EDITORIAL NAVEGANTE

TECNOLOGÍA DE VISIÓN COMPUTACIONAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA COSECHA DE ACEITUNA

Alberto Enrique Cohaila Barrios
Avelino Godofredo Pari Pinto
Juan Ubaldo Jiménez Castilla



Alberto Enrique Cohaila Barrios
Correo: acohailab@unjbg.edu.pe, acohaila@iespvigil.edu.pe
Perfil: Doctorado en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y MSc. en Automatización e Instrumentación (UNSA-FIPS-Arequipa-Perú), Magister en Computación e Informática (UNJBG-Tacna-Perú), Bachiller e Ingeniero en Electrónica (UPT-Tacna-Perú). Además, posee titulación en Ingeniería de Redes y Telecomunicaciones (UJCM- Moquegua-Perú), Certificación Internacional de Redes CCNA (Cisco Certified Networking Associated) y un Diplomado del Fab Academy 2022, CBA-MIT Graduate Program in Principles and Applications of Digital Fabrication (Massachusetts Institute of Technology, EE.UU.). Actualmente es docente en la UNJBG y el Instituto IES FPGV. Sus líneas de investigación se orientan al Control en tiempo real e inteligente (RNA), Visión Computacional, Procesamiento Digital de Señales e Imágenes, Fabricación Digital y Robótica y Manufactura avanzada.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1815-9904
Afiliación: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG). Instituto de Educación Superior Francisco de Paula Gonzáles Vigil (IES FPGV). Tacna, Perú.

Avelino Godofredo Pari Pinto
Correo: aparip@unjbg.edu.pe
Perfil: Ingeniero Mecánico de profesión, con más de 23 años en la docencia de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica, habiendo dictado cursos como Mecánica racional I y II, Resistencia de Materiales I y II, Elementos de Maquinas, Procesos de manufactura, Control de Calidad, Ingeniería Automotriz, entre otros. Poseo una Maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible y un doctorado en Ciencias Ambientales. Actualmente, docente principal de la UNJBG – Tacna, dictando los cursos Dibujo Mecánico I y II. Y participando en proyectos de transportes, materiales y aplicaciones industriales.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6321-0721
Afiliación: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG).

Juan Ubaldo Jiménez Castilla
Correo: jjimenez@ujcm.edu.pe
Perfil: Docente Principal, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática. Ingeniero de Sistemas. Doctor en Ingeniería de Sistemas, Doctor en gestión y Ciencias de la Educación. PhD Systems Information, Atlantic International University, EEUU. Past Decano de Facultad de Ingeniería, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú. Evaluador Externo CONEAU-SINEACE. Área de Investigación: Sistemas Rizomáticos, Sistemas Cognitivos y Educación.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6040-1779
Afiliación: Universidad José Carlos Mariátegui.

TECNOLOGÍA DE VISIÓN COMPUTACIONAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA COSECHA DE ACEITUNA

Alberto Enrique Cohaila Barrios

Avelino Godofredo Pari Pinto

Juan Ubaldo Jiménez Castilla

EDITORIAL
NAVEGANTE

Todas nuestras publicaciones son sometidas a revisión doble-ciego de pares académicos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación cuenta con licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN: 978-628-7623-71-2

© Alberto Enrique Cohaila Barrios

© Avelino Godofredo Pari Pinto

© Juan Ubaldo Jiménez Castilla

2024
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10818923
©Editorial Navegante
www.editorialnavegante.com

Queda prohibida la reproducción bajo cualquier modalidad de toda o una parte de esta obra sin autorización expresa del titular de los derechos.

Diseño de carátula y composición: Editorial Navegante
Edición electrónica: Editorial Navegante

Editado en Colombia/ *Published in Colombia*

TECNOLOGÍA DE VISIÓN COMPUTACIONAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA COSECHA DE ACEITUNA

Alberto Enrique Cohaila Barrios

Avelino Godofredo Pari Pinto

Juan Ubaldo Jiménez Castilla

EDITORIAL
NAVEGANTE

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS **9**

ÍNDICE DE TABLAS **12**

INTRODUCCIÓN **13**

CAPÍTULO I

LA INDUSTRIA ALIMENTARIA 15

1.1. Aspectos básicos de la industria alimentaria 16

1.1.1. La presencia de los alimentos en los sectores básicos de la economía 17

1.1.2. La cadena alimentaria y la cadena de producción 18

1.1.3. La cadena de valores 23

1.2. De las técnicas agrícolas a la industria alimentaria 24

1.3. Los modelos de producción lineal y circular en la industria alimentaria 27

CAPÍTULO II

TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA 31

2.1 El control de calidad y las tecnologías de agricultura de precisión 33

2.1.1 El control de calidad de productos y materias primas 33

2.1.2 La tecnología de la agricultura de precisión 36

2.2 Tendencias actuales acerca de las tecnologías de la agricultura de precisión 41

2.2.1 El GPS y los satélites NAVSTAR 42

2.2.2 El GIS y los sistemas de lectura espectral 44

2.2.3 Los sensores remotos y sus tipos 47

2.2.4 Los monitores de rendimiento automatizado y las maquinarias inteligentes 50

2.3 El sistema de visión artificial..... 51

CAPÍTULO III

EL CULTIVO DE LA ACEITUNA 54

3.1 La aceituna en el mundo..... 55

3.2 Clasificación y características del olivo y de las aceitunas..... 57

3.3 Distribución del cultivo de las aceitunas en el mundo 60

3.4 La aceituna en el Perú..... 62

CAPÍTULO IV

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE MADUREZ DE LA ACEITUNA DE MESA (*OLEA EUROPAEA*) Y SU CONTROL DURANTE EL CONTROL DE CALIDAD A TRAVÉS DEL ALGORITMO GRÁFICO DE VISIÓN COMPUTACIONAL 65

4.1. Objetivos..... 66

4.1.1. Objetivo General 66
4.1.2. Objetivos Específicos 66
4.2. Operacionalización De Variables 67
4.2.1. Identificación de las variables: 67
4.3. Tipo de investigación 67
4.4. Unidad de análisis 67
4.5. Método y técnica de recolección de datos 67
4.6. Métodos y técnica de análisis de datos 68
4.7. Resultados 68
4.8. Estructura del módulo 69
4.8.1. Características eléctricas del módulo 69
4.8.2. Principio de configuración de la cámara 72
4.8.4. Resolución espacial, Rs [mm/píxel] 76
4.9 Procedimiento del procesamiento de imágenes de la aceituna negra 77
4.10 Control de calidad de aceitunas negra tipo sevillana 82
4.11. Observaciones 86
4.12. Conclusiones 87

CAPÍTULO V

CONSIDERACIONES FINALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD PARA DETERMINAR EL GRADO DE MADUREZ DE LA ACEITUNA DE MESA (*OLEA EUROPAEA*) MEDIANTE ALGORITMO GRÁFICO DE VISIÓN COMPUTACIONAL 88

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1
La cadena de producción 21

Figura 2
Ejemplo de cadena de producción alimentaria 22

Figura 3
Estructura general de una cadena de valores 25

Figura 4
Mapa de rendimiento del trigo 44

Figura 5
Mapa de elevación 45

Figura 6
Ejemplo de agrodron con cámara infraroja 49

Figura 7
Iluminación de la cámara al producto natural 51

Figura 8
Aceituna en estado natural 59

Figura 9
Árbol de olivo de buen aspecto 60

Figura 10
Países productores de olivo en todo el mundo 61

Figura 11
Vista superior del módulo 70

Figura 12
Vista frontal del módulo 70

Figura 13
Detalle de la iluminación del módulo 71

Figura 14
Medidas del módulo prototipo 71

Figura 15
Esquema de la cámara al plano objeto 73

Figura 16
Distancia de cámara para una resolución espacial de 0.113 mm/píxel 77

Figura 17
Distancia de cámara para una resolución espacial de 0.18 mm/píxel 78

Figura 18
Grupo 1 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color 79

Figura 19
Grupo 2 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color 79

Figura 20
Grupo 3 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color 80

Figura 21
Grupo 4 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color 80

Figura 22
Grupo 5 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color 81

Figura 23
Grupo 6 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color 81

Figura 24
Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 1 de aceitunas 83

Figura 25
Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 2 de aceitunas 83

Figura 26
Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 3 de aceitunas *84*

Figura 27
Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 4 de aceitunas *84*

Figura 28
Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 5 de aceitunas *85*

Figura 29
Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 6 de aceitunas *85*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1
Objetivos estratégicos del Ministerio de Educación del Perú *38*

Tabla 2
Tipos de tecnología que comprende la agricultura de precisión *40*

Tabla 3
Medidas del módulo prototipo de captura de imagen *69*

Tabla 4
Regla en dos puntos equidistantes *74*

Tabla 5
Parámetros para el cálculo de la distancia de cámara y resolución espacial *75*

Tabla 6
Medidas del módulo prototipo de captura de imagen *76*

Tabla 7
Medidas de las muestras en el módulo prototipo de captura de imagen *86*

INTRODUCCIÓN

La aceituna es un fruto cuyo consumo está presente en cada país del mundo. El fruto como tal y el aceite de olivo, que se deriva de él, eran preferidos desde la antigüedad, no solo por su sabor, pues destaca como buen acompañante en diferentes aperitivos y también en la preparación de diversos platillos; sino por su valor nutricional y también por la facilidad con la que se adaptan sus cultivos. Es por esta última característica, la cual, ha permitido a cada sector de la cadena de producción aceitunera establecerse en varios países (Parejo y Rangel, 2016).

Desde la Europa mediterránea hasta Latinoamérica y China, la producción de aceituna ha ido desarrollándose con el pasar del tiempo hasta la actualidad, obteniéndose variedades según las características y calidades la producción diversificó su presentación. Hoy en día, el consumidor tiene distintas opciones para elegir el aspecto de este fruto, entero y con pepa o sin pepa, deshuesado, embazado en vinagre –como un encurtido– en rodajas pequeñas para bocadillos, en salsas, etc.

Los modos de aprovechar este fruto del olivo son diversos como lo son las tendencias del consumidor. Pero, estas se reúnen en una sola exigencia general para todos los alimentos que son producidos por la industria alimentaria: la calidad del producto (Purón y Tejeda, 2021). Esta exigencia es transversal a la producción del alimento natural y al proceso de transformación que sufrirá para ser distribuido a cada parte del planeta. Si bien es sabido que, la calidad de un producto es a veces, si no todas, como un conjunto de calidades, es porque el proceso de por medio involucra una etapa de selección del producto. De lo cual se deduce que la misma natu-

raleza otorga alimento al ser humano en distintos niveles de calidad. Sin embargo, estos deben cuidarse. El resultado, ya sea como una sola calidad o un conjunto de calidades, tiene que ser óptimo. El presente estudio aborda observación del fruto en su ambiente natural o, mejor dicho, en su desarrollo natural: el árbol del olivo y las condiciones del ambiente en que se encuentra los objetos que garantizan la calidad del fruto (Arnó et al., 2017). Es importante enfatizar que no se incluyen controles de las máquinas de fábrica ni los aspectos de sanitarios.

El árbol de olivo y las condiciones de desarrollo del fruto pueden ser tratados en función de las exigencias de calidad por medio de la tecnología en su forma más reciente. Esta nueva tecnología abarca un buen ambiente y controla el crecimiento del árbol, como también gestiona la información, o sea, las variables presentes en todo este proceso son leídas por los instrumentos que emplea para el gestor o productor para brindar los respectivos resultados. Toda esta implementación tecnológica y administrativa, o de control, constituye la innovadora propuesta que es la agricultura de precisión (Ocampo y Santa Catarina, 2018).

La presente investigación plantea los efectos de este nuevo paradigma en la agricultura mundial, en específico de la aceituna. Y como caso de interés está la producción oleícola peruana porque si bien este nuevo paradigma a nivel internacional ha sido usado en mayor medida por las industrias y grandes empresas, en el Perú puede y debe usarse a pesar de que no haya una gran industria consolidada porque la producción nacional es abundante como también el consumo, y ello es un buen indicador en la competencia mundial de producción de este excelente producto alimenticio.

CAPÍTULO I

LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Los alimentos que se encuentran en las tiendas, mercados, supermercados, y hasta en las alacenas de cada casa tienen, todos, una procedencia. Si se quiere determinar el origen exacto tal vez se piense inmediatamente en la naturaleza y en aquellos que la aprovechan: los agricultores, los ganaderos, los pescadores, etc. No hay razones para dudar de ello pues en la etiqueta del producto encontramos la referencia indicando que el producto es 100% natural. Así también, si se lee atentamente la etiqueta se puede ver un cuadro de doble entrada o semáforo nutricional (Capitan Gutiérrez et al., 2020) en el que están clasificados los distintos nutrientes en cantidades porcentuales que se encuentran en tal alimento.

Este último dato es relevante porque la organización de esta información indica que la elaboración del producto es algo que pasa por un proceso complejo cuyas actividades sobrepasan a las de aquellos que trabajan la naturaleza. Este proceso de cuantificación de componentes, en el que quizá se agrega químicos, corresponde a una etapa en la que intervienen la tecnología, la ciencia y, naturalmente, los negocios. Así pues, las distintas

actividades que se presentan en la elaboración en masa de un producto son, por ejemplo, la medición de esos componentes, el proceso de empaquetación, la distribución a escala nacional, etc. En general todo este entramado de funciones recibe el nombre de cadena de valor alimentaria (De Felipe, 2019).

En el presente capítulo se tratará este concepto porque representa un ámbito real y transversal de la cadena del sector de los alimentos a nivel mundial, regional y local. Si bien, es parte de un entramado mayor que corresponde al proceso general de la economía, es particular y de gran interés a este estudio porque corresponde justamente a una necesidad básica del ser humano que es la alimentación. Desde los tiempos de su aparición, incluso desde sus antecedentes, requería de ella debido al instinto vital de la autoconservación. Con el pasar de los siglos esta necesidad se extendió al punto de requerir alimentos de lujo, bienes suntuarios, y también alimentos, sino suntuarios, de calidad y de producción en masa. Ambos tipos de alimentos por su composición requieren de un tratamiento preciso y complejo que la pequeña empresa o industria agropecuaria no puede ofrecer y la gran industria alimentaria sí. Precisamente, en este capítulo, la presencia de ambos es analizada dentro de la cadena alimentaria como también el factor determinante que los diferencia: la cadena de valor.

Esta gran industria, que distribuye sus productos en todo el mundo y a la que se debe la presencia de aquellos en cada anaquel de cada tienda y en cada alacena de cada casa, también incurre en daños ecológicos, incluso alimentarios, por los insumos y prácticas de sus procesos de producción (Irigoyen, 2016). Al respecto en este capítulo se observarán algunas características generales de los dos modelos de producción industrial, el modelo lineal y el modelo circular.

1.1. Aspectos básicos de la industria alimentaria

En el mundo actual, el sector de alimentos es imprescindible por el hecho de no solo representar un porcentaje alto de los ingresos, en general, del

mundo. Sino también por ser fuente de alimentos saludables y no saludables. Los tipos varían y cada uno de ellos, sino ambos en distintas proporciones, constituye el conjunto de las opciones que los consumidores prefieren. Desde la agricultura hasta la gran industria agropecuaria, incluyendo otros más, los alimentos se diversifican y se distribuyen en todo el mundo (Herrero, 2018). Pero no todos tienen el mismo alcance. Su distribución en el mundo es conocida por las marcas que las representan siendo estas grandes marcas mundiales como Coca Cola o Kellogg's, pero también está la otra opción, más local y pequeña, rudimentaria, por decirlo así, pues sus insumos para producir son de pequeña o mediana capacidad.

1.1.1. La presencia de los alimentos en los sectores básicos de la economía

La producción de alimentos es vasta e involucra a sectores de la economía y a las fases de su proceso. El sector primario o extractivo brinda alimentos que son de procedencia directa de la naturaleza, es también llamado el sector agropecuario porque los alimentos vienen de la agricultura y de la ganadería, también incluye la pesca y el aprovechamiento forestal; así pues, todas ellas son proveedoras de insumos para los demás sectores (Martínez et al., 2017).

Por otro lado, el sector secundario o transformativo es aquel en donde se encuentran las industrias o empresas que pueden extraer –o adquirir– y transformar como la minería y la industria del petróleo. En este sector también están aquellas que se dedican a transformar los alimentos del sector primario, por ejemplo, los granos son trasformados en harina y estos más otros insumos como el huevo y la levadura se transforman en pan, o masas de *pizza*. Lo mismo ocurre con los insumos para la elaboración del aceite de cocina, el queso y la mantequilla, hasta el vino y el yogur. Incluso la creación de alimentos transgénicos. Es más, todo esto incluye un proceso de empaquetación y envasado de los productos finales que serán distribuidos a los mercados para comercializarse, justamente en ese sector también se inscriben los alimentos.

Por último, según la división clásica, el sector terciario o de los servicio –y también del comercio– es el que ofrece el alimento junto con otro tipo de productos como la presentación, la atención al cliente, el espacio o infraestructura, etc. Los alimentos se vuelven parte de un concepto –del restaurante u hotel en este caso– y se vuelven representantes del establecimiento, de la marca y hasta de un país. En consecuencia, el comercio interno y externo pueden promover el consumo del producto sobre todo si su calidad tiene estándares muy altos pues de eso depende el hecho que la demanda de un producto sobrepase fronteras (Tejeda et al., 2019). Por ejemplo, la necesaria presencia del *pop-corn* y las bebidas, americanos ambos, en los cines o la cerveza, de procedencia nacional e internacional, en los estadios deportivos.

En general, el sector de los alimentos es transversal a la economía general de una sociedad porque con ellos se satisface una de las necesidades más básicas del ser humano. Todo lo anterior implica también que los alimentos están presentes en las fases del proceso económico que comprende la producción, la circulación, la distribución, el consumo y la inversión, según la división clásica. Esto es importante y se cumple sobre todo en países que tienen una alta taza de producción agrícola en donde predomina un paradigma productivista (Salinas y Tavera, 2016) que se preocupa por las características de su producto como el control de calidad, el control del ambiente de cultivo, la optimización de los procesos, el uso de materiales no naturales, etc.

1.1.2. La cadena alimentaria y la cadena de producción

El sector alimenticio o cadena alimentaria comprende a la gran red o serie de agentes participantes en los procesos de producción, transformación, venta, distribución y consumo de alimentos, siempre relacionados entre sí (Moyano, 2021). El nombre no es un resultado azaroso, sino que tiene que ver con el carácter dependiente de cada agente y su respectiva función, en consecuencia, todo es una cadena. Por ejemplo, la producción de alimentos procesados o *snacks*, como son más conocidos, es un caso interesante

porque evidencia el carácter sistemático de la cadena alimentaria que corresponde a ese rubro.

Si se trata de papas fritas, maní o hasta de gomitas, el agricultor no es ajeno a esta cadena porque de su parcela extrae los tubérculos de la tierra, las semillas de las legumbres y el maíz del monocultivo, respectivamente. Estos son vendidos y trasladados por un vehículo de transporte hasta la fábrica que se encargará de embazar dichos productos. Una vez dentro, aquellas materias primas sufren un proceso de transformación que consiste en el pesado de la materia, la selección por su forma y madurez, luego pasa a la cocción donde adquiere el sabor y el color conocido por sus consumidores, el enfriamiento, la empaquetación, etc. (Ramirez et al., 2019). Y finalmente el producto es puesto en circulación por las diversas tiendas o "cadenas" de un territorio, para luego ser distribuidas al consumidor.

El ejemplo anterior confirma el carácter de cadena desde la producción de alimentos hasta el consumo. Se deduce también la interdependencia entre sectores pues no hay industria alimentaria sin producción agrícola, a la vez, esta no se mantendría en recurrente demanda si no hubiese consumidores, y para que el producto llegue a sus manos es necesario el servicio de transportes. Sin embargo, puede haber casos en que la gran industria posea sus propios campos de cultivo, con ello disminuye algunos costes como el del servicio de transportes. Además, los agricultores son contratados en aquella por lo que no necesariamente constituyen un sector independiente que pueda establecer una relación de interdependencia con una empresa. Sí son agentes dependientes de todos modos.

Otro caso es el de los alimentos no procesados cuya cadena alimentaria no necesariamente prescinde de la gran industria. En tal conjunto pueden encontrarse los alimentos naturales cuyo consumo es posible gracias a su circulación en los mercados locales y no hipermercados como Tottus o Metro. Hasta el sustento alimenticio y vital del agente productivo puede depender de su producción como es el caso de muchos agricultores que forman parte del modelo campesino de producción (Salinas y Tave-

ra, 2016). Inclusive, los campesinos pueden saltarse o adelantarse algunas fases del proceso económico, ellos pueden establecerse en mercados y ofertar. Pueden transformar sus productos, por ejemplo, las papas peladas y picadas en forma de prisma –para las papas fritas usadas en comidas– que son requeridas por empresas pequeñas como restaurantes y establecimientos pequeños, cuyos gastos no son mayores a diferencia de las cadenas de restaurantes y de hoteles que por su mayor nivel de ingresos necesitan afianzar su atención al cliente, por lo que requieren de un servicio industrial de ese tipo.

