

# *Lengua electrónica como instrumento catador de cafés especiales*

Jorge Eliecer Martínez Gaitán

Doctorado en Agroindustria y Desarrollo Agrícola Sostenible

Neiva, Colombia

jorgeeliecer.martinez@usco.edu.co

**Abstract**—Coffee in our country and especially in our region is very important in the economy of the department of Huila and even more when it has achieved awards and global recognition in specialty coffees this is a great opportunity to factor implement an electronic or artificial language in order to be able to taste the best flavor and aroma of the different coffees grown in the region. Classify power is paramount for producers, distributors and consumers because this way you can perform sensory analysis, physicochemical coffee, discovering the inputs that make the different qualities of it occurring. Must use different sensors that are able to simulate the taste buds of coffee tasters producing a reading that will be compared to the knowledge base before recorded human tasters, and applying artificial neural networks optimal result is obtained and a high degree of certainty. This project focuses on the research line sensory food analysis research group belonging to the Agricultural Industry USCO. It is intended to result in an electronic tongue can do the same functions of a special coffee taster and high reliability.

**Keywords**—sensors; special coffee; electronic tongue.

**Resumen**— El café en nuestro país y especialmente en nuestra región es un factor muy importante en la economía del departamento del Huila y más aún cuando se ha logrado premios y reconocimientos mundiales en cafés especiales, esta es una gran oportunidad de poder implementar una lengua electrónica o artificial con el fin de poder catar el mejor sabor y aroma de los diferentes cafés cultivados en la región. Poder clasificarlos es de suma importancia para los productores, distribuidores y consumidores ya que de esta forma se puede realizar análisis sensorial, fisicoquímico del café, descubriendo los insumos que hacen que se produzcan las diferentes calidades del mismo. Se deben utilizar diferentes sensores que sean capaces de poder simular las papilas gustativas de los catadores de café produciendo una lectura que será comparada con la base de conocimiento antes registrada por los catadores humanos, y aplicando redes neuronales artificiales se obtiene un resultado óptimo y con un grado de certeza alto. Este proyecto se enfoca en la línea de investigación análisis sensorial de alimentos perteneciente al grupo de investigación Agroindustria USCO. Se pretende poder como resultado una lengua electrónica capaz de hacer las mismas funciones de un catador de café especial y con alto grado de confiabilidad.

**Palabras claves**—sensores; café especial; lengua electrónica.

## I. RESEÑA HISTÓRICA

A través de la historia, y gracias a los sentidos, el ser humano encontró en los cinco órganos sensoriales, instrumentos “naturales” para conocer y relacionarse con el

mundo y su entorno; ya se tiene más de 500 años que el ser humano ha creado instrumentos tecnológicos a manera de herramientas para ampliar las habilidades humanas [17].

Cuando se piensa en un invento que pueda emular las capacidades olfativas y gustativas humanas, se piensa en algo inalcanzable, de ciencia ficción, pero la realidad es otra. Desde hace alrededor de 15 años el prototipo de lengua electrónica como artefacto sensorial ha evolucionado aplicado al análisis de alimentos, teniendo en cuenta que la industria de los alimentos cada vez requiere desarrollar métodos de análisis y control cada vez más eficaces, eficientes y ágiles que permitan asegurar la calidad y potenciar la competitividad de la industria alimentaria” y uno de ellos es el café, el cual existe en todo el mundo y es un bebida apetecida en todo los rincones del planeta. Se han generado redes de sensores simulando la nariz capaces de analizar los aromas de alimentos, pero el análisis de líquidos con lenguas electrónicas es insipiente según Álvaro Arrieta Almario [17].

