



American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture

ISSN: 1995-0748

JOURNAL home page: <http://www.aensiweb.com/AEJSA>

2014 xx; x(x): pages x-x.

Published Online 2014 xx xx.

Research Article

IMPLEMENTACION DE UNA CAMARA DE CONCENTRACION DE VOC's PARA UN SISTEMA MULTISENSORIAL APLICADO AL ANALISIS DE ALIMENTOS FRESCOS

Filadelfo Martelo¹, Jorge Portilla¹, Jesús Ortiz¹

¹Department EEST, University of Pamplona, Electronic engineering, Pamplona, Colombia

Received: November 03, 2017; Revised: Dic XX, 2017; Accepted: Dic XX, 2017

© 2014 AENSI PUBLISHER All rights reserved

ABSTRACT

Resumen:

Los sistemas de olfato electrónico son considerados hoy en día como una técnica para el análisis de sustancias químicas volátiles de baja concentración, conformada por una matriz de sensores electroquímicos que generan una respuesta digital ante cada muestra, permitiendo ser empleada para el control de calidad de productos, caracterización y clasificación de patrones.

Los analitos emanados por diferentes sustancias en ocasiones son de baja concentración por lo cual han surgido técnicas de desorción térmica para aumentar la sensibilidad de los sensores de óxido de metal semiconductor. En este artículo se presenta una aplicación de la nariz electrónica para el monitoreo no destructivo de la contaminación con insecticida de la fresa, sometidas las muestras a calentamiento a diferentes temperaturas con el sistema de extracción de volátiles de espacio de cabeza (Static Headspace) para ser transportados a la cámara de sensores de la nariz electrónica (E-nose 2.0). Se emplearon técnicas estadísticas para reducir la dimensionalidad del conjunto de datos, la técnica empleada fue PCA (análisis de componentes principales) y redes neuronales para la clasificación de los datos.

Keywords: Nariz electronica; PCA, multisensorial VOC's

Corresponding Author: Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication process. **Ensure that** Name of University, Name of Department, Name of Faculty, Box.3030. City. Country. **Phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address**

1. INTRODUCCION

El mundo depende en gran medida de la producción de la agricultura para su abastecimiento, las plagas insectos microorganismos y roedores producen pérdidas de hasta el 50% de la producción lo cual ha llevado durante años a emplear técnicas para evitar estas pérdidas. En la agricultura es muy común el uso de plaguicidas herbicidas, insecticidas y fungicidas que proporcionan tratamientos efectivos pero generan algunos residuos en los alimentos y generan peligros para la salud humana, es indispensable contar con equipos y métodos simples que permitan evaluar con precisión y exactitud de forma ágil los alimentos. [1]

Los Plaguicidas se hicieron para matar gran cantidad de microorganismos no deseados para el hombre para la producción de cultivos y control de enfermedades, pero debido a su alta actividad biológica y remanentes en el medio ambiente puede llegar a ser un problema de salud pública. [2]

Al utilizar una nariz electrónica compuesta de sensores de gases que cambian sus propiedades físicas en función del entorno generando cambios eléctricos que se pueden interpretar, acondicionar y analizar por medio de un ordenador. Existen muchos metodos de extracción de VOC's para llevarlos a la cámara de sensores entre estos metodos, se destaca el headspace estático y dinámico y técnicas de desorción térmica. Tras ser adquiridas las señales de cada muestra se realiza un tratamiento para extraer parámetros y procesar datos.

2. MARCO TEORICO:

2.1. Objetivos

Actualmente se utilizan metodos como la cromatografía de gases utilizando detectores selectivos para la determinación de plaguicidas, pero una alternativa de bajo costo, precisión y exacta es el uso de sistemas multisensoriales con inteligencia artificial que permiten determinar no solo cualitativamente la concentración de las muestras. El objetivo de este trabajo es el aumento de la sensibilidad de los sensores MOS (Metal de óxido semiconductor) a través del método de concentración de volátiles headspace estático.

