

LENGUA ELECTRÓNICA COMO HERRAMIENTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLAGUICIDAS

ELECTRONIC TONGUE AS A TOOL TO IDENTIFY PESTICIDES

Marino Conde-Guevara *, Yuliana A Nieto-Puentes, Jeniffer K. Carrillo Gómez
María J. Robles-Águila

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Centro de Investigaciones en Dispositivos Semiconductores, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria, Av. San Claudio y 14 Sur, Edif. IC5-IC6, C. P. 72570, Puebla, Pue., México.
Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Básicas Grupo de Investigación Sistemas Multisensoriales y Reconocimiento de Patrones, Km 1 Vía Bucaramanga Ciudad Universitaria, Pamplona, Norte de Santander, Colombia

*Correspondence: 2215243574; marino.condeguevara@viep.com.mx

Abstract

Nowadays, due to the excessive usage of pesticide for agriculture industry there has been dangerous environmental, animal, and social situations. Therefore, several research groups focus on developing new sensing devices that allows an analyze and quantify the presence of some residues or traces of pesticides in agricultural crops. This work describes the application of an electronic tongue as an emerging device capable of discriminating and identify qualitatively and quantitative samples of water contaminated with pesticides.

Keywords: Electronic tongue, Pesticides, Identification, Agriculture.

Resumen

El uso indiscriminado de plaguicidas en la industria agrícola ha desencadenado una serie de situaciones adversas a nivel ambiental, animal y social. Actualmente, ciertos grupos de investigación han enfocado sus esfuerzos en desarrollar metodologías que permitan analizar y cuantificar la presencia de residuos o trazas de plaguicidas en cultivos agrícolas. El presente trabajo se basa en describir la incorporación de la lengua electrónica como un dispositivo emergente que permita identificar cuantitativa y cualitativamente muestras de agua contaminada con plaguicidas.

Palabras clave: Lengua electrónica, Plaguicida, Identificación, Agricultura.

Introducción

El uso de sustancias químicas para la conservación de cultivos se ha adueñado de las prácticas de producción agropecuaria para campesinos y pequeños productores así como a grandes escalas, a nivel industrial; todo esto viene de la mano de la importancia al acceso, disponibilidad y sostenibilidad de los alimentos, de este modo proporcionando el cumplimiento del derecho a la alimentación, proveyendo a la población una vida digna (Rodríguez et al., 2014). Por consiguiente, el aumento excesivo de plaguicidas en la agricultura genera que cada vez más compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos, ingresando al medio ambiente donde éstas sustancias son consideradas tóxicas (Fenik et al., 2011). Por otra parte, la contaminación de la fauna, flora terrestre y acuática han causado una pérdida significativa en la biodiversidad generando daño a la agricultura; igualmente los plaguicidas han provocado efectos adversos a la salud humana debido a la acumulación de trazas en frutas y verduras, mismas que tienden a generar enfermedades a largo plazo, por ejemplo, cáncer, leucemia, Parkinson, asma neuropsicológicas, cognitivas entre otras (Scandolara et al., 2022) (Jiang et al., 2022). De ahí la importancia de la implementación de los sistemas de identificación de compuestos químicos, así como el control en la calidad de los alimentos, plagas y gases tóxicos. Recientemente diversos grupos de investigación se han enfocado en la identificación y determinación de las trazas de los plaguicidas de los cultivos de cereales, oleaginosas, leguminosas, frutas y verduras. A nivel mundial se han desarrollado técnicas y procedimientos para la identificación de plaguicidas, enfocados en el uso de dispositivos electrónicos para lograr dicho objetivo; entre ellos, se encuentra la lengua electrónica (Facure et al., 2017b), siendo un instrumento analítico que emplea una serie de sensores químicos no selectivos con especificidad parcial de diferentes componentes y la capacidad de reconocer concentraciones de disoluciones simples y complejas (Vahdatiyekta et al., 2022). Estos dispositivos permiten una identificación rápida y de bajo costo en comparación con técnicas más sofisticadas que implican un alto costo para los agricultores, así como un difícil acceso a ellos. La implementación de los sistemas simples de análisis químico se vuelven una forma de contribuir a la identificación de plaguicidas de una manera accesible. La lengua electrónica es un equipo portable que permite tomar las muestras en el sitio de los cultivos y llevar los termino los estudios en tiempo real contribuyendo a la toma de decisiones respecto al uso y manejo de los diferentes tipos de plaguicidas, además de controlar su empleo.

Los plaguicidas

Los plaguicidas son sustancias químicas utilizadas para controlar, prevenir o destruir las plagas que afectan a las plantaciones agrícolas (Kosanke, 2019). El término pesticida puede ser usado de manera indistinta, la palabra pesticida proviene del latín “pestis” – peste, epidemia y “caedere” (cidere) – eliminar. La producción de estas sustancias surge a partir de la Segunda Guerra Mundial, donde los países industrializados inician la fabricación de plaguicidas con carácter comercial con el fin de aumentar la producción agrícola (Hassaan & El Nemr, 2020). Uno de los graves problemas a los que se enfrenta la humanidad es que este tipo de sustancias ocasionan contaminación principalmente en los canales de riego, donde esta agua es utilizada por los habitantes, para el uso doméstico y consumo humano.

