



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

SISTEMA DE MADURACIÓN DE FRUTAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE ARDUINO

**FRUIT RIPENING SYSTEM THROUGH
THE IMPLEMENTATION OF ARDUINO**

Pedro José Ascencio Bello

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Severino Feliciano Morales

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Roberto Aranda Benito

Universidad Autónoma de Guerrero, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i6.15445

Sistema de Maduración de frutas Mediante la Implementación de Arduino

Pedro José Ascencio Bello¹

peterasbe@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-9936-1921>

Facultad de Ingeniería

Universidad Autónoma de Guerrero

México

Severino Feliciano Morales

09552@uagro.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3257-002X>

Facultad de Ingeniería

Universidad Autónoma de Guerrero

México

Roberto Aranda Benito

15516@uagro.mx

<https://orcid.org/0009-0003-0722-9940>

Facultad de Ingeniería

Universidad Autónoma de Guerrero

México

RESUMEN

Los agricultores mexicanos, expertos en siembra y cosecha, enfrentan el desafío de la maduración. El carburo de calcio, método tradicional, aunque rápido, es riesgoso para la salud. Para solventar esto, se propone un sistema de maduración de frutas basado en Arduino. Este sistema, mediante una resistencia de calor controlada por Arduino, regula la temperatura y humedad dentro de una caja donde se coloca la fruta. Reemplaza al carburo de calcio, ofreciendo un proceso más seguro y eficiente. El proyecto beneficia a agricultores de bajos recursos, permitiéndoles madurar sus frutas de forma rápida y segura, reduciendo pérdidas económicas y mejorando la calidad de vida.

Palabras Clave: maduración, frutas, Arduino, agricultores, México

¹ Autor Principal

Correspondencia: 09552@uagro.mx

Fruit Ripening System Through the Implementation of Arduino

ABSTRACT

Mexican farmers, experts in planting and harvesting, face the challenge of ripening. Calcium carbide, a traditional method, although fast, is risky for health. To solve this, an Arduino-based fruit ripening system is proposed. This system, through a heat resistance controlled by Arduino, regulates the temperature and humidity inside a box where the fruit is placed. Replaces calcium carbide, offering a safer and more efficient process. The project benefits low-income farmers, allowing them to ripen their fruits quickly and safely, reducing economic losses and improving quality of life.

Keywords: ripening, fruits, Arduino, farmers, Mexico

Artículo recibido 17 octubre 2024

Aceptado para publicación: 20 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

En México existen distintas maneras de madurar frutas, algunas son muy caras, otra muy baratas, pero cada una tiene sus pros y sus contras, por ejemplo: no cualquiera puede acceder a las formas más caras de maduración y en las formas baratas de maduración por lo regular se utilizan productos químicos no-naturales (que no procede de la fruta).

Las empresas grandes, por ejemplo, utilizan almacenes enormes para la postcosecha, en donde además de servirles como almacén también sirve como cámara para madurar las frutas y en cuestión de días ya tienen un producto listo para la venta. También existen cámaras de maduración que se instalan en un cuarto entero en una casa o en una granja donde se lleva a cabo el proceso de maduración, esta cámara permite tener grandes volúmenes de frutas dentro de ella, tal vez no como un almacén de una gran empresa, pero si para la cosecha obtenida en sus huertas.

Por otro lado, tenemos el sistema tradicional para madurar frutas que utilizan los agricultores independientes con escasos recursos, en el cual meten la fruta cosechada en una caja transportadora totalmente cerrada de frutas o pollo y ahí mismo maduran sus frutas poniendo en la base de la caja “carburo de silicio”, que al hacer reacción con un poco de agua, este produce mucho calor, también se tapa por completo la fruta con papel periódico, este también es un acelerador de la maduración gracias a que puede contener el etileno emitido por la fruta que es una de las razones de la maduración natural de la fruta.

Y, por último, el proceso de maduración natural, que es el proceso que lleva la fruta por sí misma, ya sea estando aun pegada al árbol o estando despegada de este, es un proceso lento, pero eso hace que se conserve la fruta de la mejor manera posible.

METODOLOGÍA

Enfoque de la investigación

Este estudio adoptará un enfoque mixto que integra tanto elementos cuantitativos como cualitativos para obtener una comprensión integral de los métodos de maduración de frutas en México para poder ayudar a mejorar la producción de frutas al crear un nuevo tipo de método.



Tipo de investigación

La investigación será principalmente descriptiva y teórica, con un énfasis en comprender los diferentes métodos de maduración de frutas utilizados en México, sus ventajas, desventajas y efectos en la calidad de las frutas, así como la implementación de un nuevo método teórico mucho mas tecnológico, asequible y en teoría, fácil de producir.

Diseño del estudio

Se llevará a cabo un diseño observacional a base de lectura de artículos y entrevistas a agricultores locales que implicará la observación directa de los procesos de maduración de frutas en diferentes contextos, desde grandes empresas hasta agricultores independientes. Se utilizará un enfoque longitudinal para capturar los cambios a lo largo del tiempo en la maduración de frutas y notar si hay mejoras con respecto a la maduración artificial con Arduino.

Población y muestra

La población objetivo incluirá empresas agrícolas, agricultores independientes y consumidores de frutas en México. La muestra será seleccionada de manera estratificada para representar adecuadamente los diferentes métodos de maduración y las regiones geográficas del país.

Técnicas de recolección de datos

Se emplearán múltiples técnicas de recolección de datos, incluyendo entrevistas semiestructuradas con expertos en agricultura y postcosecha, observaciones directas de los procesos de maduración, revisión documental de literatura existente y análisis de datos cuantitativos sobre el consumo de frutas.

Limitaciones

Se reconoce la posibilidad de que algunos agricultores o empresas no estén dispuestos a compartir información confidencial sobre sus procesos de maduración. Además, las condiciones climáticas y geográficas pueden variar, lo que puede influir en los resultados del estudio.

DESARROLLO

Tipos de maduración de frutas en México

Actualmente en México se utilizan distintos tipos de maduración, muchos de estos procesos son llevados a cabo por grandes empresas o por agricultores que cuentan con invernaderos y alguno de estos procesos son llevados a cabo por agricultores con escasos recursos económicos.



