



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



**“CARACTERIZACIÓN Y DIMENSIÓN DEL AGARICUS BISPORUS MEDIANTE  
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES”**  
**TESIS**

**Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestría en Ingeniería electrónica**

**Presenta:**

**Ing. Luz Alejandra De Anda Nevárez**

**Director de tesis:**

Dr. Rubén Guerrero Rivera

**Co-Director:**

Dr. Francisco Javier Godínez García

**Durango, Dgo. México, ABRIL, 2023.**



**CARACTERIZACIÓN Y DIMENSIÓN DEL AGARICUS BISPORUS MEDIANTE  
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES**

**Presenta:**

**ING. LUZ ALEJANDRA DE ANDA NEVÁREZ**

**COMITÉ TUTORIAL**

Dr. Rubén Guerrero Rivera <b>Director</b>	 Firma
Dr. Francisco Javier Godínez García <b>Codirector</b>	 Firma
Dr. Josué Ortiz Medina <b>Asesor</b>	 Firma
M.C. José Antonio Martínez Rivera <b>Asesor</b>	 Firma

**M.C. Norma Alicia García Vidaña**

Coordinadora del programa de la  
Maestría en Ingeniería.

**M.C. Adriana Eréndira Murillo**

Jefa de la División de Estudios de  
Posgrado e Investigación

**Durango, Dgo. México  
2023**

**ABRIL de**



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Durango  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Victoria de Durango, Dgo., a **29 / Mayo / 2023**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DEPI / C / 190 / 23.

**ASUNTO:** Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

**C. LUZ ALEJANDRA DE ANDA NEVÁREZ**  
**No. DE CONTROL G07040579**  
**P R E S E N T E .**

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el **Grado de Maestra en Ciencias en Ingeniería Electrónica** cuyo título es:

**"CARACTERIZACIÓN Y DIMENSIÓN DEL AGARICUS BISPORUS MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES"**

**CONTENIDO:**

	RESUMEN
CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III	MATERIALES, APARATOS Y PROCEDIMIENTOS
CAPÍTULO IV	RESULTADOS
CAPÍTULO V	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
	ANEXOS

**ATENTAMENTE.**

Excelencia en Educación Tecnológica  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

*Adriana E. Murillo*

**C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



AEM/ammc



Rv. Felipe Pescador 91630 Ote. Col. Nueva Vizcaya C.P.34060 Durango, Durango.  
Tel. (419) 4290900 e-mail: [dir\\_itdurango@tecmm.mx](mailto:dir_itdurango@tecmm.mx) [tecmm.mx](http://tecmm.mx) | [itdurango.edu.mx](http://itdurango.edu.mx)



**2023**  
**Francisco**  
**VILLA**

Victoria de Durango, Dgo., a **29 / Mayo / 2023**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DEPI / C / 190 / 23.

**ASUNTO:** Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

**C. LUZ ALEJANDRA DE ANDA NEVÁREZ**  
**No. DE CONTROL G07040579**  
**P R E S E N T E .**

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el **Grado de Maestra en Ciencias en Ingeniería Electrónica** cuyo título es:

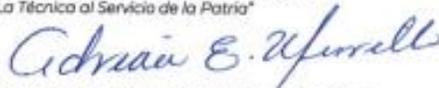
**"CARACTERIZACIÓN Y DIMENSIÓN DEL AGARICUS BISPORUS MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES"**

**CONTENIDO:**

	RESUMEN
CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III	MATERIALES, APARATOS Y PROCEDIMIENTOS
CAPÍTULO IV	RESULTADOS
CAPÍTULO V	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
	ANEXOS

**ATENTAMENTE.**

*Excelencia en Educación Tecnológica*  
*"La Técnica al Servicio de la Patria"*



**C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



AEMammc



## Agradecimientos

A mis padres que incondicionalmente me brindaron todo su apoyo y comprensión en el transcurso de la maestría, los cuales me hicieron vivir una muy buena experiencia ya que se dedicaron de tiempo completo a cubrir todas las necesidades que fueron surgiendo.