Como sostiene Moyano (2021) estos eslabones que pueden estar presentes o no en la cadena alimentaria determinarán la esencia del producto final que impresionará al consumidor. Cuanto más larga es la cadena, el valor de este puede aumentar, como también su calidad y su presentación. Es así que respecto de esta cadena están presentes en ella dos más, no necesariamente la suma de ambas tiene que ser necesaria pues, como se indicó antes, se puede prescindir de una por lo que solo la otra podrá constituir ella sola la cadena.

Es así como la primera es la cadena de producción que primariamente se identifica con la cadena alimentaria –como se la describió anteriormente– porque consiste en un sistema sucesivo en el que se encuentran diversos agentes en la producción, transformación y comercialización de un producto (Cayeros et al., 2016). Es más, la cadena de producción es un sistema general, que abarca todo tipo de producción, no es exclusivo de los alimentos. En cambio, la cadena alimentaria es un sistema o red de producción exclusivamente de alimentos de todo tipo. Siguiendo este razonamiento, la cadena alimentaria es una cadena de producción enfocada solamente en la producción de alimentos. Así, la relación entre ambos conceptos es el de género y parte, siendo esta última la cadena alimentaria. De todas maneras, en ambos casos de lo que se trata es poner el producto, extraído y transformado, a disposición del consumidor (Prieto et al., 2017). Como lo muestran las Figuras 1 y 2.

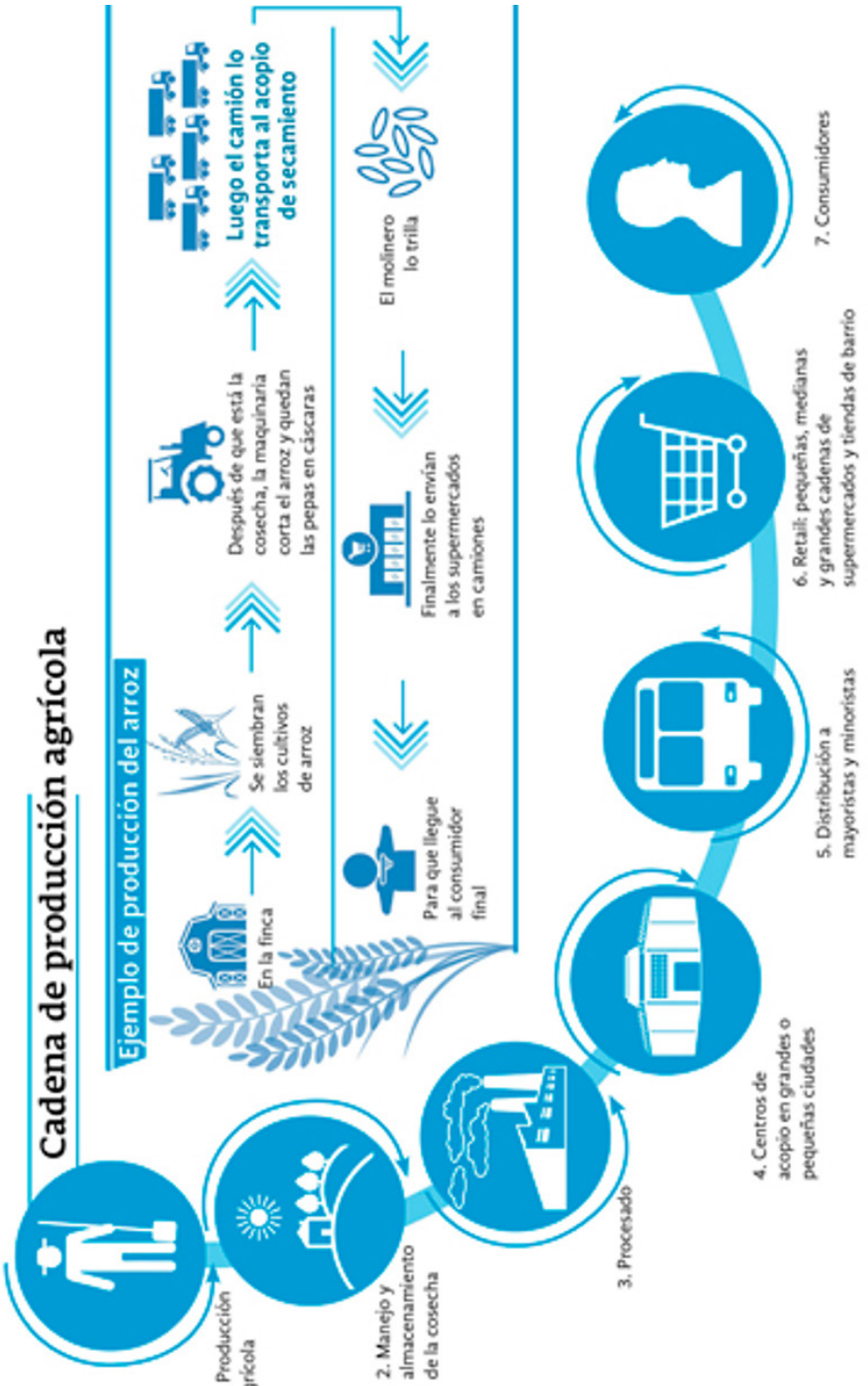
Figura 1
La cadena de producción



Nota: Tomado de Cayeros et al. (2016).

Ambas cadenas pueden admitir la presencia o la ausencia de ciertos eslabones determinantes para productos específicos. Por ejemplo, un eslabón importante en gran parte de las cadenas alimentarias del mundo es la industria a gran escala de alimentos procesados, porque una buena parte de su función consiste en la rapidez del proceso de producción de aquellos productos y la consecuente rapidez de su distribución. Súmase a ello el costo, que la mayoría de veces puede ser menor, en grandes cantidades, al de la producción no industrial. Como se indicó en el ejemplo de las papas procesadas usadas en establecimientos de alto ingreso y alta demanda de consumidores, la presencia del sector industrial es necesaria, incluso ella desplaza al pequeño sector agrícola o agropecuario (Shiva, 2018).

Figura 2
Ejemplo de cadena de producción alimentaria



Nota: Tomado de Saavedra (2016).

Pero este producto embazado tiene, por su parte, estándares impuestos tanto por un sistema legal, en relación a temas de salubridad y competitividad en el mercado, como también por el nivel de adquisición y exigencia de sus consumidores, en otras palabras, se trata de la calidad del producto. Los otros aspectos importantes que tienen que ver con ella son los de la rapidez de la producción y la disminución de costos, referidos anteriormente. Estos pueden ser visualizados como agregados a la producción pequeña. Es importante tal mención porque estos agregados se vuelven necesarios cuando la pequeña empresa quiere crecer. Esto implica que su proceso de producción de pequeña escala irá incrementándose y eso requiere de un control minucioso de la materia prima y del ambiente en que es procesada. Respecto al costo de productos varía de acuerdo al tipo de los mismos, por ejemplo, los *snacks* producidos a gran escala son económicos y accesibles para gran parte de la población, mientras que un vino de marca y de categoría alta no lo es.

1.1.3. La cadena de valores

Este valor agregado necesario para la producción a gran escala es producto del proceso de la cadena de valor, en este caso, de la industria alimentaria. Según Michael Porter (citado en Cayeros et al., 2016) esta cadena consiste principalmente en dos cosas, en generar las condiciones en las cuales se garantice la satisfacción del consumidor y en obtener ventajas competitivas sobre otras empresas del rubro gracias a las características especiales y únicas del producto ofrecido. Así, la exigencia de calidad se extiende a otros ámbitos como al de la empaquetación, el transporte, la comercialización, etc. así hasta llegar al consumidor de manera rápida y eficiente.

Las empresas e industrias que conforman estas cadenas de valor se asocian estratégicamente para colaborar en la ejecución de sus metas sin que exista la figura de la competencia desleal. Por el contrario, entre sí colaboran para beneficiarse mutuamente. Es por ello que este concepto además de ser parte de una cadena de producción de gran tamaño también puede conformar –y lo hace– una política industrial (Padilla y Oddone, 2016)

relacionada con la cadena alimentaria, un sector en el que los regímenes privado y público participan constantemente porque en él se dan las condiciones en las que se pueden elaborar planes estratégicos de diverso tipo. Y como son grandes y su presencia puede sobrepasar fronteras es pertinente hablar de cadenas globales de valor (Cayeros et al., 2016).

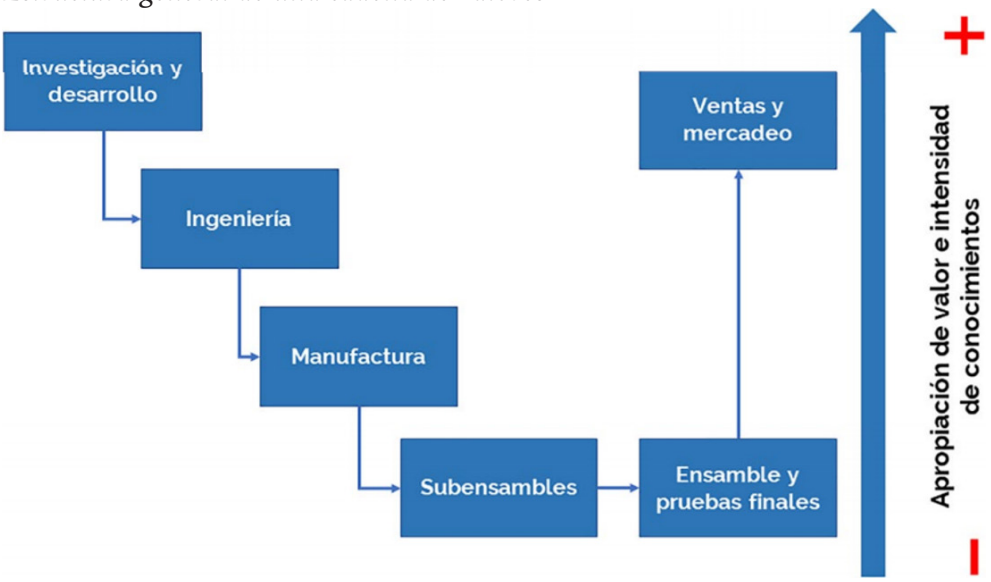
Dentro de cada eslabón de la cadena existen numerosas empresas, generalmente del mismo rubro, que están en competencia entre sí. Por ejemplo, están las empresas que se dedican a la logística, la tecnología que incluye manufactura e ingeniería, la empaquetación y el envío de encomiendas, todas ellas solicitadas en diversos sectores de la industria porque son las que se encargan de circulación y de distribución rápida. Desde la agricultura hasta la gran industria del empaquetado, de la pequeña ganadería hasta la industria de la carne, desde la pesca artesanal hasta la industria del enlatado, etc. todas necesitan un control de calidad en la composición y presentación del producto, y un índice alto de eficiencia en su difusión entre los consumidores. Una vez consolidadas las cadenas de valor con el tiempo serán ejemplos de proyectos exitosos de asociatividad y de colaboración de empresas y de sectores de la producción (Silva et al., 2020). En la Figura 3 se puede visualizar de manera general.

1.2. De las técnicas agrícolas a la industria alimentaria

Desde la antigüedad el ser humano ha usado herramientas que le han permitido labrar y arar la tierra para la siembra de sus cultivos, su sustento de alimento y economía. También, para transformar esos productos en bienes de mayor calidad y, con el tiempo, crear un conjunto de bienes suntuarios que tenían un destino opulento o sagrado. La presencia de aquellas revolucionó las maneras en que el hombre buscaba su alimento. Tal es el caso de la revolución neolítica, un cambio de paradigma en la prehistoria porque significó el pase de la recolección y de su condición nómada a la agricultura como tal y a una condición sedentaria (Purón y Tejeda, 2021).

Figura 3

Estructura general de una cadena de valores



Nota: Tomado de Padilla (2019).

Este paso trajo consigo también una optimización del comportamiento eficiente del ser humano prehistórico, eso lo llevó a poder gestionar sus oportunidades respecto de los recursos que tenía *in situ* y a los que se proyectaba. Esto significa que desde la prehistoria ya había un pensamiento económico rudimentario y un intento prístino de la administración (Dulcich, 2016). Por lo tanto, las condiciones necesarias para un proceso de producción ya existían, y solo dependía del ser humano de antaño potenciar esos medios.

Con sus bases ya sólidas es que este conjunto de conocimientos y de técnicas rendía sus beneficios y también los tipos de agricultura se diversificaron. La agricultura itinerante, por ejemplo, utilizaba la técnica de la tala y quema de árboles y arbustos para aprovechar las cenizas en un proceso de fertilización de en zonas con poca riqueza nutritiva. Por otro lado, también estuvo aquella agricultura que utilizaba como técnica el regadío;

si bien se utilizaban los bordes –naturales– de los ríos ya que una gran cantidad de agua era necesaria para llevarla cabo. En todo cado la técnica consistía en el aprovechamiento del recurso mediante un sembrío de esas materias en aquel territorio.

Es hasta finales del siglo XIX y todo el siglo XX que los procesos de producción son mecanizados. Lo que trae como consecuencia es la industrialización del sector agrario artesanal (Del Val Roman, 2016). Así, la industria comienza a potenciar aceleradamente este sector con la construcción de fábricas y líneas de montaje que producían fertilizantes y nuevos insumos de arado y riego como también se emplean técnicas en la administración de esas empresas, como es el caso de la inserción de un departamento de control de calidad en Inglaterra (s. XIX) para que inspeccione los defectos del producto que será puesto en circulación, y también para fijar un estándar tributario al fabricante, como indican Purón y Tejeda (2021).

Para finales de este último siglo y hasta la actualidad del presente la industria ha tenido una incidencia decisiva en todo el sector productivo de alimentos o cadena alimentaria. Las técnicas que constituían saberes aprovechables son usadas ahora en relación con la tecnología. Al respecto cabe realizar la aclaración de que la tecnología es todo aquello conformado por las máquinas, o simplemente maquinaria, que facilitan la realización de actividades de desgaste en gran magnitud, por ejemplo, el uso de la energía motriz mediante el manejo de tractores en la preparación de suelos y la posterior siembra y cosechas.

Pero, el paradigma va más allá de la simple mecanización de la agricultura (Elverdin et al., 2018). Pues la técnica no es una máquina, sino que consiste en aquel conocimiento de la máquina. Esto se puede entender de dos maneras, que ella es un conocimiento de la máquina, sus funciones y estructura, y también es aquel saber cómo aplicar la máquina a un determinado ámbito. Lo que se desprende no es, pues, diferente a lo que se entiende por gestión o administración puesto que ambos, de manera simple, son herramientas para afianzar la práctica gerencial de una indus-

tria. Así pues, la técnica involucra conocimientos, sobre todo científicos porque, en lo que respecta a este ámbito, se requiere precisión y calidad en los productos finales.

Sobre todo, cuando se quiere sembrar alimentos en ambientes en los cuales naturalmente no crecen y, mediante la ciencia, pretenden adaptarlos. Ese es el caso de los alimentos transgénicos que son producto de la alteración genética de los naturales. Si bien su presencia es polémica desde su creación, los efectos reales son beneficiosos sobre todo por el ámbito de los costos de producción en masa, por ser una alternativa útil y necesaria ante la escasez de alimentos en un territorio, además de las mejoras en su calidad nutricional y, como alternativa ecológica, implica la reducción de agroquímicos pues son alimentos adaptables a ambientes naturalmente incompatibles (Vivas, 2017).

1.3. Los modelos de producción lineal y circular en la industria alimentaria

Como se observó anteriormente, la industria –o gran industria– alimentaria se hace presente cuando la cadena de producción se expande y adquiere intereses que involucran una alta optimización del proceso productivo, una distribución internacional y una concordancia con las tendencias del consumidor. Todo ello involucraba una cadena de valores que se basaba en la calidad del servicio entero. Sin embargo, existen consecuencias cuyas causas son directamente la implementación mundial de estas cadenas y la consecuente industrialización del sector alimentario.

La cadena de valores tiene dos modos de ser de acuerdo a la forma en que se da el proceso de producción. Este puede ser un sistema de producción lineal o un sistema de producción circular (Priede y Hilliard, 2019). Es importante esta distinción puesto que da mayor importancia a las tendencias del consumidor. Si bien este puede ser el mismo agricultor, el gerente de la industria y, también cada uno de los trabajadores de las fábricas el más importante es aquel cuyas tendencias y decisiones influyen de manera de-

terminante en toda la cadena. En cierto modo, la cadena alimentaria y el proceso de producción depende de ellas.

Respecto al sistema de producción lineal, este es vigente porque está presente en cada economía nacional y lo está porque supone un modelo con grandes beneficios como, por ejemplo, el más principal, la fluidez y la usanza con que actúa el proceso, que se debe más a la optimización del mismo en todos estos años, y la satisfacción del consumidor. No es casualidad que este sistema de producción esté basado principalmente en un proceso lineal de consumo de recursos (Martínez y Porcelli, 2018). Esto tiene que ver con el orden clásico del proceso de producción: primero, la extracción; segundo, la fabricación; tercero, el consumo; y cuarto, la eliminación de residuos del proceso.

Este proceso si bien tiene tal beneficio, incluye una gama de consecuencias irreparables, sobre todo respecto de las materias primas que utiliza. Estas generalmente pertenecen al conjunto de recursos no renovables. Cuando esos bienes son de consumo común, o sea, que aquellos son consumidos por individuos sin que haya barreras de acceso monetario, este se masifica. Por tanto, se sobreexplota (Rodríguez, 2014). Esto es un problema mundial de corte económico y político porque los países en cuyos territorios se encuentran no solo están sujetos a la centralización de su capital y, tal vez, al control de los precios de aquellas materias, también hay un desgaste de sus fuentes naturales, en pocas palabras, trae problemas ambientales. Un gobierno que procure cuidar ello o restringirá el acceso de las empresas extractivas o aumentará los impuestos con el fin de controlar las licitaciones, el objetivo es llegar a acuerdos contractuales que puedan beneficiar a todos a la vez que disminuyen el daño ambiental (Moyano, 2021).

De todas maneras, como recursos no renovables su desgaste es inevitable; con el transcurrir del tiempo gradualmente aumentarán sus precios. Y como cada eslabón de la cadena es parte importante y está en relación de causalidad con la otra, los precios de los implementos secundarios, los de la industria, los de la distribución y los del producto final aumentarán de la

misma manera. Por ejemplo, si el pescado del mar de Grau escasea debido a la pesca indiscriminada entonces su precio subirá en el puerto en el que es comercializado y continuará así hasta las manos del consumidor.

Por otro lado, está el riesgo de suministro que tiene que ver con el control de escasez pues hay países y territorios que no tienen tales materias por lo que necesitan importarlas. Esto también genera problemas entre la población y el gobierno por sus licitaciones. Y estos aumentan cuando las consecuencias de la producción, en específico la parte industrial que pertenece al sector secundario, genera grandes cantidades de residuos que son desechados, aumentando los daños en el medio ambiente. Es por ello que estas actividades que corresponden a este modelo lineal son llamadas economía marrón (Irigoyen, 2016).

Ante ello se propone la economía verde cuyo modelo es el sistema de producción circular. Este sistema tiene que ver con lo contrapuesto a las consecuencias del sistema anterior, o sea, una disminución de los residuos –sobre todo los contaminantes– de la producción, pero también un aprovechamiento de ellos. La base de esta propuesta es la sostenibilidad (Prieto et al., 2017). Esto quiere decir que frente a un modelo de sistema que tiene como eje la satisfacción y aumento de los beneficios del consumidor que peca de excesivo, la sostenibilidad apuesta por un control razonable (Priede y Hilliard, 2019), pero también que disminuya costos y aproveche más los recursos. Un ejemplo al respecto es el uso de los alimentos transgénicos, cuyos beneficios se reseñaron páginas antes.

Si se trata de la industria alimentaria, el ejemplo podría ser el anterior ya referido porque el consumo indiscriminado del pescado, a futuro, generará escasez y sobrevaloración de precios. Lo mismo con la agricultura y la minería que generan gases de efecto invernadero y contaminación de ríos respectivamente. Esta propuesta no niega el hecho de que tiene que haber una sobreexplotación de recursos para satisfacer las necesidades de las personas, tal es el ejemplo del agua. Eso sí, opta por un control razonable de la misma, sobre todo para mantener tal recurso por más tiempo. Y ello,

a través de cadenas de suministros de recursos para evitar vertimientos y emanaciones de material nocivo para el ambiente, si en caso una actividad industrial es necesaria o no lo es para la actualidad de un territorio, entonces se opta por la reducción del daño ambiental o –en caso sea lo segundo– la eliminación del daño (Rodríguez, 2018).