La lengua electrónica se puede decir que es un emulador de la lengua humana donde su principal objetivo es la cata de sabores memorizándolos y poder determinar el sabor de diferentes alimentos. Un primer trabajo de la lengua electrónica lo ha realizado la Universidad Pontificia Bolivariana UPB creado por un grupo de investigadores que utilizan 6 sensores gustativos, cada uno de ellos arroja 1000 datos, y en la cual tiene una curva patrón que permite hacer comparaciones con nuevos sabores y determina un acercamiento al sabor real de los alimentos, en este caso se establece unos parámetros en forma de matriz de la composición química real del café para poder realizar dicha comparación. El catador electrónico o lengua electrónica puede ayudar a los catadores a emitir juicios de un gran valor objetivo y poder hacer comparaciones de diferentes tipos de cafés, en áreas distintas de cultivo [1].

## II. ESTADO DEL ARTE SOBRE LENGUAS ELECTRÓNICAS

### A. Investigaciones anteriores sobre lenguas electrónicas

En España el Instituto Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Politécnica de Valencia, han desarrollado un alengua electrónica, que permite la monitorización y determinación del origen y calidad de las materias primas como también para hacer un análisis cuantitativo de las mismas, lo han realizado con el fin de

poder dar calidad y seguridad alimentaria dando una respuesta rápida y eficaz y fiable, también lo ha realizado con fines de competitividad de tal forma que mejoren los productos, este instituto ha investigado por más de 10 años el desarrollo de sensores, han desarrollado productos innovadores y alternativos como los data loggers, análisis de laboratorio y cromatología. Sistema de alarmas basados en sensores y sistemas inteligentes de tratamiento de datos. Este instituto está caracterizado por el desarrollo de sensores químicos [18].

Continuando con la investigación sobre lenguas electrónicas el Grupo de investigación GIMENO en su proyecto “Lenguas electrónicas Aplicadas al control de la calidad de aguas potables y residuales” realizado el 18 de mayo del 2013 y financiado por el ministerio de economía y competitividad con la cofinanciación de la unión Europea en el programa INNACTO. Este proyecto es denominado **e-TONGUE4wat**, cuya metodología utilizada ha sido desarrollada en el instituto molecular y desarrollo tecnológico ID, realizaron 22 muestras para caracterización, estudiaron varios contaminantes como: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Amonio(NH<sub>4</sub>-N), nitroglicerina (NO<sub>3</sub>-N) , Sulfato de aluminio(SO<sub>4</sub>-S), conductividad y pH. El estudio se estructuró en diferentes partes. La primera, incluyó el análisis de las aguas residuales con la lengua electrónica y por laboratorio acreditado (Iproma). Todas las técnicas utilizadas en el trabajo, se han llevado a cabo de acuerdo con “Standard Methods” obtenidos los resultados, se correlacionaron los mismos gracias a la herramienta PLS (Partial Least Squares) generando una figura de calibración por medio de un modelo en el que están representados los valores calculados por la herramienta frente a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio. En una situación ideal, los valores calculados por la herramienta estadística y los obtenidos por el laboratorio deben ser aproximados [3].

En el mundo solo 7 países han trabajado en las lenguas electrónicas como son Japón, Italia, Rusia, Brasil, España, Estados Unidos, y Colombia. Se han realizado varias investigaciones sobre lenguas artificiales, especialmente para detectar la calidad de vinos, cerveza y sabores artificiales. Este es el siglo, indudablemente, de la genética. Cada vez más, los investigadores reducen comportamientos y conductas humanas a las diferentes combinaciones de nuestros genes. En esta ocasión, dos equipos diferentes de científicos han realizado descubrimientos diferentes sobre nuestro sentido del gusto. Por un lado, en Brasil han conseguido elaborar una lengua electrónica que es capaz de distinguir entre diferentes vinos y detectar bajas cantidades de impurezas en el agua mineral. Mientras que, en Estados Unidos, han descubierto un aminoácido que se encarga de darle el sabor “carnoso” a las proteínas. Se trata de un nuevo sabor, que se dio a conocer tentativamente hace dos años, pero que ahora ha sido comprobado. Se ha denominado Umami y es activado por un aminoácido que además le da su rico sabor. Ambos descubrimientos, tanto el invento como el hallazgo, tendrán