Clasificación

Los plaguicidas son clasificados de acuerdo con el problema que controlan en el cultivo, los cuales se dividen en: Insecticidas: empleado para controlar o matar insectos (hormigas, cucarachas, moscas, piojos, polillas, escarabajos, pulgas, avispas, termitas, caracoles, babosas, pulgones, orugas, trips, mosca blanca, infecciones parasitarias de gusanos) portadores de enfermedades. Actualmente, los insecticidas se encuentran disponibles en diversas formas diferentes incluyendo polvos humectables, aerosoles, gases, gránulos, soluciones oleosas, concentrados emulsionables, tratamientos de semillas, aerosoles líquidos a base de aceite, concentrado de nebulización, líquidos de ultra bajo volumen y aerosoles de volumen ultra bajo (INSP, 2018). Fungicidas: se encargan de controlar los hongos que causan enfermedades en los cultivos; estos tratamientos dañan la membrana celular de los hongos y sus rutas metabólicas. De esta manera, interfieren en su producción de energía o en la respiración y causan la eliminación de estos elementos patógenos. Actualmente se desarrollan fungicidas de resistencia sistémica adquirida, capaces de activar los mecanismos de defensa de la planta ante una posible agresión. Herbicidas: se utilizan para inhibir o interrumpir el desarrollo de plantas indeseadas o mejor conocidas como malas hierbas, en los terrenos que han sido o van a ser cultivados. Nematocidas: son los encargados de exterminar a los nematodos (lombricillas) que atacan las plantas desde sus raíces siendo un problema para el crecimiento de esta. Molusquicidas: se emplean para controlar los moluscos (caracoles y babosas). Rodenticidas: eliminan, controlan o repelen la permanencia y reproducción de roedores (Cid, 2014) (Gomez, 2015).

La figura 1 muestra la clasificación de los plaguicidas y su empleo en el ataque a los diferentes agentes a eliminar o combatir.

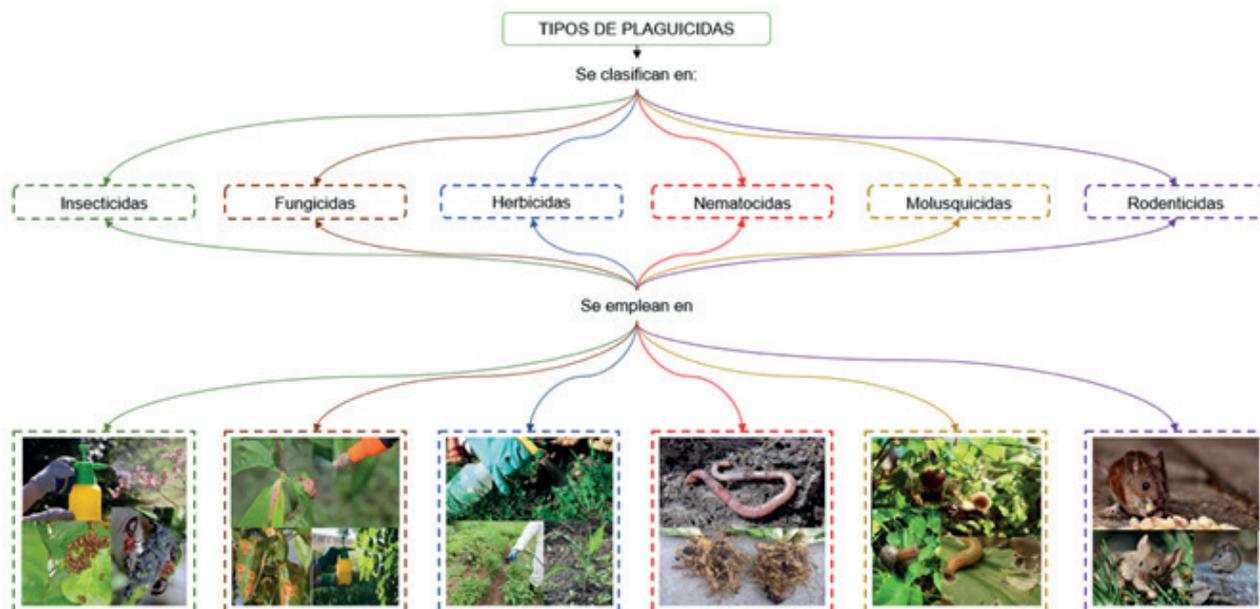


Figura 1. Clasificación de los plaguicidas de acuerdo con su aplicación

Plaguicidas más usados en América Latina

Debido al incremento en la demanda de alimentos surgió la necesidad de realizar cambios en su producción, aumentando el volumen respecto a la superficie de siembra. Con la finalidad de mejorar el rendimiento en las cosechas los agricultores han recurrido al uso de pesticidas o fertilizantes sin un control adecuado y desconociendo la generación de plagas y enfermedades. Desafortunadamente en América Latina no se cuenta con una adecuada legislación respecto al el manejo de plaguicidas, así como la regulación de estos. En la tabla 1 se indican los principales plaguicidas usados en la agricultura.

Tabla 1. Principales plaguicidas comercializados en América Latina (Otorgado et al., 2004).

