

# Blockchain en el origen y final del cultivo para garantizar la seguridad alimentaria

---

**José Antonio Álvarez Bermejo. Doctor en Ingeniería Informática. Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Informática de la Universidad de Almería. Categorías, computación y teoría de anillos (FQM-211).**

**Alfonso Salinas Castillo. Doctor en Química. Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Química Analítica de la Universidad de Granada. Espectrometría Analítica (FQM-118), ECSens.**

**Encarnación Castillo Morales. Doctora en Ingeniería Electrónica. Profesora Titular de Universidad en el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores. Digital Techniques, Técnicas Digitales (TIC-127).**

**Diego Pedro Morales Santos. Doctor en Ingeniería Electrónica. Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores. Biochemistry and Electronics as Sensing Technologies (BEST)**

**Rosa de Nazaret Pérez Giménez. Ingeniera Agrónoma. Investigadora. Sostenibilidad de sistemas protegidos hortícolas y ornamentales (AGR-242).**

Cada vez más se busca certificar la calidad de la producción. Tradicionalmente los sistemas de trazabilidad han supuesto una dificultad al proceso de control y seguimiento dada su heterogeneidad. Impidiendo el acceso a una información útil, desde el punto de vista del usuario final. Además de esto, los sistemas actuales también fallan al proporcionar al usuario final información sobre el estado real del alimento a consumir (IV gama, V gama, producto fresco, etc). Este trabajo dota de fiabilidad a los datos de los sensores agro inyectados a la “business logic” y de información del estado real del producto. Con lo que el consumidor tiene acceso a toda la información de trazado y estado real del producto. Para tal fin se desarrolla todo sobre blockchain y un sensor dinámico propio.

## Introducción

Blockchain es un término que desde hace un tiempo resuena con frecuencia en contextos tecnológicos y cada vez más no tecnológicos. Cuando se refiere el término blockchain a menudo se relaciona con criptomonedas (Bitcoin, Ethereum, etc.) y por eso puede hacerse difícil entender, a priori, la relación con el sector agro. Pero cuando se aclara que Blockchain o en su definición más general DLT (*Distributed Ledger Technology*) es una solución que permite de manera prácticamente segura el data sharing (den Heuvel, R. V., Wetering, R. V. D., Kruidhof, O., Bos, R., & Trienekens, J. (2021)), puede entenderse como un repositorio que permite a varias fuentes (puede limitarse su acceso) contribuir información que será legitimada por el resto de miembros con acceso y accesible, si así se acuerda, por cualquiera. Además, dada la naturaleza criptográfica que lo sustenta (árboles de merkle) la información permanecerá inmutable.



### **¿Cuál está siendo la principal aplicación de los DLT en el sector agro?**

Están sirviendo como herramienta para eliminar los diferentes sistemas de trazado que existen en todo el proceso que interviene desde el campo hasta los retailers (y ahí acaba), Durrant, A., Markovic, M., Matthews, D., May, D., Leontidis, G., & Enright, J. (2021). Hasta ahora seguir todo el histórico de un alimento suponía tratar de seguir su pista a través de los sistemas de trazado que cada participante, en la cadena de valor, tenía. Ahora, todos desde el productor hasta la superficie comercial, comparten el repositorio de información (DLT), ejemplos cercanos son FoodTrust de IBM y que implica a Carrefour (Kshetri, N. (2019)).