intensas repercusiones en la economía, la tecnología y la salud en el mundo. Las lenguas electrónicas no son nada nuevas. Por varios años, los investigadores han estado utilizando el procedimiento, hipotético, que utiliza el organismo para saborear la comida, en estos paladares electrónicos. Los científicos suponen que cada sensación de sabor corresponde a una señal específica que es causada por la activación diferencial de varios receptores de sabores. Imaginemos este ejemplo. Nuestra lengua tiene por lo menos cinco mil papilas gustativas. Dentro de cada una de ellas existen células receptoras que disparan señales nerviosas cada vez que se encuentran con las moléculas de los sabores. La lengua electrónica utiliza este principio para distinguir entre los cuatro principales sabores que diferenciamos los humanos: el dulce, el salado, el amargo y el agrio. Con la gran diferencia de que sus polímeros y sus electrodos de oro pueden captar niveles bastante bajos de estos sabores, niveles que los probadores humanos no podrían detectar. Además, como apunta Philip Ball de la revista Nature, la lengua electrónica no se cansa ni se satura.

Antonio Riul de la empresa agropecuaria EMBRAPA de Brasil, quien ha elaborado la más sofisticada lengua electrónica hasta el momento, cuenta sobre los gráficos que han sido diseñados para las diferentes comidas a probar. “Nuestra lengua contiene cuatro sensores químicos, uno para el azúcar, otro para la sal, otro para la quinina (sabor amargo) y otro para el ácido hidrocórico (sabores agrios). Al medir los químicos de una comida, estos sensores alteran el comportamiento electrónico de los electrodos. Para cada sabor existe una huella electrónica plasmada en un gráfico y cada uno tiene su lugar particular en el gráfico. Por ejemplo, tenemos un sitio donde el rico sabor del café está en su grado óptimo. Cuando la lengua prueba café, el gráfico final debe estar en este lugar, de otra forma el café no estará tan bueno”, explicó Riul [15].

La lengua electrónica desarrollada por el equipo de Riul puede diferenciar entre dos Cabernet Sauvignons del mismo año pero de diferentes viñedos o de diferentes años pero del mismo viñedo. Las empresas de comidas y bebidas en el mundo podrán utilizar más de estos aparatos electrónicos y menos probadores humanos quienes, definitivamente, aún serán necesarios para degustar los vinos finos y para ciertos whiskies. Pero los seres humanos sabemos que el sabor es más que detectar los componentes químicos en una comida o bebida. El sabor también combina el olor, la temperatura y la textura para proveernos con la sensación del gusto en general. Sin embargo, para el doctor Charles Zuker, de la Universidad de California en San Diego, todas estas cualidades pueden definirse y producirse si se conocen las moléculas correspondientes para cada célula receptora, para cada uno de los aminoácidos que se encargan de darle sabor al mundo que ingerimos. “La habilidad de saborear aminoácidos es lo que nos guía hasta las proteínas, que solas, carecen de todo sabor”, dice Bernd Lindemann, investigador de sabores de la Universidad de Homburg en Alemania. El receptor

descubierto por Zuker nos permite probar el umami, ese peculiar sabor a carne que tienen la mayoría de las proteínas. Hasta el momento, los investigadores han encontrado que la versión en los ratones de este aminoácido sólo varía con la humana en que esta última reacciona mucho más intensamente frente a las moléculas del aminoácido conocido como glutamato. Todos hemos leído esta palabra en incontables listas de ingredientes añadidos para darle más sabor a las comidas. Es decir, condimentos artificiales. El glutamato es uno de los más comunes y más de un millón de toneladas anuales se utiliza para mejorar el sabor de las comidas. En Estados Unidos solamente, se gastan por lo menos 600 millones de dólares en la producción de aditivos artificiales para hacer las comidas más deliciosas a nuestro paladar. Para el doctor Zuker, las preferencias humanas por un tipo específico de comida se tratan sencillamente de diferencias en sus repertorios de receptores. “Una vez más, estamos traduciendo la conducta humana en simples diferencias genéticas. Todo puede ser explicado a través del ADN” [15].