Tipo de plaguicida	Nombre comercial	Principio activo	Principales Cultivos	País
Insecticida	Numetrin 200ec	Cipermetrina	Arroz, Maíz y tomate	Colombia
Fungicida	Nativo SC	Trifloxystrobin tebuconazole	Aguacate, Algodón, Arroz, Cebolla, maíz, papaya, pasifloras, soya, tomate, lulo, ají, pimentón, frijol, naranja, papa, Zanahoria.	Colombia
	Curathane	Mancozeb cymoxanil	Papa, tomate, uchuva, lulo, tomate de árbol, ají, pimentón, ají dulce, Berenjena.	Colombia
Herbicida	Glifosato gold, agrofuturo 60, b dma sl	Glifosato	Maracuyá, gulupa, badea, chulupa, curuba.	Colombia
	Combatran XT	Aminopyralid fluroxpyr, 2,4-D	Maíz transgénico, potreros.	México, Colombia
	Ronstar 38 SC	Glifosato, oxadiazon	Soja, Maíz, Caña, arroz.	Brasil, Guatemala, Argentina, Colombia.
Herbicida organofosforado	Galaxy 300 Me	Glufosinato de amonio	Banano, aguacate, plama, maíz.	Paraguay
Nematicida	Verango prime	Flouripam	Banano, tomate	Colombia, Guatemala, Argentina.
Molusquicidas	Babostop matababosa	Metaldehido	Acelga	Colombia
Rodenticida	Rataquill sb	brodifacouma	Arroz, caña de azúcar, Palma de aceite, cocotero, maíz, piña, naranja, banano, plátano, café, papaya, vid, yuca, papa, trigo, frijol, algodón, ajonjolí, maní, coliflor, brócoli.	Colombia.

Impactos de los plaguicidas en salud y el medio ambiente.

El uso inadecuado de pesticidas trae consigo riesgos a la salud del ser humano como lo son; efectos teratógenos, daños en el sistema nervioso central, infertilidad, cáncer, daño en los ojos, piel, muco-

sas, sistema inmunológico y pulmones (Bustamante Villarroel et al., 2014). La aplicación y consumo de altas cantidades de plaguicidas en los campos de cultivo agrícola para la producción de alimentos y productos industriales, ha desencadenado consecuencias graves en el ambiente, tales como contaminación de aire, agua y suelo, provocando daños en flora y fauna silvestre además de daños a la salud en las personas, en Tabla 2 se muestran los principales efectos tóxicos de los plaguicidas más empleados.

Tabla 2. Toxicidad y ecotoxicidad de los plaguicidas.

Principio Activo	Toxicidad	Ecotoxicidad	Referencias
Cipermetrina	Disruptora hormonal, mareos, dolores de cabeza, náuseas, fatiga, irritación de la piel, y en los ojos	Agresión en abejas y sector apícola	(Mendoza et al., 2015)
Trifloxystrobin tebuconazole	Iritación: dermal, urticaria, ocular. Conjuntivitis, lagrimeo, rinitis, estomudos, tos, náuseas, vómitos, dolor abdominal, diarrea	Moderadamente tóxico para peces y organismos acuáticos.	(Ricardo, 2020)
Mancozeb cymoxanil	Iritación dermal con molestia o salpullido, irritación ocular, lagrimeo o visión borrosa	Muy tóxico para animales invertebrados acuáticos y plantas acuáticas y plantas vasculares.	(de la Cruz et al., 2022b)
Glifosato	Nausea y vomito. Probable cancerígeno	Las plantas lo absorben a través de sus hojas.	(Glifosato - ToxFA Ge m Glifosato, 2020)
2,4-D	Iritación de ojos, piel y alergia	Tóxico en mamíferos, lombrices de tierra, trucha arcoiris	(Viria et al., 2022)
Glufosinato de amonio	Intoxicación a nivel del sistema nervioso central su estructura análoga con el ácido glutámico.	Se asocia con alteraciones en la calidad espermática y daño genético en ratas.	(González Calixto et al., 2018)
Dicloropropeno cloropicrina	Enrojecimiento de piel y ojos, visión borrosa, cefalea, náuseas, dolor de garganta.	Muy tóxico en microorganismos acuáticos como truchas, crustáceos, anfibios también en aves, insectos lombrices y plantas.	(de la Cruz et al., 2022c)
Metaldehido	Salivación, enrojecimiento facial, fiebre, calambres abdominales, náuseas, vómitos, somnolencia, taquicardia, ataxia e incremento en el tono muscular.	Toxicidad aguda en mamíferos, peces e invertebrados acuáticos.	(de la Cruz et al., 2022d)
Brodifacoum	Hemorragia nasal, encías sangrientas, hematuria, melena y equimosis severa, pueden presentar síntomas de anemia, incluyendo fatiga y disnea bajo esfuerzo	Bajo potencial de lixiviación es persistente en el suelo y medianamente persistente a la hidrólisis a pH neutro en sistemas acuáticos.	(de la Cruz et al., 2022e)

Existen varias técnicas de separación, identificación y cuantificación de analitos para la identificación de los plaguicidas, las más usadas son la cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés

Gas Chromatography) y Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC, por sus siglas en inglés High-Performance Liquid Chromatography) y lenguas electrónicas.

La cromatografía de gases (CG) es una técnica que permite trabajar con muestras sólidas, líquidas o gaseosas, siempre que sean volátiles y estables térmicamente. Aunque su costo es elevado hoy en día, es una de las técnicas con mayor empleo para la identificación de muestras. Además, proporciona datos altamente específicos de las distintas sustancias presentes en una mezcla compleja sin necesidad de aislarlos previamente.

Las áreas donde la GC es utilizada son:

- Estudios ambientales ya sea en agua o suelos, por ejemplo: para la detención de pesticidas organoclorados, organonitrogenados y organofosforados.
- Industrial: análisis en ambiente industrial.
- Salud: moléculas bioquímicas como ácidos grasos.
- Petróleo: gasolinas, gasóleo, aceites, disolventes, etc.
- Medicina clínica: fármacos (incluyendo drogas), etc.