En general, el sistema de producción circular consiste en la optimización de los medios que hacen sostenible el aprovechamiento de materias primas alimenticias. Siendo así, este sistema es una propuesta correspondiente a las grandes empresas, o a la industria en general, que sí pueden mantener todo esto pues gran parte de los implementos pertenecen al ámbito de la tecnología. Y esta, que ya es usada por el anterior modelo para diversas aplicaciones en sus productos, se evoca más al tratamiento de esos residuos de la producción, cosa que el pequeño agricultor no puede emplear por sí mismo debido a los grandes gastos que exigen.

Las actividades que realizan las industrias con este sistema se denominan en conjunto Multi-R porque, según plantea Priede y Hilliard (2019) este concepto consiste en reciclar, reutilizar, y recuperar la energía, y para ello, a la vez, se tiene que repensar y rediseñar la producción. Respecto de este último, los países de mayor economía como son Estados Unidos y los de Europa occidental producen sus alimentos vegetales y frutales por medio de la técnica del monocultivo a gran escala. Este consiste en la parcelación y preparación de grandes terrenos para cultivar una sola especie de planta, por esta razón son conocidos comúnmente como grandes plantaciones.

Si bien las ventajas de esta técnica están emparentadas con el control directo de los agricultores y herbolarios, y también con la disminución de costos de producción, las desventajas son la degradación de nutrientes del suelo, impacto en la diversidad de especies de zonas aledañas, uso de fertilizantes artificiales que erosionan la tierra, etc. En general un gran impacto ambiental negativo. Como sostiene Steinfeld (citado en Rodríguez, 2018) esta actividad más la ganadería generan un uso excesivo de recursos artificiales y grandes emanaciones de gases nocivos como el óxido nitroso.

CAPÍTULO II

TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

La presencia de la tecnología en el sector de los alimentos o cadena alimentaria se extiende desde la pequeña producción no industrial hasta la industria misma. Evidentemente ella constituye tan solo una herramienta, demasiado importante, de la producción alimentaria. Y, al igual que una herramienta de casa, aquella se desgasta, y está sujeta a mantenimientos, y mejor aún, a innovaciones de modelo y diseño pues la optimización de la herramienta es útil porque representa un mejoramiento en la producción misma (Ocampo y Santa Catarina, 2018).

Estas innovaciones se dan en todos los ámbitos de la cadena alimentaria, desde la extracción de materias primas hasta el empaquetado y la posterior distribución. Pero, el eslabón inicial es mucho más importante, si no determinante en grado mayor, porque todo el proceso por el que pasa un producto o, mejor dicho, un buen producto inicia con una buena selección de la materia prima. Frutas, verduras, semillas, tubérculos, etc. en sus estados de cultivo pueden sufrir muchas peripecias en el tiempo de su desarrollo. Precisamente, la cadena completa está pendiente de esos percan-

ces por lo que toda implementación que haga será con el fin de encontrar seguridad en su materia primordial.

Es por ello que los agricultores y productores de todos los tiempos han estado y están presentes constantemente, cuidando y procurando que las cualidades del producto natural sean las mejores. Y con la venida de la nueva tecnología que ofrece esa seguridad y precisión es que complementaron sus trabajos (Elverdin et al., 2018). Esta nueva implementación que viene desde los años sesenta en países de primer mundo es denominada la agricultura de precisión que a diferencia de la tradicional busca aprovechar cuanto sea aprovechable sin generar mayor daño o desgaste al ambiente que a la larga es nocivo y afecta los recursos que, evidentemente son de provecho para la cadena en general.

En el presente capítulo se abordará ese tema, no sin antes, previamente, tratar aquel que ha sido y es la razón de ser de esta nueva tecnología: el control de calidad de los productos naturales. Si bien los alimentos transformados –los alimentos procesados– pasan por una serie de procesos químicos y físicos que aparentemente desnaturalizan los sabores y propiedades de aquellos, la verdad es que tales propiedades se optimizan y a veces se destacan más en el producto final. Pero todo ello, nuevamente, se debe a la calidad con la que se presentó el alimento en su estado natural (Battisti et al., 2017).

Y como tal, este debe estar en condiciones óptimas, los procesos de germinación y desarrollo son importantes pues forman lo que se conoce de él. El control de calidad justamente procura su cuidado. Y, lo que aporta esta nueva visión de agricultura es un control con precisión, efectividad y seguridad. Para ello, ubica variables que afectan al cultivo como las plagas, los malos tiempos, la presencia de plantas oportunistas, factores contaminantes, calidad de suelo, etc. (Vivas et al., 2016).

Es por ello que en el presente se trata la nueva tecnología de precisión como los sistemas de posicionamiento global y de información geográfica,

los sensores que detectan fenómenos y propiedades que el ojo humano ni siquiera advierte, maquinarias automáticas que conllevan menores costos de energía, la visión artificial, muy importante para el control de frutos pequeños cultivados a gran escala, etc. Y no menos importante es que la tecnología comprendida por la agricultura de precisión, como se indicó anteriormente, se desenvuelve en un ámbito de producción sostenible, esto es, que no daña el ambiente o que disminuye su daño.

2.1 El control de calidad y las tecnologías de agricultura de precisión

El proceso de producción de alimentos siempre ha requerido de insumos que garanticen el buen tratamiento de sus materias primas de origen animal y vegetal y naturalmente el agua, porque el producto final que de ellas se derive está destinada al consumo humano, es decir, que su destino está en permanente relación con "la salud y la seguridad alimentaria de los consumidores" (Battisti et al., 2017, pág. 301). Por lo tanto, la producción en su conjunto tiene que respetar estándares de calidad que, evidentemente, incluyan a la salubridad de los medios y también una buena adquisición del producto o, mejor dicho, una adquisición de producto óptimo.

2.1.1 El control de calidad de productos y materias primas

En general, las exigencias de esos estándares conforman todo un sistema al cual tiene que ajustarse el producto. Este es el sistema de calidad. Como sostienen Purón y Tejeda (2021) se compone de tres elementos fundamentales: los manuales de aseguramiento de calidad, los de procedimientos y los documentos operativos. Pero, ellos no son estándares evidentemente, sino que constituyen datos de información. Ello es importante pues estos documentos son de registro diario, o sea, son informes que necesariamente deben llenarse diariamente pues suponen un control. No en vano el oficio –o implementación administrativa– se llama control de calidad.

La plena satisfacción de estas exigencias dependerá del grado de eficiencia que tenga la empresa. Si se trata de una pequeña empresa agropecuaria, ésta implementará insumos de coste menor, generalmente son de uso manual pues los agricultores las manipularán siempre. En cambio. si se trata de una mediana o gran empresa –ya insertas en el ámbito de la industria– entonces los insumos que se implementarán serán costosos pero tal cualidad se compensará con las ganancias que vendrán con la distribución del producto a gran escala.

La cadena de producción alimentaria en todo el mundo contiene en sus múltiples eslabones por lo menos el uso de una tecnología –y en consecuencia una técnica– de pequeña capacidad, esto es, de uso no industrial incluso hasta personal. Por ejemplo, los productores independientes como pueden ser un campesino o un ganadero pueden utilizar un dispositivo electrónico más internet con el fin de controlar tiempos en sus actividades, de todas maneras, emplean sus herramientas manuales (palas, picos, rastrillos) para trabajar. Otro tipo de productores puede utilizar electrodomésticos con el fin de transformar sus productos para venderlos, todo ello, aunque mínimo, aporta en pequeños porcentajes al grado de calidad esperado (Tejeda et al., 2019).

Pero, en la industria alimentaria lo que se busca es, a diferencia del anterior, tener un grado óptimo de calidad. Hay diversos tipos de tecnologías que se vienen aplicando desde los años setenta en función al control de calidad del producto alimentario, estos son denominados en conjunto "agricultura de precisión" (Purón y Tejeda, 2021, pág. 75) que comprende al uso de los tractores y otro tipo de maquinarias agrícolas que intervienen en el tratamiento de tierras para hacerlas aptas para el cultivo. Otra tecnología es el grindsampling que reduce el uso de fertilizantes y ayuda al tratamiento de la tierra natural. Y también está el uso del GPS para poder controlar los cultivos en tiempo real sin estar el productor o asistente de control presentes.

Claramente esta práctica innovadora está enfocada en las condiciones que permiten el buen desarrollo de la materia prima, y, por ende, del producto. Y no es extraño porque la calidad de la materia prima y natural sobre la que se va a trabajar se debe a ellas, y ellas también en parte a la materia. Por ejemplo, siempre que se habla de la buena cosecha de un determinado producto se hace referencia a tres cosas: primero, que el fruto que se va a aprovechar no esté infestado de insectos u hongos porque afectan sobre todo su composición óptima –hasta ese momento–, lo que implica un cambio en el aspecto y un manifiesto cambio en el sabor.

Luego está la pregerminación y la germinación del fruto. Aquella consiste en un proceso de preparación de la semilla para germinar; si hubiese en un lote semillas con distintas edades entonces, para que se mantenga el lote, debe someterse a ese proceso para todas quedar a un mismo nivel y así puedan germinar simultáneamente, y siempre bajo el control de calidad. Este último proceso se da en la siembra y sigue hasta el punto de su culminación, la maduración del fruto (Romero et al., 2016). Por su parte, los operarios del sistema de control se encargarán de verificar y evaluar la cosecha para más tarde determinar si ha sido buena.

Una vez obtenido buenos frutos, o sea, la materia prima en buenas condiciones, no solo se aprovechan sus elementos comestibles, también se aprovecha sus semillas a fin de que pueda perpetuarse la germinación controlada. Justamente, una semilla de calidad es aquella que tiene un potencial biológico óptimo (Tamborelli, 2021), esto significa que aquella posee pureza genética y pureza física en alto grado, máximo vigor que es el conjunto de propiedades que determinan su buena pregerminación y germinación, importante al momento de la adquisición de un lote porque, como se indicó antes, todas esas semillas deben ser homogéneas para poder germinar simultáneamente; y por último el control idóneo de humedad, índice importante para la sanidad ya que su descontrol deteriora la semilla con presencia de hongos que generan micotoxinas; aunque, si hay escasez de ella pueden presentarse insectos coleópteros como los gorgojos.

En general (Ferraris et al., 2021), estos microorganismos tienen su origen desde las cosechas, cuando sus larvas se mantienen en un fruto que a la vista de los extractores y seleccionadores está impoluto. Si no se detecta a ese huésped y aquella se acepta en el proceso de producción para que más tarde sea un alimento empaquetado, la larva ahora hecha insecto puede surgir sin necesidad de que la bolsa esté abierta. Este es un ejemplo de tantos que llevan a considerar a los productores e industriales a optar necesariamente por un control de calidad minucioso que se extiende hasta el sector de las cosechas. Generalmente se utilizan químicos que dañan el ambiente y, a la larga, la salud del consumidor para tratar estos males (Rodríguez, 2014). No obstante, con el avance de la ciencia y la innovación en la tecnología, estos males se evitan y a la vez la calidad del alimento natural en condiciones normales se optimiza. Ese es el efecto de la tecnología industrial alimentaria de precisión, sobre todo.

2.1.2 La tecnología de la agricultura de precisión

La *agricultura de precisión* no solo comprende a las técnicas y máquinas utilizadas para ese dominio, también forma parte de una práctica reglamentada con metas a seguir reguladas por políticas de Estado, por ello su primera definición es de corte administrativo. Así, constituye una herramienta de gestión agrícola con un enfoque integral, ya que promueve no solo la producción en masa, sino también sus efectos y los aprovecha en beneficio de toda la sociedad.

Esta definición se debe a un conjunto de hechos históricos. Desde los años sesenta, en los Estados Unidos y otras partes de Europa se fomentó la agricultura en masa o agricultura de altos insumos (Castellanos y Morales, 2016) a través de la ya mencionada técnica del monocultivo. La preparación de grandes terrenos para el cultivo de un solo producto exigía la deforestación de hábitats en algunos casos, en otros la destrucción de lugares naturales y en general, una transformación de la tierra natural para luego ser tratada por los tractores y otro tipo de maquinarias pesadas.

Este tipo de prácticas erosionó el terreno, causando un gran daño ambiental (Irigoyen, 2016). A pesar de todo eso, las ganancias aumentaban debido a la calidad del producto esperado. No obstante, en los últimos años se ha tomado consciencia de que el período de bonanza agropecuaria trajo consigo también desventajas ambientales que a la larga afectarían hasta sus propias parcelas. Es por ello que este concepto integral de agricultura de precisión resalta en la sociedad industrial y se aplica.

Esta consiste, desde el punto de vista de la tecnología aplicada, a la gestión de parcelas de tierra de cultivo cuyo principal interés o eje es el índice de variabilidad (Vivas et al., 2016). En otras palabras, la agricultura de precisión es un sistema para evaluar y controlar la variabilidad en tiempo y espacio de los terrenos de cultivo. Esta magnitud incluye diversos factores (Tabla 1) que tienen que ver con el ambiente del terreno, que incluye temperatura, calidad del suelo, humedad entre otros; el desarrollo vegetal que es el proceso de germinación más sus circunstancias y el resultado o balance que se manifiesta en las condiciones de la cosecha.

Si bien este concepto aparenta simplicidad, se debe a la generalidad de su aplicación. Un minucioso control de calidad debe obtener resultados óptimos por las razones ya mencionadas. Ese grado de precisión es imposible sin las herramientas pertinentes que requiere el trabajo y sin las variables exactas sobre las cuales operan; y eso se acrecienta cuando la producción es a gran escala. Con ello la agricultura de precisión elabora sus etapas (Arnó et al., 2017). Estas son la recolección de datos con los equipos computarizados, el procesamiento de información por parte de los expertos tecnológicos y la toma de decisiones de estos junto con los productores.

En general, el reconocimiento de los factores de variabilidad es lo que diferencia a este tipo de agricultura de la convencional pues esta última realiza sus actividades suponiendo que el terreno es de condiciones uniformes o, si no, que hay por lo menos una variabilidad mínima. Esta distinción es importante pues todo lo que se trabajará sobre las materias primas y las consecuencias ambientales será diferente para cada uno.

Tabla 1

Objetivos estratégicos del Ministerio de Educación del Perú

Tipo de variación	Sujeto de la variación	Factores involucrados
Espacial	Fertilidad del suelo	• Condiciones fisicoquímicas (entre otras la acidez-alcalinidad o pH, y el contenido de nitrógeno o de metales)
		• Contenido de humedad, materia orgánica y contaminantes
		• Conductividad eléctrica e hidráulica
		• Textura, fuerza mecánica y profundidad
		• Salinidad
		• El relieve o topología del terreno
		• Microbiota o fauna del suelo
	Desarrollo vegetal	• Maleza (plantas oportunistas)
		• Plagas (insectos, virus y microorganismos)
		• Características genéticas del cultivo (como resistencia a la sequía y velocidad de desarrollo)
Temporal	Cosecha	• Variación productiva entre períodos de siembra distintos
		• Condiciones climatológicas (por ejemplo, radiación solar o humedad ambiental) entre distintas temporadas

Nota: Adaptado de Ocampo y Santa Catarina (2018).

Las materias primas alimentarias son organismos vivos que por su sensibilidad natural están sujetas a distintos fenómenos que pueden afectarlas negativamente (Costamagna et al., 2017). Un cambio químico es un cambio en su composición, por ende, en el aspecto del alimento, en el sabor y en los componentes naturales que se pudieran aprovechar de aquel.

Pero también un fenómeno externo y recurrente es el caso de la presencia de maleza –indicado en la Tabla 1– en el terreno de cultivo. La aparición de este tipo de plantas silvestres es común y perjudicial sobre todo para la calidad esperada de las plantas porque se apropian de secciones de las parcelas que corresponden a ellas, incluso compiten en la obtención de nutrientes disminuyendo así el aprovechamiento de la tierra de los cultivos de materia prima (Aldana, 2020).

Es por esta razón que los campesinos y pequeñas empresas del sector agrícola optan por la quema de estas plantas a manera de control de especies no deseadas. Sin embargo, el gran problema de estas técnicas viene cuando los fenómenos meteorológicos influyen en esas piras y esparcen el fuego hacia áreas no aptas para ello como el terreno del cultivo mismo, sino hasta casas habitadas. Las industrias en cambio, vienen utilizando nuevas alternativas que comprende el uso de la tecnología computarizada. Con respecto a ello está el uso de los drones a control remoto que pueden detectar esas áreas gracias a cámaras especiales con infrarrojo (RR/NIR) y controlarlas (Costamagna et al., 2017).

Pero los implementos e insumos tecnológicos son de mayor multiplicidad. La maquinaria pesada es a veces destructiva cuando su centro de operación es pequeña y rodeada de campo de cultivo aprovechable. Por ello, la tecnología que debe usarse no puede ser así, su campo de trabajo no tiene que afectar esas áreas. Tiene que ser directa, efectiva, de medición y control exacto. La tecnología de este sector entonces se erigirá sobre observaciones directas de la materia prima. Esto significa que las lecturas que se hagan de los fenómenos –o circunstancias– que rodean e influyen en estos futuros alimentos se basarán en indicadores específicos que solo se logran a través de los medios sensoriales con que se programen. En general, esta tecnología de vanguardia que conforma a la agricultura de precisión se basa en ese tipo de medios (Tabla 2).

Tabla 2

Tipos de tecnología que comprende la agricultura de precisión

Tecnología	Tipos
GPS	• Satélites NAVSTAR
GIS y *software* relacionado	• ARC-INFO
	• Agri-Logic
	• Magellan Waypoint
Sensores remotos	• Sensores de nitrógeno
	• Agrodron
	• Satélites Landsat
Monitores de rendimiento y aplicación	• AG Leader
	• Green Star John Deere
Maquinaria inteligente	• Detección/recolección de frutos
	• Piloto automático de tractores
	• Uso de inteligencia artificial

Nota: Adaptado de Ocampo y Santa Catarina (2018).

Esta tecnología innovadora para este sector de la industria alimentaria tiene diversas ventajas para con los productores industriales y no industriales, y también con el medio ambiente ya que, por ejemplo, los sensores remotos que leen el nitrógeno pueden ubicar una que otra concentración de óxido nitroso, altamente dañino para el suelo y todo el ambiente, para limpiar o neutralizar ese mal químico (Rodríguez, 2018).

Otro elemento, más importante aún es el del sentido de ubicuidad que otorga este tipo de tecnologías como los GPS's y los GIS –o SIG (Sistema de Información Geográfica)– aunque estos últimos arrojan información del espectro ambiental. Las aplicaciones son diversas y sirven tanto para ubicar la tarea de la máquina, en el caso de los drones o tractores automáticos, como para ubicar al productor que detecte un problema que la máquina por sí misma no puede resolver y quiera este dirigirse a su ubicación actual. Inclusive si la máquina se pierde por desconfigurarse este puede ir a recuperarla (Flores y Mariño, 2019).

2.2 Tendencias actuales acerca de las tecnologías de la agricultura de precisión

En el presente siglo la tecnología ha tenido avances espectaculares en sistemas electrónicos y computarizados. Con ellos se programan grandes maquinarias y hasta sistemas de iluminación de ciudades enteras. Ese gobierno virtual no solo ofrece una muy esperada eficiencia de parte de aquellos órganos computarizados, también seguridad de sus procesos y algoritmos de decisión, al ser son programados bajo estándares específicos.

Por ejemplo, en un simple laboratorio –o pecera o terrario– se está cultivando una determinada planta, que no corresponde al ambiente actual, se pueden implementar sensores NVDI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) para, primero, evaluar el vigor de la planta respecto del ambiente actual y, segundo, para suplir con otras tecnologías las carencias detectadas (Purón y Tejeda, 2021).

En consecuencia, si no está implementada según los estándares requeridos, es decir, si no se simula su ambiente natural, la planta estará en condiciones que pueden comprometer su calidad, belleza y aspecto de sus frutos, o más aún, puede morir. Por ello, una parte del sector científico se dedica a mejorar esos rasgos biológicos que responden al clima, la resistencia y la velocidad de crecimiento, creando así organismos genéticamente modificados (OGM's).

Esto es bueno si hay control de la población de transgénicos ya que, con su cultivo indiscriminado, como afirman (Ardisana et al., 2019), se corre el riesgo de que se crucen con organismos naturales generando así una alteración de consecuencias quizá nefastas en el bioma. La tecnología de precisión puede prever esto con los insumos que use como los sensores, las lecturas de espectros que puede leer las alteraciones, el infrarrojo, y todo ello aplicado a los drones y otro tipo de maquinarias funcionales. A continuación, se tratarán los cinco tipos de tecnología (Tabla 2) que pertenecen a la agricultura de precisión.

2.2.1 El GPS y los satélites NAVSTAR

El Sistema de posicionamiento global (GPS, que en sus siglas en inglés significa *Global Positioning System*) es un tipo de tecnología que sirve principalmente para posicionar o ubicar algún punto de la Tierra. Originalmente tuvo aplicaciones militares estratégicas, pero más tarde fue utilizado en diversas áreas. Una de ellas es la agricultura de precisión puesto que, si la base principal de esta es la variabilidad espacio-temporal, le será muy útil tener un indicador de posiciones lejanas a tiempo real. En ese sentido la inserción de esta tecnología ha significado un paso de innovación de las mismas en la gestión de la producción de cultivos (Arley y Llano, 2016).

