligroso (zonas de color amarillo), ligeramente peligroso (zonas de tonalidad azul) y no peligroso (zonas de color verde). De acuerdo con dicha clasificación de toxicidad se puede denotar que los cantones Quevedo y Mocache son los territorios con mayor uso de este plaguicida en el cultivo de maíz, mientras que Quinsaloma y Ventana son los cantones que menos lo utilizan; Figura 5.

**Figura 5**  
*Nivel de toxicidad herbicida*



**Nota:** Nivel de toxicidad dermal por herbicida: (a) Mocache; (b) Pueblo Viejo; (c) Quevedo; (d) Quinsaloma; (e) Ventanas **Fuente:** Autores, 2023

## Discusión

En la provincia de Los Ríos el cultivo de maíz es uno de los más representativos en términos de extensión y productividad, su mantenimiento demanda de la utilización de una variedad de productos químicos (plaguicidas) para el control de malezas, plagas y enfermedades. A pesar

de estos marcados beneficios, su extensiva utilización puede significar un peligro inminente para la salud humana y el entorno, por lo que su estudio demanda de una identificación del tipo de producto aplicado y sus consecuencias. Así Guerrero Padilla, (2018) en el distrito de Trujillo dedujo que el uso de plaguicidas por los agricultores, se da como medida para eliminar hongos, insectos y otras plantas denominadas “mala hierba”, que compiten con el cultivo por nutrientes y espacio.

Los pequeños agricultores usan en su mayoría herbicidas, insecticidas y fungicidas, demostrando que los dos herbicidas más usados son Glifosato con un 84% y Amina con 64%, mientras tanto los insecticidas más usados son el Radiant con un 52% y el Proclain con el 100% y en fungicidas los dos más usados son el Thil y Bravo que constituyen con el 100% ambos. Según Zhang et al., (2018) los agricultores utilizan estos agroquímicos principalmente debido a los beneficios económicos. Puesto que la aplicación de fertilizantes y productos químicos para la protección de cultivos ha sido fundamental para aumentar la producción agrícola, mientras que los pesticidas, fungicidas y herbicidas también reducen el costo de producción de enfermedades, plagas de insectos y malezas.

El uso extensivo e inadecuado de agroquímicos por parte de los agricultores está alterando las condiciones ambientales y poniendo en peligro la salud humana (Hoque et al., 2022). En este sentido, los campesinos están expuestos a una diversidad de plaguicidas de diferentes categorías toxicológicas (CT) y clases químicas, destacando los productos de categoría II y IV (alta y ligeramente peligrosos), debido a su toxicidad aguda alta o ambiental; o bien, por sus posibles efectos crónicos a la salud humana. Los principales insecticidas (paration metílico, fosforo de aluminio, metamidofos y metomilo) y herbicidas (paraquat, glifosato y 2,4-D) identificados, se encuentran en la lista de plaguicidas altamente peligrosos de la Red Internacional de Acción en Plaguicidas. Los usuarios se encuentran altamente expuestos a una

variedad de plaguicidas con distintos modos de acción y como consecuencia, a una compleja red de posibles efectos tóxicos agudos y crónicos a su salud (Bernardino et al., 2019).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los plaguicidas pueden ser tóxicos para la salud humana y el medio ambiente. De hecho, un estudio realizado en la zona norte de la provincia de Los Ríos reveló que el 60% de los trabajadores agrícolas sufren algún tipo de enfermedad relacionada con el uso de plaguicidas (Rodríguez, 2018). Es por ello que es importante llevar a cabo un mapeo geográfico toxicológico de los plaguicidas utilizados en los cultivos de maíz de esta zona.

Una característica en la precisión del mapa generado, depende en gran medida de la distribución espacial de los datos, mientras mayor sea la cobertura y densidad, mejor serán las predicciones. En el caso de Kriging, cuanto mejor sea la calidad del mapeo, mejor es posible captar la estructura de correlación espacial y este método es el que proporcionará las mejores interpolaciones; sin embargo, dependiendo del tipo de datos analizados, su costo y dificultad de obtención determinan qué tan valioso es finalmente el uso de la interpolación (Maglione et al., 2019). El uso del método de Kriging para la elaboración de los mapas fue fundamental para mostrar la existencia de un nivel de toxicidad altamente peligroso y moderadamente peligroso en los cinco cantones de la zona norte de la provincia de Los Ríos, por el uso de los diferentes grupos de plaguicidas.

