

Aplicación móvil para monitoreo de macronutrientes

Atalo Jr. Machado Carrillo, Dania Maritza Gutiérrez Álvarez, Paulina Ramírez Pardo,
Miguel Alejandro Muñoz López

Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 21. Calzada Cuauhtémoc y Río Elota s/n, c.p. 21240, col. Santa María, Mexicali, B.C. México

Resumen

La creciente industrialización en los alimentos de consumo básico provenientes de la agricultura, que se ha dado durante los últimos 20 años, ha provocado cambios en los hábitos de consumo en parte por la oferta de productos alimenticios ultraprocesados, entre las principales consecuencias del consumo de este tipo de alimentos se encuentra la carencia de nutrientes en el cuerpo, la baja considerable en nuestras defensas, debilitando el sistema inmunológico, que actualmente representan una diferencia sustancial en la salud. En esta investigación se propone un sistema para monitoreo de macronutrientes esenciales que auxilien en el desarrollo de plantas y frutos comestibles en huertos familiares o áreas de cultivo para consumo regional, el desarrollo del sistema se puede realizar con tecnología disponible en el mercado abierto, así mismo el desarrollo de la aplicación móvil para el monitoreo de los macronutrientes se programa en plataforma de código abierto integrando herramientas y técnicas de calibración multipunto para obtener mediciones altamente confiables.

Abstract

The growing industrialization of staple foods from agriculture, which has occurred over the last 20 years, has caused changes in consumption habits in part due to the supply of ultra-processed food products, the consumption of this type of food help to the lack of nutrients in the body, the considerable drop in our defenses, weakening the immune system, which currently represents a substantial difference in health. This research proposes a monitoring system for essential macronutrients that help in the development of edible plants and fruits in family gardens or cultivation areas for regional consumption, the system development can operate with technology available with most of the electronic devices offered on open market, as well, the development of the mobile application for monitoring macronutrients is programmed on an open-source platform, integrating tools and multipoint calibration techniques to obtain highly reliable measurements.

Palabras clave: Aplicación Móvil, Macronutrientes, Monitoreo.

Keywords: Mobile Application, Macronutrients, Monitoring.

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos procesados y ultra procesados se ha asociado a mayor riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles [1], la presencia de la industrialización de los alimentos ha llegado a preocupar a una gran cantidad de personas, ya que los nutrientes esenciales de origen pueden perderse en el proceso industrial de los alimentos, de acuerdo con un estudio realizado por la Universidad Autónoma de Chapingo, el 60% de los alimentos que consume un mexicano son alimentos procesados, lo que da paso a los problemas de obesidad que existen en México [2]; estos factores han incentivado a que más personas pretendan cultivar sus propios alimentos, sin embargo, en los hogares es difícil mantener huertos o plantas gracias al desconocimiento de los nutrientes requeridos en el cultivo y la cantidad en la que estos mismos se encuentran [3].

Desde la educación primaria se da una formación ambiental, una práctica muy común y de gran importancia para cuidar el ambiente, las plantas son sumamente importantes pues ellas son nuestro futuro, ya que el planeta y los que habitamos en él dependemos de ellas por la inmensa cantidad de beneficios que nos aportan, por ejemplo, las plantas ayudan a purificar el agua y el aire, algunas nos proveen alimentos y oxígeno,

elementos vitales para vivir y no solo influyen en nuestra salud y el estado del planeta, sino también en nuestro estado de ánimo y productividad ya que son espacios de encuentro educativo y formación integral [4].

Actualmente existen diversos medidores o pruebas que nos permiten medir factores como la humedad, el pH y macronutrientes, existen pruebas de suelo en las que se debe obtener una muestra de su suelo utilizando una sonda de muestreo, posteriormente se envía la muestra a un laboratorio y el tiempo de espera de 3 a 15 días hábiles según los tiempos que maneje cada laboratorio en su normatividad [5]. Los costos y la cantidad de submuestras que se tendrían que enviar a analizar, termina por ser un proceso no muy atractivo para huertos pequeños o huertos de casa, además de que se debe realizar cada cierto tiempo para garantizar que las plantas tengan los nutrientes necesarios para su desarrollo. A raíz de esta problemática, se propone una solución mediante el uso de recursos tecnológicos de software, la presente investigación se centra en el desarrollo de una aplicación móvil que auxilie al usuario a monitorear en tiempo real el estado de los nutrientes que requieren sus plantas y semillas para una mayor probabilidad de crecimiento.