Maduración en los cultivos hortofrutícolas

La maduración de la fruta está relacionada con los procesos que se llevan a cabo en la fruta que conlleva a cambios físicos en esta misma como el color, la textura, el tamaño, etc. así como cambios bioquímicos como lo son el aroma, contenido nutrimental, reducción de inhibidores de la maduración, etc. y también conlleva a cambios fisiológicos como lo son el aumento de la respiración, síntesis y liberación de etileno, entre otros. Estos procesos conducen a la formación de un fruto que esté apto para el consumo. También es muy importante tener en cuenta que cada cultivo hortofrutícola (relativo a la huerta, la fruta o los frutales) tiene diferentes procesos de maduración, algunas frutas solo pueden tener una maduración fisiológica o algunas otras solo maduración hortícola o de cosecha y otras de maduración comercial, esto depende también de las necesidades de cada agricultor y/o comprador (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura S.C., 2024).

Madurez fisiológica de la fruta

Este es el estado de desarrollo completo de la fruta, es decir, donde no necesariamente la fruta está lista para su consumo, pero si para otras necesidades agropecuarias, también es donde se ha producido su máximo nivel de crecimiento.

Madurez hortícola o de cosecha

En muchas frutas se podría considerar como una madurez, aunque no coincide con el desarrollo parcial del fruto, a este punto en este tipo de madurez, el producto ya podría cumplir los requisitos para comercializarse mas no para su consumo al 100%.

Maduración por calor

La maduración por calor es el método artificial más utilizado actualmente, es el mismo método que se ocupaba con el carburo de silicio o en las cámaras de maduración. El calor ayuda a la fruta a producir más etileno, lo cual “obliga” a la fruta a madurar rápidamente.

Problemas con los diferentes tipos de maduración

Uno de los mayores problemas de crear o comprar un sistema de maduración artificial de frutas de gama alta es el alto costo que puede llevar adquirir alguno de estos sistemas, por lo que no cualquier agricultor tiene la posibilidad de comprar uno de estos grandes y tecnológicos sistemas, así que se ven obligados a buscar métodos de maduración que sean mucho más baratos y asequibles, entonces por lo regular



buscan algún método que se encuentre dentro de su pueblo o ciudad y aun bajo costo. Muchas veces recurren a productos químicos baratos que puedan acelerar el proceso de maduración, pero muchas veces los agricultores no son conscientes de lo dañino que pueden ser esos productos químicos para la salud (Catalytic Generators, 2021).

En algunos casos, hay agricultores que, si pueden llegar a comprar una cámara de maduración que ocupa el espacio de un cuarto entero de alguna casa o granja, estas cámaras tienden a tener costos altos, pero ese no es el mayor problema, el mayor problema es que para madurar las frutas también ocupan productos químicos que se rocía en el interior de la cámara (Industrial Leridana del Frío S.L, s.f.).

Figura 1. Cámara de maduración para frutas, tales como aguacates, plátanos, papaya, entre otros



(FrioVizcayaFreire, 2021).

Características del proyecto

Este proyecto nació después de haber convivido mucho tiempo con personas de la tercera edad, quienes siempre maduraban sus frutas en una tara (caja cerrada donde se transportaba la fruta) en la cual colocaban en el fondo carburo, éste calentaba a altas temperaturas lo que hacía que la fruta en 24 horas ya estuviera lista para vender. Esto permitió poder observar el proceso completo de este método de maduración, también permitió ver sus grandes desventajas como que olía muy feo y que era un producto muy dañino para la salud. Ahora el carburo está prohibido para su venta en todo México después de hacer varios estudios al producto y determinar que si es dañino como se pensaba. Esto hizo que muchos agricultores de escasos recursos dejaran de vender frutas, pues no podían madurar en sus casas las frutas como lo hacían antes, a bajo costo y rápidamente.

Ahora, los agricultores pequeños se ven obligados a llevar sus frutas a cámaras de maduración que tienden a ser muy caras. Por eso surgió la idea de llevar a cabo este proyecto, que solo viene a sustituir el carburo por un sistema que puede calentar el interior de la tara sin que este sistema afecte la salud del consumidor final, siendo tan eficiente y rápido como lo era el carburo.

Figura 2. Personas acarreado taras con plátanos dentro, listos para ser transportados



(DM Plast Group, s.f.).

Este proyecto consiste en una placa de Arduino que controlará todo un sistema que podrá madurar fruta en tan solo un día, el Arduino regulará la temperatura, el tiempo que estará trabajando el sistema, la humedad y también podrá aumentar el nivel de etileno, el cual ayuda a acelerar la maduración en algunas frutas. En las primeras versiones el agricultor solo meterá la fruta dentro de la tara, tendrá que tapar la tara, colocar el sistema de maduración en un cierto lugar de la tara antes establecido, conectar el sistema la corriente eléctrica, presionar un botón y listo, el sistema estará funcionando por sí solo, ya al terminar el sistema emitirá una alarma auditiva la cual avisará al agricultor que la maduración está lista.

Idea del sistema

En la Figura 3 se encuentra el primero concepto o la primera idea de lo que se planea que sea el sistema general de maduración, se puede observar una caja en la cual se pondrá adentro la fruta que se quiere madurar, también se puede observar que la caja está bien sellada para que no ingrese aire frío al interior y este no interrumpa con el ciclo ya preestablecido en el sistema. También, se cuenta con 2 sensores de temperatura que ayudará al sistema cuando el aire caliente debe pasar al interior y por cuanto tiempo,