Por su parte, la cromatografía líquida de alta resolución HPLC es una técnica utilizada para separar los componentes de distinta naturaleza presentes en una mezcla, su uso es limitado dado a su alto costo y difícil acceso (Peiró, 2018).

Las áreas de aplicación para esta técnica son diversas e incluyen:

- Farmacia: antibióticos, sedantes esteroides, analgésicos, vitaminas, etc.
- Bioquímica: aminoácidos, proteínas, péptidos, azúcares, lípidos, nucleótidos, etc.
- Alimentos: edulcorantes, antioxidantes, aflatoxinas, aditivos, colorantes, etc.
- Productos de la industria química: compuestos aromáticos condensados, tensoactivos, propulsores, colorantes, etc.
- Contaminantes: fenoles, pesticidas, herbicidas, fertilizantes, etc.
- Química forense: drogas, venenos, narcóticos, etc.
- Medicina clínica: metabolitos de alimentos o fármacos (incluyendo drogas), etc.

Lengua electrónica

A lo largo de la historia el ser humano ha utilizado los sentidos como instrumentos “naturales” para conocer el mundo y relacionarse con su entorno. Por esa razón se han desarrollado instrumentos tecnológicos que permiten emular los sentidos con mayor precisión y eficacia, además de que sea portable y eficiente. Desde hace 15 años se inventa y desarrolla el prototipo que emula el sentido del gusto llamado lengua electrónica, como instrumento sensorial. Este instrumento ha evolucionado y se ha aplicado principalmente en el análisis de alimentos, permitiendo controlar la calidad de estos, así como desarrollar métodos de análisis más eficaces, eficientes y ágiles, que permitan potenciar la competitividad de la industria alimentaria. La Figura 2 muestra las principales áreas de aplicación de la lengua electrónica (Gaitán, 2016a).

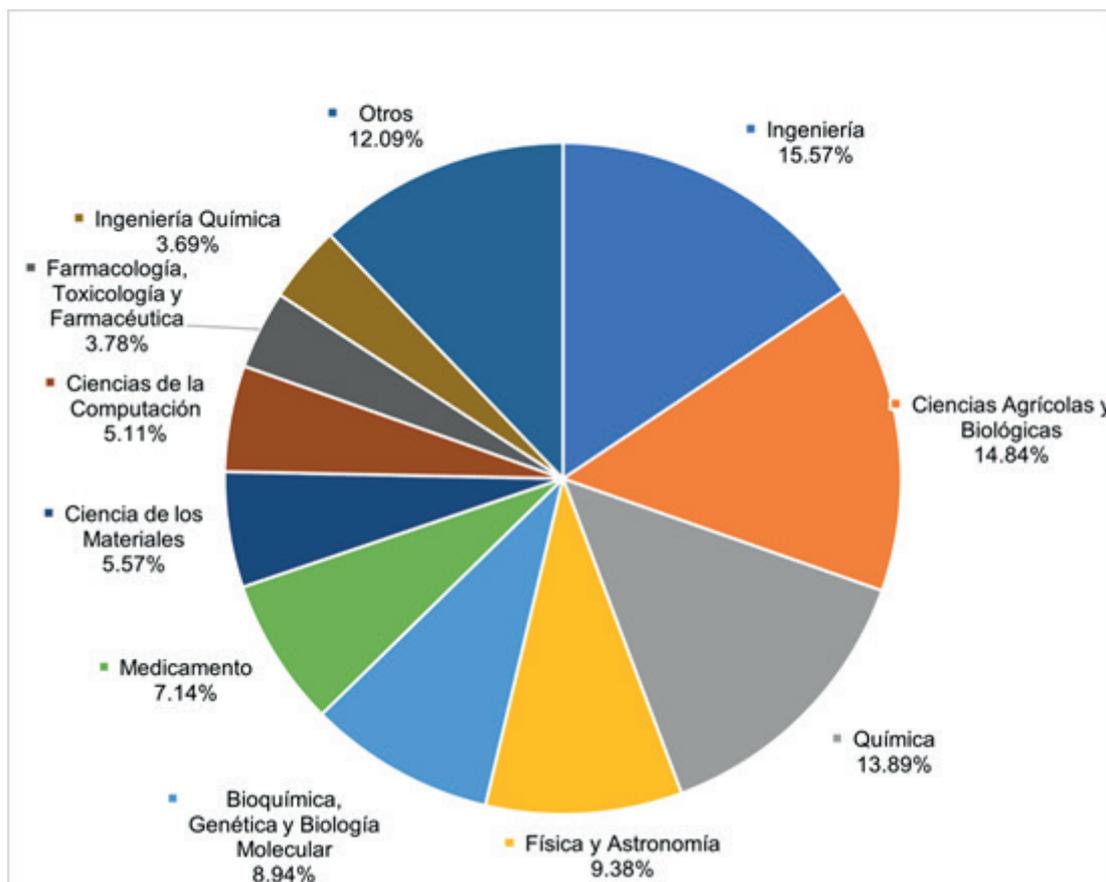


Figura 2. Gráfica de las principales áreas de aplicación de la lengua electrónica. Fuente: Scopus octubre 2022

La lengua electrónica es un dispositivo analítico que define un sistema basado en múltiples sensores de baja selectividad que al unirse con herramientas de reconocimiento de patrones permite clasificar y cuantificar muestras de acuerdo con sus parámetros fisicoquímicos (Pérez Salinas, 2013) como se muestra en la figura 3a. Normalmente estos instrumentos constan de los siguientes componentes: muestra, conjunto de sensores químicos, equipo de adquisición de la señal y software para el procesamiento de las señales para posteriormente obtener los resultados cualitativos y/o cuantitativos (Alcántara & Artacho, 2011).