A mis profesores que a pesar de mi situación médica, nunca me discriminaron, si no por el contrario siempre me incluyeron como una alumna regular e hicieron más de lo que habitualmente les corresponde, tendiéndome mucha paciencia en todo el proceso que conllevo esta maestría y animándome a seguir hasta el final de mis estudios.

Al personal administrativo como la nueva coordinadora, que me apoyo en todo momento con una excelente actitud de servicio, demostrando que el personal de la UPIDET, aparte de tener gran capacidad, tienen grandes valores, por lo cual siempre estaré profundamente agradecida.

Y a dios por permitirme continuar con mi proceso.

## Índice

Lista de figuras .....	8
Abstract. ....	10
Capítulo 1. Introducción .....	12
Propósito.....	12
Delimitación del problema .....	13
Antecedentes .....	14
Objetivos .....	18
Objetivo general.....	18
Hipótesis .....	19
Justificación .....	19
Capítulo 2. Marco teórico .....	20
Introducción .....	20
Percepción visual.....	35
Adquisición de imágenes.....	36
Fuentes de degradación de la imagen: .....	37
Métodos de transformación punto a punto: .....	38
Dilatación del rango dinámico:.....	38
Negativo de imágenes: .....	39
Suavizado de imágenes: .....	39
Contrastado de la imagen:.....	39
Visualización de la Transformada Discreta de Fourier: DFT .....	39
Filtros .....	40
Filtro lineal .....	40
Filtros no lineales.....	41
Filtros pasa-bajo y pasa-alto:.....	42
Filtro pasa altos: .....	42
Filtro pasa bajos: .....	42
Filtros de orden en las imágenes digitales .....	43
Filtros de Moda .....	43
Filtro de máximos y mínimos .....	43
<b>Modelos de procesamiento de imágenes .....</b>	<b>44</b>
Filtrados morfológicos:.....	44
Modelo RGB .....	45
Modelo <i>HSI</i> .....	47

Modelo HSV.....	47
Modelo CIELAB .....	48
<b>Umbralización de imágenes .....</b>	<b>50</b>
Ruido en las imágenes digitales .....	51
Segmentación de imágenes .....	53
Histograma de una imagen.....	55
Capítulo 3. Materiales, aparatos y procedimientos .....	59
Metodología .....	59
Capítulo 4. Resultados .....	68
Imágenes procesadas .....	68
Discusión .....	86
Conclusiones .....	87
Recomendaciones .....	87
Bibliografía.....	88
Apéndice.....	91
Código.....	91

## Lista de figuras

Figura 1 <i>Agaricus bisporus</i> infectado de <i>verticillium</i> . (David Meigs Beyer, 2017).....	29
Figura 2 <i>Agaricus bisporus</i> aislado y enfermo de <i>verticillium</i> . (David Meigs Beyer, 2017) .....	30
Figura 3. <i>Agaricus bisporus</i> . Seta infectada con burbuja seca causada por <i>Verticillium</i> exhibiendo puntos necróticos. (David Meigs Beyer, 2017). .....	31
Figura 4. Seta del <i>agaricus bisporus</i> infectada con burbuja seca causada por <i>Verticillium</i> exhibiendo moteado. Obtenida de (David Meigs Beyer, 2017).....	32
Figura 5. <i>Verticillium fungicola</i> . Obtenida de (David Meigs Beyer, 2017).....	33
Figura 6. Pila de sal cubriendo a los <i>agaricus</i> por <i>Verticillium</i> . (David Meigs Beyer, 2017).....	34
Figura 8. <i>Agaricus bisporus</i> .....	36
Figura 9. Adquisición de la imagen del <i>agaricus bisporus</i> en Matlab. ....	37
Figura 10. Muestra de la proyección con el modelo $L^*a^*b^*$ (GÓMEZ, 2019) .....	49
figura 11 Muestra del ruido en una imagen. (Herrera, 2020).....	52
Figura 12. Muestra del histograma de una imagen.....	56
Figura 13 Histograma ecualizado.....	58
Figura 14. Cámara utilizada para el muestreo KODAK MX063 .....	60
Figura 15. Dispositivo con iluminación para la de toma de imágenes, (a) vista exterior (b) vista interior.....	60
Figura 16. Cámara utilizada para la toma de imágenes. ....	61
Figura 17. Toma en su forma original. ....	62
Figura 18. Recortada.....	62
Figura 19. Banda color <i>RED</i> . ....	63
Figura 20. Banda color <i>GREEN</i> . ....	63
Figura 21. Banda color <i>BLUE</i> .....	63
Figura 22. Banda color <i>CYAN</i> .....	64
Figura 23. Banda color <i>MAGENT</i> .....	64
Figura 24. Banda color <i>YELLOW</i> .....	64
Figura 25. Imagen en formato <i>CMY</i> . ....	65
Figura 26. Imagen binarizada.....	65