Por tanto, el retailer puede acceder a toda la información de quienes han contribuido a que ese producto esté en sus lineales. Hoy día, realmente, ya no hay novedad en usar un DLT como sistema de trazabilidad o repositorio de información a la que se suele acceder a través de una etiqueta (código bidi, QR, etc.). Es evidente que la utilidad de un DLT para trazar el alimento es un valor añadido. Pero hoy día, se puede aportar aún más valor. Los productos que hay en los lineales (supermercados) tienen esa información (procedencia, envasado, número globalGAP...) que son difíciles de leer por el usuario final, y esto es un problema que viene de muy atrás por ejemplo en Declerck, F., & Fourcadet, O. (2009) se especifica la dificultad que implica para el usuario final leer y entender las etiquetas nutricionales. Pero además los productos tienen información que afecta tanto a la sostenibilidad como a la salud: esto es la fecha de caducidad. Es decir, una bolsa de ensalada, por ejemplo, tiene la trazabilidad y además la fecha de caducidad. Y es en este aspecto donde el desarrollo de nuestra etiqueta para dar valor añadido a la información almacenada en el DLT alcanza su verdadera utilidad, tanto en productos frescos como en cuarta y quinta gama.

En resumen, el uso de un DLT donde todos los actores puedan almacenar la información que afecta al tratamiento y producción del alimento, solventa la fragmentación en los sistemas de trazabilidad. Por otro lado, incorporar un código (QR) con el que el consumidor sea capaz de, usando su móvil, acceder de manera sencilla a la información de trazabilidad es otro avance importante, pero ya muy desarrollado desde 2018 (Jabbar, S., Lloyd, H., Hammoudeh, M., Adebisi, B., & Raza, U. (2021), Subramanian, N., Chaudhuri, A., & Kayikci, Y. (2020)). Este trabajo presenta, descriptivamente cómo hemos desarrollado un sensor basado en la aplicación de química y la modificación del sistema de corrección de errores (Reed Solomon) de códigos QR para poder obtener información sobre el estado del producto en cada momento, esta información se añade al DLT cada vez que un consumidor la consulta (ver Figura 1).

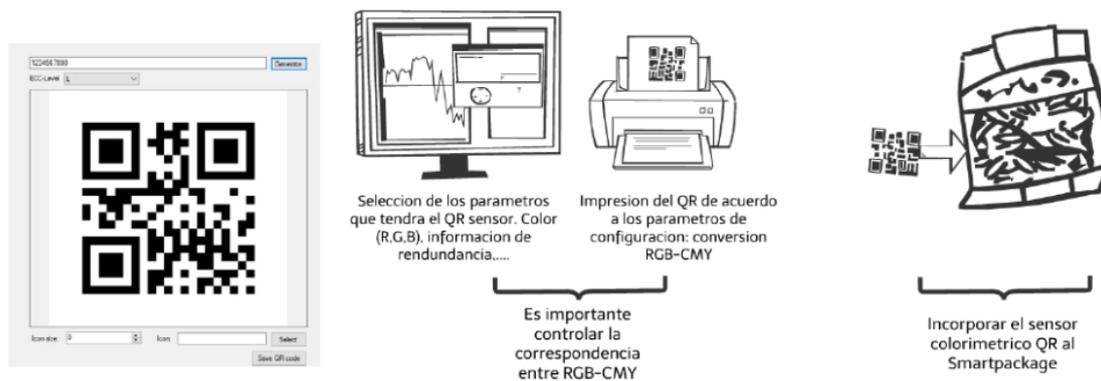


Figura 1. Construcción y uso del sensor QR.

## ¿Qué problema existe con el actual sistema de trazado, aunque incorpore la tecnología DLT o blockchain, y con la fecha de caducidad?

**Trazado:** Hay dos problemas, (1) cada empresa usa el suyo, por tanto son difíciles de interconectar. (2) Es difícil de leer por el usuario final.

**Fecha de caducidad:** La fecha de caducidad no indica si el alimento está o no está en buen estado. Es una fecha estimada. Con una fecha de caducidad dinámica podríamos evitar tirar comida que está en perfectas condiciones todavía. Además, se le da garantía al consumidor de que lo que está comprando está en perfectas condiciones (haya vencido o no la fecha de caducidad). Por lo que una etiqueta así ayuda a la sostenibilidad del sistema.

### MÉTODO: Aplicación de nuestro sensor QR

Los avances están respaldados por una patente (**WO2021123483A1**) y varias publicaciones en revistas científicas de impacto.