2. MARCO TEÓRICO

La industrialización de los alimentos hace referencia a los procesos de elaboración y fabricación por la que pasan los alimentos, con el fin de que se conserven en buen estado por un periodo mayor al que si los alimentos fueran naturales. El procesamiento industrial afecta a los principales alimentos, privándolos de nutrientes fundamentales además de que en algunos casos se puede tener la presencia de dioxinas en los alimentos [6], lo que altera negativamente nuestra función metabólica y a todo el organismo. Hoy en día los problemas relacionados con la alimentación no solo es una carencia nutricional como la desnutrición, anemia, entre otros, que afectan en todo el cuerpo como la obesidad, la diabetes, la hipertensión, hasta causar la muerte que en la mayoría de los casos son resultado de una mala alimentación y un estilo de vida sedentario [7]. Es por este impacto en nuestra salud que cada vez más personas buscan la opción de cultivos orgánicos en huertos locales y en casa.

Los nutrientes minerales que requieren los cultivos orgánicos los cuales según la cantidad absorbida por la planta se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, los macronutrientes son fósforo, potasio, calcio y magnesio, azufre los cuales se encuentran en el tejido de la planta en concentraciones mayores a 0.1 % con base en la masa seca [8]. Los micronutrientes son requeridos en los tejidos de las plantas en concentraciones menores a 100 µg/g de masa seca; con estos elementos y la luz del sol, las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan. Otros factores que influyen en la tierra utilizada en los huertos para que las plantas tengan un buen crecimiento so el pH y la humedad.

Fósforo

El fósforo es usado por las plantas para ayudar a formar nuevas raíces, producir semillas, frutos y flores, además es usado por las plantas para combatir enfermedades. Las semillas tienen que almacenar fósforo para que la planta tenga el nutriente necesario para que crezcan sus primeras raíces y brotes. Después, a medida que la raíz vaya modificándose y creciendo, la planta en desarrollo podrá tomar el fósforo que necesita del suelo, siempre que existan las reservas adecuadas.

Nitrógeno

La mayoría de las plantas no son capaces de absorber el nitrógeno de la atmósfera, por lo que necesitan recurrir al nitrógeno presente en el suelo de forma natural. El nitrógeno es usado por las plantas para producir hojas y mantener un buen color verde, además interviene en la división celular y en muchos otros procesos, como la producción de clorofila, sin la cual la fotosíntesis no se puede llevar a cabo. Cuando una planta tiene deficiencia de nitrógeno, esta se presenta comúnmente en forma de clorosis. Es muy sencillo de identificar si la planta no puede producir clorofila en las cantidades adecuadas debido a la falta de nitrógeno, sus hojas se tornan amarillas, y comienzan a perder el pigmento verde

Potasio

El potasio es un nutriente esencial para las plantas, ya que es absorbido por estas en grandes cantidades. El potasio mejora los rendimientos y la calidad de los cultivos de diversas maneras. Por ejemplo, aumenta el contenido de azúcar en las frutas, el tamaño de las frutas en hortalizas, el contenido de proteínas en los cereales, ayuda a mantener una vida útil más larga de la cosecha, mejora la resistencia de las plantas a las enfermedades, a la sequía y más. En general, el potasio ayuda a las plantas a desarrollar raíces y tallos fuertes, mantener un rápido crecimiento y también permite una buena distribución de los nutrientes y el agua, permitiendo tener plantas más resistentes a plagas y enfermedades.

3. METODOLOGÍA

La figura 1 muestra un diagrama a bloques del proceso de detección de macronutrientes con un sensor NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio), el sistema se compone de una etapa de monitoreo de los nutrientes del suelo, una sección de acondicionamiento de la señal que genera el sensor una vez que detecte los macronutrientes, una etapa de control, una sección de transmisión de señal (Módulo Wifi o bluetooth) y finalmente la sección de procesamiento y visualización de información (Aplicación Móvil).