Figura 27. Complemento de la figura anterior.....	66
Figura 28. Procesamiento morfológico. ....	66
Figura 29. Selección de áreas en el <i>agaricus bisporus</i> . ....	67
Figura 30. Imagen enfocada en el <i>agaricus bisporus</i> . ....	68
Figura 31. Imagen 1 en su forma original. ....	69
Figura 32. Imagen recortada. ....	69
Figura 33 Imagen en formato <i>HSV</i> . ....	70
Figura 34 Imagen en formato <i>RGB</i> . ....	70
Figura 35 Imagen en formato <i>CMY</i> . ....	71
Figura 36 Imagen binaria. ....	71
Figura 37. Imagen inversa.....	72
Figura 38. Imagen filtrada. ....	72
Figura 39. Imagen de procesamiento morfológico.....	73
Figura 40. Imagen final.....	73
Figura 41. Imagen en original.....	74
Figura 42. Imagen 41 original pero recortada. ....	75
Figura 43. Imagen 41 en formato <i>HSV</i> . ....	75
Figura 44. Imagen 41 en formato <i>RGB</i> . ....	76
Figura 45. Imagen 39 en formato <i>CMY</i> , tono <i>Cyan</i> . ....	76

## Abstract.

La presente investigación de tesis se realizó para la temprana detección de enfermedades en los *agaricus bisporus* comúnmente conocidos como champiñones, tales como: *verticillium*, *trichoderma*, *mycogynon*, *dactylum*, *chrysosporum merdarian*, *pseudomas tolaasii*, entre otras que tienen como común denominador un daño notable en la parte superior de los *agaricus bisporus* denominada sombrero. Por lo cual se enfocó la investigación en una enfermedad muy común que afecta a los cultivos; llamada *verticillium*, la cual al ser investigada se concluyó que genera una anomalía que pudo ser simulada mediante el procesamiento de imágenes digitales.

Para ello se llevó a cabo el desarrollo de un algoritmo en un software de procesamiento denominado *Matlab*, mediante el cual se realizó el procesamiento de las imágenes de la parte superior del *agaricus bisporus* y cuyo algoritmo de programación se adecuo para la detección de manchas que presentaron algunos de los *agaricus bisporus*.

El trabajo se llevó a cabo mediante un muestreo de 100 imágenes, donde se realizó la toma de fotografías de la parte superior de los *agaricus bisporus*, las cuales fueron analizadas en el software de procesamiento de datos mencionado y fue clave para arrojar los resultados mostrados, ya que se obtiene el área circular superior de las manchas generadas y se corrobora mediante investigación de estudios previamente realizados, en conjunto con la percepción visual de la persona que llevo a cabo el monitoreo, esto con la finalidad de ver si existía alguna mancha para observar la calidad de los *agaricus bisporus*, teniendo como base que entre más manchados se

encuentren los *agaricus bisporus*, mayor es la posibilidad de estar contaminados con alguna enfermedad o bien de estar en proceso de putrefacción, razón por la cual las imágenes fueron tomadas y analizadas directamente desde la parte superior de los sombreros de los *agaricus bisporus*.