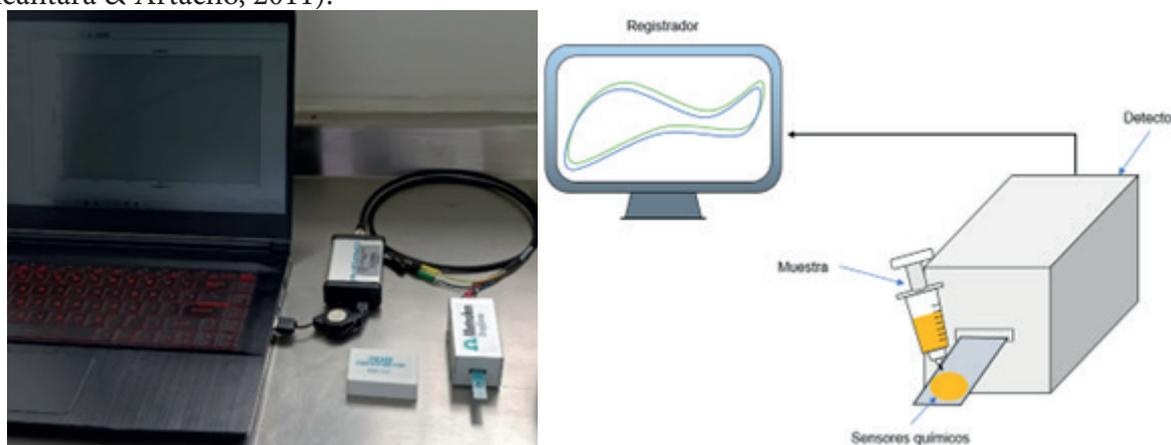


Figura 3. (a) Imagen de una lengua electrónica, laboratorio de investigación GISM, Universidad de Pamplona -Colombia. (b) Esquema de las partes de una lengua electrónica.

Los sensores llevan a cabo una semejanza a las células gustativas y los sensores químicos biológicos como lo son el gusto que es capaz de detectar la presencia de moléculas como la glucosa, los iones sodio y cloro; donde todo este conjunto de sensores genera una señal eléctrica que se convierte en una huella que da respuesta del sensor como se observa en la figura 3b (Gaitán, 2016b).

Las áreas de aplicación para esta técnica son diversas e incluyen:

Farmacia: detectar y cuantificar la eficiencia de enmascaramiento de los sabores comprimidos de los medicamentos, jarabes, polvos, así como para analizar la estabilidad de las medicinas e identificar de la calidad de las materias primas (García Hernandez, 2015) (Àgora, 2019).

Alimentos: analizar la calidad de los alimentos por medio del aroma, detectar agentes con taminantes, desarrollar procesos de control de alérgenos e identificar la capacidad antioxidante de plantas y frutas (Arrieta, 2013) (Rey, 2018).

Contaminantes: identificar y detectar contaminantes en el agua, suelo, alimentos, etc.

Medicina clínica: ubica y cuantifica sustancias de interés en los análisis clínicos como los son el ácido ascórbico, paracetamol y el ácido úrico (del Valle, 2007).

Tipos de lenguas electrónicas

Existen diferentes tipos de lengua electrónica de acuerdo con su funcionamiento, como son las lenguas potenciométricas basadas en matrices de sensores tipo ISE (Ion-Specific Electrode, por sus siglas en inglés, electrodos selectivos de iones) y las lenguas voltamétricas o amperométricas en donde un grupo de sensores generan información multidimensional. La información recopilada a partir de las muestras requiere de un análisis empleando herramientas para desarrollar la multidimensionalidad de la información obtenida, por medio de selectividad cruzada (Fuentes Pérez, 2017).

Lengua electrónica potenciométrica

Se basan en la medición del potencial que se establece entre dos electrodos cuando son introducidos en una disolución, para este tipo de dispositivos no hay circulación de corriente eléctrica, si no que se basa en la diferencia de potencial entre ambos electrodos.

Lengua electrónica voltamétrica

Se aplica un potencial determinado a un electrodo de trabajo que mide la corriente resultante obtenida cuando las especies REDOX (Óxido-Reducción) activas, donde se reducen o se oxidan en la superficie del electrodo. Al estar menos influenciadas por las perturbaciones eléctricas; permiten obtener mayor sensibilidad, versatilidad, simplicidad y robustez (Baldeón, 2015).

La corriente proveniente de la oxidación o reducción del analito es considerada una medida de concentración, debido a que una especie REDOX activa se reduce en la superficie del electrodo ocurre la siguiente reacción:



Donde;

Ox: Forma oxidada del analito

Red: Forma reducida del analito

Bajo condiciones normales de presión y temperatura en la reacción REDOX se establece una correlación entre la concentración de la especie oxidada y la forma reducida del analito de acuerdo con la ecuación de Nernst.

$$E_{elec} = E^{o'} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_O}{C_R}$$

Donde;

E_{elec} : Correlación de la concentración.

$E^{o'}$: Potencial normal.

C_O : Especie oxidada.

C_R : Forma reducida del analito.

Cuando en una solución electrolítica se introduce un electrodo metálico se produce la formación de la doble capa eléctrica o de Helmholtz formada a su vez por la capa difusa de Gouy Chapman (Campos Sánchez, 2013) y la señal de la corriente alcanza un pulso que se comporta de forma exponencial la cual es determinada por la contribución de la reorganización de las cargas en la doble capa eléctrica y de las reacciones REDOX que ocurren en la interfaz electrodo - disolución (Fuentes Pérez, 2017).