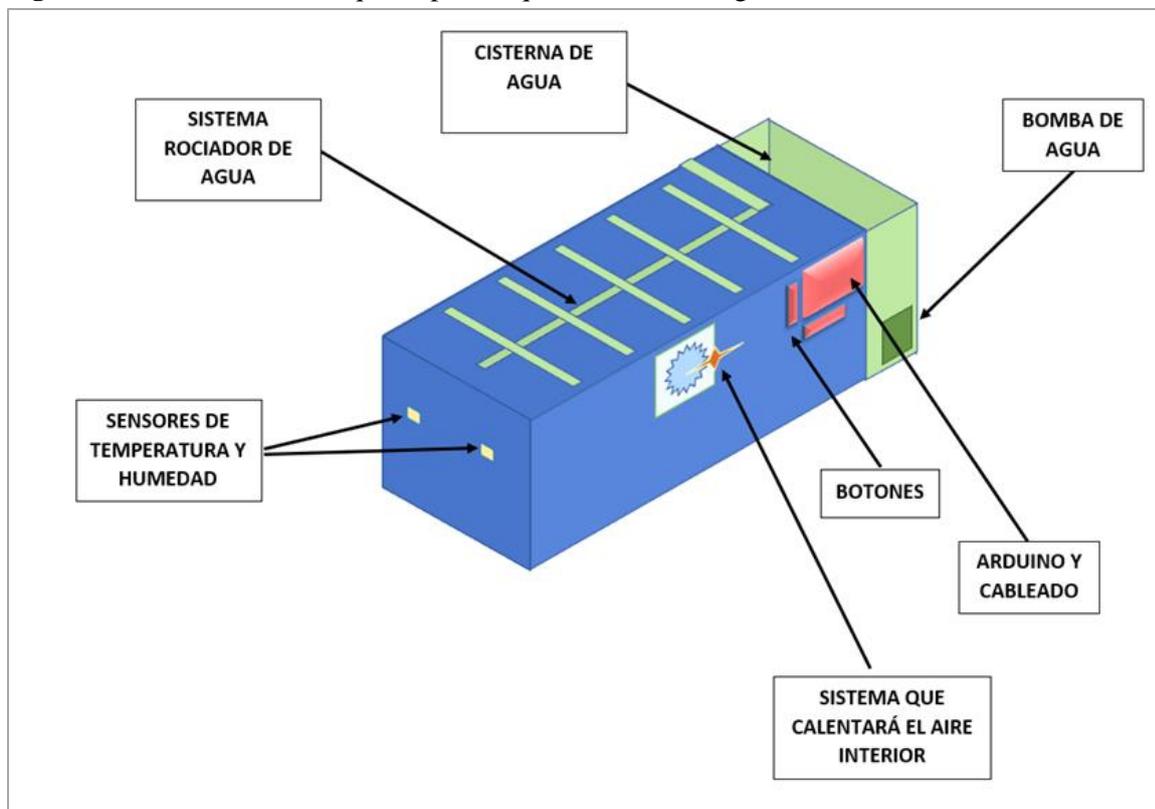
ya que este sistema funcionará por varios ciclos de calentamiento dependiendo del tipo de fruta y de la temperatura que haya tanto en el exterior como en el interior de la caja.

Se contará con un sistema que calentará el aire exterior para el aire frío del exterior llegue caliente al interior de la caja y este pueda ayudar a la fruta a producir más etileno y este madure más rápidamente.

El sistema contará con una pequeña bomba la cual estará suministrando un poco de agua al interior en forma de rocío, esto es para producir mayor cantidad de humedad en el interior si el sistema lo necesite para que la fruta no se queme o sufra de algún otro tipo de desperfecto.

Por último, tenemos el sistema rociador de agua que funciona por medio de una pequeña bomba que es controlada por el Arduino y que lleva el agua que está almacenada en la pequeña cisterna de agua del sistema a pequeñas tuberías que tendrán en su punta un pequeño rociador que hará que las gotas de agua se dispersen dentro de la caja. Este sistema no se utilizará en todos los lugares de México, solo en aquellos donde la humedad sea escasa, esto permitirá que la fruta no se queme o se dañe en el proceso de maduración.

Figura 3. Renderizado de lo que se planea que sea el sistema general de maduración.



Desarrollo del prototipo

Este sistema estará armado con pocos componentes, será relativamente fácil de desarrollar y de transportar. El sistema estará compuesto por:

1. Una caja cerrada (bien sellada) transportadora de frutas.
2. Un microcontrolador Arduino y cableado
3. 2 sensores de temperatura y humedad HT11
4. Botones
5. Bomba de agua
6. Sistema rociador de agua
7. Resistencia de calor y/o una bomba de aire caliente
8. Ventilador de PC (utilizado para enfriar el interior de la caja de la PC donde están todos los componentes)

El Arduino será programado para administrar todos los recursos y hardware utilizado para regular la temperatura en el interior de la caja. Cada fruta requiere de cierta temperatura para madurarse correctamente, este sistema tendrá botones donde se pueda elegir el tipo de fruta que se desea madurar, es por eso que se requiere de mucha programación para que el sistema no falle.

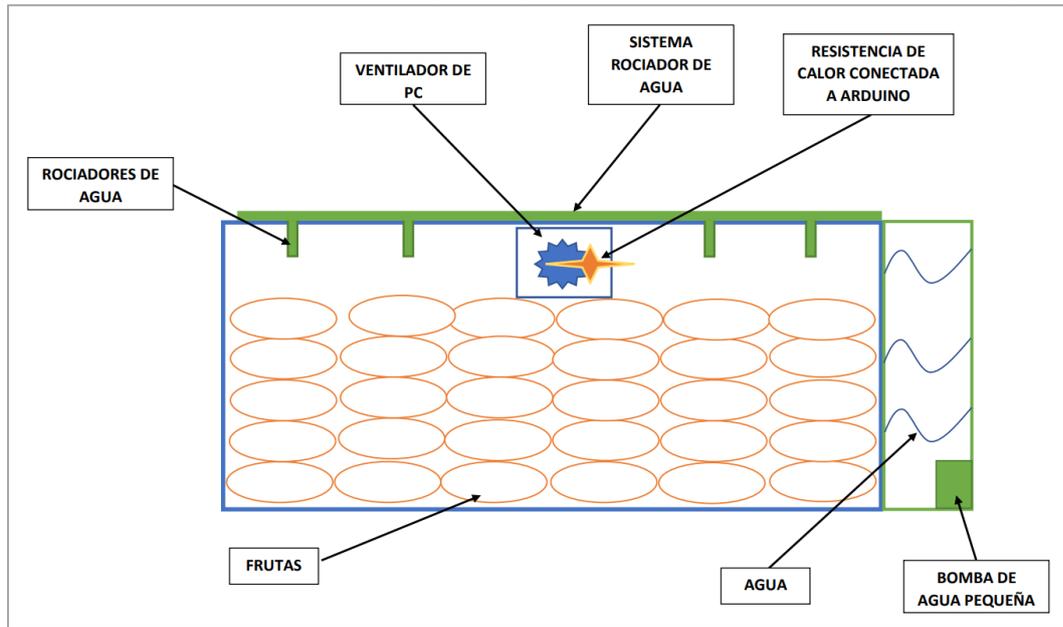
Después de haber sido programado se integrará el sistema en la caja transportadora de frutas para ser probado. Una de las grandes ventajas de este sistema es que podrá ser un sistema portátil, es decir, que se podrá quitar de la caja de frutas, pero esta característica ya depende del usuario, pues a veces es más fácil no mover el cableado del sistema para evitar fallas.