Vale la pena destacar que la investigación realizada por el instituto EMBRAPA y coordinado por el investigador Luiz Henrique Capparelli Mattoso, realizó una inversión de 31.794 dólares y se fabricó la primera lengua electrónica del mundo a partir de polímeros conductores, resultado de 6 años de trabajo multidisciplinario [14].

En el Instituto farmacéutico de Barboa “Sigma Institute of Pharmacy, Baroda”, se realiza una investigación utilizando la lengua electrónica con el fin de poder determinar el tipo de sabor que se le debe aplicar a los medicamentos con fines pediátricos debido a los sabores amargos y desagradables que presentan. Esta investigación se basa en los 2 tipos de lenguas existentes en el mercado como la **SA402B** de Japón y la **ASTREE** de Francia [10].

Un estudio de la universidad **Catholic University of Leuven**, consistente en analizar el sabor de los tomates utilizando 2 tipos de lenguas electrónicas una con 18 sensores y otra con 7, que permiten medir la concentración de azúcares (glucosa y fructosa), ácidos orgánicos (ácido cítrico, ácido málico y ácido glutámico) y minerales (Na y K). Los resultados son analizados por varias técnicas de análisis de datos estadísticos como análisis de componentes principales (PCA), análisis discriminante canónica (CDA) y mínimos cuadrados parciales, regresión (PLS) [12].

En la University of Technology de Noakowskiego el departamento de microanálisis fabricó una lengua electrónica para determinar las características de los alimentos esta fue basada en sensores potenciométricos y matrices integrados con electrodos utilizando membranas, los datos registrados son analizados por varios métodos entre ellos el PCA (Análisis de componentes principales) y el PCA and PLS-DA (Mínimos cuadrados multivariados). La tarea principal para el sistema es el reconocimiento de muestras desconocidas y la estimación de sus parámetros característicos. Por lo tanto, dos etapas de

análisis de datos basado en métodos de reconocimiento de patrones para aprendizaje mediante redes neuronales artificiales [6].

En España fabricaron una lengua electrónica capaz de identificar marcas de cerveza como lo puede colaborar el informe realizado por la revista la ciencia es noticia SINC. Investigadores de la Universidad Autónoma de Barcelona han conseguido distinguir con una lengua electrónica distintas variedades y marcas de cerveza con un porcentaje de acierto de un 82%. Su sistema podría dotar de gusto a robots catadores. Lo han patentado con universidades californianas. La cerveza es la bebida alcohólica más antigua y de mayor consumo en el mundo. Ahora, científicos de la Universidad Autónoma de Barcelona han liderado un estudio que analiza diferentes marcas de cerveza gracias a la aplicación de un nuevo concepto en sistemas de análisis, conocido como lengua electrónica, que toma su idea del sentido humano del gusto. “El empleo de herramientas más potentes –el aprendizaje supervisado– y el análisis por discriminante lineal sí permitió distinguir las grandes clases de cerveza estudiadas: negra, Lager, doble malta, Pilsen, Alsaciana y bajas en alcohol”, afirma Del Valle. “Y con un porcentaje de acierto del sistema del 81,9%” [19].

#### *B. Investigación en Colombia sobre lenguas electrónicas*

El proyecto, financiado por la UPB, seccional Montería, convenio Colciencias-Sena y la Universidad de Córdoba, extendió sus fronteras de aplicación y actualmente adelanta un estudio con muestras suministradas por el Centro Nacional de Investigación del Café -Cenicafé- para determinar si gustativamente el café es diferente y si depende de la región en el que se produce. Para el logro de este objetivo, la lengua electrónica, cuya función vital es diferenciar bebidas, se convierte en una herramienta de gran valor, pues su aplicabilidad y la lectura de sus resultados, les permitirá a los productores de café conservar, con datos objetivos, las mismas cualidades sobre el grano y un estricto control de calidad tanto en sus materias primas como en el producto final. El centro biotecnológico de Colombia BIOS está realizando la Neurolengua proyecto que se encuentra en desarrollo y su objetivo principal es “Desarrollar una lengua electrónica con interfaz cerebral que permita la caracterización, manipulación y mejoramiento de productos alimenticios (sabores e ingredientes) basadas en el registro de sensaciones experimentadas por sus consumidores” [4].