2.2. Sistema de olfato electrónico:

El inicio de la nariz electrónica se remonta a los años 60 cuando la compañía Bacharach Inc., diseño un dispositivo conocido con el nombre de Sniffer, constituido de un único sensor de gas por lo cual no se consideró nariz electrónica. En la década de los 80, surgen dos grupos de investigadores, en la Universidad de Warwick en Gran Bretaña y en el Argonne National Laboratory (ANL) en Estados Unidos.

La definición más acertada es “un instrumento que comprende una matriz de sensores químicos con sensibilidades solapadas y un avanzado sistema de reconocimiento de patrones, capaz de reconocer aromas” [3,4]

Los SDOE (sistemas de olfato electrónico) imitan el comportamiento de la nariz humana, una unidad de muestreo que entrega moléculas de olor a un cámara con una matriz de sensores, la interacción entre los sensores y los compuestos volátiles produce un cambio en la respuesta de los sensores, este cambio es interpretado por un sistema de reconocimiento

de patrones, para potenciar el proceso se puede añadir una red neuronal que imita algunas funciones del cerebro creando un registro de las respuestas de los sensores. Las señales de salida de la matriz de sensores no proporcionan un espectro de constituyentes de olor como una cromatografía de gases sino cualidades del olor.

Estos sistemas se comparan constantemente con espectrómetros o cromatógrafos, ya que estos instrumentos una vez que se adquiere la información que podemos llamar datos, esta se analiza y procesa mediante diferentes técnicas: [5]

- Análisis de componentes principales
- PLS
- Análisis de discriminación funcional
- Análisis de conglomerados
- Lógica difusa
- Redes neuronales

En general, la nariz electrónica es un dispositivo compuesto por cuatro etapas funcionales y está representado en la figura 1. [3]

- Concentración de volátiles
- Capturar volátiles
- Control electrónico
- Procesamiento de información.

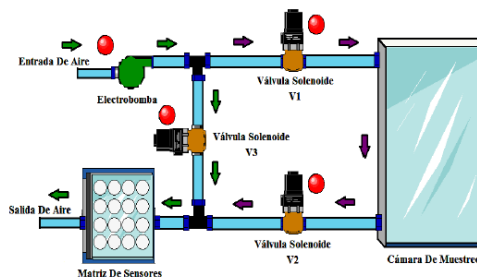


Fig. 1 Esquema general E-nose 2.0 [7]

El concepto de nariz electrónica se recrea del método de trabajo del olfato humano, donde hay una serie de receptores olfativos similar a la cámara de sensores químicos de la nariz que acompañados de un pre procesamiento y un sistema inteligente de reconocimiento de patrones para identificar y clasificar un olor se asemeja al método de trabajo del bulbo olfatorio y el cerebro humano en conjunto para el procesamiento de los olores del entorno.

Table 1. Sensores en la E-nose 2.0

REFERENCIA SENSOR	USO ESPECIFICO	FABRICANTE
TGS-821	Hidrogeno	FIGARO
TGS-813	Gases combustibles	FIGARO
TGS-832	CFC	FIGARO
TGS-825	Sulfato de Hidrogeno	FIGARO
TGS-880	Olores de la comida	FIGARO
TGS-822	Vapores orgánicos	FIGARO
TGS-800	Contaminantes del aire	FIGARO

2.3. Static Headspace

Es un método simple, generalmente se realiza manualmente con una jeringa hermética para gases. Para este fin, la muestra debe ser termostática y debe permitir alcanzar una situación de equilibrio termodinámico. La muestra del espacio de cabeza

debe ser más pequeña en comparación con el volumen total del espacio de cabeza, con el fin de evitar la acción del muestreo de cambiar las características de la muestra debido a los volúmenes relativamente pequeños obtenidos en el muestreo estático, es complejo determinar concentraciones en el intervalo ppm-ppb o aún menores.

En la figura 2 se puede ver el circuito neumático del sistema de extracción de volátiles acoplado a la nariz electrónica, se realiza el calentamiento por medio de una resistencia calefactora, de la muestra preparada en un vial 20mL con tiempo y temperatura específica, al terminar ese tiempo por medio de la bomba de vacío se transportan los VOC's obtenidos en el espacio de cabeza y se encierran en la cámara de sensores para la toma de datos.