Cabe destacar que las imágenes que fueron analizadas, arrojaron un resultado de la obtención del área, la cual se consideró clave para obtención de uno de los parámetros que influyen en la detección de una posible enfermedad.

## Capítulo 1. Introducción

### **Propósito**

El estado de la tesis tiene el propósito de analizar en *Matlab* las imágenes digitales capturadas, mediante comandos que ayudan a detectar dos variables específicas; que son el tamaño de los *agaricus bisporus* y el nivel de oscuridad para detectar sus manchas, con la finalidad de que actúen como referencia para evaluar la calidad de los *agaricus bisporus*.

El algoritmo es capaz de procesar las imágenes con técnicas específicas como la segmentación, aplicación de diferentes modelos de color, binarización, complementos, procesamiento morfológico y cálculo de área por regiones, de las imágenes tomadas en los cultivos.

Cabe mencionar que el muestreo es realizado en base a un cultivo artificial, con 100 muestras de champiñones, donde cada una fue analizada para obtener resultados que contribuyen a la clasificación de los *agaricus bisporus*.

## **Delimitación del problema**

El proyecto se enfoca en analizar las fotografías de los cultivos *agaricus bisporus* que han sido cosechados, con la finalidad de ser clasificados para su consumo y prevención de enfermedades, mediante una caja de madera que contiene dos lámparas de 0.01 watts, cuyas lámparas nos ayudan a que se mantenga una iluminación adecuada para que esta siempre sea la misma, así como también se considera una cámara fotográfica de 10.3 megapíxeles, que es la que se encarga de tomar las imágenes de *los agaricus bisporus*. Una vez que se tienen estos elementos se procede a realizar el análisis de procesamiento en *Matlab*, el cual consiste en tomar la imagen, recortarla, descomponerla en variables procesables para el programa, realizarle su proceso de descomposición de color, binarización, filtrado y llevar a cabo un proceso morfológico con el que se pueda obtener el área de las manchas, la cual será comparada con una región específica para poder indicar si los *agaricus bisporus* se encuentran en un buen o en un mal estado.

## Antecedentes

Dentro de la investigación se encontró que el *agaricus bisporus*, es un hongo *saprófito* palabra proveniente del griego (*sapros*) putrefacto, que significa que se compone de sustancias vegetales en descomposición, o bien lo que hoy conocemos como materia orgánica y *fyton* de planta. Y que pertenecen a los *basidiomicetos*, que son una división de hongos de una estructura variable en forma. (Roldán, 2021) La clasificación de los *agaricus* no se limita únicamente a los *bisporus*, también existen otras especies tales como los *agaricus silvestres* que entre ellas están los *agaricus arvensis*, *agaricus campestri*, y *agaricus sylvicola*.

Si quisiéramos generalizar, existen dos variedades del *agaricus bisporus*: color blanco (*Albidus*) y otro de color crema o pardo (*Avellanus*). En cuando a su *epíteto* específico "*bisporus*" se refiere a que cada *basidio* produce dos esporas, característica muy particular de la especie, ahora bien, dentro de esta especie destacan las cepas *Blanchocamp BL-40* que se utilizan en primavera, otoño y verano y *Claron A.5.1*, *Fungisem (H-10, H-12)* y *Gurelan (15,35)* para cosechas en invierno. (Zambrano, 2017)