Una vez probando que el sistema esté dando lecturas correctas del interior de la caja entonces se probará poniendo distintos tipos de frutas dentro de la caja, desde papayas, plátano, mango hasta aguacate, nanche y jitomate rojo.

Probando con los diferentes tipos de frutas se podrá mejorar el algoritmo para ampliar el tiempo individual que cada tipo de fruta requiera, esto ayudará a mejorar el método de maduración a consideración de otros ya existentes, pues el sistema se adaptará individualmente a cada fruta para que ésta se mejore de la manera más optimizada.



Figura 4. Renderizado de lo que se planea que sea el sistema general de maduración por dentro.



Portabilidad y eficiencia

Para que el sistema de maduración de frutas sea portátil y eficiente, se pueden considerar las siguientes sugerencias:

1. Diseño compacto y ligero: Asegurarse de que todos los componentes del sistema sean lo más compactos y ligeros posible para facilitar su transporte. Utilizar materiales livianos en la estructura de la caja y reducir el tamaño de los componentes electrónicos.
2. Batería recargable: Integrar una batería recargable de alta capacidad al sistema para eliminar la dependencia de una fuente de alimentación externa. Esto permitirá que el sistema sea autónomo y se pueda utilizar en ubicaciones sin acceso a electricidad.
3. Pantalla y controles intuitivos: Incorporar una pantalla y controles fáciles de usar en la caja del sistema para que los agricultores puedan configurar y monitorear el proceso de maduración de manera sencilla. Esto elimina la necesidad de dispositivos externos para la programación y supervisión.
4. Sensores avanzados: Utilizar sensores de alta precisión para medir la temperatura, la humedad y otros parámetros clave en el interior de la caja. Estos sensores ayudarán a garantizar un control preciso del proceso de maduración.

5. **Conectividad inalámbrica:** Integrar tecnología de conectividad inalámbrica, como Bluetooth o Wi-Fi, para permitir que los agricultores controlen y monitoreen el sistema de forma remota a través de una aplicación móvil. Esto aumentará la comodidad y la eficiencia.
 6. **Aislamiento térmico eficiente:** Mejorar el aislamiento térmico de la caja para reducir la pérdida de calor y minimizar el consumo de energía. El uso de materiales aislantes de alta calidad puede ayudar a mantener una temperatura constante en el interior de la caja.
 7. **Optimización del algoritmo:** Desarrollar un algoritmo de maduración inteligente que pueda adaptarse a diferentes tipos de frutas y condiciones ambientales. Esto permitirá un uso más eficiente de la energía y reducirá el tiempo necesario para la maduración.
 8. **Seguridad alimentaria:** Asegurarse de que el sistema sea seguro para la salud humana y cumpla con las regulaciones de seguridad alimentaria. Evitar el uso de productos químicos dañinos o materiales que puedan contaminar la fruta.
 9. **Capacitación y soporte:** Proporcionar capacitación a los agricultores sobre cómo utilizar y mantener el sistema de manera segura y eficiente. Ofrecer soporte técnico en caso de problemas o preguntas.
- Al implementar estas sugerencias, se puede lograr un sistema de maduración de frutas portátil y eficiente que sea accesible para agricultores con recursos limitados y que contribuya a la mejora de la producción y la calidad de las frutas en México.

Ejemplo de código en Arduino

Este es un ejemplo básico de código en Arduino que se puede utilizar como punto de partida para desarrollar un sistema de maduración de frutas.

Este código se centra en el control de la temperatura y la humedad, así como en la activación de una bomba de agua para mantener la humedad adecuada. Hay que tener en cuenta que este es solo un esbozo y que se necesitará adaptar y expandir según las necesidades específicas y la electrónica que se utilizará a futuro en este proyecto.



Figura 5. Programación en lenguaje de programación C++ para la placa de Arduino

```
1
2
3
4 // #include <DHT.h> // Librería para el sensor DHT
5 #include <liquidCrystal.h> // Librería para la pantalla LCD
6
7 #define DHTPIN 2 // Pin del sensor DHT
8 #define DHTTYPE DHT11 // Tipo de sensor DHT (DHT11, DHT22, AM2302)
9
10 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
11
12 LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7); // Configuración de la pantalla LCD
13
14 const int heatRelayPin = 10; // Pin para el relé de calefacción
15 const int waterPumpPin = 11; // Pin para la bomba de agua
16
17 const float targetTemperature = 25.0; // Temperatura objetivo en grados Celsius
18 const float targetHumidity = 60.0; // Humedad objetivo en porcentaje
19
20 void setup() {
21   pinMode(heatRelayPin, OUTPUT);
22   pinMode(waterPumpPin, OUTPUT);
23
24   dht.begin();
25   lcd.begin(16, 2);
26   lcd.print("Control de Maduracion");
27 }
28
29 void loop() {
30   float temperature = dht.readTemperature();
31   float humidity = dht.readHumidity();
32
33   lcd.setCursor(0, 1);
34   lcd.print("Temp: ");
35   lcd.print(temperature);
36   lcd.print("C Hum: ");
37   lcd.print(humidity);
38   lcd.print("%");
39
40   if (temperature < targetTemperature) {
41     digitalWrite(heatRelayPin, HIGH); // Encender calefacción si es necesario
42   } else {
43     digitalWrite(heatRelayPin, LOW); // Apagar calefacción si la temperatura es suficiente
44   }
45
46   if (humidity < targetHumidity) {
47     digitalWrite(waterPumpPin, HIGH); // Encender bomba de agua si es necesario
48   } else {
49     digitalWrite(waterPumpPin, LOW); // Apagar bomba de agua si la humedad es suficiente
50   }
51
52   delay(1000); // Esperar un segundo antes de la siguiente lectura
53 }
54
```

Este código utiliza un sensor DHT que mide la temperatura y la humedad. Luego, ajusta la calefacción y la bomba de agua según los valores objetivo predefinidos. Se puede conectar un relé a los pines especificados para controlar la calefacción y la bomba de agua en función de las necesidades de temperatura y humedad según la fruta que se va a madurar.