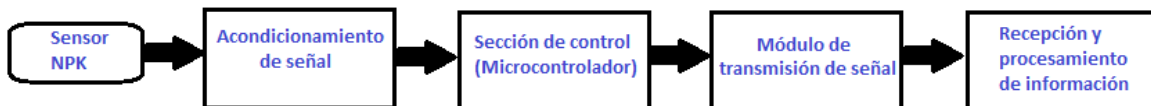


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema de monitoreo de nutrientes

Fuente: Elaboración propia

El sensor NPK proporciona diferentes valores de voltaje según los niveles de macronutrientes detectados, estos niveles se pueden clasificar en alto, medio o bajo según la cantidad de nitrógeno, potasio o fósforo obtenidas de la muestra. La tabla 1 muestra los rangos de operación de voltaje para cada uno de los macronutrientes analizados, el valor de la variable x en la tabla determina el equivalente de voltaje necesario para clasificar el macronutriente en los tres diferentes niveles [9].

Tabla 1. Rango de valores de voltaje para macronutrientes

Nutriente	Valor de Voltaje		
	Bajo(V)	Medio(V)	Alto (V)
Nitrógeno	$3.5 < x < 3.8$	$3.8 < x < 4.1$	$x > 4.2$
Fósforo	$2.45 < x < 2.8$	$2.9 < x < 3.3$	$x > 3.4$
Potasio	$1.6 < x < 2.2$	$2.3 < x < 2.8$	$x > 2.9$

Fuente: Elaboración propia adaptada de [9]

Con la definición del rango de valores de voltaje para los macronutrientes es posible clasificar y ordenar la información del sensor en la sección de control donde a través de un microcontrolador es procesada y transmitida a la aplicación móvil con el uso de un módulo de transmisión de señales Wifi o bluetooth según elección de usuario. La información recibida en la aplicación móvil indica al usuario el estado de los macronutrientes en la muestra de suelo que se analiza. Los resultados obtenidos de niveles bajos, medios o altos de macronutrientes se procesan en relación a los valores determinados en la tabla 1.

Una muestra de suelo como tal no suele ser suficiente para obtener una medición confiable, la selección de una técnica de muestreo depende mucho de las condiciones del sitio al cual se le realizará el estudio, la accesibilidad al sitio, así como también, la calidad y cantidad de las muestras que se tomaran [10], para el sistema propuesto es recomendable la toma de al menos cuatro mediciones para garantizar la confiabilidad de la lectura, para la linealizar estas mediciones se utiliza la técnica de calibración de puntos múltiples planteada en la ecuación número 1 [11].

$$y = sx + h \tag{1}$$

donde, s es el factor de escala y h el valor de entrada requerido para producir una lectura en referencia a cero, se asume que existen n valores para los puntos de calibración (x_i, y_i), de tal forma que:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} y_i \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 - \sum_{i=1}^{i=n} x_i \sum_{i=1}^{i=n} x_i y_i}{\Omega} \tag{2}$$

$$s = \frac{n \sum_{i=1}^{i=n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{i=n} x_i \sum_{i=1}^{i=n} y_i}{\Omega} \tag{3}$$

donde,

$$\Omega = n \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 - \sum_{i=1}^{i=n} x_i \sum_{i=1}^{i=n} y_i \tag{4}$$

El desglose de la ecuación (1) puede programarse directamente en la sección de control (microcontrolador), pero la aplicación móvil dependería del módulo físicamente para obtener una medición calibrada y si se requiere el uso de otros dispositivos electrónicos o sensores NPK, la aplicación no podría desplegar mediciones confiables, por tal, la ecuación de calibración se programa directamente en el mismo desarrollo de la aplicación que es programada en KOTLIN, el cual es lenguaje de programación de código abierto orientado a objetos, de esta forma la calibración de las mediciones dependerá directamente del procesamiento que realice la misma aplicación móvil. La tabla 2 muestra una sección significativa del código implementado en kotlin para ejecutar el algoritmo de la ecuación (1).