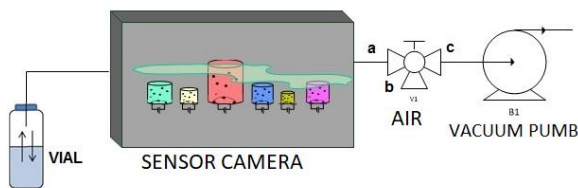


Fig. 2. Descripción del proceso de Extracción de VOC's.

2.4 Análisis de componentes principales PCA

Este análisis surgió debido a la gran cantidad de datos obtenidos al realizar una medida con instrumentos de laboratorio, en estos análisis para investigaciones científicas no siempre la información más importante es la más aislada sino la interrelación entre variables. La gran desventaja de este método es que es completamente lineal y su uso no es recomendable para procesos no lineales. De cierta manera comprime los datos similares siendo muy relevante para casos donde la matriz de sensores posee una baja selectividad.

3. Materiales y métodos

En esta investigación se usó el dispositivo Static Headspace sampling perteneciente a los jóvenes investigadores del grupo de investigación en sistemas multisensoriales, usado para la extracción de los compuestos volátiles orgánicos de muestras de fresa fresca y contaminada con el insecticida Niferex 2.5 DP; estos compuestos se generaron por el calentamiento durante 10 minutos a diferentes temperaturas 18°C, 37°C, 50°C, 70°C y 100°C , estos rangos de temperatura se controlaron con un control PID ajustable.

Una vez obtenidos estos compuestos se transportaron a la cámara de sensores constituida por una matriz de sensores químicos de la nariz electrónica e-nose 2.0

En la figura 3, las frutas utilizadas para las pruebas de laboratorio.



Fig. 3. Imagen de frutas en estudio

Para realizar las mediciones con este alimento, se adquirió fruta corriente, y se realizaron 4 capturas de datos de cada muestra.

Por lo general los pesticidas más comúnmente utilizados son los organoclorados y organofosforados, que evitan el crecimiento excesivo de plagas pero por otra parte no solo afectan la salud de los agricultores y consumidores sino que sus remanentes en las tierras de cultivo generan desequilibrio en el medio ambiente, en el subsuelo y fertilidad de la tierra. [5]

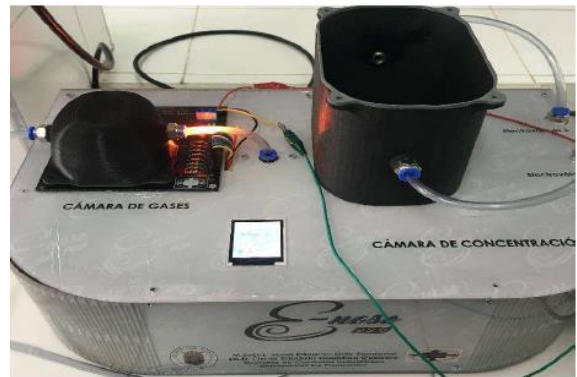


Fig. 4. E-nose 2.0



Fig. 5. Toma de muestras E-nose 2.0 y Static headspace sampling.