Con lo expuesto anteriormente es destacable mencionar que existen ventajas y desventajas respecto a la evaluación de la eficiencia de las técnicas para la identificación de sustancias como los plaguicidas y otras sustancias de interés. En la figura 4 se observa que en los últimos 10 años los trabajos de investigación muestran una tendencia respecto al número de publicaciones, donde se observa el porcentaje de crecimiento de cada una de las técnicas; para la GC aumento un 60% en el año 2021 en comparación del año 2011, la técnica HPLC se observa un crecimiento de solo el 13% del año 2011-2021, para la técnica de Lengua electrónica, en tan solo 10 años ha tenido un aumento del 193% del periodo 2011-2021. Por lo que estadísticamente las investigaciones han optado por un método de identificación y cualificación de soluciones más simple y económico como lo es la lengua electrónica.

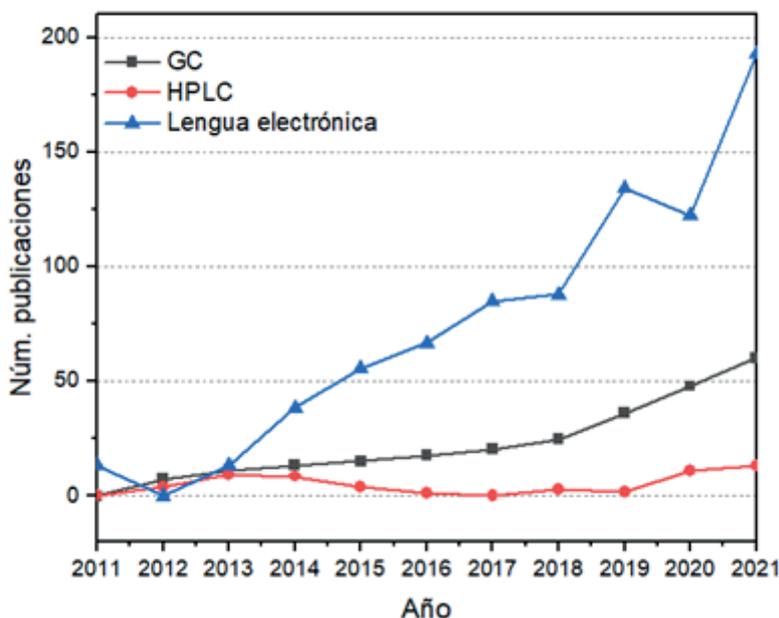


Figura 4. Gráfico comparativo de las principales metodologías empleadas para la identificación de plaguicidas en el periodo 2011-2021. Fuente: Scopus octubre 2022.

Para las diferentes técnicas es necesario contar con parámetros de medición o cualificación de acuerdo con el uso que se requiera dependiendo de la muestra y la finalidad del análisis. En la tabla 3 se observan las principales características de cada una.

Tabla 3. Tabla comparativa de técnicas de identificación.

Características	GC	HPLC	Lengua electrónica
Dimensiones	★	★★	★★★
Precio	★	★	★★
Eficiencia	★★★	★★★	★★
Accesibilidad	★	★	★★
Referencias	(Bimedis, 2011)	(Holc, 2004)	(Metrohm, 2021)

★★★ = Bueno ★★ = Regular ★ = Malo

Aplicaciones

Diversos investigadores han empleado la lengua electrónica a lo largo del tiempo para la identificación de plaguicidas como lo fue Cortina y colaboradores (Cortina et al., 2008); quienes desarrollaron una lengua electrónica amperométrica para la cuantificación de los plaguicidas diclovan y carbofuran mediante el empleo de tres enzimas capaces de detectar y diferenciar entre ellos a partir de una solución acuosa.

Por otro lado, Alonso y colaboradores en 2013 (Alonso et al., 2013) detectaron diferentes concentraciones de plaguicida, empleando una lengua electrónica automática conformada por una serie de biosensores con una vida útil de 21 ciclos. Lo que sugirió que esta lengua electrónica posee buena selectividad hacia un determinado analito en muestras reales.

En 2017 Facure y colaboradores (Facure et al., 2017a) detectaron trazas de plaguicidas organofosforados (OP), buffer (fungicida), malathion (insecticida), cadusafos (insecticida y nematocida) a través de una lengua electrónica basada en nanocompuestos híbridos de grafeno (rGO) asociados con polímeros conductores identificando concentraciones de hasta 0.1nmolL⁻¹. Por otra parte, Haotian Zong y colaboradores (Zhong et al., 2022) integraron 2 nanozimas Cu-NC como elementos sensores en una matriz de sensores colorimétricos para una adecuada detección logrando identificar con éxito ocho plaguicidas organofosforados en agua del grifo a 1ng mL⁻¹.

Teniendo en consideración el trabajo de investigación en estos últimos años se observa una clara tendencia hacia la selectividad y la capacidad de detectar concentraciones de compuestos químicos cada vez menores, por lo que el uso de la lengua electrónica será fundamental en la identificación de compuestos a un bajo costo y de fácil acceso a los usuarios involucrados.