Tabla 2. Sección de código en Kotlin para algoritmo de calibración de puntos múltiples

```

//Asignar arreglos
var xi_arreglo :ArrayList<Double> = arrayListOf<Double>()
var yi_arreglo :ArrayList<Double> = arrayListOf<Double>()

for (i in 1 ..(numPoints)){
    print ("Valor de x $i: ")
    aux_xi = readLine()!!.toDouble()
    print ("Valor de y $i: ")
    aux_yi = readLine()!!.toDouble()
    println ("")

    xi_arreglo.add(aux_xi)
    yi_arreglo.add(aux_yi)
}

//FUNCIONES
//Todos los valores de xi
fun XI ():Double {
    i = 0
    for(i in 0..(numPoints-1)){
        xi_a = xi_arreglo[i] + xi_a
    }
    return xi_a
}

```

Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

La configuración del dispositivo de medición de macronutrientes el cual se conecta vía inalámbrica a la aplicación móvil se muestra en la figura 2, en este esquema se integra el sensor tipo NPK el cual envía la señal de monitoreo del macronutriente al módulo Max485 que a su vez es utilizado para establecer una comunicación serial de los datos obtenidos directamente del sensor, el módulo de comunicación serial se conecta directamente a una etapa de control la cual esta básicamente integrada por un módulo microcontrolador (Arduino Nano) donde se realiza el acondicionamiento de señal donde una vez cumplido los parámetros de señal requeridos transmite los datos a través de un módulo de comunicación inalámbrica (ESP 32) para finalmente ser recibidos por la aplicación móvil (EverGreen).

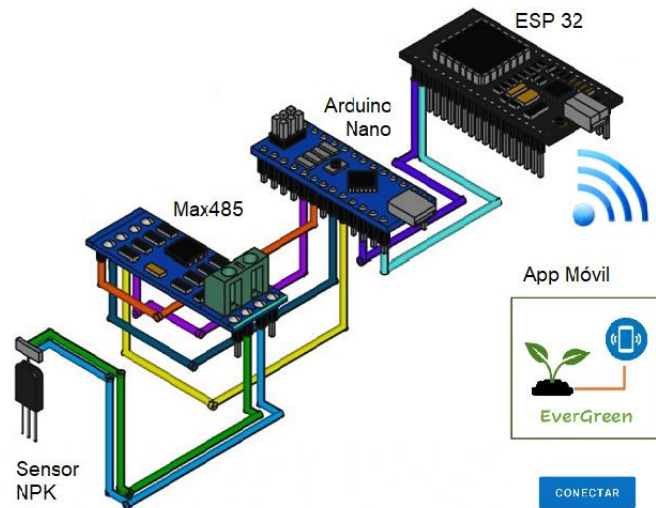


Figura 2. Configuración del sistema de monitoreo de macronutrientes
Fuente: Elaboración propia

En el marco teórico se menciona que el monitoreo de una sola muestra no suele ser suficiente para obtener una medición confiable, por lo que al menos de 4 a 6 muestras en diferentes instantes de tiempo o en diferentes áreas cercanas alrededor de la planta deben tomarse en cuenta para el valor final de la medición; del algoritmo planteado en la ecuación (1) se procesan los valores obtenidos directamente en la aplicación móvil con las diferentes tomas de muestras, en este caso se ejemplifica de forma general para todos los macronutrientes, los resultados del punto de calibración final para mostrar la medición en la aplicación móvil se muestran en la figura 3.

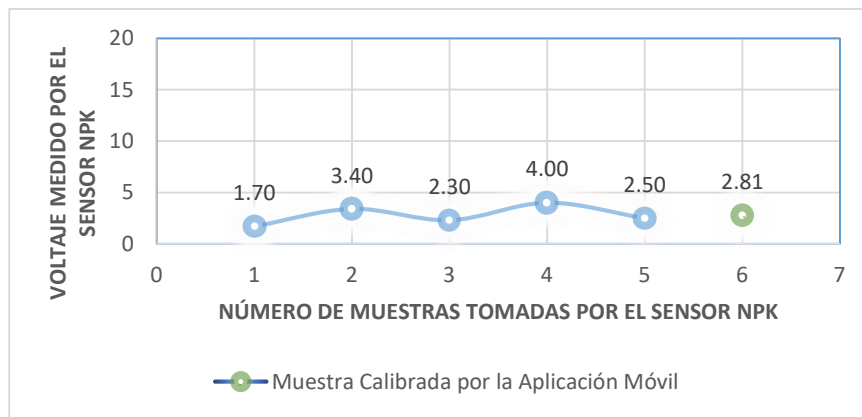


Figura 3. Punto de calibración calcado por la Aplicación Móvil
Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Las plantas son muy importantes para la vida en general ya que proveen al mundo de oxígeno y alimentos, pero debido a la industrialización de los alimentos, estos están siendo alterados para que se conserven en buen