Nuestro trabajo de investigación y por tanto la innovación en el sector agro en lo que se refiere a blockchain (DLT) se centra en el origen de la cadena de valor y en el final de la misma.

(a) **El origen:** Aseguramos que los datos que recogen los sensores desplegados en las zonas de cosecha envíen datos correctos. Usamos blockchain ligeros para federar / agrupar sensores y controlar que sólo los sensores autorizados puedan enviar datos (Haro-Olmo, F.J., Alvarez-Bermejo, J.A., Varela-Vaca, A.J. (2021)), además hemos

construido modelos que nos permiten comprobar si los sensores funcionan correctamente y por tanto los datos -que luego se usarán para tomar decisiones sobre la cosecha- son correctos (de Haro-Olmo, FJ, Valencia-Parra, Á, Varela-Vaca, ÁJ, Álvarez-Bermejo, JA. (2021)).

Y (b) **en el final**: Ser capaces de que la marca que pone su imagen en manos del retailer reciba información sobre la calidad de sus productos o de que el potencial consumidor sepa que lo que va a consumir está en perfectas condiciones, o contribuir a que -incluso pasada la fecha de caducidad- el alimento no se tire a la basura contribuyendo a la sostenibilidad (ver Figura 2). Son algunas de las contribuciones directas de nuestra etiqueta dinámica para potenciar un uso responsable y seguro de alimentos empacutados (Smart packaging).



Figura 2. Realimentación de la información de trazabilidad.

El proceso es complejo, en cuanto a ingeniería, pero se puede resumir fácilmente: como se puede ver en figura 2, el usuario recupera usando un QR información sobre el producto (trazabilidad) pero además también recupera el estado “actual” del alimento. Y se aprovecha esta lectura para recuperar y enviar a origen datos (cumpliendo con la RGPD) como: localización, etc... Es decir, se tienen localizados los productos y su estado actual. Toda esta información contribuye al DLT de trazabilidad que usan las productoras. Si el usuario lo autoriza, cualquier incidencia con los productos consultados, le será comunicada.

## Resultados

Hemos extendido la codificación y decodificación de información en códigos bidi, QR, etc. Hemos añadido la capacidad de que aparezca información sobre el código colocado en zonas estratégicas de fases sensoras. Es decir, una capa química que se activa (se colorea) cuando, por ejemplo, hay CO2 en una bolsa de ensalada (indicando que el producto está ya en mal estado). De modo que aunque su fecha de caducidad no haya llegado, sabremos que ese producto no debe consumirse. ¿Cómo lo sabremos? Pues porque al leer el código aparecen errores en las zonas que están controladas (si aparece en la zona X, es CO2. Si aparece en la zona Y, es tanino etc.). Tal es así que decodificando la información sabremos qué está afectando a la calidad del producto. Se pueden incluir varios factores. Esta información no oculta la información de traza tradicional que ofrece el código:

(a) Si el usuario lee el código y el producto está en condiciones, entonces, el lector lee el QR (como no se han activado “fases sensoras”) y recupera la información de trazabilidad.

(b) Si el producto está en mal estado, al leer el código QR se detectarán áreas que se han activado. Éstas se interpretan. Hecha la interpretación se accede a la información de trazabilidad.

(c) En las etapas de codificación y decodificación incorporamos puntos ocultos que determinan que el código QR es legítimo y no se está impersonando.