Y no solo ello, ha mejorado los cálculos topográficos –y también de otras áreas– que se pueden hacer de un terreno o superficie en general. Generalmente, estos consisten en representar en un plano las características de un terreno en proporciones reales y, con ello, describir y analizar sus características a través del cálculo de posiciones relativas a puntos o coordenadas, lo que en conjunto se llama levantamiento topográfico (Castro y Vélez, 2017).

Este conocimiento es importante porque con él se pueden determinar los puntos sobre los cuales se trabajará. Y lo que aporta el GPS es una optimización en el sentido de precisión en el proceso de confección de mapas y el monitoreo de fenómenos naturales (Lago et al., 2011). Según el tema de este respecto, la planificación de parcelas de tierra de cultivo y otras actividades afines entran dentro de este campo. Asimismo, el hecho de que se puedan crear mapas con referencias ubicables por el productor para que explore por sí mismo y también para que la maquinaria inteligente pueda ubicarse. De hecho, estos mapas son configurados en ellas para que puedan trabajar sin que un trabajador las maneje manualmente.

El funcionamiento del GPS se debe a que es un receptor de señales satelitales de diverso tipo, esto es, recibe información de distintos sistemas satelitales que estén en órbita de la tierra, esto constituye su "segmento

espacial". Muy importante pues este segmento es parte de la etapa de recolección de datos, en donde se ubican posiciones y se calculan medidas y características del terreno mediante coordenadas (Arnó et al., 2017). Inclusive, en las mismas actividades, el productor está basándose en este segmento de esta tecnología.

Pero, estas señales espaciales se gestionan de acuerdo a los elementos electrónicos disponibles como un celular y una computadora, este segmento es llamado "de control". Y por último está el "segmento de usuario" que consiste únicamente en los nexos entre el primero y el usuario mismo, por ejemplo, las antenas. Todos estos segmentos del GPS son imprescindibles para la agricultura de precisión. Más la topografía el conocimiento aprovechable es diverso. Con él se puede comprender en gran medida la variabilidad de los terrenos, sobre todo (Flores y Mariño, 2019).

Ahora bien, el GPS tiene distintos tipos y, como se indicó anteriormente, recibe señales de satélites espaciales. Es un concepto en general; la tecnología NAVSTAR o NAVSTAR-GPS es un tipo de él, es más, el nombre original del GPS –con el que se creó– fue ese en 1973. La diferencia con el GPS actual es que las señales satelitales que recibe pueden ser de hasta cuatro satélites (Capdevila, 2018). En cambio, el otro es de más fuentes. Aquel también lo que ofrece es la posición del recetor, o sea, del sistema virtual que usa esta tecnología, así el usuario puede ubicarse a sí mismo; y la referencia temporal global ya que el satélite está en perpetuo movimiento alrededor de la tierra. Una aplicación se da cuando, por ejemplo, se quiere calcular la distancia espacial y temporal, o sea, la velocidad, del usuario que se desplaza de un punto a otro.

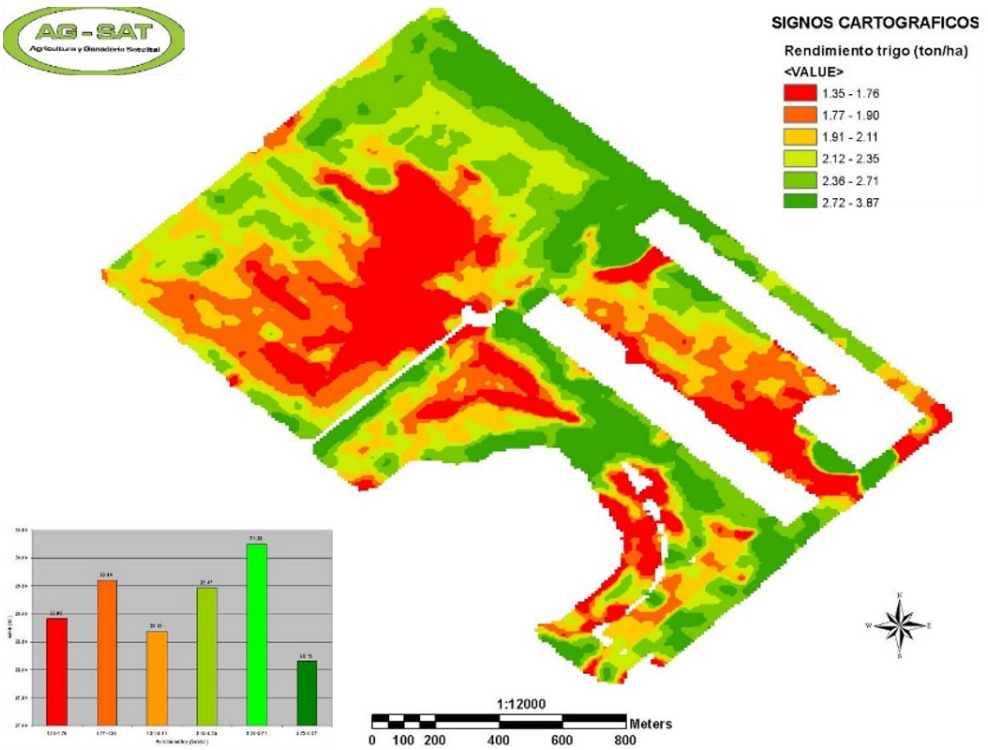
2.2.2 El GIS y los sistemas de lectura espectral

Si el GPS es el sistema de posicionamiento, el GIS (Geographic Information System) es el sistema de información geográfica o geoespacial. Si bien ambos son usados para obtener información geográfica, las acciones de cada uno son distintas. Uno ubica y posiciona. El otro agrupa una serie de herramientas que sirven para "la captura, almacenamiento, análisis, gestión, y presentación de información asociada a localizaciones geográficas" (Vargas et al., 2017, pág. 59). Con esta información sintetizada, es que el usuario puede tomar decisiones y realizar prácticas de diverso tipo según el resultado arrojado, así que no se asemeja al GPS, aunque en sistemas de geolocalización actuales se puedan encontrar ambos.

Esta tecnología también fue aplicada a varios ámbitos del conocimiento,

Figura 4

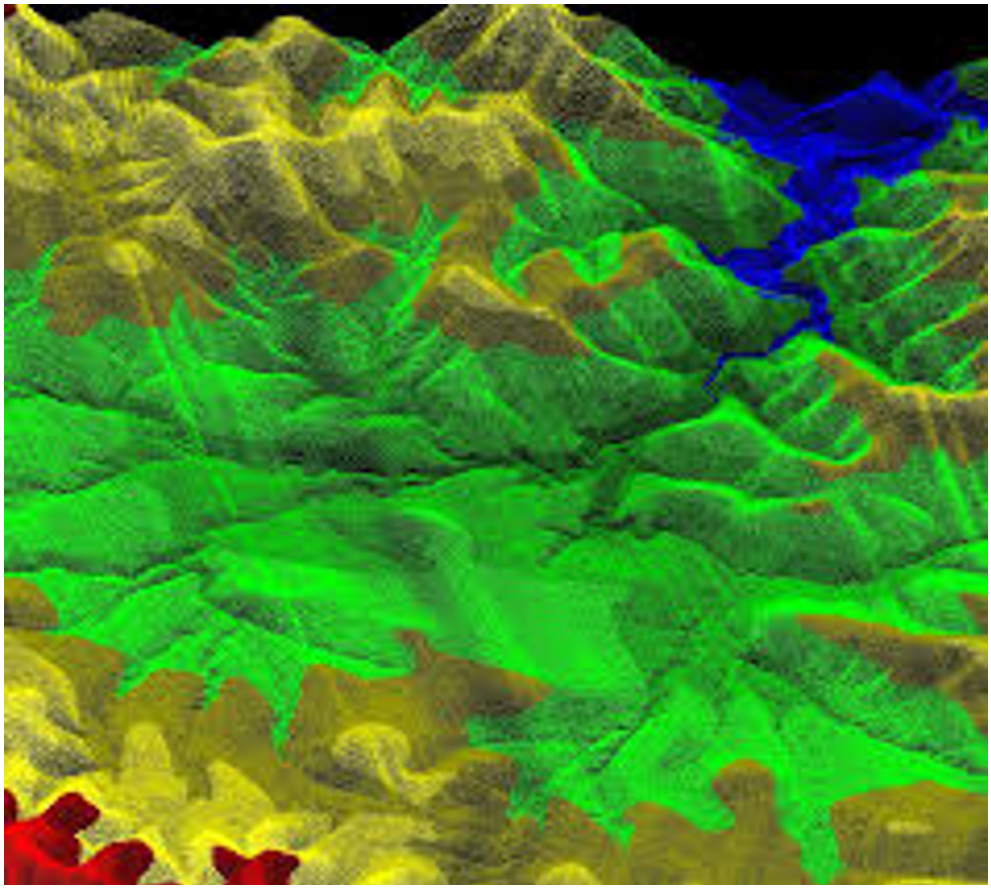
Mapa de rendimiento del trigo



Nota: Tomado de AG-SAT (2013).

sobre todo a áreas de gestión de información porque con lo que brindan pueden ser herramientas pertinentes para los gobiernos y empresas. En este caso, la información que bridaría a la agricultura sería datos geoespaciales, esto es, los datos de una superficie, cuyo posicionamiento y coordenada los puede ofrecer el GPS, y las relaciones existentes en esa superficie como es el caso del mapa de rendimiento (Figura 4) y el mapa de elevación (Figura 5)

Figura 5
Mapa de elevación



Nota: Tomado de INEGI (S. F.).

Es por ello que, también, una rama del conocimiento como es la topología está ligada con ella. Con la información que resulte de la topología se puede detectar y corregir errores que previamente hayan sido digitalizados en un mapa. Por ejemplo, si el usuario configura un mapa en base a los posicionamientos clave del terreno, puede ser que haya errores digitales, aunque mínimos, que comprometan el área del trabajo de una maquinaria. El GIS y la información topológica permite subsanarlos. (Flores y Mariño, 2019).

Esta tecnología tiene diversos sistemas con funciones análogas y diferentes. Uno de ellos (según la tabla 2) es el *software* ARC-INFO. Este sistema selecciona y secciona la información general de toda un área de trabajo. Por ejemplo, se pueden hacer lecturas de evaluación de riesgo de radón (Poláček et al., 2020), un gas contaminante, radiactivo y, lo más sorprendente, común en zonas urbanas aparentemente ubicadas en zonas no peligrosas. Con este sistema se puede describir el origen del mismo, que tiene que ver con las propiedades de la tierra en que están cimentadas las casas.

También puede crear visualizaciones gráficas según los tipos de suelo para armar el diseño y hacer planificaciones de proyectos como el mantenimiento de suelos para una gestión sostenible (Sarma et al., 2016), o también para el esbozo de un área, de condiciones no ideales. destinada a la cosecha, y etc. Estas aplicaciones se basan en una información muy útil para el sector agrario; justamente estas lecturas y consecuentes resultados dan o confirman el nombre de este tipo de agricultura.

Respecto del *software* Agri-Logic, una página web, lleva ese nombre porque el equipo que creó tal sistema es Agri-Logic Inc. Este sistema virtual, análogo a otros basados en la tecnología GIS, es más barato y eficiente porque está especializado en la agricultura, siendo más flexible arrojando datos agrícolas pertinentes para la toma de decisiones de los productores, incluso es de fácil y común acceso (Pathak et al., 2018). Por último, el Magellan Waypoint editor 1.3 es un *software*, una aplicación en este caso (Marquina y Mogollón, 2018), que también se basa en la tecnología GIS.

2.2.3 Los sensores remotos y sus tipos

Los sensores remotos son extensiones de la tecnología GPS y SIG que las han innovado al punto de que las lecturas topográficas y topológicas tengan mayor exactitud. En específico, ellos sirven para hacer lecturas de áreas de terreno que serán usadas en la representación de un mapa. Esas lecturas involucran datos del GPS y del GIS. Cabe aclarar que estos sensores se encuentran in situ en las áreas de lectura. Aunque parezca obvio, los sensores deben estar en el mismo lugar de los fenómenos para poder captarlos (Marquina y Mogollón, 2018).

Es más, estos sensores pertenecerían al segmento espacial del sistema GPS porque son máquinas de detección que arrojan datos a tiempo real, y encima registran por una buena cantidad de tiempo la actividad ambiental del área monitoreada. No obstante, como no son datos arrojados por satélites en órbita no están ubicados aquí. Ellos se encuentran en el segmento de usuario porque, así como las antenas que corresponden a este segmento, los sensores son medios entre la tecnología o los que la manipulan y el ambiente natural.

La percepción remota que de ellos resulta es constante y exacta. Es por eso que estos deben estar en una posición fija o en constante desplazamiento (Gómez et al., 2016). Si se encuentran en una posición fija están o en postes o en paredes de roca o tierra natural, así se podrá leer el tiempo atmosférico y los posibles cambios tectónicos y características de la composición de la tierra en épocas de tormentas. En relación con la agricultura de precisión, su utilización está enfocada en el registro temporal de la variabilidad del terreno de cultivo.

Un poste en cada extremo del terreno medirá el tiempo pertinente para salir a tratar de determinada manera a los cultivos. Y si están en la tierra o si están en desplazamiento gracias a un vehículo o cualquier móvil, de cualquier forma, medirán sus variaciones como la humedad o la presencia de contaminantes o malezas, etc. Volviendo al ejemplo del óxido nitro-

so y otros derivados tóxicos para las plantas como algunos pesticidas, los sensores pertinentes detectarán el peligro, pero más importante, determinarán la magnitud de este con la aplicación en ellos de la tecnología GPS y GIS.

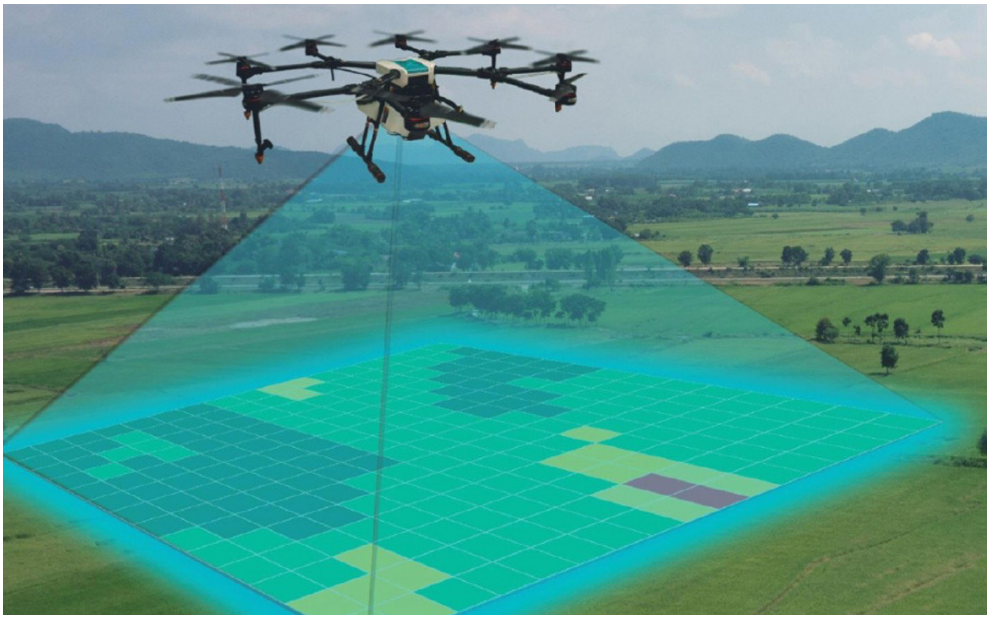
Los sensores remotos operan también de la mano con un satélite, esto para que el usuario productor, con el programa que tenga a la mano, pueda hacer la lectura del terreno a tiempo real. Ese es el caso de los satélites Landsat cuya principal función, y por lo que fueron creados, es el monitoreo de la vegetación y las relaciones que guarda con el ambiente del punto ubicado. Los datos que ofrecen al usuario pasan por una serie de filtros porque una desventaja natural es que el sensor lee espectros electromagnéticos de radiancia espectral muy alta y aerosoles que distorsionan la correcta lectura del área como señalan Marquina y Mogollon (2018).

Los vehículos de uso frecuente y actual para estos sensores son los agrodrones. La tecnología del dron, conocido también como UAS (que en inglés Unmanned Aircraft Systems), es un sistema aéreo no tripulado que está programado para sobrevolar áreas asignadas por el controlador o usuario (Mandujano y Rísquez, 2017). Si bien tiene aplicaciones militares de guerra, esas capacidades tecnológicas son utilizadas también para la agricultura.

En ella se disparan pesticidas y nutrientes para el área de cultivo que le fue asignada (Figura 6). Previamente a esto, debe estar equipado con cámaras multiespectrales, sensores, que detecten ondas invisibles para el ojo humano (Aldana, 2020). El objetivo no es solamente sobrevolar las áreas en las que pueda haber mayor radiación solar pues la longitud de onda es grande ahí. También para tratar otros males que poco a poco van poblando el área. Como el aumento de malezas en ella. El agrodron además de que fotografía el campo también procesar la información de acuerdo a su configuración de *software* interno, y con ello tratar y erradicar esos males.

Figura 6

Ejemplo de agrodron con cámara infraroja



Nota: Tomado de Agrosintesis (2020).

El aprovechar este tipo de tecnología es innovador en tres sentidos:

1. La visión minuciosa del agricultor común o, en todo caso, del operario de control de calidad será complementada con la información del agrodron. Con ello la evaluación será más precisa y los órganos decisores podrán llevar a cabo planes con mayor facilidad.

2. Al ser esta tecnología un sistema aéreo no compromete los campos de cultivo ni tierras aledañas como sí pueden hacerlo las grandes maquinarias terrestres. Además, al implementar índices muy exactos de precisión, el margen de error no afectará en lo más mínimo áreas ajenas.

3. Y la disminución de costos pues esta pequeña maquinaria consume energía eléctrica y el costo mismo del dron es ínfimo en comparación de una gran maquinaria, a pesar de que estas también tengan grandes ventajas en toda la agricultura.

2.2.4 Los monitores de rendimiento automatizado y las maquinarias inteligentes

La agricultura de los últimos 50 años ha estado caracterizada por la presencia de aparatos tecnológicos movibles y de manejo manual como los tractores clásicos John Deere, los pulverizadores, etc. Con la implementación de innovaciones tecnológicas y programas innovadores como la agricultura de precisión que se está tratando en este respecto, esas maquinarias de uso manual se transformaron, en buena parte, al uso automático. Y es así pues estos aún pueden ser manejados manualmente pero el sistema automático está implementado. Es así que el trabajador puede programar a la máquina por una jornada de tiempo determinada.

Pero la exactitud de este trabajo se logra con la precisión de la tecnología implementada. En este caso son los monitores de rendimiento automatizado (Salinas y Tavera, 2016). Un ejemplo que sirve como analogía es el caso de la aplicación Waze usada por taxistas en caso de que no ubiquen el destino de sus clientes. La aplicación ubica el punto y genera una línea desde aquel al punto de ubicación del automóvil en cuestión; y cuando este sigue el trayecto, la línea también avanza por las calles que pasa. Y como esa hay otras aplicaciones que incluso poseen un control de voz que mantiene la corrección del trayecto. Justamente esa es la función del monitor inteligente, solo que este incluye un mapa de rendimiento con el cual se ubica y procede a realizar sus actividades (Elverdin et al., 2018).

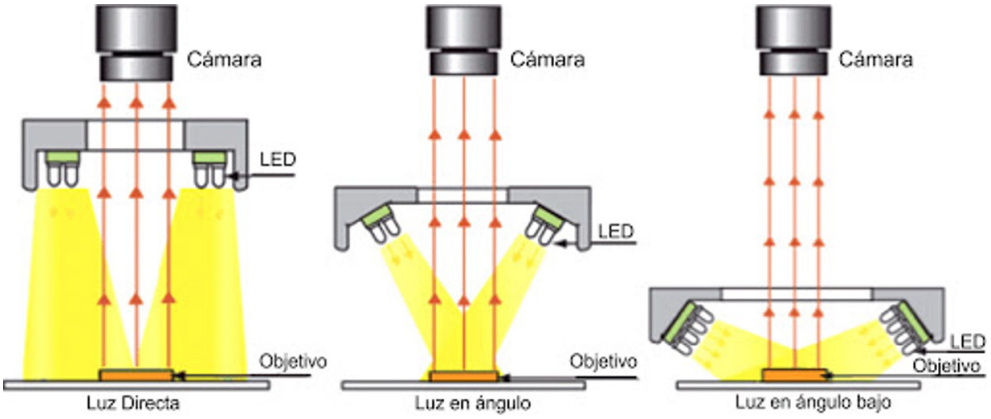
Algunos ejemplos de monitores son el AG Leader y el Green Star John Deere, ambos presentes en maquinarias automatizadas. Ellos integran sus sistemas y se encuentran en la cabina de la maquinaria (Perez et al., 2018). Las funciones son análogas a las del ejemplo anterior. Y como toda la tecnología de la agricultura de precisión se basa en la variabilidad del campo y la ubicación espacio-temporal, el monitor de rendimiento estará configurado según el GIS y el GPS.