Explicación más detallada del código

Librerías utilizadas: Se utilizan dos librerías en este código: DHT para el sensor de temperatura y humedad DHT y LiquidCrystal para controlar una pantalla LCD.

Definiciones iniciales: DHTPIN y DHTTYPE se utilizan para definir el pin al que está conectado el sensor DHT y el tipo de sensor que será utilizando (DHT11 en este caso). Se crea una instancia de la clase DHT llamada dht para interactuar con el sensor. Se configura una pantalla LCD con la clase LiquidCrystal.

Pines de control: Se definen dos pines digitales (heatRelayPin y waterPumpPin) para controlar un relé conectado a la calefacción y una bomba de agua, respectivamente. También se establecen temperaturas y humedad objetivo (targetTemperature y targetHumidity) que el sistema tratará de mantener.

Configuración inicial: En la función setup(), se configuran los pines como salidas digitales para el relé de calefacción y la bomba de agua. Se inicializa el sensor DHT y se configura la pantalla LCD.

Bucle principal: En la función loop(), el programa entra en un bucle infinito que se ejecuta continuamente.

Medición de temperatura y humedad: Se utiliza el sensor DHT para medir la temperatura y la humedad actual y se almacenan en las variables temperature y humidity.

Actualización de la pantalla LCD: Se utiliza la pantalla LCD para mostrar la temperatura y la humedad actuales en la segunda línea de la pantalla.

Control de la calefacción: El programa verifica si la temperatura actual (temperature) es menor que la temperatura objetivo (targetTemperature). Si es así, activa la calefacción conectando el relé (digitalWrite(heatRelayPin, HIGH)), lo que aumentará la temperatura. Si la temperatura es suficiente, la calefacción se apaga (digitalWrite(heatRelayPin, LOW)).

Control de la bomba de agua: El programa verifica si la humedad actual (humidity) es menor que la humedad objetivo (targetHumidity). Si es así, activa la bomba de agua (digitalWrite(waterPumpPin, HIGH)), lo que aumentará la humedad. Si la humedad es suficiente, la bomba se apaga (digitalWrite(waterPumpPin, LOW)).

Espera: Se introduce una pausa de 1 segundo (delay(1000)) antes de repetir el ciclo para evitar lecturas demasiado frecuentes.



Adiciones extra

Para que este proyecto pueda ser aún más llamativo, se podrían añadir aún más cosas, tales como:

1. **Monitoreo remoto y notificaciones:** Además de la conectividad inalámbrica, incorporar un sistema de monitoreo remoto en tiempo real que permita a los agricultores recibir notificaciones a través de sus dispositivos móviles cuando la maduración esté completa o si se detecta alguna anomalía en el proceso.
2. **Energía solar:** Integrar un panel solar en la caja del sistema para cargar la batería, lo que aumentaría la autonomía del sistema y lo haría más sostenible desde el punto de vista energético.
3. **Aplicación de datos:** Desarrollar una aplicación o plataforma en línea donde los agricultores puedan registrar y almacenar datos sobre sus procesos de maduración, lo que les permitiría llevar un registro histórico y realizar análisis para mejorar la eficiencia a lo largo del tiempo.
4. **Capacidades de expansión:** Diseñar el sistema de manera modular para que los agricultores puedan agregar más unidades o componentes según sus necesidades.
5. **Educación sobre maduración de frutas:** Incluir en el proyecto una iniciativa educativa para capacitar a los agricultores sobre las mejores prácticas de maduración de frutas, promoviendo la adopción responsable y segura de la tecnología.
6. **Investigación continua:** Fomentar la colaboración con instituciones académicas y centros de investigación para realizar estudios y pruebas científicas que respalden la eficacia y la seguridad del sistema, proporcionando datos objetivos a los agricultores.
7. **Integración de energía eficiente:** Explorar opciones para reducir aún más el consumo de energía del sistema, como el uso de tecnologías de bajo consumo y la optimización de los ciclos de funcionamiento.
8. **Apoyo gubernamental:** Buscar el apoyo de entidades gubernamentales y organizaciones agrícolas para promover la adopción de este sistema de maduración de frutas entre los agricultores y facilitar su acceso a través de programas de subsidios o financiamiento.
9. **Colaboración con la industria alimentaria:** Establecer alianzas con empresas de procesamiento de alimentos y distribuidores para garantizar que las frutas maduras con este sistema cumplan con los estándares de calidad y seguridad alimentaria requeridos para su comercialización.



Estas adiciones pueden ayudar a crear un ecosistema más completo en torno al sistema de maduración de frutas, promoviendo su adopción, seguridad y eficiencia en beneficio de los agricultores y los consumidores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, se destaca la amplia gama de métodos utilizados por las empresas de gran escala, que disponen de almacenes y cámaras de maduración especializadas. Estas instalaciones permiten un control preciso de la temperatura y la humedad, acelerando el proceso de maduración y garantizando la uniformidad del producto final. Sin embargo, el acceso a este tipo de tecnología suele estar limitado por su alto costo, lo que excluye a muchos agricultores con recursos limitados. Por otro lado, los agricultores independientes recurren a métodos más rudimentarios, como la maduración en cajas cerradas con carburo de silicio. Aunque esta técnica es económica y efectiva en términos de tiempo, presenta importantes riesgos para la salud y el medio ambiente debido a la liberación de sustancias químicas nocivas. Además, la prohibición del carburo de silicio en México ha dejado a muchos agricultores sin una alternativa viable para madurar sus frutas de manera económica y eficiente.

Desafíos y limitaciones de los métodos tradicionales

El uso extendido de productos químicos en los métodos tradicionales de maduración plantea serias preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la salud pública. La exposición a compuestos químicos nocivos puede tener efectos adversos en agricultores y consumidores, resaltando la necesidad de alternativas más seguras y sostenibles. Además, la falta de acceso a tecnologías avanzadas limita la capacidad de los agricultores para competir y maximizar sus ganancias, lo que obstaculiza el crecimiento económico y la innovación en el sector agrícola.