estado por más tiempo y aumentar la producción de estos; una aplicación móvil para el monitoreo de macronutrientes en huertos o zonas agrícolas es una herramienta de gran ayuda para las personas que desean producir alimentos a pequeña o mediana escala evitando el uso de fertilizantes químicos, así mismo para pequeños productores y microempresas agrícolas cuyo acceso a la tecnología para incrementar su productividad es relativamente limitada por factores económicos, este tipo de herramienta tecnológica les proporciona información precisa y rápida de la calidad y cantidad de macronutrientes presentes en el suelo.

En lo que respecta al desarrollo tecnológico de la aplicación, la medición de las muestras se realizan a través del proceso de calibración multipunto utilizado con el algoritmo planteado en las ecuaciones propuestas en esta investigación, esto deriva la toma de varias muestras cuya información será procesada directamente en la aplicación móvil codificada en lenguaje de programación Kotlin para finalmente obtener una lectura óptima del nivel de macronutriente presente en la zona de muestras seleccionadas.

REFERENCIAS

- [1] M. C. Díaz y A. Glaves, "Relación entre consumo de alimentos procesados, ultraprocesados y riesgo de cáncer: una revisión sistemática", *Revista chilena de nutrición*, vol. 47, n.º 5, pp. 808–821, septiembre de 2020. Consultado el 21 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182020000500808&script=sci_arttext
- [2] Forbes Staff. "Dieta de mexicanos, con 60% de alimentos procesados". *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/dieta-de-mexicanos-con-60-de-alimentos-procesados/> (consultado el 15 de junio de 2022).
- [3] F. D. Gutiérrez Abaunza, "Huertos Urbanos", *Revista B33 Arquitectura*, n.º 4, noviembre de 2019. Consultado el 21 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/B33/article/view/2018/1570>
- [4] D. E. Armienta Moreno, C. Keck, B. G. Ferguson y A. Saldivar Moreno, "Huertos escolares como espacios para el cultivo de relaciones", *Innovación educativa (México, DF)*, vol. 19, n.º 80, pp. 161–178, 2019. Consultado el 21 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v19n80/1665-2673-ie-19-80-161.pdf>
- [5] FERTILAB LABORATORIO AGRICOLA. "Manual de Muestreo". https://www.fertilab.com.mx/new/documentos/Manual_de_Muestreo.pdf (consultado el 23 de junio de 2022).
- [6] L. Betancourt López, "Alimentos ¿fuentes de nutrientes o de elementos nocivos? Seguridad alimentaria y nutrición animal", *Revista de la Universidad de La Salle*, vol. 2004, n.º 37, enero de 2004, art. n.º 10. Consultado el 23 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.19052/0120-6877>
- [7] L. Cortés Cortés, "La alimentación saludable en los alumnos", *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, vol. 9, n.º 17, pp. 9–12, 2021. Consultado el 23 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/6626/7532>
- [8] M. Rodríguez S y V. J. Flores R, "ELEMENTOS ESENCIALES Y BENEFICIOSOS", *Repositorio Institucional de la Universidad de Almería (Spain)*, pp. 25–36, 2004. Consultado el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>
- [9] M. Masrie, M. S. Aizuddin Rosman, R. Sam y Z. Janin, "Detection of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium (NPK) nutrients of soil using Optical Transducer", *Proc. of the 4th IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)*, noviembre de 2017. Consultado el 30 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/323710446_Detection_of_nitrogen_phosphorus_and_potassium_NPK_nutrients_of_soil_using_optical_transducer
- [10] Johann. A. Meneses. Vidal. y Simón A. Urrutia Quirá., "Desarrollo de una red de sensores para monitoreo de macronutrientes primarios para cultivo de café aplicado a un caso de estudio en Tecnicafé", *Ingeniero Electrónico, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popoyán, Colombia*, 2021. Consultado el 1 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uniautonomia.edu.co/bitstream/handle/123456789/661/T%20E-M%20082%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] K. James, *PC Interfacing and Data Acquisition*. Woburn, Ma: Newnes, 2000.

Correo de autor: miguel.munoz@cbtis21.edu.mx