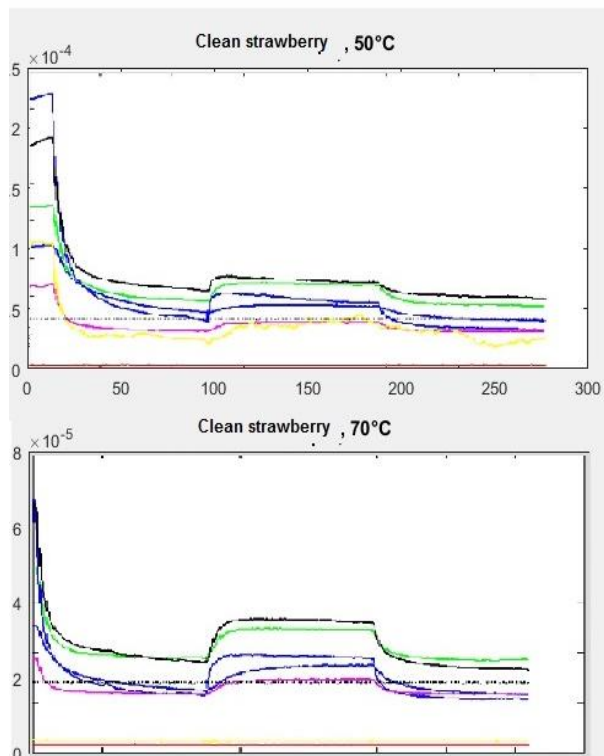


Fig. 6. Adquisición de datos muestras no contaminadas con plaguicida

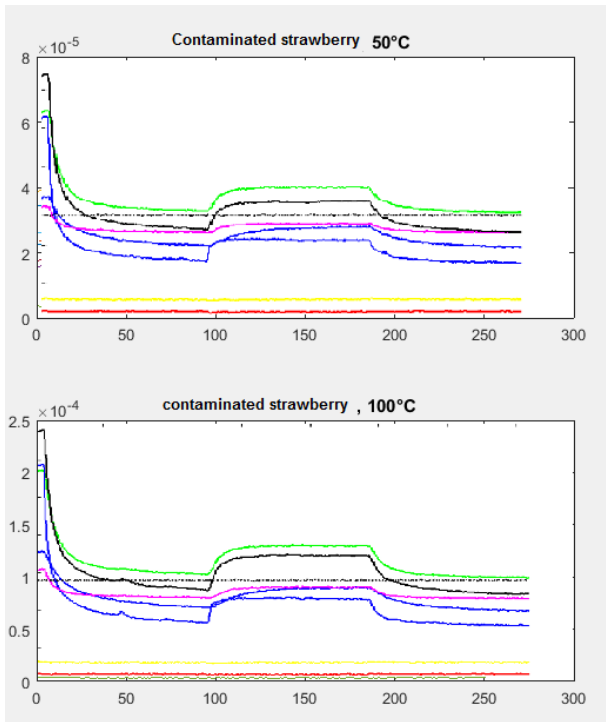


Fig. 7. Adquisición de datos muestras contaminadas con glucidica

En las graficas 5 y 6 se observa la respuesta de los sensores de la nariz electronica donde se grafica su valor de conductancia atraves del tiempo, el circuito neumatico de la nariz electronica evidencia que existen tres tiempos para realizar la captura de los datos, un tiempo de concentracion de la muestra luego el tiempo de captura de datos y por ultimo tiempo de limpieza de los sensores, para evitar el efecto memoria en las muestras posteriores se prolongo el tiempo de limpieza de los sensores para que se recuperaran totalmente y alcanzaran la linea base de medicion limpiando las tuberias de la nariz electronica con aire sintético.

De los datos adquiridos se realizó el método estadístico de análisis de componentes principales PCA con relación $G_{max} - G_{min} / G_{max}$ con normalización de datos.

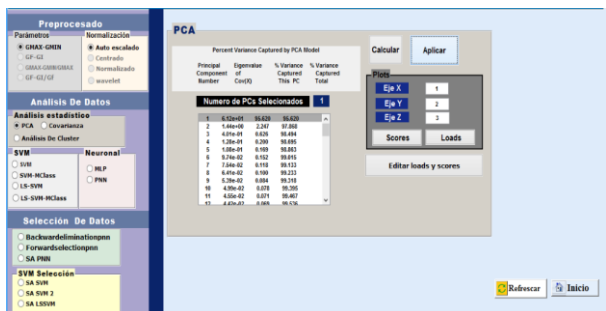


Fig. 8. Procesamiento de datos nariz electrónica

4. Resultados:

A partir de los resultados obtenidos, se decidió usar la técnica PCA para extraer las variables más significativas y eliminar las variables que no generan información relevante, este método que emplea la varianza de los parámetros originales se emplea para maximizar la información relevante y elimina los datos cercanos a cero. Pero es un método lineal no conveniente en análisis no lineales. [6]

Iran J Radiol. 2013;10(3)

Al tener todos los datos se realiza el análisis de componentes principales, con el fin de determinar si hay separabilidad entre las muestras para su clasificación.