Desarrollo de un prototipo innovador

Se propone un sistema innovador y accesible de maduración de frutas para agricultores con recursos limitados. Basado en una placa de Arduino, que controla temperatura, humedad y nivel de etileno para acelerar la maduración de manera segura y eficiente. Su diseño compacto y portátil lo hace ideal para entornos rurales y urbanos, permitiendo a los agricultores madurar sus frutas de manera rápida y confiable sin utilizar productos químicos nocivos. Además, al integrar componentes de bajo costo y fácil disponibilidad, el sistema es accesible para agricultores de todos los niveles económicos.



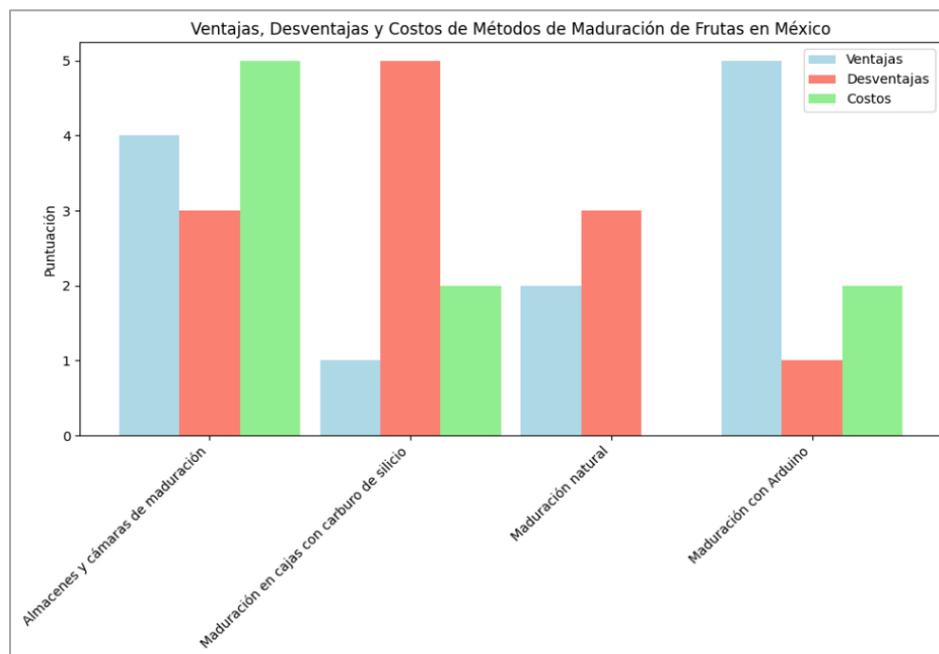
Consideraciones para la implementación y mejora continua

Para garantizar el éxito del sistema de maduración propuesto, es esencial considerar varios aspectos clave. Estos incluyen la capacitación de los agricultores en el uso seguro del sistema, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la colaboración con entidades gubernamentales y privadas para garantizar estándares de calidad y seguridad alimentaria. La investigación continua y la colaboración con la industria alimentaria son igualmente importantes para mejorar el sistema con el tiempo. La integración de tecnologías como la energía solar y la conectividad inalámbrica puede ampliar sus capacidades y aumentar su impacto en la agricultura.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS

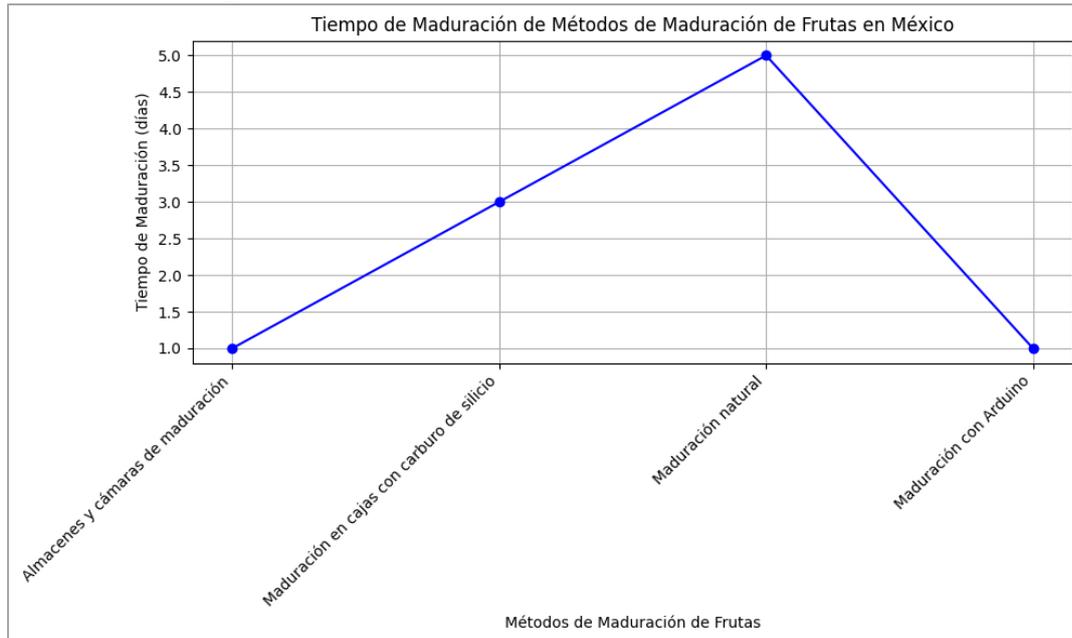
En este apartado, se presentan visualmente los resultados y comparaciones obtenidas en el estudio sobre los métodos de maduración de frutas en México. Las siguientes gráficas y tablas ofrecen una representación clara y concisa de los tiempos de maduración, ventajas, desventajas y costos asociados con cada método de maduración analizado.