El grupo de investigación DANM es el único en Colombia que continúa esta línea mediante el fortalecimiento de uno de los más importantes productos de exportación del país, como lo afirma el investigador Arrieta Almarino: “La ejecución de este proyecto beneficiará de forma directa a algunas regiones del país, concretamente aquellas relacionadas con la producción y comercialización del café, y de forma indirecta al resto de regiones, debido a que este producto representa para la nación entera, además de un deleite, una fuente sustancial de ingresos que permea a toda la sociedad

colombiana". La investigación, que cuenta con el apoyo del grupo Procesos y Agroindustria de la Universidad de Córdoba y del Grupo de Física y Química del Estado Sólido de la Universidad de Valladolid (España), se orientó a un ámbito de alto impacto cultural y económico para el país, y gracias a su novedosa tecnología, busca mejorar significativamente las características organolépticas del líquido. El investigador principal del proyecto, Dr. Álvaro Arrieta Almario, destacó las fortalezas de un trabajo cuya dimensión académica sobrepasa las fronteras de la investigación en la Universidad: "Podemos decir que los diferentes experimentos y ensayos que se realizarán durante el desarrollo del proyecto, arrojarán resultados de importancia científica, que al ser publicados en revistas especializadas, generarán un impacto positivo entre la comunidad académica y científica local, nacional e internacional" [8].

La Universidad de Pamplona ha realizado una investigación sobre la clasificación del café a través de gases, simulando una nariz electrónica, y utilizando las redes neuronales artificiales multicapa para la clasificación de los datos con una única salida [11].

### III. JUSTIFICACIÓN DE LA LENGUA ELECTRÓNICA EN EL HUILA

El café es uno de los recursos más importantes de la economía de la región del Huila, de ahí la importancia de relacionar las características de los cafés especiales y convencionales ya que dependiendo de ello los consumidores están dispuestos a pagar mayor valor y esto representa un beneficio para el productor, todo esto se puede lograr de una manera ágil y eficiente a través de una lengua artificial que permita poder determinar estas características utilizando sensores donde las lecturas serán analizadas y comparadas por patrones que determinan la calidad del café y de esta forma poder clasificar y certificar a las fincas productoras. Es un proyecto que va a la mano con la agenda productiva del departamento utilizando tecnología de punta, la cual aumenta el valor del café dependiendo su clasificación y por ende pone en alerta a los productores para que utilicen los abonos y nutrientes que dan la misma características de los cafés especiales.

Debido a la gran competencia del mercado del café y a la reducción de los precios, se tiene la necesidad de implementar una estrategia que permita aumentar los precios clasificando el grano y obteniendo una ficha técnica de los cultivos de café. Para ofrecer un producto de buena calidad, en el mercado se piensa implementar un método de clasificación por medio de la lengua electrónica, es un método alternativo que permitirá la selección del café en las diferentes regiones del departamento, proporcionando al consumidor un producto de buena calidad y al productor un aumento en el precio.

#### A. Lengua electrónica propuesta

Después de hacer una revisión del estado sobre lenguas electrónicas, se propone crear una que pueda determinar y clasificar la calidad del café y sus componentes fisicoquímicos.

#### B. Metodología

Para determinar las características fisicoquímica del café hay que experimentar varias alternativas. Como es la gasometría, el voltamperométricos por medio de electrodos, y la enzimática, los sensores electroquímicos los cuales pueden detectar especies iónicas y moleculares. Es importante poder comparar los resultados arrojados con los diferentes instrumentos actuadores como lenguas electrónicas.