El *agaricus bisporus*, representa el 90% de la producción total del hongo en México, siendo nuestro país el mayor productor de hongos de Latinoamérica. Sin embargo, existen problemas para su cultivo, ya que por nombrar un ejemplo; el micelio que viene siendo el aparato vegetativo de la planta, el cual permite la existencia de los hongos se encuentra formado por filamentos que son los que lo hacen crecer,

reproducirse o bien morir; (Navarro, 2015), es afectado por diferentes enfermedades que no son detectadas oportunamente por falta de tecnología que se presenta en los laboratorios de México, y que debido a la vulnerabilidad con la que se cultivan y la falta de micelios de calidad que en su mayoría provienen de la importación de empresas multinacionales como *Amycel* y *Sylvan* llegan con costos elevados. Así que se descuidan muchos aspectos inclusive de comercialización, siendo que si se tuvieran más herramientas tecnológicas se podría aumentar el consumo “*per capita*” de hongos comestibles en México y aumentar esos 977 g anuales. (Value, 2014)

Otra de las consecuencias que se encontraron por la falta de tecnología es que el *agaricus bisporus* carece de herramientas que lo ayuden a durar más tiempo fresco, ya que es perecedero y se pierde calidad debido a la intensa actividad metabólica y a las enfermedades que pudiera contraer, así que se debe de actuar con anticipación para evitar la pérdida de los cultivos y ganar tiempo con la pérdida del agua, porque puede producir que el *agaricus bisporus* se altere empezando con el pardeamiento de la parte superior, produciendo la mancha café, que es la que se analiza en este proyecto y que puede llegar a tener la alteración de origen *microbiano*, donde la mayor parte de la población *microbiana* en el *agaricus bisporus* está formada por bacterias del género *Pseudomonas tolaasii*, las cuales son las que provocan lesiones marrones u oscuras que son denominadas *mancha bacteriana*. (Samira Ghasemi, 2020)

Existen también panoramas alentadores, ya que dentro de los estudios realizados se tiene que el *agaricus bisporus* se puede producir en cuartos, almacenes en desuso o en invernaderos especializados, debido al trabajo de investigación hecho

en la Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco donde establecieron un invernadero a través de un programa comunitario de gobierno y a pesar de la falta de tecnología lograron establecerlo, quizás no del todo, pero si, bajo sus condiciones climáticas y a su espacio disponible. (Alejo, 2022)

Se tiene también el aislamiento de 7 cepas que parten de ejemplares silvestres y de aquí se obtuvieron *basidiomas*, que son la estructura reproductiva sexual a nivel *macroscópico* de los hongos, la cual nos ayuda a visualizar la diversidad genética para obtener la combinación de múltiples formas de vida (Anonimo, 2016) así como también nos ayuda a obtener derivadas de un sustrato a base de composta, por lo que de aquí se parte para revisar los ejemplares obtenidos y se encontró que coinciden *morfológicamente* con el *agaricus bisporus* y presentan en promedio el 63.4% de *basidios bispóricos*, que se identifican como una estructura microscópica productora de esporas, las cuales son benéficas para la continuación de la reproducción de los hongos. Con respecto a la secuencia de ADN se corroboró la determinación taxonómica, que de acuerdo a los análisis de similitud se concluyó que se pueden generar los champiñones a partir de un ejemplar silvestre, así que permitiendo el seguimiento al desarrollo de la tecnología se podría aumentar el cultivo comercial. (Mata, Medel, & Calla, 2015).

Otro estudio revela que China es el mayor productor de *agaricus bisporus*, donde aproximadamente 25 millones de personas se encuentran inmersas en la producción y por consiguiente en el trabajo de ellos, mientras que en México solamente son aproximadamente 25000 empleos destinados a los *agaricus bisporus*. Y se encuentra la información de que son pocas las empresas que tienen una instalación especializada, así que se depende de la variabilidad genética del

producto. Dentro del trabajo de este estudio fueron evaluadas seis cepas de *agaricus bisporus* depositadas en el cepario de Hongos del Instituto de Ecología, A.C., las cuales fueron registradas como IE-623, IE-673, IE-708, IE-744, IE-746 y IE-747. Se llevo a cabo una metodología de siembra, donde fue elaborado un *inóculo* (Dulce Salmontes, 2012) cuyo su término colectivo se refiere a los microorganismos o a sus partes tales como esporas, fragmentos, miceliales que son capaces de provocar infección o simbiosis cuando se transfiere a un huésped. (Unidos, 2013).