El primer paso fue determinar si existe una separabilidad de las muestras necesaria para aplicar técnicas de control inteligente para su clasificación, si la información se mezcla no se debería entrenar la red porque no existe un parámetro de relación claro para identificar cada muestra.

El primer paso en este proceso es cargar los datos en el software de la nariz electrónica, seleccionar el reprocesamiento de la información $G_{max} - G_{min} / G_{max}$, el método más común, después se ejecuta el módulo PCA y carga los resultados que se muestran en la siguiente figura.

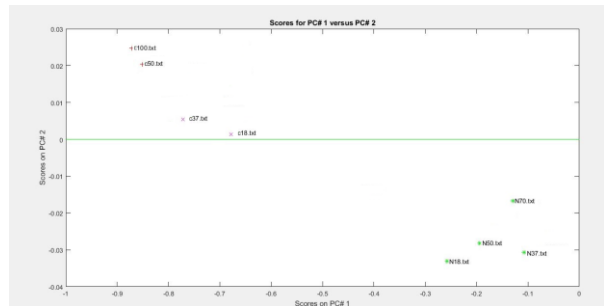


Fig. 9. Análisis PCA de las muestras obtenidas.

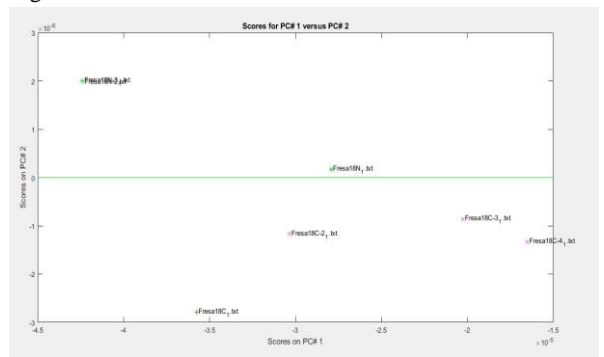


Figura 10. Análisis PCA de las muestras obtenidas

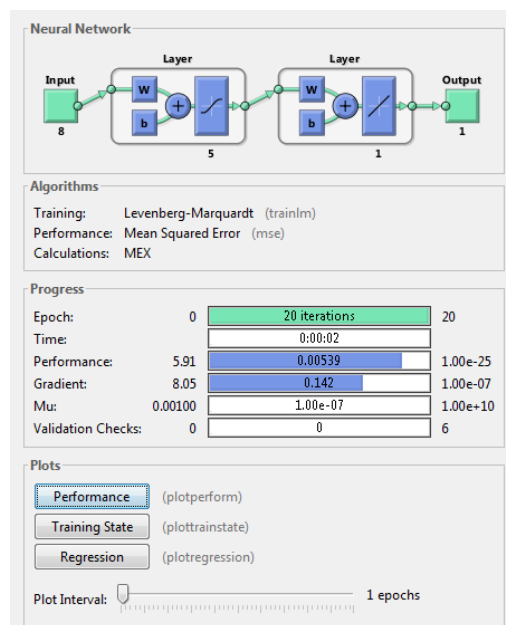


Fig. 11. Entrenamiento red neuronal

En la figura 9 y 10, se ubican los componentes principales de cada medida realizada, la c denota que es una muestra de fruta

contaminada y la N fruta completamente orgánica en condiciones normales. Ozkan Ber et al.

La investigación estudio el comportamiento de los volátiles que emiten frutas contaminadas con relación a las que son completamente orgánicas por una nariz electrónica, pero determinando en que influye el aumento de la temperatura en la concentración de las muestras.

Lo fundamental es determinar si los métodos de concentración de volátiles son eficientes para su uso en dispositivos electrónicos que beneficien no solo a pequeños y medianos agricultores, sino que permite el desarrollo de futuros proyectos incursionando otras áreas de estudio en la industria agroalimentaria donde se aborden problemáticas comunes en estas, optimizando tiempos y consolidando los SDOE (Sistemas de olfato electrónico) como soluciones reales de calidad y alta eficiencia.