Para el análisis de los datos se utilizaran diferentes métodos, los de mínimos cuadrados discriminantes PLS-DA, redes neuronales artificiales con reconocimiento de patrones utilizando cromatología, minería de datos, y el análisis de componentes primarios PCA., con el fin de poder hacer comparaciones de los diferentes resultados y determinar cual de los métodos y tipos de lengua se deben realizar.

#### C. Sensores químicos

En este tipo de sensores se debe hacer una analogía entre las células gustativas y los sensores químicos, por ejemplo las células que detectan el ácido se deben utilizar protones para ácidos, reciben estímulos ante la presencia de protones disociados de ácidos; las del gusto salado, detectan la presencia de iones sodio y cloruro, las del gusto dulce detectan la presencia de moléculas de glucosa o sacarosa, etc. Este conjunto de sensores dan lugar a una señal eléctrica convirtiéndose en una huella que da respuesta del sensor.

Los elementos de un sensor son la membrana sensora, el transductor que convierte la señal química en una señal física eléctrica u óptica, y el circuito que adquiere la señal y la acondiciona para su lectura. Como se muestra en la figura.

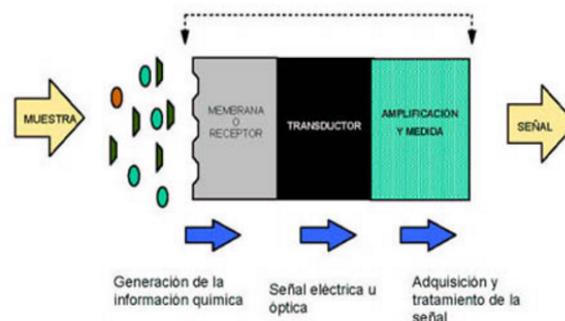


Figura.1 Elementos de un sensor.  
Fuente: [http://www.perceptnet.com/cien10\\_02.htm](http://www.perceptnet.com/cien10_02.htm)

En cuanto a las membranas pueden ser receptoras iónicas, de enzimas o de células. Generalmente el compuesto a ser analizado interacciona con el receptor de la membrana originando una señal química, que es convertida por el transductor en una señal física, normalmente eléctrica u óptica, y al ser amplificada y acondicionada para su lectura en un circuito o instrumento de medida, se puede analizar a través de una pantalla (digital o analógica) o a través del PC.

Los transductores más utilizados para las lenguas electrónicas son electroquímicos, másicos y ópticos.

Tabla 1. Clasificación de los Biosensores [13].

Tipos de transductores	Descripción
Ópticos	Transforman los cambios producidos en una señal óptica por la interacción de un analito con el receptor.
Electroquímicos	La señal transformada es debida a una interacción electroquímica entre el analito y el electrodo.
Piezoeléctricos	Dispositivos que transforman un cambio de masa que se da sobre el electrodo modificado con materiales con propiedades piezoeléctricas.
Térmicos	Dispositivos capaces de medir cambio de calor sobre la superficie del electrodo.

Se debe experimentar los diferentes transductores para determinar la fiabilidad y de esa forma poder decidir cuál es el que se va a utilizar, para ello doy una lista:

- Potenciométricos basados en electrodos selectivos a iones (ion selective electrode, ISE).
- Transistores de efecto de campo sensibles a iones (ion sensitive field effect transistors, ISFET).
- Voltamperométricos y los amperométricos. Entre los transductores másicos o gravimétricos se encuentran los de onda acústica superficial (surface acoustic wave, SAW).
- Microbalanzas de cuarzo (Quartz crystal microbalance, QCM).
- Transductores ópticas pueden ser muy variados, algunos ejemplos son los de resonancia de plasmones.
- Superficiales (surface plasmon resonance, SPR) o los interferométricos.

#### D. Tratamiento de los datos después de las lecturas

Se puede utilizar varios métodos para el análisis de la información como es el análisis multiparamétricos, el cual recoge la información obtenida de los sensores y se clasifica utilizando la información más significativa, utilizando los algoritmos de reconocimiento de patrones poder clasificar la señal de los sensores, aunque también se puede utilizar redes neuronales (artificial neural networks, ANN); análisis de componentes principales (principal component analysis, PCA); mínimos cuadrados (partial least squares, PLS); análisis discriminante (DA) independiente del método que se utilice cada uno tiene diferentes formas de tratar los datos.