## Conclusión

Se identificó que el 91.44% de la producción de maíz es destinada para fines de comercialización, mientras que el 9.56% es destinado para fines de autoconsumo: alimentación humana y animal (aves de corral). A su vez, en los cantones Mocache y Ventanas se emplea la mayor cantidad de plaguicidas en el cultivo de maíz; determinando que los plaguicidas

comerciales con mayor frecuencia de uso son: Proclain, Thil y Bravo. En este sentido, es importante fomentar prácticas agrícolas sostenibles y responsables que minimicen el uso de plaguicidas y promuevan el uso de métodos alternativos de control de plagas. Algunas opciones incluyen el uso de insecticidas biológicos, el control de malezas y la rotación de cultivos. Además, es fundamental que se realicen programas de capacitación y educación a los agricultores sobre los riesgos del uso excesivo de plaguicidas y las alternativas disponibles para su uso seguro y responsable.

La producción de maíz en los cantones de la zona norte de la provincia de Los Ríos gira en torno al uso de cuatro tipos de agroinsumos: fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas, de estos dos últimos se da mayor uso; siendo los cantones Mocache, Pueblo viejo y Ventanas los que mayormente emplean este tipo de productos.

La evaluación de la toxicidad para los fungicidas mostró que los cantones Mocache y Pueblo viejo evidencian mayormente su uso, en el caso de los insecticidas Quinsaloma, Pueblo viejo y Quevedo son los que mayormente lo utilizan, y por último los cantones Quevedo y Mocache comprenden territorios con mayor uso de herbicidas en el cultivo de maíz.

## Referencias bibliográficas

- Abarca, F., Campos, F., & Reinoso, R. (2017). Metodología de ayuda a la decisión mediante SIG e Inteligencia Artificial: aplicación en la caracterización demográfica de Andalucía a partir de su residencia. ESTOA, 11.
- Bastos, S. (2018). Aplicación De Modelos De Interpolación Dentro De Un Sistemas De Información Geográfica Para La Estimación De Alturas Niveladas En Costa Rica. Universidad De Costa Rica.
- Bernardino, H., Torres, H., Sánchez, G., Reyes, L., & Zapién, A. (2019). Uso de plaguicidas en el cultivo de maíz en zonas rurales del Estado de Oaxaca, México. *Revista De Salud Ambiental*, 19(1), 23–31.
- Guerrero Padilla, A. M. (2018). Manejo de plaguicidas en cultivos de *Zea mays* L. (Poaceae), *Brassica cretica* Lam. (Brassicaceae), *Apium graveolens* L., *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae), *Allium fistulosum* L. (Amaryllidaceae) en la campiña de Moche, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, 25(1), 159–178. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25110>

- Hoque, Md. N., Saha, S. M., Imran, S., Hannan, A., Seen, Md. M. H., Thamid, S. S., & Tuz-zohra, F. (2022). Farmers' agrochemicals usage and willingness to adopt organic inputs: Watermelon farming in Bangladesh. *Environmental Challenges*, 7, 100451. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100451>
- INIAP. (2018). Protocolo Para Evaluación De Ensayos De Adaptabilidad Y Eficiencia En Maíz Duro. 2.
- Maglione, D., Soto, J., Luis Sáenz, J., & Bonfili, O. (2019). Utilización de diferentes metodologías para la construcción de un mapa de precipitación acumulada en la Provincia de Santa Cruz Using different methodologies for the construction of cumulative rainfall map in the Province of Santa Cruz. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v11i1.779>
- Naranjo, A. (2017). La otra guerra, situación de los plaguicidas en el Ecuador. In *Accion Ecologica* (pp. 57–58).
- Rea, V., Maldonado, C., & Villao, F. (2015). Los Sistemas de Información para lograr un desarrollo competitivo en el sector agrícola. *Revista Ciencia UNEMI*, 8, 122–129.
- Rodríguez, J. (2018). Exposición a plaguicidas y salud: una revisión de la literatura. *Revista Internacional de Salud Pública y Enfermería*, 5(1), 67-76. <https://www.redalyc.org/pdf/3697/369751831008.pdf>
- Setsoafia, E. D., Ma, W., & Renwick, A. (2022). Effects of sustainable agricultural practices on farm income and food security in northern Ghana. *Agricultural and Food Economics*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40100-022-00216-9>
- Torres, J. (2015). Manejo Y Uso De Plaguicidas En La Zona Agrícola De Villao Del Cantòn Pedro Carbo Provincia Del Guayas. Universidad de Guayaquil.
- Wu, X., Zhou, Q., Mu, L., & Hu, X. (2022). Machine learning in the identification, prediction and exploration of environmental toxicology: Challenges and perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, 438, 129487. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129487>
- Yu, Q. Q., Lu, F. F., Ma, L. Y., Yang, H., & Song, N. H. (2021). Residues of Reduced Herbicides Terbutylazine, Ametryn, and Atrazine and Toxicology to Maize and the Environment through Salicylic Acid. *ACS Omega*, 6(41), 27396–27404. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c04315>
- Zhang, L., Yan, C., Guo, Q., Zhang, J., & Ruiz-Menjivar, J. (2018). The impact of agricultural chemical inputs on environment: global evidence from informetrics analysis and visualization. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. <https://doi.org/10.1093/ijlct/cty039>