La red neuronal empleado determinara tres clases de datos, lo que se quiere es un análisis cualitativo de la muestra para determinar presencia o ausencia de contaminantes. El entrenamiento del algoritmo se realizó por medio de datos



Fig. 12. Entrenamiento red neuronal

De acuerdo en la figura 11, la configuración de la capa de salida las funciones de activación el procedimiento deduce que la nariz electrónica puede clasificar los frutos contaminados y los completamente orgánicos. Se empleó las toolbox de Matlab pre configuradas en el software de la nariz electrónica la cual indica la cantidad de neuronas a utilizar, la interacción entre neuronas, la función de activación de cada capara

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Grupo de investigación GISM de la Universidad de Pamplona por permitir los equipos necesarios para desarrollar el proyecto.

Conclusiones:

Una de las desventajas de los sensores químicos para los sistemas de olfato electrónico es que su respuesta no es idéntica cuando es expuesto a muestras idénticas debido a un tiempo de uso prolongado. Otro de los problemas más comunes en este tipo de sensores es su baja sensibilidad debido a limitaciones en el diseño de estos, pero también a no realizar un buen acondicionamiento de la señal lo cual no permite la correcta concentración de la muestra.

Para aumentar la sensibilidad de los sensores con tecnología MOS se empleó el muestreo de espacio de cabeza estático (Headspace) que es práctico para implementar a sistemas de percepción multisensorial, las muestras analizadas dejan ver la importancia del sistema de concentración de volátiles generando una mayor concentración para hacer más la adaptación de las señales. Por otra parte este dispositivo es

fundamental para el análisis de sustancias que emanan menor número de volátiles como la leche y el agua, también es recomendable ser empleado como desorción térmica.

La razón de usar una nariz electrónica es que su tiempo de respuesta y obtención de resultados es muy rápido comparado con las técnicas comunes de laboratorio como PCR, presencia/ausencia y análisis en placa entre otras.

Se empleó un método particularmente sencillo (PCA) que comprime los datos redundantes siendo muy relevante para casos donde la matriz de sensores posee una baja selectividad, pero el análisis arroja que es muy poca la diferencia entre muestra a temperaturas inferiores a 70 grados Celsius, por lo cual se recomienda para futuros trabajos en este campo, sobrepasar esta temperatura donde se obtiene mayor número de VOC's en las muestras volátiles.

La temperatura máxima de pre concentración fue de 100°C, se puede deducir de los resultados que a estas temperaturas es donde mayor cantidad de volátiles existen y en el análisis se genera una separabilidad lineal pero la conclusión no es muy exacta son muchas las variables en cada medición incluyendo la presencia de microorganismos en los frutos.

Referencias

- H.Mohammad and J.Landeros "Plaguicidas que afectan la salud humana y la sustentabilidad", CULCyT Toxicología de plaguicidas, vol (19)1-14.
- J.Pico and Font G, "Revisión de los metodos de determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en alimentos",Red de revistas científicas de amarica latina y el caribe, España y Portugal. 20. 166-175 2003.
- J.W.Gadner and P.Bartlett "A brief history of electronic noses",Sensors and actuators B, 18-19,pag 211-220. (1994).
- G.H. Dodd,P.N.Bartlett and J.W.Gardner,"Odours-the stimulus for an electronic nose,in sensor and sensory systems for a Electronics Nose" Proc. NATO Advanced Research Workshop,Reykjavik, Iceland, 1991
- Ortiz, J.E., O.Gualdrón, C.M. Duran, 2015. "Detection of pesticide in the vesca fregaria through anelectronic nose," in 2015 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies, 1: 978–1–4673–8755–2, 679-683.
- C.M. Duran "Diseño y optimización de los subsistemas de un sistema de olfato electrónico para aplicaciones agroalimentarias e industriales", Universitat Rovira i Virgili, Dialnet 2006.
- C.M. Duran, O.Gualdrón y M.Hernández , Nariz electrónica para determinar el índice de madurez del tomate de árbol (Cyphomandra Betacea Sendt), Ingeniería, investigación y tecnología vol.15 no.3 México jul./sep. 2014