Tabla 2. Tipos de biosensores.

Analitos	Biosensor: tipos y bases	Matriz	Sensibilidad	Referencia
Glutamato monosódico (MSG)	Detección amperométrica. co-inmovilización de l-glutamato oxidasa y l-glutamato dehidrogenasa (l-GLDH)	Aditivos, Alimentos clínicos	0.02-3.0 mg/L	(34)
Galato de propilo (PG)	Detección amperométrica. Electrodo compuesto de tirosinasa y grafito-teflón	Aceite de oliva, pollo	$9.0 \times 10^{-7}$ mol/L	(35)
Peróxidos	Detección amperométrica. Peroxidasa inmovilizada en matriz Eastman AQ 55.	Grasas, aceites farmacéuticos	0.6 $\mu$ M	(36)
Acido fítico, Fitasa	Detección amperométrica. Producción enzimática de peróxido de hidrógeno contra Ag/AgCl, piruvato oxidasa (POD)	Legumbres, cereales	0.2 a 2.0mM	(37)
Citratos	Detección potenciométrica. Producción enzimática de carbonato a través de liasas y oxaloacetato descarboxilasa	Jugos de frutas	$10^{-1}$ - $10^{-4}$ M	(38)
Acido benzoico	Electrodo amperométrico compuesto de tirosina con grafito-teflón	Mayonesa, bebidas cola	$9.0 \times 10^{-7}$ mol/L	(39)
Hidroxiacetilfurfural (HMF), fufural (F)	Detección electroquímica enzimática, con sistema de detección con supresor de micro-membrana catódica y separación cromatográfica	Miel, café, frutos secos, cereales	HMF: 209mg/kg F: 70mg/kg	(40)

Otra posibilidad es poder utilizar los sensores electroquímicos los cuales pueden detectar especies iónicas y moleculares, se pueden introducir en muestras no homogéneas y son sencillos de manipulación. Actualmente existen en el mercado varios instrumentos que actúan como lenguas electrónicas. Hay dos que cabe destacar:

- ASTREE de AlphaMOS: Utiliza un array de siete sensores basados en ISFET con distintas membranas selectivas a iones.
- SA401 de Anritsu Corp.: Utiliza un array de ocho sensores potenciométricos que contienen membranas lipídicas en analogía a las membranas celulares.

Estos instrumentos permiten analizar la respuesta de los sensores con varios métodos estadísticos y obtener tanto resultados cualitativos como cuantitativos y se pueden aplicar a muestras de alimentos y bebidas, y tienen como mayor ventaja su robustez y su pequeño tamaño [2].

#### E. Otra alternativa para la elaboración de la lengua electrónica

Una posible solución es construir sensores enzimáticos para determinar los diferentes sabores utilizando enzimas.

#### F. Construcción de sensores enzimáticos

Se puede utilizar la técnica fotolitográfica (thin film) y serigráficas (thick film), son técnicas de microfabricación que proporcionan dispositivos reducidos [16].

#### G. Diseño y aplicación de sensores electroquímicos basadas en moléculas orgánicas conductoras.

Como se muestra en la tabla 1, podemos clasificar los biosensores en ópticos, electroquímicos, piezoeléctricos y térmicos.

#### H. Biosensores utilizados para determinar composición alimentaria.

En la industria alimentaria se pueden utilizar los siguientes tipos de biosensores, como se muestra en la tabla 2 [5].