## Objetivos

### Objetivo general

El objetivo de la investigación es establecer un método de monitoreo que permita identificar el tamaño y el oscurecimiento por las manchas en los *agaricus bisporus* desde una temprana etapa, para que de esta manera se pueda diferir los buenos cultivos de los no deseables para su óptimo desarrollo y con ello lograr producir champiñones de la mejor calidad posible.

### Objetivos específicos

- ▶ Diseñar y armar una caja de madera sellada con iluminación interna, para obtener imágenes muestra, mediante una cámara instalada dentro de la misma con la cual se fotografiarán los *agaricus bisporus* para su posterior procesamiento.
- ▶ Medir el tamaño de las manchas del *agaricus bisporus* de manera presencial con un vernier para obtener una mayor exactitud.
- ▶ Crear un algoritmo en Matlab capaz de identificar su oscurecimiento y manchas en el sombrero del *agaricus bisporus*.
- ▶ Calcular el área de las manchas en sombrero del *agaricus bisporus* mediante el algoritmo diseñado.
- ▶ Comparar la primera medición llevada a cabo de manera presencial con la calculada mediante el algoritmo.
- ▶ Comparar el nivel de error en la medición presencial con la medición del algoritmo.

- ▶ Diferenciar mediante las imágenes tomadas, el oscurecimiento y manchas del champiñón de un *agaricus bisporus* dañado con un *agaricus bisporus* en buen estado.

## **Hipótesis**

A través de un algoritmo basado en el tratamiento y análisis de imágenes, capaz de evaluar tanto el área, como el nivel de oscurecimiento del *agaricus bisporus*, es posible determinar si se encuentra con un nivel elevado de manchas, para que con ello tengamos una orientación, de si es viable para consumo humano, ya que entre más pequeño y más manchado esté su sombrero; es menos recomendable consumirlo, debido a las diversas enfermedades ligadas a la variable del tamaño y a la variable del nivel de manchas.

## **Justificación**

El *agaricus bisporus*, es el hongo más consumido a nivel mundial, sin embargo, la tecnología tanto para cultivo, como para cosecha es bastante limitada y al ser limitada existen softwares de clasificación muy complejos y costosos que impiden una mayor producción, como se verá en el siguiente capítulo, es por ello que el presente proyecto, representa una alternativa, con la cual se puede llevar un mejor control en la producción de los *agaricus bisporus*, ya que se realiza de forma visual con el procesamiento de imágenes digitales y por tal motivo puede detectarse desde un principio los indicios de la enfermedad de *verticillium*, lográndose con ello la posibilidad de un aislamiento temprano que evite la contaminación de todos los *agaricus*, involucrados en un cultivo.

## Capítulo 2. Marco teórico

### Introducción

Para poder comprender el trabajo realizado, se plasman las siguientes bases teóricas, donde se describen los elementos, técnicas y funciones utilizadas que abarcan el procesamiento de imágenes digitales en el software de Matlab, así como también los diferentes tipos de filtros para obtener el tamaño medido y también para ver el oscurecimiento del sombrero de *agaricus bisporus*.