2.3 El sistema de visión artificial

La tecnología de las cámaras digitales, los sensores y los sistemas o *softwares* de inteligencia artificial han confluido en un punto común, el sistema de visión artificial (Russo et al., 2018). Estos avances han permitido y optimizado las capacidades de precisión en cuanto a medición de la variabilidad de los cultivos y, con mayor énfasis, en el desarrollo de los frutos, o sea, el índice de variabilidad de las cosechas. Y tal medición es posible gracias al procesamiento digital de imágenes obtenidas del contacto con ellos.

Así pues, la visión artificial es una tecnología que funciona según los registros sensoriales de las cámaras que, por cierto, se basan en el sistema de colores de luz o RGB (*Red, Green and Blue*) para determinar el grado de desarrollo del producto natural sea este una semilla, un fruto, una raíz, etc. (Escobar y Roa, 2016). Esto significa que los focos del *hardware* iluminarán al objeto, del que se reflejarán los colores correspondientes a estos focos (Figura 7), evidentemente la lectura de todo ello es imperceptible por el ojo humano, que la cámara capturará para su posterior procesamiento.

Figura 7
Iluminación de la cámara al producto natural



Nota: Tomado de Logic Electronics (2017).

Esta lectura consiste en un análisis de los pigmentos de los frutos y hojas que conforman lo más preciado del cultivo. Esta tecnología utiliza como indicador base los colores verdes porque permiten, por su mayor variedad, realizar una medición exacta de las combinaciones del espectro – de colores – detectado en el objeto. Con ello, el sistema puede determinar el porcentaje de desarrollo o maduración del fruto como también las características internas de su composición química. Esto es, la calidad del producto (Escobar y Roa, 2016).

Pero esta precisión esperada no exime a las cámaras de este sistema la admisión de errores como la incidencia de la luz del sol en el caso de que este sistema esté en plena actividad a la luz del día. Es por ello que se opta por un filtro de convolución que disminuye tal incidencia. Y se hace aún más necesaria la presencia de este último debido a que el sistema estará anclado a una maquinaria automatizada cuya una de tantas funciones es la de seleccionar los productos en relación con su punto de maduración.

Al respecto, su principal aplicación en maquinaria automática es la navegación automática, ya sea aérea no tripulada como los drones o las tripuladas y de gran tamaño como lo son los tractores y demás maquinaria afín. Aunque su aplicación ha estado más orientada a los primeros por su versatilidad de desplazamiento por los aires del terreno de cultivo y por la facilidad y capacidad de capturar imágenes con precisión que incluye las lecturas espectrales con RGB (Costamagna et al., 2017).

Sumado a ello, las tecnologías vistas anteriormente otorgan posicionamiento y lecturas atmosféricas y geográficas que la lectura RGB solo complementaría. Así pues, junto con la capacidad de volar del dron, se pueden hacer o fabricar mapas topográficos que ayudan al productor alimentario obtener información exacta, o por lo menos lo más exacta posible, para armar mapas con los cuales ubicará los puntos limítrofes como también las áreas en que el dron trabajará (Bautista et al., 2018).

Además, la visión artificial empalmada en la maquinaria inteligente tiene dos formas de realizar sus actividades. La forma directa consiste en una actividad resultante e inmediata de la información procesada en el mismo lugar de trabajo. Esto significa que la visión artificial está recabando información a la vez que acciona y ordena a la máquina. Por otra parte, la forma indirecta consiste en la actividad posterior a la síntesis de información que la cámara o sensor obtuvo por cierta cantidad considerable de tiempo (Russo et al., 2018).

En ambos casos, la precisión se respeta siempre que se tomen los cuidados necesarios como el uso de filtros u otro tipo de tecnología o técnica significativa para el mejor rendimiento de la visión artificial, lo que incluye el horario de trabajo. Si la luz solar puede incidir negativamente en la lectura espectral del color de los frutos y otras materias primas entonces el sistema puede ser aplicado en un horario nocturno (Sanz et al., 2016) ya que este sistema trabaja con luces infrarrojas; sin duda una aplicación innovadora en todo este ámbito.

CAPÍTULO III

EL CULTIVO DE LA ACEITUNA

La aceituna es un fruto natural que ha constituido la alimentación, o dieta, del ser humano desde la antigüedad. Sus orígenes en el viejo mundo no significaron una pérdida de calidad ni mucho menos una razón o causa para que no haya cultivos de aceituna o árboles de olivo en todo el mundo. Era de esperarse que sus recursos sean aprovechables por todos pues los obsequios divinos (Lejavitzer, 2016) son patrimonio del mundo.

Los recursos aprovechables de este árbol, además de la madera, son específicamente, y con mayor importancia para el presente capítulo, las aceitunas que de ellos brotan. Este fruto del olivo en la actualidad constituye una parte importante de la dieta mundial, con el famoso aceite de olivo derivado de ella tanto europeos como chinos y latinoamericanos los incluyen en sus comidas típicas. Es lo mismo con la aceituna misma, sin transformarlo químicamente y cuyo sabor es popular entre los ciudadanos del mundo.

Tal expansión se debió principalmente a la circulación de este producto desde la antigüedad (Gonzalez, 2017). Los productores a la vez que los consumían también los intercambiaban. Obviamente, el adquisidor de este producto esperaba y espera hasta ahora un producto de calidad, el cual involucra una serie de cuidados en su desarrollo. El presente capítulo trata, sin embargo, de las características generales de este recurso, del árbol del que procede y de su derivado, el aceite. Porque en el capítulo anterior se trató del tema tecnológico.

Pero más importante aún, el presente contiene un tratamiento general de la expansión de los cultivos de aceituna a nivel mundial. Los principales países que cultivan este producto natural poseen una producción extensa y tradicional o innovadora, dependiendo desde cuando este producto estuvo presente en sus tierras; al respecto se describe la presencia en la Europa mediterránea y en China y Latinoamérica, en donde se encuentra el Perú, un productor que fue reconocido por un tiempo como un productor importante, y quizá aún lo sigue siendo, tan solo atender a su carta de alimentos preparados en el que la aceituna se hace presente.

3.1 La aceituna en el mundo

Desde la antigüedad los cultivos de olivo (u *Olea* como se lo conoce en latín) han tenido un protagonismo en los pueblos antiguos del mediterráneo. Tal es así que los pueblos griegos lo consideraban un regalo divino de la diosa Atenea quien también obsequió a los humanos el conocimiento de su cultivo y la obtención de su aceite, el jugo de la aceituna que se obtiene por medios manuales y mecánicos (Lejavitzer , 2016). De hecho, todo este proceso era natural y no incluía el proceso de cocción, y así conformaba la dieta de aquellos hombres. Es más, en los cantos homéricos se declara que Odiseo construyó el lecho que compartía con su esposa Penélope con un árbol de olivo.

Con el pasar del tiempo, el consumo de sus frutos y el aprovechamiento de su madera se expandió hacia las áreas limítrofes del mundo hasta ese

entonces conocido. Su cultivo se extendía desde el Asia menor, o Turquía en estos días; en Egipto y en Roma, incluyendo sus provincias como la península ibérica, más tarde España, como también hasta las áreas de medio oriente. Tal ha sido su influencia que ya en esos tiempos, en esos pueblos un símbolo de la paz era un ramo de olivo y las tumbas de reyes importantes incluían en su contenido aceitunas y su aceite. Incluso en tradiciones como la judaica que las utilizaba como un alimento ceremonial en los días de luto (Gonzalez, 2017).

Así es que el olivo y su fruto, la aceituna, empezaron a circular por los mercados de todos los territorios que se iban explorando, conquistando y visitando hasta la actualidad como es el caso del continente americano por la corona española y al continente asiático, ambos de mayor envergadura territorial y con tierras con mejores condiciones, si bien extrañas a esta planta, que optimizaron algunas características originales de este fruto y, por ende, del árbol mismo. Su cultivo, pues, constituía una parte considerable de sus intereses nacionales por diversas razones como es la necesidad de producción de aceites para comidas, de hecho, hoy en día su el consumo de este derivado natural está emparentado – nuevamente – con la dieta saludable.

Y por la parte de las aceitunas, las necesidades de cultivo no se alejaban del todo de este propósito. Pero su uso también se extendía hacia el sector alimentario de comida no necesariamente saludable, las comidas gourmet y los *fast-foods* como la *pizza* y otros alimentos afines. De hecho, la aceituna no es presentada en su forma natural y completa. En este tipo de comidas la aceituna ha sufrido cambios físicos, o sea, de presentación (Parejo y Rangel, 2016). Estas comidas a veces las presentan deshuesadas o sin la pepa que le corresponde a su estado natural, y en su lugar se encuentra un pedazo de otra materia prima, como es el caso del pimiento. En las *pizzas* las aceitunas también están privadas de sus pepas. Pero tampoco ellas están del todo completas según su forma natural, sino que están en forma de rodajas repartidas en toda la superficie de esta comida. Todo ello sin contar que los colores y los tipos de aceituna varían en todo el mundo. En

los mercados y supermercados del Perú, por ejemplo, se presentan solo dos colores, la verde y la negra.

3.2 Clasificación y características del olivo y de las aceitunas

El origen de la aceituna o el lugar de su procedencia es el territorio continental adyacente al mar mediterráneo como también el territorio insular contenido en él. Es por ello que la clasificación del árbol del que es fruto, el olivo, dentro de las *filium* biológicas es el de *Olea europea* que pertenece a una familia de árboles denominada *Oláceas* (Barranco et al., 2017) del que existen unos 33 géneros y 600 especies existentes en múltiples áreas del planeta, en distintos tipos de clima.

Esta clase se subdivide en dos familias grandes: el olivo silvestre o acebuche (*Olea oleaster*) y el olivo cultivado (*Olea sativa*). Sus diferencias consisten en el tamaño, mientras que el acebuche puede medir hasta 5 metros de largo, el olivo cultivado puede llegar hasta los 8 metros de altura. La pulpa de las aceitunas del primero es menos voluminosa que las de la segunda, sin embargo, la cantidad de fruto producido es mayor que las de aquella. (Villa, 2019). Respecto del árbol de olivo cultivado, este es frondoso, a pesar de que la densidad de su copa pueda variar según los distintos tipos de variedad de cultivos.

Como sostienen Barranco et al. (2017) es importante destacar que el olivo posee una gran plasticidad morfogenética debido a su gran capacidad de adaptabilidad a distintos ambientes, y esto es natural. Y los elementos de su composición física que ayudan a ello son sus hojas cuyas estructuras naturales retienen el agua cuando las condiciones en que se encuentra el árbol influyen de tal manera en el ambiente completo que las plantas en él empiezan a transpirar, lo que significa que hay una pérdida de agua considerable, lo cual no es bueno para ciertos árboles que no tengan esta capacidad morfogenética porque mueren.

Los demás elementos constituyentes del árbol de la aceituna, sus raíces, ramas tienen las mismas capacidades de adaptabilidad y resistencia que las hojas, de hecho, son elementos que se fortalecen a medida que la planta germina y se desarrolla. Y como tal, son también las partes que están expuestas a plagas externas o internas que las pueden terminar deteriorando. Estas plagas pueden ser los hongos y también ciertos gusanos microscópicos (nemátodos) que atacan las raíces y las partes aéreas ubicadas en la copa del árbol. Con el tiempo, el árbol infestado puede contagiar sus males a otros, si es que se trata de un área de producción, y la planificación del cultivo, por tanto, fracasa (Álvarez et al., 2019).

Por otro lado, las flores no son menos importantes pues son aquellos órganos que permiten la reproducción de la especie, factor importante para el ambiente y para los productores de aceituna que se dedican a su cultivo porque de su fecundación surgen los frutos. Aunque ocurre un fenómeno común respecto de este árbol, y es que del total de flores solo un diez o hasta doce por cierto del total terminan siendo aceitunas como tales. Esto se debe a un aborto natural de los ovarios de la flor, que varía en intensidad y que depende de la nutrición del árbol (Villa, 2019).

La aceituna es el fruto propio de este árbol y depende del desarrollo del árbol que sean de buena calidad a ojos de los productores. El proceso de su germinación empieza y termina con su forma ovoide y crece hasta adquirir un color verde. Cuando este madura, sus colores son el negro, negro violáceo y rojizo, todos conocidos porque su presencia en los mercados es permanente.

Este fruto entra en el conjunto de frutos conocidos como drupas porque sus características físicas consisten en ser alimentos redondos y carnosos que contienen dentro de sí una única semilla protegida por una capa leñosa muy dura, es por ello que se conoce a esta como hueso. Tal es el caso del melocotón, el durazno, la almendra, la ciruela, o el albaricoque. Las partes de la semilla se desarrollan de diversa manera. El endocarpio y

el mesocarpio crecen desde la fecundación, pero el primero sólo hasta los dos meses siguientes, y el último continúa hasta la maduración del fruto.

Este último es importante porque es el que aumenta de tamaño por la acumulación de aceite. Por último, el exocarpio, la capa que cubre al fruto y lo protege (Barranco et al., 2017). El producto final es una aceituna de buena calidad, si es que las condiciones fueron óptimas también y su aspecto es como el que se muestra en la Figura 7. Lo mismo sucede con el árbol de olivo en su conjunto, si tiene esas mismas condiciones tendrá buen, o hermoso, aspecto (Figura 8). No es casualidad pues, que por tales características haya sido muy admirado por esos pueblos antiguos.

Figura 8
Aceituna en estado natural



Nota: Tomado de Villa (2019).

Figura 9
Árbol de olivo de buen aspecto



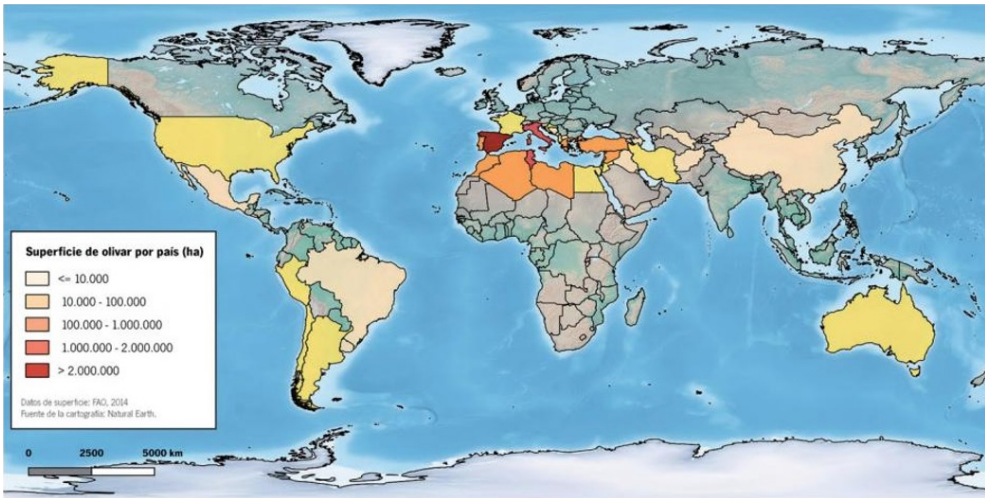
Nota: Tomado de Villa (2019).

3.3 Distribución del cultivo de las aceitunas en el mundo

Como el cultivo de aceitunas tuvo su origen en la Europa del mediterráneo, gran parte de esos países lo cultiva en mayor cantidad. Aunque su presencia en otros terrenos se extiende más allá de este continente, abarcando un aproximado de 40 países en todo el globo (Figura 9). Como se dijo antes, estos cultivos son del árbol de olivo y la producción que de ellos venga será de aceitunas las cuales tendrán distintos destinos.

Figura 10

Países productores de olivo en todo el mundo



Nota: Tomado de Barranco et al. (2017).

Estas variedades de producción son múltiples, y en general se clasifican en tres según Villa (2019): las variedades de aceituna dirigidas a la producción de aceite, las que están dirigidas a la producción de aceituna de mesa, estas son las que más se conocen, por ejemplo, las aceitunas que en mercados se venden a granel, las procesadas y embazadas generalmente sin hueso; y también las que están dirigidas a ambas, esto porque la calidad de producto natural es óptima para el procesamiento de ambos.

En su lugar de origen, la producción aceitunera responde a la primera variedad de producción, el de aceite de oliva puesto que es parte de su dieta común. Los países que llevan este régimen son Italia, Francia, Grecia, Portugal y España, siendo esta última el mayor productor a nivel mundial, incluso, parte de los datos estimados arrojan que, más bien, la segunda variedad de producción es del 10 % del total de producción aceitunera. (Parejo y Rangel, 2016). Aunque, en desde finales de los noventa esta variedad ha estado en constante alza.

Un gran ejemplo de ello es la presencia de cultivos de aceituna en China, importadas de Albania y Rusia hace aproximadamente setenta años. Prácticamente es una implementación de terrenos oleícolas reciente. Y hasta la actualidad se mantienen debido a que el clima de las provincias en las que están esos terrenos se asemeja al del mediterráneo a pesar de que el índice de pluviometría, esto es, la cantidad de lluvias sea menor a la de aquella. (Sainz et al., 2018). Estas provincias son Longnan o Ganzu, Mianyang o Sichuan y Yangzhou o Jiangzu, si bien los terrenos de cultivo ocupan grandes hectáreas de terreno, la producción es mínima; sumado a ello el hecho de que haya poquísima, si no ninguna, presencia de tecnología de agricultura que aporte al mejoramiento de las condiciones climatológicas.

La otra presencia de terrenos de cultivo de aceituna es en Latinoamérica. Lo más representativos son Brasil, Chile, Argentina, el Perú y México cuyo índice de producción se mantiene estable y en ligero ascenso en comparación con los del viejo continente cuyo ascenso es mayor. Por ejemplo, en Brasil el consumo de aceituna de mesa aumento en un 41 % en 2020-2021 a diferencia del año anterior. Mientras que el consumo de aceite de oliva solo fue del 33 %. Por otro lado, el consumo de aceituna de mesa por habitante, al año, está entre 1kg y 3kg en países como Chile y Perú (COI, 2021).

3.4 La aceituna en el Perú

El Perú es un productor de aceitunas que ha tenido cierto protagonismo como exportador por el año 2015-2016 en donde competía con Portugal y España, el mayor productor de aceituna, o fruto del olivo, del mundo (Parejo y Rangel, 2016). Aunque la producción no ha cesado, internacionalmente se ha mantenido en un aumento ligero en comparación con Brasil a nivel mundial, es más, Los países cuyas producciones se han disparado exponencialmente son los de medio oriente como Albania y Siria.

Si bien estos índices muestran aparentemente un bajo consumo el Consejo Oleícola Internacional (2021) informa que el consumo individual en

promedio aumentó en casi 3 kilogramos por persona. Y no es de extrañar porque ese índice de aumento, que no es ni tan alto ni tan bajo, es un reflejo de las costumbres culinarias de la cultura peruana, esto es, de la presencia de la aceituna en la dieta de los peruanos. El consumo de este producto natural es tanto como aceite de oliva embazado como aceituna de mesa a granel o embazado también.

Todos ellos están presentes en diversos mercados y supermercados del país. Sin embargo, dentro del consumo general, el aceite de oliva por su parte, es utilizado en la preparación de aliños para ensaladas frescas, y hasta en la preparación de ciertas frituras y repostería. Por otro lado, la aceituna de mesa tiene mayores aplicaciones en este territorio. La aceituna negra o "de botija" como normalmente se le conoce está presente en diversas comidas cuya preparación no necesariamente exige que este fruto esté previamente deshuesado.

Comidas típicas que contienen este alimento son la Papa a Huancaína, la Ocopa, el Escabeche, los aderezos que llevan caihua, el Arroz Tapado, etc. También está presente en algunos aperitivos como los tamales, los juanes. Inclusive es muy común la presencia de la aceituna, sin deshuesar, en los panes que se sirven en el desayuno o en la cena. En general, la aceituna es un alimento de origen extranjero que o es necesario para la preparación de un plato o simplemente acompaña uno (Lázaro y Dominguez, 2019). Tal es el caso de las salsas como la mayonesa de aceituna que se sirven en puestos de venta de comida rápida locales. Pero todo ello no se podría sin la producción nacional que existe en este país.