#### REFERENCIAS

- [1] Almario, A. A. (2011). Electronic tongue and neural networks, biologically inspired systems applied in classifying coffee samples. *American journal analytical chemistry*, (R. c. UPB, Entrevistador)
- [2] Barcelona, I. d. (30 de 10 de 2002). Electronic tongues: chemical sensors applied to flavour measurement and food quality control. Recuperado el 20015, de El centro de recursos sobre recepcion y ciencias sensoriales: [http://www.percepnet.com/cien10\\_02.htm](http://www.percepnet.com/cien10_02.htm)
- [3] Berlanga, J. (2015). <http://www.e-tongue4wat.com/>. Obtenido de [http://www.e-tongue4wat.com/sites/default/files/P%C3%B3ster\\_e-TONGUE4WAT\\_def.pdf](http://www.e-tongue4wat.com/sites/default/files/P%C3%B3ster_e-TONGUE4WAT_def.pdf)
- [4] BIOS. (2013). [www.bios.co](http://www.bios.co). Recuperado el 28 de febrero de 2014, de Centro Biotecnológico de Colombia: <http://www.bios.co/Investigaci%C3%B3n/Bioingenier%C3%ADa>
- [5] C, C. J. (2009). *Vitae* vol.16 no.1 Medellín Jan./Apr. 2009. Obtenido de Biosensores: aplicaciones y perspectivas en el control y calidad de procesos y productos alimenticios: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-40042009000100017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000100017)
- [6] Ciosek, P. (2011). Potentiometric Electronic Tongues for Foodstuff and Biosample. *Sensors*, 4688-4701.
- [7] Colombia, C. d. (2012). <http://www.cafedecolombia.com/>. Obtenido de [http://www.cafedecolombia.com/ccifnc-es/index.php/comments/5\\_ganadores\\_de\\_concursos\\_de\\_calidad\\_de\\_caf\\_e\\_explicaron\\_como\\_lo\\_lograron](http://www.cafedecolombia.com/ccifnc-es/index.php/comments/5_ganadores_de_concursos_de_calidad_de_caf_e_explicaron_como_lo_lograron)
- [8] DANM-, D. y. (2013). Desarrollo de una red de sensores inteligentes basados en polímeros conductores para el análisis sensorial de café. Centro virtual de noticias de la educación, pág. <http://www.mineduccion.gov.co/>.
- [9] Huila, D. d. (2015). Concurso de cafés de alta calidad premió a productores de Huila y Tolima. *Diario del Huila*.
- [10] Jain, H. (2010). ELECTRONIC TONGUE: A NEW TASTE SENSOR. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 91-96.
- [11] Juan Rodríguez, C. D. (2010). Electronic Nose for Quality Control of Colombian Coffee through the Detection of Defects in "Cup Tests" . *sensors*, 36-46.
- [12] Katrien Beullens a, \* . P. (2007). Analysis of tomato taste using two types of electronic tongues. *sciencedirect*, 1-17.
- [13] Luna, M. C. (2008). Diseño y aplicación de sensores electroquímicos basadas en moléculas orgánicas conductoras. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2008.
- [14] Mattoso, L. H. (Marzo de 2002). <http://revistapesquisa.fapesp.br/es/2002/03/01/para-hacer-degustaciones-virtuales/>. [revistapesquisa.fapesp.br](http://revistapesquisa.fapesp.br), 1.
- [15] Riul, A. (2003). Sin Dioses. Obtenido de <http://www.sindioses.org/>: <http://www.sindioses.org/noticias/noticia1.html>
- [16] Ruiz, J. G. (2006). Desarrollo de biosensores enzimáticos miniaturizados para su aplicación en la industria alimentaria. Barcelona.
- [17] Sandoval, J. D. (2011). Lengua electrónica un avance en el saber del sabor. *Revista Universitas científica*, 2011.
- [18] Tecnológico, I. R. (5 de 10 de 2009). <http://iqma.webs.upv.es/>. Recuperado el 2 de 12 de 20015, de Instituto de química molecular aplicada: <http://iqma.webs.upv.es/vinos/PRESENTACION%20LENGUAS%20ELECTRONICAS.pdf>
- [19] Xavier Cetó, Manuel Gutiérrez-Capitán, Daniel Calvo, Manel del Valle. (2014). Beer classification by means of a potentiometric electronic tongue. *SINC*.