Conclusiones

La identificación de los plaguicidas en las fuentes de agua es una alternativa que ayudaría a la toma de decisiones sobre el uso indiscriminado de plaguicidas mitigando la pérdida de la biodiversidad acuá-

tica y terrestre. El uso de la lengua electrónica facilitará la identificación de sustancias contaminantes favoreciendo la implementación de métodos de purificación del agua favoreciendo la eliminación de trazas no deseadas. Mediante el uso de este dispositivo será posible realizar una discriminación e identificación de muestras de agua contaminadas con diversos plaguicidas a bajo costo, siendo una herramienta simple, eficaz y portátil.

Agradecimientos

MCG agradece a CONACYT por el apoyo otorgado para la realización de los estudios de doctorado a través de la beca CVU: 850478. Los autores agradecen a proyecto Delfín 2022 por su aportación fundamental en la colaboración entre las instituciones participantes. MJRA agradece el apoyo al proyecto 100524279-VIEP2022.

Declaración de no conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Referencias

Àgora, N. (2019). Hypertaste, una ‘lengua electrónica’ capaz de probar líquidos gracias a la inteligencia artificial - Electrónica. Canales Sectoriales, 1. <https://www.interempresas.net/Electronica/Articulos/260588-Hypertaste-lengua-electronica-capaz-probar-liquidos-gracias-inteligencia-artificial.html>

Alcántara, E., & Artacho, M. Á. (2011). The science module of percepnet provides papers on perception and sensory science by researchers working on these disciplines. El Centro de Recursos Sobre Percepción y Ciencias Sensoriales. http://www.percepnet.com/cien10_02.htm

Alonso, G. A., Muñoz, R., & Marty, J. L. (2013). Automatic Electronic Tongue for On-Line Detection and Quantification of Organophosphorus and Carbamate Pesticides Using Enzymatic Screen Printed Biosensors. *Analytical Letters*, 46(11), 1743–1757. <https://doi.org/10.1080/00032719.2012.745087>

Arrieta, À. A. (2013). Sistema Pórtatil de Sensores Inteligentes (Lengua Electrónica) para el Análisis de leche en Campo. In Director (Vol. 57, Issue 4). <https://www.upb.edu.co/es/proyecto-sistema-portatil-de-sensores-inteligentes>

Baldeón, E. (2015). Desarrollo de la técnica de lengua electrónica voltamétrica para la determinación de la capacidad antioxidante total de extractos de plantas y frutas peruanas. Universidad Politécnica de Valencia.

Bimedis. (2011). AGILENT HP 7694 G1289. Reacondicionado En Venta. <https://es.bimedis.com/a-item/sromatografos-de-gases-agilent-hp-7694-g1289-1580785>

Bustamante Villarroel, S., Segales Rojas, D. J., Zurita Herrera, L., Fernandez Arancibia, M., Torrico Condarco, S., & Jarro Mena, R. (2014). Uso inadecuado de plaguicidas y sus consecuencias en la salud de la población La Villa, Punata, Cochabamba, Bolivia, 2013. *Gaceta Médica Boliviana*, 37(1), 11–14. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-29662014000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Campos Sánchez, I. (2013). Sensores electroquímicos tipo lengua electrónica voltamétrica aplicados al control medioambiental y a la industria alimentaria [Universitat Politècnica de València]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=81021&info=resumen&idioma=SPA>

Cid, R. (2014). Fungicidas químicos, composición y formulaciones, etiquetado, clasificación toxicológica, residuos y métodos de aplicación. *Aplicación Eficiente de Fitosanitarios*, 1–14. <http://inta.gob.ar/documentos/aplicacion-eficiente-de-fitosanitarios.-plaguicidas-quimicos-composicion-y-formulaciones-etiquetado-clasificacion-toxicologica-residuos-y-metodos-de-aplicacion>

Cortina, M., Del Valle, M., & Marty, J. L. (2008). Electronic tongue using an enzyme inhibition biosensor array for the resolution of pesticide mixtures. *Electroanalysis*, 20(1), 54–60. <https://doi.org/10.1002/elan.200704087>

de la Cruz, E., Viria, B., & Ramírez, F. (2022a). brodifacouma. *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*, 1. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/77-brodifacouma>

de la Cruz, E., Viria, B., & Ramírez, F. (2022b). cimoxanil. *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/122-cimoxanil>

de la Cruz, E., Viria, B., & Ramírez, F. (2022c). cloropicrina. *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*, 1. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/151-cloropicrina>

de la Cruz, E., Viria, B., & Ramírez, F. (2022d). metaldehído. *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*, 1. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/375-metaldehido>

del Valle, M. (2007). Lenguas electrónicas para uso clínico. *UABDivulga*. <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/lenguas-electronicas-para-uso-clinico-1345680342040.html?articleId=1178605834631>

Facure, M. H. M., Mercante, L. A., Mattoso, L. H. C., & Correa, D. S. (2017a). Detection of trace levels of organophosphate pesticides using an electronic tongue based on graphene hybrid nanocomposites. *Talanta*, 167(November 2016), 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.02.005>

Facure, M. H. M., Mercante, L. A., Mattoso, L. H. C., & Correa, D. S. (2017b). Detection of trace levels of organophosphate pesticides using an electronic tongue based on graphene hybrid nanocomposites. *Talanta*, 167, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.02.005>

Fenik, J., Tankiewicz, M., & Biziuk, M. (2011). Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. In *TrAC (Trends in Analytical Chemistry) - Trends in Analytical Chemistry (Vol. 30, Issue 6, pp. 814–826)*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.02.008>

Fuentes Pérez, E. (2017). *Aplicación de la lengua electrónica voltamétrica a alimentos líquidos*. Universidad politécnica de valencia.