Gráfica 1. Ventajas, desventajas y costos



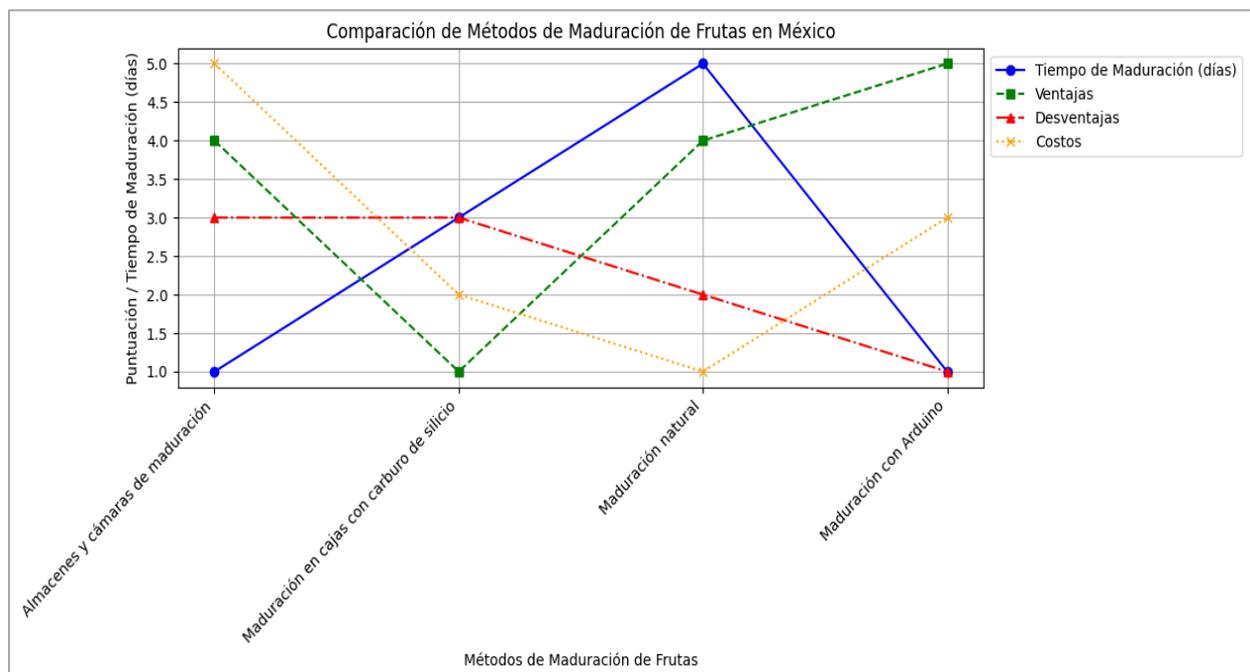
En esta gráfica, se visualizan las puntuaciones de ventajas, desventajas y costos asignadas a cada método de maduración. Cada aspecto se representa con un color diferente, y los métodos se enumeran en el eje horizontal. Las puntuaciones se muestran en el eje vertical, permitiendo una comparación fácil de los diferentes métodos en función de estos criterios.

Grafica 2 de tiempos de maduración



Esta gráfica muestra el tiempo estimado de maduración para diferentes frutas utilizando distintos métodos. Los tiempos (em promedio) de maduración se muestran en el eje vertical (en días) y en horizontal se muestran los métodos de maduración-

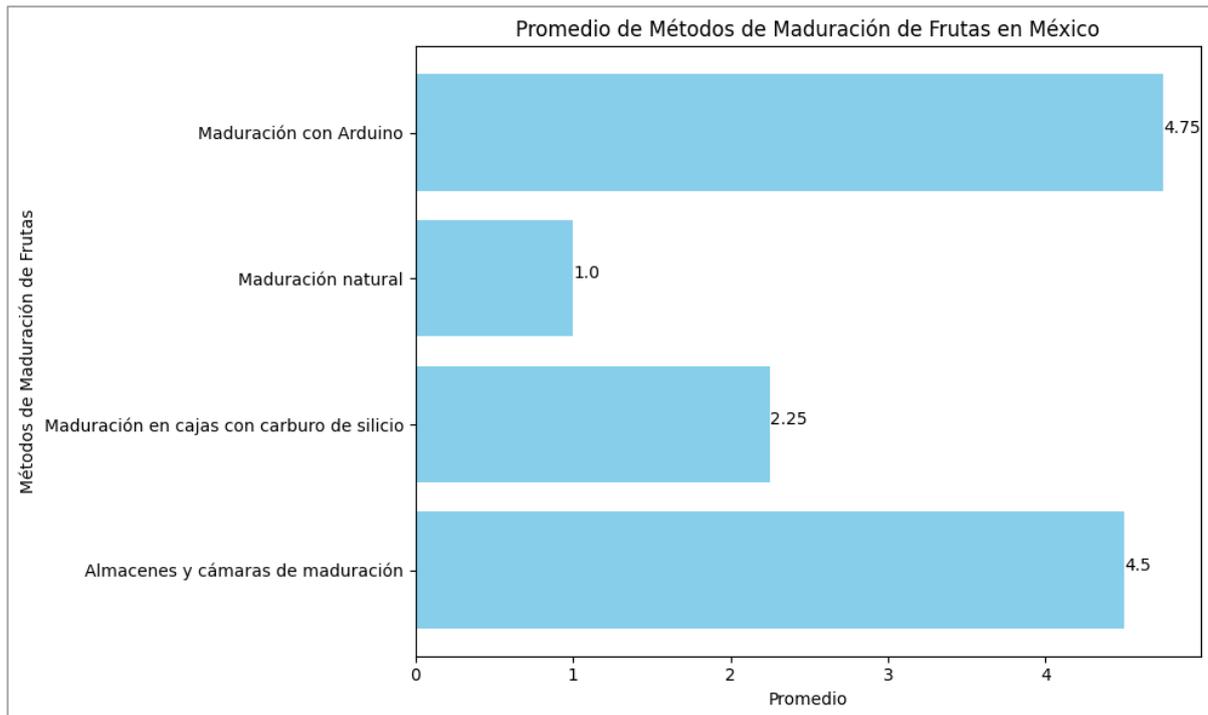
Grafica 3. Todo en uno



En esta grafica se visualizan las puntuaciones de ventajas, desventajas y costos asignadas a cada método de maduración, así como los días en promedio para tener una idea más clara de que la maduración con Arduino sin duda convendría más para los agricultores mexicanos.