Entre las ventajas que tiene la metrología visual sobre otras técnicas es que sólo se requiere una vista del objeto (capturada en una imagen) para hacer una medición ya sea de color para las manchas o de tamaño para el área de las manchas, por lo cual se considera un método no invasivo, fácil de utilizar, que contiene mayor cantidad de información, que tiene mayor posibilidad de determinar distancias y colores en lo que respecta al sistema, en base a una secuencia de imágenes y un registro histórico para un análisis posterior. Aunque, en ciertos monitoreos, el resultado de la medición se requiere lo más pronto posible o incluso en tiempo real, es decir en el tiempo en el que se van notando las anomalías en los *agaricus bisporus*, con respecto al momento en el que se realiza la medición y el procesamiento digital de la imagen, siempre se consumirá un tiempo, el cual se debe tomar en cuenta para el monitoreo, debido a que se trabajó con *agaricus bisporus* ya cultivados.

Dicho esto, el problema de medir las dimensiones de objetos de manera directa con instrumentos como, por ejemplo; cinta métrica, flexómetro, regla, calibrador (Vernier), micrómetro, etc., (Omar Rodriguez Zalapa, 2012). Es que en todo momento el objeto debería de estar disponible en físico para su medición y no solo

en fotografía como es la propuesta del proyecto que se describe en este trabajo de investigación.

Cuando se habla de formar una imagen digital, lo que debemos de hacer es digitalizarla, por lo cual, lo haremos mediante computadoras con técnicas y algoritmos que son incorporados en diferentes tipos de equipamientos como por ejemplo los domésticos, celulares, cámaras digitales, etc.

Si nos remontamos a la historia, vemos como desde la invención de los rayos X se han utilizado técnicas de procesamiento de imágenes digitales, donde no solo este tipo de imágenes si no otro tipo de imágenes eran adquiridas sobre films radiográficos o directamente en vivo, por tal motivo no se había explotado su correcto procesamiento como hasta ahora que en conjunto con la tecnología ha permitido digitalizar las imágenes.

Respecto a las representaciones digitales, tenemos lo que los bitmaps son nodos elementales que funcionan para representar imágenes digitales y básicamente forman arreglos de elementos; ya sean *vectores*, *matrices* o *tensores* que se ordenan en modo específico.

Por ejemplo; las imágenes grises su valor de matriz es *escalar*, lo cual quiere decir que es una matriz diagonal, donde los elementos de la diagonal son iguales, tal como en el siguiente ejemplo:

$$\begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 4 \end{pmatrix}$$

(Juárez, s.f.)

Ahora bien, en el caso de imágenes a color, el valor de los elementos de cada matriz es un vector de tres coordenadas, de los colores *red(R)*, *green(G)*, *blue(B)*, por lo

que de aquí se obtiene la representación *RGB*.

Y se emplean escalas que determinan rangos dinámicos en  $2^N$  y se denomina *N*-bits, por lo que para el caso de 8 bits será: [0,255]. Esto nos sirve para saber que los colores en el rango visible pueden representarse como combinaciones *RGB* que van desde el negro (0,0,0) hasta el blanco (255,255,255).

El procesamiento de imágenes se puede llevar a cabo mediante un arreglo de matrices de *N* filas por *M* columnas, en la cual la representación digital de bitmap estará dada por la función distribución  $f(m,n)$ , que tiene el elemento del conjunto para  $n \in [0, N - 1]$  y  $m \in [0, M - 1]$ , donde típicamente *N* y *M* son potencias de 2; por lo que un histograma de una imagen es un vector que cuenta la cantidad de pixeles dentro de la imagen con un cierto valor de elemento.

Existen técnicas genéricas, las cuales nos ayudan a diversificar una cantidad variada de metodologías específicas del procesamiento, como por ejemplo el método de convolución; el cual se utiliza para el tratamiento de señales y consiste en permitir combinar dos señales, mediante la cual se le va pasar una señal.