El Perú concentra su producción de aceituna en la región costera del sur que comprende a los departamentos de Lima que lleva el 1.8 % de la producción olivera, Ica que concentra el 2.2 %, Moquegua el 2.6 %, Arequipa el 31.3 % y Tacna en donde este último concentra el 61,7 %, el más alto, de toda la cadena de producción aceitunera (Mendoza y Velarde, 2020).

Respecto de este último, los rendimientos que muestra a nivel nacional van de 4001 kg/ha hasta los 5000 kg/ha de aceituna por parcela anualmente y de ella sólo el 37,8 % lo destina a la exportación, estos estándares determinados por (Delgado, 2018) lo llevan a pensar que el sector alimentario de la aceituna puede optimizar el rango de sus ventas si se dedicara a la exportación. Justamente para ello podría adoptar nuevas prácticas innovadoras como el uso de tecnología pertinente, y esto no solo para la región de Tacna, también para las demás regiones del país. De todas maneras, es por la calidad del producto que los consumidores nacionales e internacionales lo prefieren. Si se procuran los debidos cuidados o, mejor dicho, si se optimizan los cuidados que ya tienen estos cultivos peruanos, la calidad de sus productos no solo aumentará, sino que se clasificará aún más en calidades, lo cual implica también un nuevo establecimiento de precios y un seguro crecimiento a futuro de este sector.

CAPÍTULO IV

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE MADUREZ DE LA ACEITUNA DE MESA (*OLEA EUROPAEA*) Y SU CONTROL DURANTE EL CONTROL DE CALIDAD A TRAVÉS DEL ALGORITMO GRÁFICO DE VISIÓN COMPUTACIONAL

Debido que el manejo de la clasificación y selección de aceituna negra estilo Sevillano, en la etapa de pre y post cosecha, se realiza de forma manual o mediante maquinaria mecánica, es necesaria su automatización del control de calidad de la Aceituna de mesa (*olea europaea*) mediante la visión por computadora, para determinar el grado de madurez y su posterior exportación en los mercados internacionales que aplican fuertemente estándares de calidad en productos de consumo humano.

Como el ser humano depende en gran manera de sus beneficios por su contenido de aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas y su alto poder a la hora de prevenir enfermedades cardiacas, buscar un patrón óptimo y aceptable en su color es prioritario.

El presente proyecto beneficia a todo consumidor que buscan productos de buena calidad, textura, sabor y color.

4.1. Objetivos

4.1.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de visión artificial utilizando algoritmo gráfico mediante *Visión Builder AI,* que permita realizar el control de calidad de acuerdo al color y tamaño, de la aceituna negra estilo Sevillano producidas en la ciudad de Tacna, antes de su comercialización.

4.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar y resumir planteamientos teóricos relacionados con diseño de sistemas computacionales y uso de entorno grafico de visión artificial.
- Determinar los elementos del sistema computacional de reconocimiento y desarrollar el algoritmo gráfico mediante Visión Builder AI for Automated Inspection.
- Mostrar el procesamiento actual de la aceituna y de cómo el sistema mejoraría la calidad del fruto para su posterior comercialización.
- Desarrollar la aplicación mediante técnicas de Intensidad de Índice de Refracción (IIR) del color de la aceituna.

4.2. Operacionalización De Variables

4.2.1. Identificación de las variables:

4.2.1.1. Variables dependientes:

- IIR.
- Grado de madurez.

4.2.1.2. Variables independientes:

- Aceituna negra sevillana.
- Aceituna verde sevillana.
- Iluminación.
- Fotografía de la Cámara

4.3. Tipo de investigación

La presente investigación es aplicada, buscando adquirir nuevos conocimientos para dar solución al proceso de control de calidad de la aceituna negra de mesa para obtener una uniformidad de una porción de aceituna antes de ser embolsada.

4.4. Unidad de análisis

La población es el fruto de la aceituna negra de mesa variedad sevillana; mientras que la muestra fotográfica es tomada de un grupo de aceitunas y convertida a imagen binaria.

4.5. Método y técnica de recolección de datos

Considerando que la parte más importante lo constituye la imagen fotográfica, el método de análisis de recolección y procesamiento de los datos

ha sido realizado mediante cámara fotográfica de 13 Megapíxel de celular LG G3 Stylus. La muestra se expone a iluminación promedio de 500 lux, todo mediante el máximo cuidado y mínimo de error.

Los datos (imagen digital) han sido obtenidas de un grupo de 12 aceitunas negra de mesa en forma sistemática. Esta muestra equivale a un lote antes de la cosecha. Las muestras subsiguientes se recolectan a los 7 días o 15 días de acuerdo a la época de cosecha.

Los datos (imagen digital) se procesa mediante el programa *Vision Builder AI for Automated Inspection*, que aplican los algoritmos de control de calidad y determina si pasa o no pasa el lote de aceitunas procesadas. El resultado es copiado a memoria USB, o disco duro del computador en formato Excel para su análisis posterior.

Toda la información ha sido procesada en la hoja electrónica Excel. La programación del modelo de control de calidad se ha desarrollado con el programa *Vision Builder AI for Automated Inspection*, versión 2013.

Asimismo, se han utilizado equipo e instrumento de laboratorio, como un computador de doble núcleo y cámara digital para la información de la imagen digital.

4.6. Métodos y técnica de análisis de datos

Toda la información de datos ha sido analizada y procesada con el software *Vision Builder AI for Automated Inspection 2013.*

4.7. Resultados

La obtención de las imágenes de las aceitunas se realiza mediante captura a través de una cámara fotográfica (se puede realizar además de cámara web o cámara de teléfono celular de alta resolución, mayor a 4 MPixel), antes de ser procesada. Se tuvo que realizar un módulo prototipo a baja escala para tal fin considerando los parámetros importantes para la captura de la

imagen, en el módulo prototipo se monta la cámara a su vez que sirve para eliminar ruido externo y eliminar las sombras alrededor de la aceituna. Se debe conseguir la imagen lo más limpia posible para no sobrecargar con líneas de código excesiva al programa de procesamiento de la imagen.

Las medidas adoptadas al módulo prototipo a baja escala son las mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3
Medidas del módulo prototipo de captura de imagen

Parámetro	Región de interés de la Imagen (cm)	Modulo prototipo (cm)
Largo	21 cm	33 cm
Ancho	15 cm	22 cm
Altura	––	25 cm
Área	**315 cm^2**	**726 cm^2**

4.8. Estructura del módulo

La estructura del módulo prototipo de captura de imagen de las aceitunas se ha realizado utilizando material liviano como el aluminio y mica; la iluminación la entregan 8 ledes de alta potencia, como se muestra de la Figura 11 a la Figura 14.

4.8.1. Características eléctricas del módulo

Las características eléctricas en condiciones ambientales a 25 °C son:

- Voltaje de entrada: 12 V
- Consumo de corriente: 0.7 A
- Luminancia: ~ 100 lux

Figura 11

Vista superior del módulo

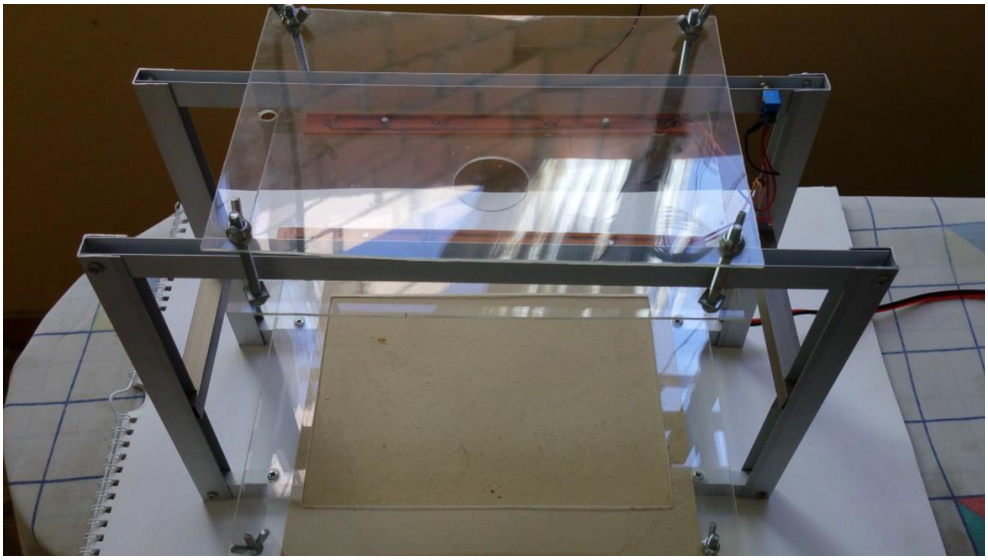


Figura 12

Vista frontal del módulo

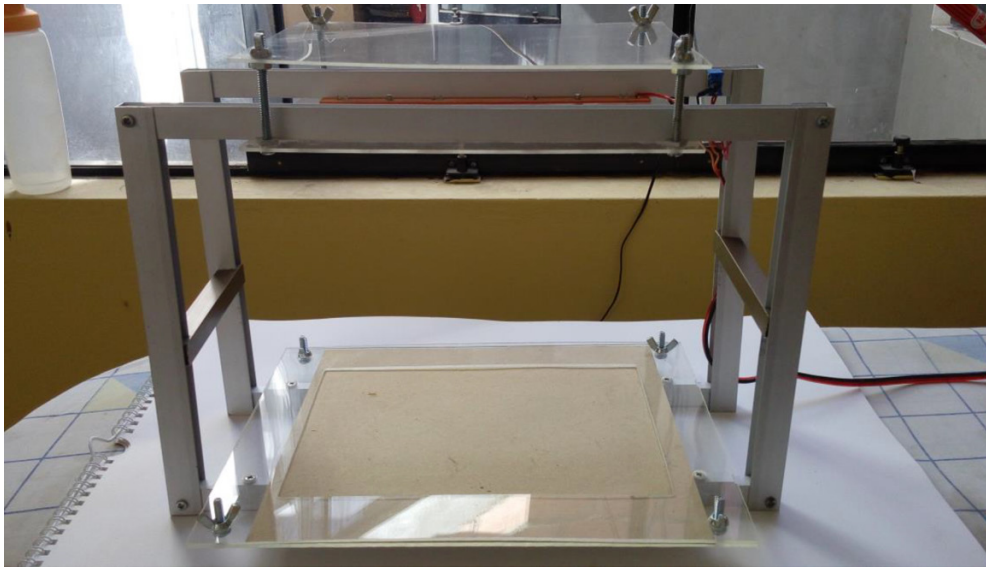


Figura 13

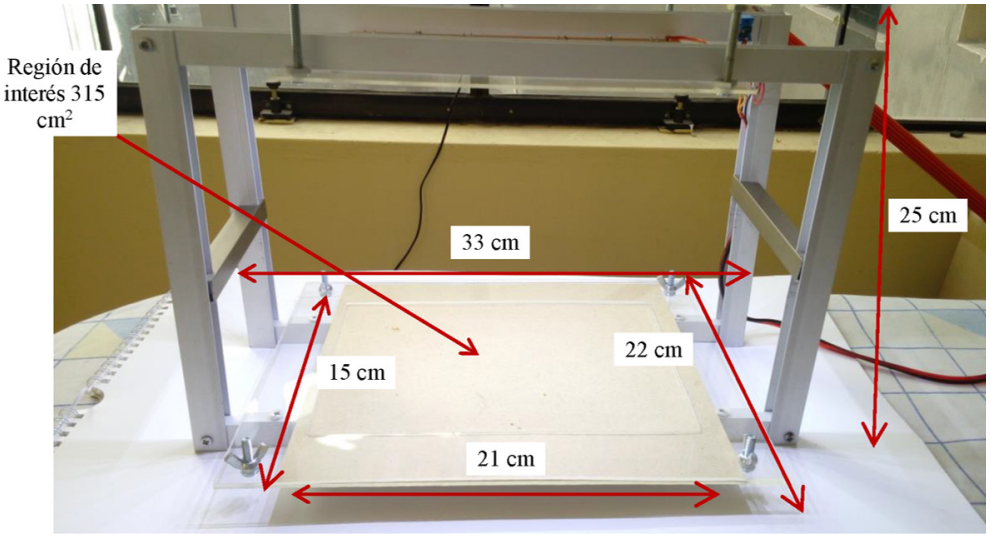
Detalle de la iluminación del módulo



Nota: La iluminación está compuesta de 8 ledes de 1 vatio de potencia cada uno.

Figura 14

Medidas del módulo prototipo



4.8.2. Principio de configuración de la cámara

A partir de la característica mínimo de tamaño, se determine la distancia necesaria entre la cámara y el objeto para obtener la resolución espacial y el campo de visión deseados (*field-of-view*, FOV).

4.8.2.1 Tamaño mínimo de característica (Sf)

Para el calibrado de tamaño se considera el espaciamiento de 1.14 mm. Este valor corresponde a la diferencia de diámetros de dos aceitunas para ser considerados como extra. Así

$$Sf = 1.36 \text{ mm}$$

4.8.2.2. Numero de pixeles para asignar (Nf)

Son 12 aceitunas que se va procesar dentro del campo de visión:

$$Nf = 12 \text{ pixels.}$$

El requerimiento de resolución de imagen espacial, Rs, en el plano es dado por determinar qué cámara es requerida para obtener la resolución espacial a una distancia de 0.113 mm/pixel. Esto da lugar a dos interrogantes:

- ¿Qué distancia de cámara se requiere?
- ¿Cuál será el campo de visión?

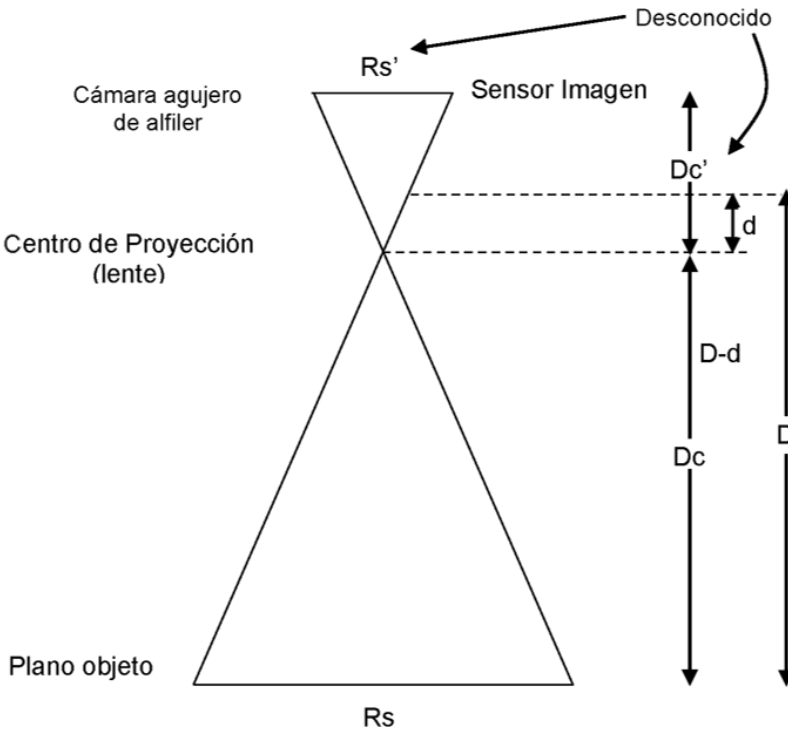
Consideremos el esquema de la cámara al plano objeto en la Figura 15.

Por triángulos semejantes:

$$\frac{Rs'}{Rs} = \frac{Dc'}{Dc} = \frac{Dc}{D - d}$$

Figura 15

Esquema de la cámara al plano objeto



Resolviendo para la distancia D, se tiene:

$$D = Rs \left[\frac{Ds'}{Rs'} \right] + d$$

Luego consideramos una constante

$$K = \left[\frac{Dc'}{Rs'} \right]$$

Por lo tanto:

$$D = K \times Rs + d$$

Dónde:

K: Constante de cámara, [pixels]

d: Distancia desde la referencia externa al centro de proyección [mm]

Rs: Resolución espacial [mm/pixels]

4.8.3. Cálculo de K y d

Se debe resolver un par de ecuaciones simultáneamente, es decir realizar dos mediciones con cámaras diferentes

La imagen en una regla en dos puntos equidistantes es según la Tabla 4.

Tabla 4
Regla en dos puntos equidistantes

Cámara 1		
D_1 = 150 mm	20 mm/ 72 pix	150 mm/ 871 pix
La pendiente:	RS_1 = 0.163 mm/pix	
Cámara 2		
D_2 = 54 mm	70 mm/ 72 pix	140 mm/ 1164 pix
La pendiente:	RS_2 = 0.064 mm/pix	

Formando el par de ecuaciones:

$$150 = 0.163 \times K + d$$

$$54 = 0.10641 \times K + d$$

De donde resulta:

$$K = 971 \text{ pixel y } d = -8.27 \text{ mm}$$

Luego:

$$D = 971 \times Rs - 8.27$$

El campo de visión (FOV) es dado por:

$$FOV = N \times Rs$$

Donde N, es el número de pixeles, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Parámetros para el cálculo de la distancia de cámara y resolución espacial

Campo de visión	
Horizontal	Vertical
$FOV_h = Nh \times Rs$	$FOV_v = Nv \times Rs$
Resolución de cámara	
Horizontal	Vertical
Nh [pix] = 1280	Nh [pix] = 720
Medidas de resolución espacial	
D [mm]	Rs [mm/pix]
150	0.1627
54	0.0641
Constantes de cámara	
K = 973.6308316	d[mm] = –8.40973631

Tabulando en la Tabla 6 la distancia y el campo de visión H y V respecto a la Resolución espacial:

Al graficar los datos mostrados en la Tabla 6 se obtiene la Figura 16 (distancia vertical) y la Figura 17 (distancia horizontal).

Tabla 6

Medidas del módulo prototipo de captura de imagen

Rs [mm/pix]	D [mm]	FO = Vh[mm]	FOV = v[mm]
0.06	50	77	43
0.07	60	90	50
0.08	69	102	58
0.09	79	115	65
0.1	89	128	72
0.11	99	141	79
0.12	108	154	86
0.13	118	166	94
0.14	128	179	101
0.15	138	192	108
0.16	147	205	115
0.17	157	218	122
0.18	167	230	130
0.19	177	243	137
0.2	186	256	144

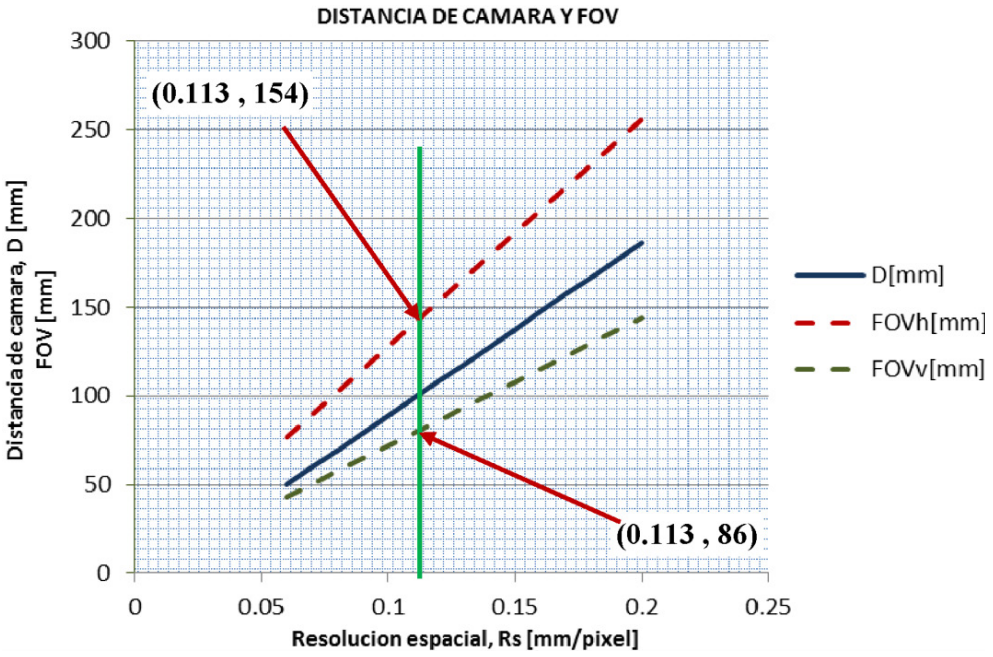
4.8.4. Resolución espacial, Rs [mm/píxel]

En la Figura 16 podemos notar lo siguiente:

- Con la resolución espacial de 0.113 mm/pixel, inicialmente establecida, se obtiene la distancia de cámara de 100 mm.
- El campo de visión a 0.113 mm/pixel es de manera aproximada 80 mm x 150 mm, esto equivale a un área de 12 750 mm^2.