Gaitán, J. E. M. (2016a). Lengua electrónica como instrumento catador de cafés especiales. *Memorias de Congresos UTP*, 35–40. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1270>

Gaitán, J. E. M. (2016b). Lengua electrónica como instrumento catador de cafés especiales. *Memorias de Congresos UTP*, 35–40. https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1270/html_3

García Hernández, C. (2015). *Desarrollo de una Lengua Electrónica para el Análisis de Uvas Basada en Sensores EQCM Modificados*. Universidad De Valladolid.

Glifosato - ToxFAQs TM Glifosato (p. 2). (2020).

Gomez. (2015). Según su persistencia al medio ambiente: Persistentes, poco persistentes, no persistentes. 50, 1–21. [file:///C:/Users/perfecto castillo/Desktop/Generalidades.pdf](file:///C:/Users/perfecto%20castillo/Desktop/Generalidades.pdf)

González Calixto, C., Moreno Godínez, M. E., Maruris Reducindo, M., Hernández Ochoa, M. I., Quintanilla Vega, M. B., & Uriostegui Acosta, M. O. (2018). El glufosinato de amonio altera la calidad y el ADN de los espermatozoides de ratón. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(Special Issue 1), 7–15. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.01>

Hassaan, M. A., & El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. In *Egyptian Journal of Aquatic Research (Vol. 46, Issue 3, pp. 207–220)*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>

Hplc, H. P. (2004). Agilent 1100 HPLC. Compra Al Mejor Precio. <https://es.bimedis.com/agilent-1100-hplc-system-m363845>

INSP. (2018, October 21). Los insecticidas. Gobierno de México. <https://www.insp.mx/avisos/4736-insecticidas.html>

Jiang, F., Peng, Y., & Sun, Q. (2022). Pesticides exposure induced obesity and its associated diseases: recent progress and challenges. In *Journal of Future Foods* (Vol. 2, Issue 2, pp. 119–124). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.005>

Kosanke, R. M. (2019). Eliminación de Grandes Cantidades de Plaguicidas en Desuso en los Países en Desarrollo - Colección FAO: Eliminación de Plaguicidas.

Mendoza, E., González-Ramírez, C., Martínez-Saldaña, M., Avelar-González, F., Valdivia-Flores, A., Aldana-Madrid, M., Rodríguez-Olibarría, G., & Jaramillo-Juárez, F. (2015). Estudio de exposición a malatión y cipermetrina y su relación con el riesgo de daño renal en habitantes del municipio de Calvillo Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 46(3), 62–72. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57945705007>

Metrohm. (2021). Metrohm Dropsens. <https://www.dropsens.com/inicio.html>

Ordoñez-Araque, R., Rodríguez-Villacres, J., & Urresto-Villegas, J. (2020). Electronic nose, tongue and eye: Their usefulness for the food industry. *Vitae*, 27(3), 1–13. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v27n3a01>

Otorgado, F., Producto, N. D. E. L., Empresa, N., Agrochemical, R., Activo, I., Toxic, C. A. T., Producto, C. D. E., Del, P. D. E. O., Formulado, P., Metil, M., Lifescience, A., Arbol, T. D. E., Lifescience, A., & Lifescience, A. (2004). Registros nacionales de plaguicidas. 1–167.

Peiró, J. S. (2018). Métodos de extracción y determinación de plaguicidas por cromatografía de gases masas (GC-MS/MS) en muestras de origen vegetal [Universidad nacional de educación a distancia máster universitario en ciencia y tecnología química]. In Uned. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Jsimo/Simo_Peiro_Jorge_TFM.pdf

Pérez Salinas, E. (2013). Aplicación de la lengua electrónica en la evaluación de la capacidad antioxidante.

Rey, M. (2018, November 20). Lenguas electrónicas para cuidar la alimentación. *Ciencia Galega*. <https://www.gciencia.com/i-emprender/lenguas-electronicas-sense-z/>

Ricardo, G. (2020). NATIVO. In Bayer CropScience (Vol. 1, pp. 1–12). https://cropsience.bayer.com.ar/sites/default/files/Marbeta NATIVO_2.pdf

Rodríguez, D. A. M. del P., Tamayo, D. S. S., & Estrada, D. E. P. (2014). Effects of pesticides on health and the environment. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372–387. <http://scielo.sld.cu>

Scandolaro, T. B., Valle, S. F., Teixeira, C. E., Scherer, N. de M., de Armas, E. M., Furtado, C., Boroni, M., Jaques, H. dos S., Alves, F. M., Rech, D., Panis, C., & Bonvicino, C. R. (2022). Somatic DNA Damage Response and Homologous Repair Gene Alterations and Its Association With Tumor Variant Burden in Breast Cancer Patients With Occupational Exposure to Pesticides. *Frontiers in Oncology*, 12(July), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.904813>

Vahdatiyekta, P., Zniber, M., Bobacka, J., & Huynh, T. P. (2022). A review on conjugated polymer-based electronic tongues. In *Analytica Chimica Acta* (Vol. 1221, p. 340114). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2022.340114>

Viria, B., Ramírez, F., & de la Cruz, E. (2022). 2,4-D. *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*, 1. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/5-24-d>

Zhong, H., Xue, Y., Zhang, P., Liu, B., Zhang, X., Chen, Z., Li, K., Zheng, L., & Zuo, X. (2022). Cascade reaction system integrating nanozymes for colorimetric discrimination of organophosphorus pesticides. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 350, 130810. <https://doi.org/10.1016/J.SNB.2021.130810>