Grafica4. De promedio



En esta grafica se visualizan los promedios de cada método de maduración teniendo como referencia la maduración natural que en este caso se le asigno el valor promedio de 1.

CONCLUSIONES

Este artículo proporciona una visión detallada sobre los métodos de maduración de frutas en México y los desafíos que enfrentan los agricultores en este proceso. México es un país con una rica tradición en la producción de frutas, la maduración adecuada de los productos agrícolas es esencial tanto para la calidad de los alimentos como para la rentabilidad de los agricultores. Sin embargo, como se menciona en el artículo, existen múltiples obstáculos en este camino, incluidas las barreras económicas y la preocupación por la seguridad alimentaria.

Uno de los aspectos destacados del artículo es la presentación de un proyecto innovador que busca abordar estos desafíos. Este proyecto se basa en la tecnología, específicamente en el uso de un sistema controlado por Arduino, para acelerar el proceso de maduración de las frutas. El concepto es prometedor, ya que podría ofrecer a los agricultores, especialmente a aquellos con recursos limitados, una alternativa más accesible y eficiente para madurar sus productos.

El sistema propuesto se describe de manera detallada, desde su diseño inicial hasta su desarrollo y las mejoras planeadas. Se destaca la portabilidad como una característica clave, lo que significa que los

agricultores podrían usarlo en ubicaciones sin acceso a electricidad convencional. También se mencionan elementos importantes, como la seguridad alimentaria y la adaptabilidad del sistema a diferentes tipos de frutas y condiciones ambientales.

El artículo no solo se centra en la tecnología en sí, sino que también propone adiciones adicionales que podrían hacer que este proyecto sea aún más completo y atractivo. Estas adiciones incluyen la monitorización remota, la integración de energía solar y la educación agrícola. Estos elementos adicionales no solo mejoran la eficiencia del sistema, sino que también abordan otros aspectos importantes de la producción agrícola, como la gestión de datos y la capacitación de los agricultores.

En última instancia, este artículo muestra cómo la innovación y la tecnología pueden tener un impacto significativo en un sector importante de la economía mexicana: la agricultura. Al abordar los desafíos reales que enfrentan los agricultores, este proyecto no solo tiene el potencial de mejorar la calidad de los alimentos, sino también de mejorar las vidas de quienes trabajan en la industria agrícola. Es un ejemplo alentador de cómo la colaboración entre diferentes sectores y la aplicación creativa de la tecnología pueden conducir a soluciones prácticas y sostenibles que benefician a la sociedad en su conjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agrilogica. (15 de Octubre de 2024). Agrilogica Servicios Agrícolas SL. Recuperado el 27 de Octubre de 2024, de Agrilogica Servicios Agrícolas SL: <https://blog.agrologica.es/control-etileno-maduracion-postcosecha-atmosfera-controlada/>

Carvalho, M., Ribeiro, P., Romão, V., & Cardoso, S. (2021). Smart fingertip sensor for food quality control: fruit maturity assessment. arxiv.

Catalytic Generators. (25 de 02 de 2021). Poscosecha.com. Recuperado el 2 de octubre de 2024, de <https://www.poscosecha.com/catalytic-generators/no-use-carbuo-de-calcio-para-madurar-la-fruta>

Coron, C. C. (13 de Noviembre de 2023). Latinoamerica Vision Magazine. Recuperado el 10 de Octubre de 2024, de Latinoamerica Vision Magazine: https://latinoamerica.visionmagazine.com/2023/11/fruto-de-la-tecnologia/?utm_source=chatgpt.com



- DM Plast Group. (s.f.). Caja Bananera para Plátano. Recuperado el 6 de octubre de 2024, de <https://dmplast.mx/caja-bananera-para-platano/>
- Escobar Figueroa, D., & Roa Guerrero, E. (2016). Sistema de visión artificial para la identificación del estado de madurez de frutas (granadilla). *Redes de Ingeniería*.
- Figueredo-Ávila, G. A., & Ballesteros-Ricaurte, J. A. (2016). Identificación del estado de madurez de las frutas con redes neuronales artificiales. *Ciencia y Agricultura*.
- FrioVizcayaFreire. (5 de julio de 2021). GRUPO BILCOSA. Recuperado el 5 de octubre de 2024, de <https://friovizcaya.com/camaras-de-maduracion-platano-aguacate-bilcosa/>
- Gracia Gil, J. H., Hurtado Clopatosky, S., & Roa Guerrero, E. E. (2024). Tecnologías innovadoras para el manejo de frutales, énfasis en caducifolios, aguacate y frutas tropicales. *El Higo*.
- Industrial Leridana del Frío S.L. (s.f.). Poscosecha.com. Recuperado el 3 de 10 de 2024, de <https://www.poscosecha.com/ilerfred>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura S.C. (2024). Intagri. Recuperado el 1 de octubre de 2024, de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulacion-de-la-maduracion#>
- Instruments, F. (20 de Noviembre de 2023). Poscosecha. Recuperado el 04 de Octubre de 2024, de Poscosecha: <https://www.poscosecha.com/felix-instruments/en-que-consiste-un-programa-de-maduracion-de-frutas>
- Lara Carvajal, A. N., & Ortega Rosas, G. (24 de Junio de 2021). Ciencia UNAM. Recuperado el 04 de Octubre de 2024, de Ciencia UNAM: <https://ciencia.unam.mx/leer/1132/-de-que-depende-la-maduracion-de-los-frutos->
- Martínez-González, M. E., Balois Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. A., & Palomino-Hermosillo, Y. A. (12 de 12 de 2017). Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*.
- Mérida García, J., & Pérez Serratos, M. (2014). Valoración de parámetros físicos, químicos en la maduración artificial de papaya. AMV EDICIONES.
- Orial Almudi, R. M., Val Falcón, J., & Ferrer Mairal, A. (2008). Avances en maduración y post-recolección de frutas y hortalizas (Spanish Edition). Editorial Acribia, S.A.



Rodríguez Ortega, P. G. (26 de Abril de 2022). The Conversation. Recuperado el 03 de Octubre de 2024, de The Conversation: <https://theconversation.com/pierde-dulzor-y-nutrientes-la-fruta-madurada-artificialmente-178359>