Figura 16

Distancia de cámara para una resolución espacial de 0.113 mm/píxel



En la segunda grafica (Figura 17) Distancia de cámara y FOV, se tiene

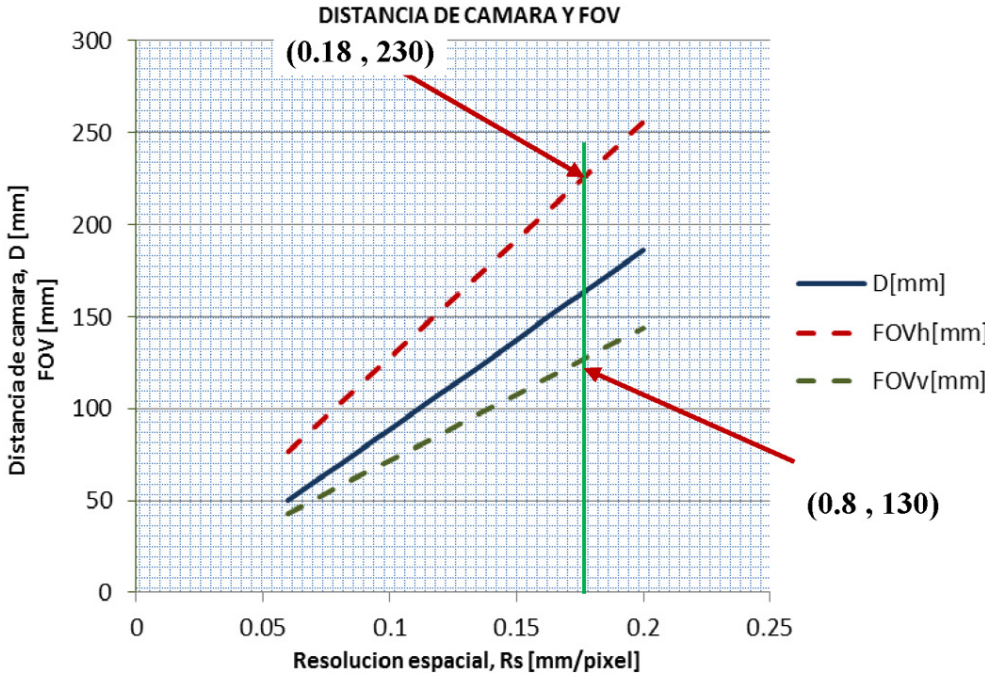
- Con la resolución espacial de 0.18 mm/píxel, se obtiene la distancia de cámara de 170 mm aproximadamente.
- El campo de visión a 0.18 mm/píxel para este extremo es aproximadamente de 130 mm × 230 mm, esto equivale a un área de 29 900 mm^2
- Durante las pruebas realizadas se tomaron imágenes a 170 mm de distancia, debido a que la aceituna extra su diámetro menor es de 20 mm.

4.9 Procedimiento del procesamiento de imágenes de la aceituna negra

El proceso de captura de imágenes para ser procesada la aceituna negra en el módulo es el siguiente:

Figura 17

Distancia de cámara para una resolución espacial de 0.18 mm/píxel



- Se colocan las aceitunas (secas, es decir libres de humedad) en grupo de 12 aceitunas separados uniformemente como se muestra en las Figuras de la 18 a la 23.
- Utilizando un luxómetro se determina la cantidad de Luxes (Lumen) que emiten los ledes de alta eficiencia que se emite a la base del módulo prototipo (región de interés), debe medir alrededor de 90 a 110 lux a una distancia de 5 cm aproximadamente.
- Para la caracterización experimental hacemos uso del programa elaborado con *Vision Builder AI.*
- Se ha obtenido 6 imágenes cada una con un grupo de 12 aceitunas, las cuales se muestran en las figuras de la 8 a la 13.

Figura 18

Grupo 1 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color



Figura 19

Grupo 2 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color



Figura 20

Grupo 3 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color



Figura 21

Grupo 4 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color



Figura 22

Grupo 5 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color



Figura 23

Grupo 6 de muestra de 12 aceitunas de diferentes calibres y color



4.10 Control de calidad de aceitunas negra tipo sevillana

Algunos conceptos básicos:

- ROI (Region of Interest): Es el espacio o zona de interés para la visión es la zona de trabajo que en ese momento dado nos interesa.
- Match Pattern: Es la zona que localiza una referencia conocida o los patrones fiduiciales en una imagen o patrón de coincidencia. Podemos decir que tiene tres áreas de aplicación:
    - La alineación: determinando la orientación y posición de un objeto conocido.
    - Medición: empleado para la medición de distancias, diámetros, ángulos y variaciones de color.
    - Inspección: nos permite detectar errores simples, como las piezas que faltan o impresión ilegible.

Ejecutando el programa *Calidad_Aceituna_Prueba_2.vbai*, creado para esta investigación, se obtiene los resultados de los niveles de color Rojo, Verde y Azul de cada imagen. Por lo cual se obtuvo mejores resultados si los niveles de GRB están por encima de 25 %. La respuesta de cada imagen procesada se muestran de la Figura 24 a la Figura 29.

Figura 24

Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 1 de aceitunas

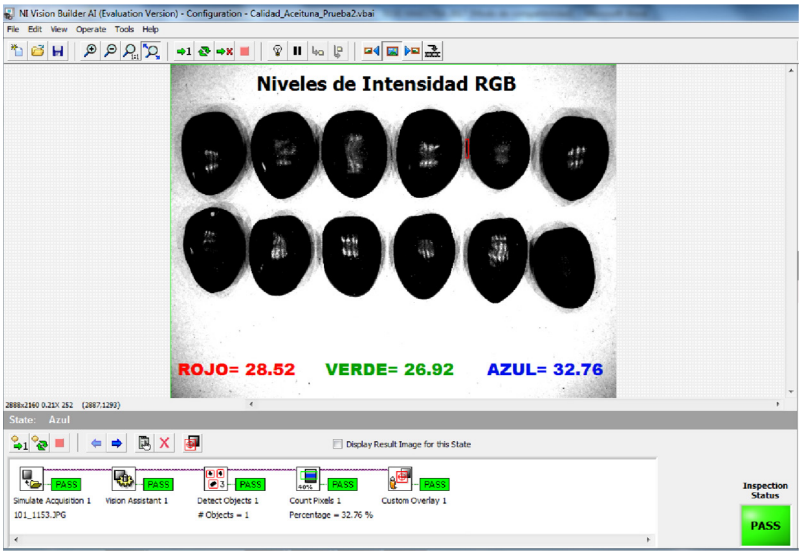


Figura 25

Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 2 de aceitunas

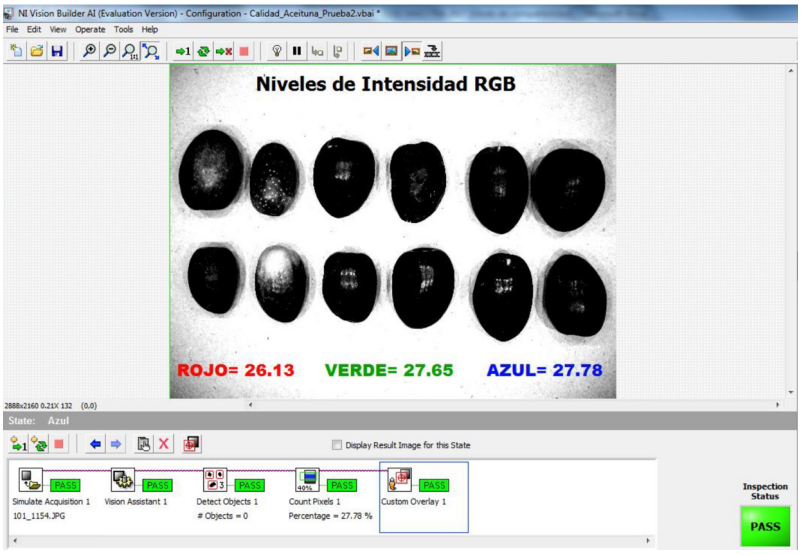


Figura 26

Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 3 de aceitunas

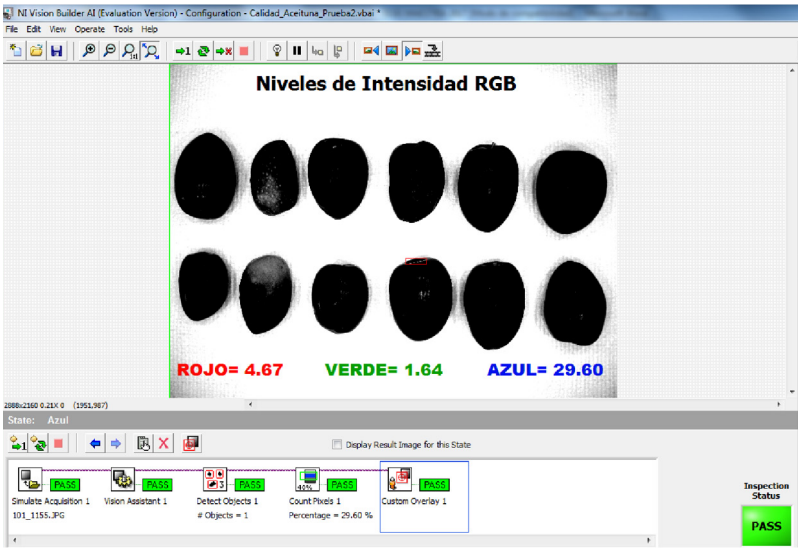


Figura 27

Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 4 de aceitunas

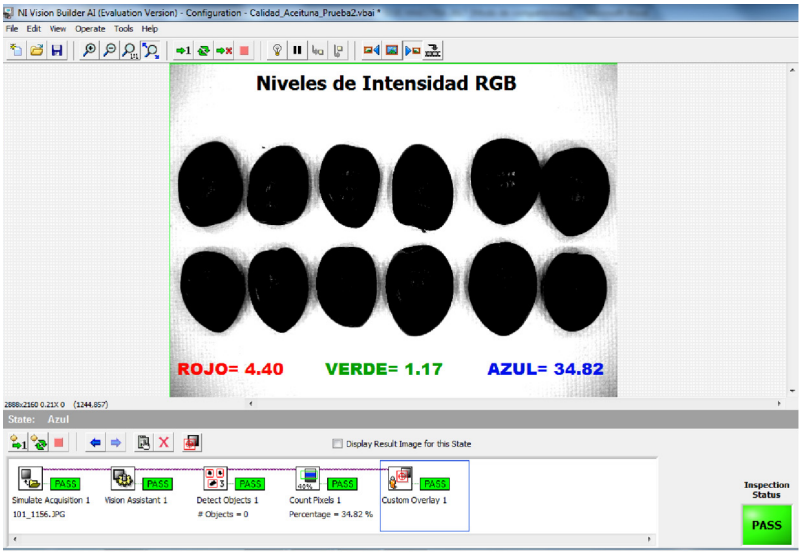


Figura 28

Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 5 de aceitunas

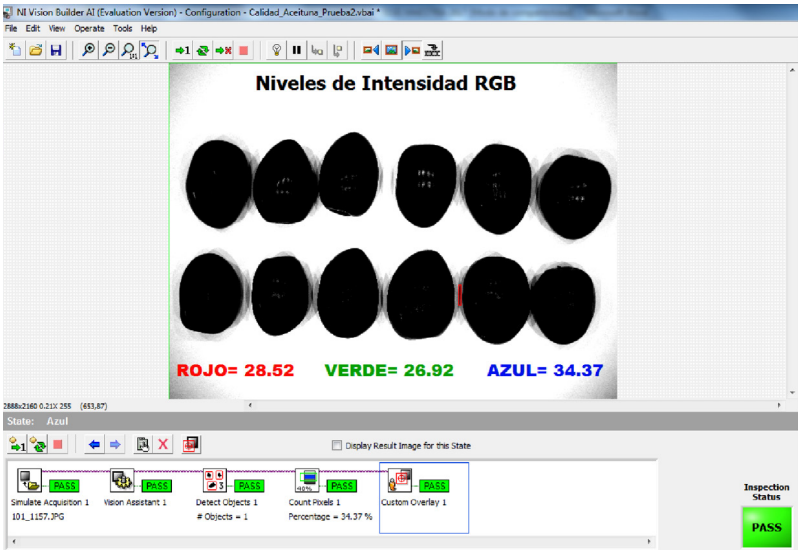
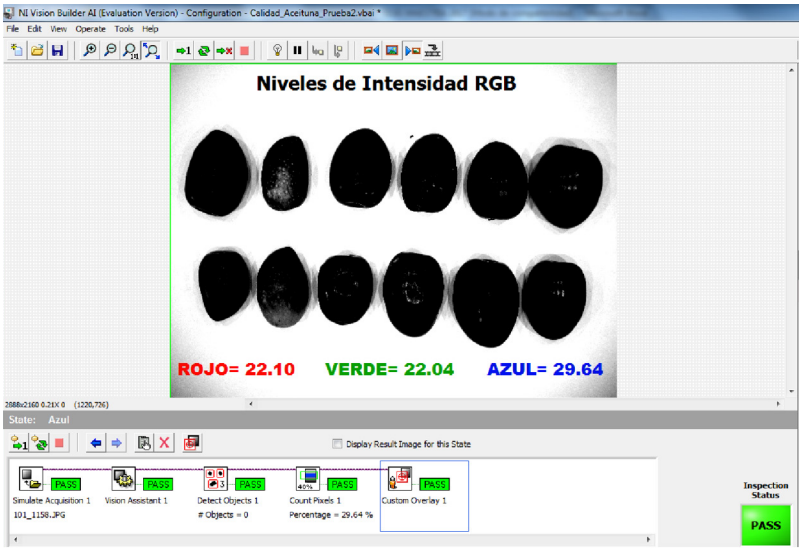


Figura 29

Niveles de intensidad en píxeles de cada color rojo, verde y azul respectivamente para el grupo 6 de aceitunas



Las muestras que pasan deben tener un valor verde menor a rojo y azul mayor a rojo y verde. Para estas muestras pasan los grupos 1, 4, 5 y 6 tal como se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7
Medidas de las muestras en el módulo prototipo de captura de imagen

Muestra	Rojo	Verde	Azul	Pasa
Grupo 1	28.52	26.92	32.76	Si
Grupo 2	26.13	27.65	27.78	×
Grupo 3	4.67	1.64	29.60	×
Grupo 4	4.40	1.17	34.82	Si
Grupo 5	28.52	26.92	39.37	Si
Grupo 6	22.10	22.04	29.64	×

4.11. Observaciones

- El algoritmo presentado da buenos resultados al momento de procesar la imagen, se puede apreciar que al ser la aceituna de mayor coloración o madurez los valores de pixeles aumentan, lo cual nos muestra su grado de madurez.
- Se miden los niveles de pixeles de todo el grupo de aceitunas, es la región oscura de cada una y por sumatoria el nivel de porcentaje total de todo el grupo.
- No existe un parámetro aceptable para estimar si la muestra pasa o no, incluso en búsqueda por la red no se encontró un valor aceptable, solo estimaciones. Esto es debido a que cada imagen tomada por si es una función dependiente de la luz, resolución de la cámara, distancia del lente a la muestra, etc.

4.12. Conclusiones

- La utilidad de la aplicación desarrollada es un buen precedente y establecen en la práctica un método económico, fiable y sencillo para la realización de sistemas de control de calidad en aceitunas.
- Los resultados fueron favorables, con lo cual da una seguridad de que los parámetros evaluados son o están dentro de un margen óptimo de estimación. De igual manera estos parámetros se pueden manipular según un criterio aceptado observándose que el mismo responde satisfactoriamente ante un cambio en las variables de entrada.
- El algoritmo se basa en binarizar (niveles de grises) la imagen a color para luego extraer los niveles Rojo, Verde y Azul (RGB) de la sumatoria de la muestra, este método es aceptable ampliamente por ser fiable, ya que la luz al caer cobre cierta imagen se dispersa y revela los colores es decir el Índice de Intensidad Refracción (IIR) la cual se mide.

CAPÍTULO V

CONSIDERACIONES FINALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD PARA DETERMINAR EL GRADO DE MADUREZ DE LA ACEITUNA DE MESA (*OLEA EUROPAEA*) MEDIANTE ALGORITMO GRÁFICO DE VISIÓN COMPUTACIONAL

La aceituna constituye un elemento importante en la dieta de miles de personas alrededor del mundo. Al igual que otros frutos comunes como las manzanas y melocotones su consumo es constante y está presente en distintas temporadas del año y en distintas presentaciones. El hecho de que este alimento se encuentre en cada alacena, refrigeradora o, en general, la cocina de cada casa o negocio se debe a la presencia misma de los terrenos de cultivo aceitunero repartidos y planificados en un determinado territorio (Parejo y Rangel, 2016).

Sin embargo, esta presencia involucra una serie de cuidados que se agrupan en toda la cadena de producción a la que se suma, en caso se procure aumentar el estándar de calidad del producto, la cadena de valor (Cayeros et al., 2016). Esto siempre será importante pues la búsqueda de una optimización del producto implicará un valor agregado a todo o todos los costes de la producción. Justamente el empresario productor o el conjunto empresarial que desee implementar esto para generar más ganancias tiene que invertir en tecnología y conocimientos científicos pues los más calificados para ver los cultivos mismos son aquellos dedicados a la ingeniería agrónoma o incluso a la botánica, y disciplinas afines.

Este riesgo a tomar por emprendedores es necesario también por dos razones, consecutivas ambas:

1. Primero y de orden socio-ambiental, los profesionales dedicados al estudio de los cultivos son conscientes del impacto ambiental que generan los tratamientos indiscriminados de la tierra para mejorar la calidad de los cultivos, el exceso de optimización productiva incide en la tierra negativamente (De Felipe, 2019), los nutrientes de los suelos son extraídos y estos erosionados, las especies naturales vivientes se alejan y, si se trata de un hábitat único, lo más probable es que sus capacidades de adaptación no sean lo suficiente para sobrevivir, y a futuro, tal impacto cobrará factura al género humano, sobre todo en aquello primordial de su supervivencia, los alimentos.
2. La segunda razón viene en relación directa con lo anterior, que los profesionales preparados y actualizados en estos temas debido a su formación tienen los conocimientos necesarios para aprovechar los recursos de manera sostenible, esto significa que la producción aprovechará los recursos de la naturaleza sin dañarla parcial o totalmente (Arley y Llano, 2016).

Todo esto es posible sí y solo sí los lineamientos generales de la agricultura tradicional y la política que la avala son dejados de lado para optar pensamientos innovadores que integren a la ciencia, la tecnología, el

aprovechamiento de la tierra y la consciencia del impacto ambiental, es decir, una ética de sostenibilidad. Para ello el ser humano en este siglo ha desarrollado una tecnología pertinente y de alta precisión.

Los sistemas de posicionamiento e información geográficas, los sensores de fenómenos atmosféricos y terrestres, las computadoras de rendimiento y las máquinas configuradas mediante todos ellos integran este el nuevo paradigma de la Agricultura de precisión (Castellanos y Morales, 2016). Frente a la agricultura tradicional que aborda cualquier terreno para trabajarlo suponiendo una homogeneidad de las tierras de cultivo, esta reconoce su variabilidad, y su tecnología depende de ello. Así pues, el impacto ambiental será controlado y disminuido pues la lectura de las características de un terreno por medio de ella da indicios a los profesionales de qué decisiones tomar y qué no.

En relación con los cultivos aceituneros y sus productores, los campos de cultivo están, existen en el mundo. Pero el aprovechamiento de tal recurso varía y puede, como no, generar ese impacto. Y en cierto modo es algo que se espera venir, no sorprende, pues la economía de los productores, pequeños e industriales, no necesariamente está en buenos términos, o sea, en constante crecimiento óptimo (Prieto et al., 2017).

El caso del Perú y en general de los países latinoamericanos productores de aceituna es un ejemplo. No todos los productores tienen un alto rendimiento en su producción (Delgado, 2018), por diversos factores, incluso uno importante como es el caso de que el árbol de olivo es un árbol vecero. Esto significa que la calidad de sus frutos varía por temporadas, claramente hay factores climatológicos presentes, sin embargo, es parte de su naturaleza este resultado. La prevención de este fenómeno y su consecuente cuidado es posible gracias a las lecturas espectrales que pueden hacerse de él por medio de la tecnología (Gómez et al., 2016), más aún, la tecnología de la agricultura de precisión puede efectuar estas mejoras y con ellas producir con el tiempo un óptimo índice de desarrollo de los cultivos de los productores no industriales.

Gran ejemplo es el de la aplicación de la tecnología de visión artificial al cuidado de la calidad de los frutos del árbol de olivo. Los sensores apuntan directamente al fruto y a la vez irradian una luz infrarroja para la correcta lectura de sus características, la formación de los tres elementos de la drupa, el endocarpio, el mesocarpio y el exocarpio. También el volumen de la carne. Esto es muy importante pues tal parte es la que los consumidores a veces, o siempre, la separan para la ingesta del alimento.