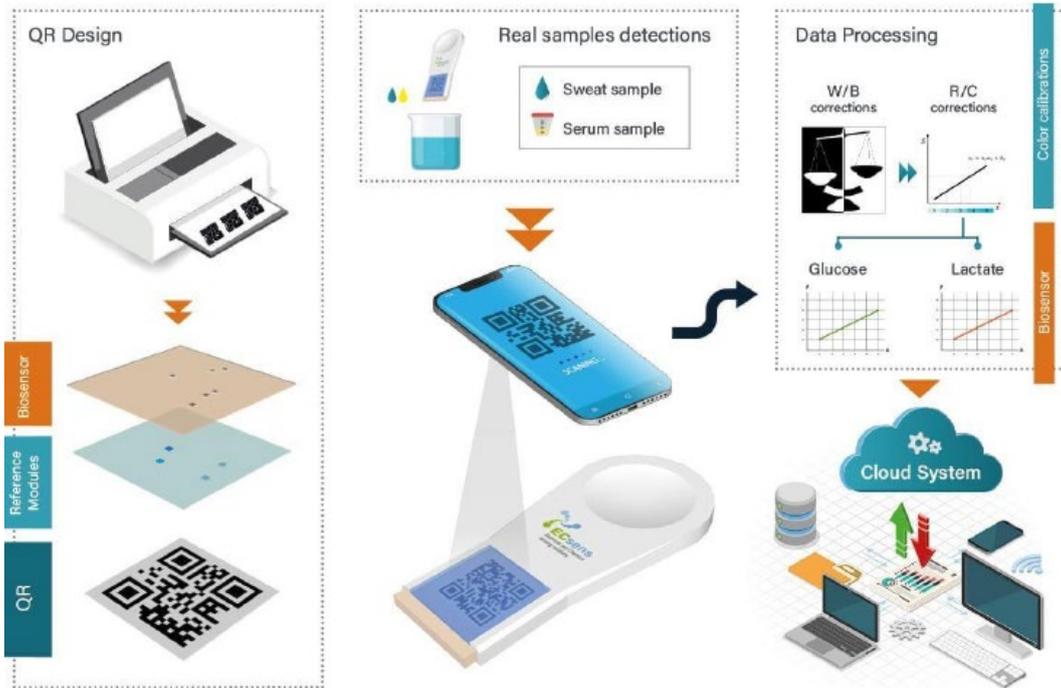


Figura 3. Descripción del sistema. Aplicación en la detección de glucosa.

La información dinámica, extraída del QR se añade al DLT de trazabilidad, donde futuros consumidores, retailer y productores pueden seguir aspectos como el estado de conservación de sus productos y el impacto sobre su imagen, alertas de seguridad alimentaria, etc.

## BIBLIOGRAFIA

Declerck, F., & Fourcadet, O. (2009). *Building Trust with Organic Food: The Case of Organic Eggs* (No. 1017-2016-81599, pp. 239-244).

de Haro-Olmo, F.J, Valencia-Parra, Á, Varela-Vaca, ÁJ, Álvarez-Bermejo, JA. *Data curation in the Internet of Things: A decision model approach. Comp and Math Methods.* 2021; 3(6):e1191.

den Heuvel, R. V., Wetering, R. V. D., Kruidhof, O., Bos, R., & Trienekens, J. (2021). *How Distributed Ledger Technology Can Influence Trust Improving Data Sharing in Collaborative Networks. In Exploring Innovation in a Digital World* (pp. 62-76). Springer, Cham.

Durrant, A., Markovic, M., Matthews, D., May, D., Leontidis, G., & Enright, J. (2021). *How might technology rise to the challenge of data sharing in agri-food?. Global Food Security,* 28, 100493.

Haro-Olmo, F.J., Alvarez-Bermejo, J.A., Varela-Vaca, A.J. et al. *Blockchain-based federation of wireless sensor nodes. J Supercomput* 77, 7879–7891 (2021).

Jabbar, S., Lloyd, H., Hammoudeh, M., Adebisi, B., & Raza, U. (2021). *Blockchain-enabled supply chain: analysis, challenges, and future directions. Multimedia systems,* 27(4), 787-806.

Kshetri, N. (2019). *Blockchain and the economics of food safety. It Professional,* 21(3), 63-66.

Subramanian, N., Chaudhuri, A., & Kayikci, Y. (2020). *Blockchain applications in food supply chain. In Blockchain and supply chain logistics* (pp. 21-29). Palgrave Pivot, Cham.