Por ejemplo, si la aceituna completa es parte de un *snack*, en el momento del consumo se separan las pepas. Y si es de preferencia del consumidor, mejor adquiere las aceituna deshuesadas y embazadas en el mercado. Lo mismo si es que se opta por la presentación en rodajas, apta para *pizzas* –que incluyen en su contenido aceitunas tanto verdes como negras– y alimentos *fast-food*.

De todas maneras, la lectura espectral de las aceitunas tiene el fin de permitir al productor seleccionarlas, esto es, discriminarlas según sus cualidades y calidades. Así pues, la aceituna puede destinarse a la fabricación de aceite de olivo o al tratamiento y embazado en agua o vinagre o a su venta a granel (Barranco et al., 2017) Aunque las opciones de transformación que tenga este producto natural no sean muchas, al menos si se refiere al ámbito de la cadena alimentaria, las opciones para su consumo son diversas, y como se trata de un alimento nutritivo y con un sabor agradable es más que evidente que será preferido por un gran público.

Por último, cabe tener en cuenta que aquellos productores nacionales e internacionales, industriales y no industriales están en constante competencia. Y si aún sobreviven a ella es por el hecho de que los consumidores tienen preferencia por los productos de unas y de otras a la vez debido a sus gustos o tendencias, al precio del producto final, a la certificación de sanidad que contenga este, etc. Por lo que las empresas invertirán en los mejores medios como la tecnología ya mencionada, pero también en información en la forma de estadísticas precisas que aseguren que el consumidor preferirá el consumo de sus productos (Rendón et al., 2020). En

consecuencia, se hace necesario la implementación, también, de tecnologías de información y *marketing*.

Todo lo anterior influirá en los costos del producto final. Más aún cuando ellos estén siendo exhibidos en algún puesto comercial y directamente visualizados por el consumidor. Esto es importante pues puede pensarse que el valor es acumulativo. Lo es, pero en porcentajes, pues, los productos como los alimentos procesados son, más bien, de coste relativamente bajo. Por ejemplo, la salsa de aceituna, un acompañamiento para diversas comidas siendo la más conocida la salchipapa. Su precio oscilará en proporción a la calidad que posee, esto de acuerdo a la calidad de la aceituna con que se trabaja, el tiempo y modo de preparación, si es industrial como la marca de salsas Alacena o no industrial como las preparaciones caseras (Lázaro y Dominguez, 2019).

En el mercado, los precios de la aceituna están en función a sus calidades y tipos. Los dos tipos más generales son las verdes y las negras (Mendoza y Velarde, 2020), dentro de cada una hay diversos tipos, cada uno de ellos requeridos para distintos platos de comida. La preferencia por uno de ellos es su calidad de sabor textura, color y sobre todo sabor. Al respecto, la diversidad de la comida peruana exige en su preparación la aceituna negra o de botija. Sobre todo, en platos criollos y representativos del país de los incas. La aceituna verde más bien está dirigida a aperitivos y/o *snacks*.

En general, el consumo de la aceituna es de interés saludable como de interés no, necesariamente, saludable pues su presencia no solo está en las comidas sanas, también en aquellas que contienen altos niveles de colesterol. A pesar de ello, su presencia es solicitada por el consumidor por el gusto característico que posee. Reiterando la idea anterior, este alimento es parte importante de la dieta general y culturalmente es patrimonio de la humanidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrosintesis. (01 de Diciembre de 2020). *El uso de drones en la agricultura.* Obtenido de Agrosintesis: https://www.agrosintesis.com/el-uso-de-drones-en-la-agricultura/

AG-SAT. (25 de Enero de 2013). *Mapas de rendimiento de trigo.* Obtenido de Agricultura y Ganadera Satelital (AG-SAT). Agricultura y Ganadería de Precisión, GIS, Sensores Remotos, Drones en el SO Bonaerense de Argentina: http://agriculturayganaderiasatelital.blogspot.com/2013/01/

Aldana, Y. (2020). Drones y procesamiento de imágenes, una alternativa a la erradicación de malezas. *Indagare*(8), 1-7. doi:https://doi.org/10.35707/indagare/821

Álvarez, H., Morente, M., y Ruano, F. (2019). La madurez de las cubiertas vegetales aumenta la presencia de enemigos naturales y la resiliencia de la red trófica de la copa del olivo. *Ecosistemas, 28* (3), 92-106. doi:https://doi.org/10.7818/ECOS.1779

Ardisana, E., Torres, A., Fosado, O., y León, R. (2019). Alimentos transgenicos: ¿si o no? La perspectiva sudamericana. *Revista Chakiñan de Ciencias So-*

ciales y Humanidades(8), 148-157. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2550-67222019000200148&lng=es&tlng=es.

Arnó, J., Escolà i Agustí, A., y Martínez Casasnovas, J. A. (Abril de 2017). *Comprendiendo la geolocalización y navegación y su uso en Agricultura de Precisión.* Obtenido de New Ag International: http://hdl.handle.net/10459.1/65446

Barranco, D., Fernádez, R., y Rallo, L. (2017). *El cultivo del Olivo* (7ma ed.). España: Mundiprensa. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5VHhDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=olivo+-cultivo&ots=yy20UyGC_P&sig=9gR_-dCAbJTmtSx54a0JoFpFN1o#v=onepage&q=olivo%20cultivo&f=false

Battisti, L., Messias, J., y Rocha S. (2017). Herramientas y sistema de costos aplicados a la gestion de la calidad en el agronegocio. *Interciencia, 42*(5), 301-306. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/339/33952810006/html/

Bautista, R., Constante, P., Gordon, A., y Mendoza, D. (2018). Diseño e implementación de un sistema de visión artificial para análisis de datos NDVI en imágenes espectrales de cultivos de brócoli obtenidos mediante una aeronave pilotada remotamente. Revista *INFOCIENCIA, 12*(1), 30-35. doi:http://dx.doi.org/10.24133/infociencia.v12i1.1230

Capdevila, J. (2018). *El Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.)*. Obtenido de Anseunza. Repositorio de la Universidad de Cordova: http://hdl.handle.net/11086.1/1258

Capitán, J., Casado, L., Jaldon, J., Garcia, I., Quintero , A., Moran, L., Soriano, E. (Julio de 2020). *Analisis de etiquetas frontales de alimentos.* Obtenido de Co-

legio profesional de dietistas-nutricionistas de Andalucia (CODINAN): https://codinan.org/cod/wp-content/uploads/2021/02/An%C3%A1lisis-etiquetas-frontales-de-alimentos.-Ministerio-de-Consumo.pdf

Castellanos, M., y Morales-Pérez, M. (2016). Análisis crítico sobre la conceptualización de la agricultura de precisión. *Ciencia en su PC, 2*, 23-33. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181349391004

Castro-Moreira, J., y Vélez-Gilces, M. (2017). La importancia de la topografía en las ingenierías y arquitectura. *Polo del Conocimiento, 2*(7), 1071-1081. doi:https://dx.doi.org/10.23857/pc.v2i7.331

Cayeros. S., Robles, F., y Soto, E. (2016). Cadenas productivas y cadenas de valor. *EDUCATECONCIENCIA, 10*(11), 6-12. Obtenido de http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/1434/1/Cadenas%20productivas%20y%20cadenas%20de%20valor.pdf

COI. (Enero-Febrero de 2021). *Newsletter N.º 160.* Consejo Oleicola Internacional . Obtenido de Consejo Oleicola Internacional: https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/02/NEWSLETTER_IOC-160_ES.pdf

Costamagna, M., Panero, J., Peretti, G., Felissia, S. F., Lurgo, G., y Cicioli, M. (2017). Detección en Tiempo Real de Malezas a través de Técnicas de Visión Artificial. *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires)* (págs. 889-893). Argentina: Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62514/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De Felipe, T. (2019). Cadena de valor alimentaria: la distribucion responsable y sostenible. *Economistas sin fronteras* (35), 26-29. Obtenido de https://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/9281/Dossieres%20EsF%2035%20RSC%20en%20la%20industria%20alimentaria.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Del Val Roman, J. (2016). Industria 4.0: la transformacion digital de la industria. Valencia: *Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*, (págs. 1-10). Obtenido de http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf

Delgado, L. (2018). Propuesta de modelo asociativo para la internacionalizacion de las pequeñas y medianas empresas agroindustriales de aceituna de la region Tacna. *Veritas Et Scientia, 7*(2), 991-1001. doi:https://doi.org/10.47796/ves.v7i2.76

Dulcich, F. (2016). Una hipótesis sobre los orígenes del problema económico. Revolución neolitica y relacion tributaria desde una perspectiva multidisciplinaria. *RInCE, 7*(13), 1-25. Obtenido de https://rince.unlam.edu.ar/upload/adjuntos/articulo/131_Artculo_Unahiptesissobrelosorgenesdelproblemaeconmico_RInCENro13Vol7agosto2016.pdf

Elverdin, P., Piñeiro, V., y Robles, M. (2018). *La mecanizacion agricola de America Latina*. Buenos Aires, Argentina: International Food Policy Research Institute (IFPRI). Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rrVoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=tecnolog%C3%ADa+agr%C3%ADcola&ots=rNE9SmIfPT&sig=PnwPoiuvxjamxjfZiUzvztcjtDA#v=onepage&q&f=false

Escobar, D., y Roa, E. (2016). Sistema de visión artificial para la identificación del estado de madurez de frutas (granadilla). *Redes de Ingeniería, 7*(1), 78-86. doi:https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a08

Ferraris, M., Cativelli, M., y Martinez, J. L. (Abril de 2021). InfoPlagas, una herramienta para el monitoreo de cultivos. *Infoplagas de Villa María para la región* (516), 1-10. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12123/9269

Flores, L. y Mariño, S. I. (2019). Revisión sistemática de literatura: explotación de información y tecnologías GIS aplicadas para hallar patrones delictivos. *Revista Entorno*(67), 30-41. doi:https://doi.org/10.5377/entorno.v0i67.7489

Gómez, F., Velásquez, F., Jiménez, A. (2016). Agricultura De Precisión Y Sensores Multiespectrales Aerotransportados. *CICI2016*, (págs. 1-7). Colombia. Obtenido de http://cici. unillanos. edu. co/media2016/memorias/CICI_2016_paper_106. pdf

Gonzalez-Palacios, S. (2017). *Breve historia de los alimentos y la cocina*. España: Ex Libric. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=h1YpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=olivo+aceituna+continente+americano&ots=gL3HQ84G7f&sig=33ME9EiOIm5RtuoRTD7rISk15Nc#v=onepage&q&f=false

Herrero, J. (2018). La industria de alimentación y bebidas, la primera rama manufacturera del sector industrial. *Mundo del Agronomo*(42), 4-10. Obtenido de https://issuu.com/agronomoscentro/docs/mda42/6

INEGI. (s.f.). Obtenido de INEGI (Instituto Nacional de Estadistica y Geografia): https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/relieve/continental/metadatos/mde.pdf

Irigoyen, A. (2016). De la economia marron a la economia verde. Un compromiso con el plantea. *Era solar: Energías renovables*, 44-46. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6517230

Lago, C., Sepúlveda , J., Barroso, R., Fernández, F., Maciá, F., y Lorenzo, J. (2011). Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión. *IDESIA, 29*(1), 59-69. doi:https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000100009

Lázaro L., y Domínguez, C. (2019). *Guías alimentarias para la población peruana.* Lima, Peru: Ministerio de Salud . Obtenido de https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1128/guias_alimentarias_poblacion_peruana.pdf

Lejavitzer, A. (2016). Dieta saludable, alimentos puros y purificación en el mundo grecolatino. *Nova tellus, 34*(1), 109-121. doi:https://doi.org/10.19130/iifl.nt.2016.33.2.711

Logic Electronics. (2017). *Iluminación industrial.* Obtenido de Logic Electronics: http://www.logicelectronics.net/INGENIERIA_TECNOLOGIA_iluminacion.html

Mandujano, S., Pazmany, M., y Rísquez-Valdepeña, A. (2017). Drones: una nueva tecnología para el estudio y monitoreo de fauna y hábitats. *Agroproductividad, 10*(10), 79-84. Obtenido de http://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/8114/1/Mandujano%2C%20Mulero-Pa%CC%81zmany%2C%20Ri%CC%81squez-Valdepen%CC%83a%20-%202017%20-%20Drones%20una%20nueva%20tecnologi%CC%81a%20para%20el%20estudio%20y%20monitoreo%20de%20fauna%20y%20ha%CC%81bitats.pdf

Marquina, J., y Mogollón, A. (2018). Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. *Revista Geografica Venezolana, 59*(1), 42-52. Obtenido de http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/654321/1464

Martínez, A. y Porcelli, A. M. (2018). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economa tradicional (primera parte). *Lex: Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Politica de la Universidad Alas Peruanas, 16*(22), 301-334. doi:http://dx.doi.org/10.21503/lex.v16i22.1659

Martínez, A., Salgado, A., y Vázquez, S. (2017). *Tendencias recientes del sector primario en México.* Obtenido de BBVA Research: https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2017/03/170316_Mexico_Agropecuario.pdf

Mendoza F., y Velarde F. (2020). Diagnóstico de las estrategias empleadas en producción de las bodegas de aceituna en la región sur del Perú año 2020. *Neumann Business Review, 6*(2), 67-80. doi:https://doi.org/10.22451/3006.nbr2020.vol6.2.10051

Moyano, E. (2021). Una mirada sociopoltica a la cadena alimentaria. *Distribucion y Consumo, 1*(10), 10-18. Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/242429/1/Una%20mirada%20sociopol%c3%83_tica%20a%20la%20cadena%20alimentaria.pdf

Ocampo, M., y Santa Catarina, C. (2018). Agricultura de Precisión. *Oficina de Información Científica y Tecnológica para el congreso de la Union (INCyTU)*(15), 1-6. Obtenido de https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_18-015.pdf

Orozco, A., y Llano, G. (2016). Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 15*(28), 103-124. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/750/75047635007.pdf

Padilla, R. (2019). Fortalecimiento de cadenas de valor agroalimentarias en Cuba: los casos de las conservas de tomate y el camarón de cultivo. *Metodología para el análisis y el fortalecimiento de cadenas de valor*(18), 33-38. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45656/S1901013_es.pdf?sequence=1

Padilla, R., y Oddone, N. (2016). *Manual para fortalecimiento de cadenas de valor*. Mexico: Fondo Internacional para el Desarrollo Agricola. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40662/S1601085_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parejo, M., y Rangel, J. F. (2016). El mercado mundial de la aceituna de mesa (1990-2015). *Regional and Sectoral Economic Studies, 16*(2), 127-146. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303523870_El_mercado_mundial_de_aceituna_de_mesa_1990-2015

Pathak, R., Barzin, R., y Bora, G. C. (2018). Data-driven precision agricultural applications using field sensors and Unmanned Aerial Vehicle (UAVs). *Int J Precis Agric Aviat, 1*(1), 19-23. Obtenido de http://www.ijpaa.org/index.php/ijpaa/article/view/4

Perez, A., Gustabello, R., Hernandez, L., y Avello, L. (2018). Sistema avanzado de cultivo con pulverizadoras automatizadas CaseIH Patriot 250. *III Congreso de Electrónica y Automatización*, (págs. 1-5). Cuba. Obtenido de http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/9574

Poláček, A., Jančík, P., y Müller, K. (2020). Some applications of GIS ARC/INFO in the evaluation of urban radon risk. *Mine Planning and Equipment Selection 1997*, 921-924. Obtenido de https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003078166-180/applications-gis-arc-info-evaluation-urban-radon-risk-pol%C3%A1%C4%8Dek-jan%C4%8D%C3%ADk-m%C3%BCller

Priede, T., & Hilliard, I. (2019). La economia circular en la industria alimentaria. *Economistas sin fronteras*(35), 36-40. Obtenido de https://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/9281/Dossieres%20EsF%2035%20RSC%20en%20la%20industria%20alimentaria.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Prieto, V., Jaca, C., y Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Ingenieria*(15), 85-95. Obtenido de http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308/366

Purón-Rodríguez, D., y Tejeda-Marrero, V. (2021). Síntesis histórica del concepto calidad desde la Revolución Neolítica a la Agricultura de Precisión. *Revista Ingeniería Agrícola, 11*(3), 67-76. Obtenido de https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1402/2650

Ramirez, M., Zapata, M., Castro, S., y Ortiz,R. (2019). Analisis de la produccion de productos alimenticios tipo snacks mediante simulacion de eventos discretos en una empresa en Medellin. *Prospectiva, 17*(1), 33-41. doi:http://dx.doi.org/10.15665/rp.v17i1.1794

Rendón, A., Morales, A., y Guillén, J. (2020). La industria 4.0 y la industria alimentaria. *Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad*(13), 895-911. Obtenido de https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/1830

Rodríguez, V. (2014). Evaluacion del impacto ambiental como instrumento para la conservacion de la biodiversidad en el Peru. *Alma máter Segunda época*(1), 145–157. Obtenido de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/alma/article/view/11876

Rodríguez, E. (2018). Identificación de prácticas en la gestión de la cadena de suministro sostenible para la industria alimenticia. *Pensamiento & Gestión*(45), 129-160. doi:https://doi.org/10.14482/pege.45.10554

Romero E., Fernández, M., Macias, J., y Zuñiga, K. (2016). Producción y comercialización del cacao y su incidencia en el desarrollo socioeconómico del cantón Milagro. *Ciencia Unemi, 9*(17), 56-64. doi:http://dx.doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss17.2016pp56-64p

Russo, C., Ramón, H., Serafino, S., Cicerchia, B., Sarobe, M., Balmer, A., Faroppa, M. (2018). Visión artificial aplicada en agricultura de precisión. *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)*, (págs. 1-5). Buenos Aires. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/162901529.pdf

Saavedra, M. (15 de Julio de 2016). ¿Cómo se afecta la cadena productiva por el paro camionero? Medellin, Colombia: El Mundo. Obtenido de https://www.elmundo.com/portal/pagina.general.impresion.php?idx=278178

Sainz, B., Jiawey, W., Hermoso, R., Grande, A., y Gómez-del-Campo, M. (2018). El cultivo del olivo en china. *Mercacei magazine*(93), 130-138. Obtenido de https://www.mercacei.com/pdf/mercacei_cultivochina.pdf

Salinas, E., y Tavera, M. (2016). Los paradigmas de la agricultura. *Produccion, Comercializacion y Medio Ambiente, 1*, 165-170. Obtenido de http://ri.uae-

mex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64946/Handbook%20Prod_Comerc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sanz, F., Weiss, J., Egea-Cortines, M., y Navarro, P. (2016). Desarrollo de un sistema de fenotipado para el estudio cinético de crecimiento en sistemas biológicos. *II Simposio Nacional de Ingeniería hortícola. Automatización y TICS en agricultura*, (págs. 61-64). España. Obtenido de http://www2.ual.es/SNIH16/web/Web/2-05.pdf

Sarma, G., Asadi, S., y Narayana, S. (2016). Creation of Web Based Decision Support Information System for Evaluation of Topographic Characteristics Using Remote Sensing & GIS and Visual Basic Programe. *International Journal of Civil Engineering and Technology, 7*(6), 621-634. Obtenido de http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=7&IType=6

Shiva, V. (2018). *¿Quien alimenta realmente al mundo?* España: Capitan Swing.

Silva-Jimenez, Y., Duran, C., Concha, C., y Otero, J. (2020). Experiencias exitosas de asociatividad: un caso de empoderamiento de las mujeres rurales y equidad de género en cadenas de valor agrícola. *Novedades Colombianas, 15*(1), 71-96. Obtenido de https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/novedades/article/view/1802/1387

Tamborelli, M. (Junio de 2021). *Importancia del control de calidad de semillas.* Hoja Informativa N° 123, Ministerio de Agricultura, ganaderia y pesca , Estación Experimental Agropecuaria Mercedes, Argentina. Obtenido de https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9520/INTA_CRCorrientes_EEAMercedes_Tamborelli_M_R_Importancia_control_calidad_semilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tejeda-Villanueva, A., Blanco-Jiménez, M., y Guerra-Moya, S. (2019). Factores que impulsan las importaciones de las empresas de alimentos procesados, mejorando su competitividad. *Investigación administrativa, 48*(124), 1-15. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782019000200002&lng=es&tlng=es.

Vargas, C., Guamán, J., Rodríguez, K., y Ríos, A. (2017). Sistema de Iluminación Fotovoltaico en el Alumbrado Público Gestionado a través de una Plataforma Cloud/GIS. *Revista Politécnica, 39*(1), 59-66. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000100059&lng=es&tlng=es

Villa, P. (2019). *El cultivo del olivo*. (J. Fenero Lasierra, Trad.) España: De Vecchi. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=5VHhDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Vivas, F., Corrales, J., y Ramirez G. (2016). Aproximación a un modelo contextual para calidad de datos en agricultura de precisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 15*(29), 99-112. doi:10.22395/rium.v15n29a6

Vivas, M. (2017). Sobre los alimentos transgénicos. *Badajoz Veterinaria*(8), 20-27. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-SobreLosAlimentosTransgenicos-7205973.pdf



EDITORIAL
NAVEGANTE