Por ejemplo; si consideramos  $w(k, l)$  como un arreglo de  $2 \times K + 1$ ,  $2 \times L + 1$ , centrado en el "origen" (0,0) que coincide con el pixel central de la imagen, entonces puede ser considerado como un *kernel* o filtro de convolución que puede ser aplicando a la imagen a procesar. (Valente., Fundamentos básicos del procesamiento de imágenes, 2018)

Retomando los principios del procesamiento de imágenes digitales, tenemos que la formación de una imagen digital, consiste en un sistema óptico y un digitalizador que es el que nos ayuda a convertir la imagen en una señal eléctrica. (Serrano)

Entra aquí entonces el *PDI* que es el proceso digital de imágenes, el cual nos servirá para almacenar, transmitir y representar información mediante el uso de una computadora con este software que es el que con anterioridad llamamos *Matlab*, que además extraen atributos de imágenes, incluyendo el reconocimiento de objetos individuales.

Los campos de aplicación son bastante variados y existe una inmensa gama de áreas donde el *PDI* se usa de forma habitual, donde la fuente principal de energía de las imágenes es el espectro electromagnético, en la cual se consideran la banda de rayos X y la del espectro visible, así como también otras fuentes como son la acústica, ultrasónica y la electrónica.

Dentro del procesado de imágenes, se tienen 3 clases principales; que son la *mejora o el realce*; donde se mejora la nitidez o aclarado de imágenes desenfocadas, eliminación de ruido, mejora de contraste, entre otros, *restauración de imagen* en donde se revierte el daño ocasionado a la imagen por alguna causa conocida o simplemente destacar detalles que no se veían y finalmente la *segmentación* que subdivide la imagen en partes o aísla ciertos objetos de una imagen, donde las tareas habituales son búsqueda y selección de ciertas formas, máscara de la imagen, etc. (Fiter, 2012)

Ahora bien, hablando de la resolución de la imagen, ya sea estática o dinámica, se podrá hablar de un mapa de bits representados por una rejilla rectangular de píxeles los cuales se pueden visualizar en un monitor, en un papel o en cualquier otro dispositivo de representación que se use o bien de un gráfico vectorial que es la imagen producto de objetos geométricos, donde la principal diferencia es la posibilidad de emplear el tamaño de la imagen, sin que pierda su escala. El

importante destacar que la modificación de imágenes digitales se puede llevar a cabo mediante filtros para añadir o suprimir elementos, esto con la conformación de los formatos digitales y codificación. (Ucha, 2011).

Dentro de lo que es la imagen que asociamos con informática, nos remontamos desde el año de 1920, en donde una de las primeras aplicaciones fue el envío de imágenes de prensa entre Londres y Nueva York, en un intento por reducir el tiempo de transportar una imagen a través del Atlántico de aproximadamente una semana a un poco más de 3 horas que se consiguió con la ayuda del sistema de transmisión por cable *Bartlane*, el cual codificaba imágenes en señales eléctricas para que se reconstruyeran del otro lado de la línea telegráfica, donde posteriormente se imprimían usando *tipografías* que vienen siendo el estilo o apariencia del texto que simulaban un modelo de semitonos que en un principio eran 5 y que 9 años después llegaban a los 15. Posteriormente Russel Kirsch en 1957, un científico del *National Institute of Estándar and Technology*, creo la que consideramos hoy imagen digital recreada en píxeles, así que utilizo un porto-escaner que transformo una imagen en una matriz de 0s y 1s, permitiendo visualizarla en el *SEAC*, que es el único ordenador programable de *EEUU* que existía en aquel entonces. Aunque el verdadero avance en imágenes digitales se dio hasta que se combinaron los primeros grandes ordenadores digitales con el interés en la exploración espacial y los avances médicos en la década de 1960, ya que se probaron técnicas de manipulación de imágenes, posteriormente la tecnología de base era de las transmisiones y grabación de imágenes en televisivas en tiempo real que se escaneaban a baja velocidad para codificarlas digitalmente, repetir el proceso de escaneo y volver a transmitir las.

Es en el año de 1970 se produce un gran avance de la tecnología con el desarrollo de los microprocesadores, que permitieron ampliar la capacidad de procesamiento y almacenamiento; así como el desarrollo del *CCD* que es un dispositivo de carga acoplada con un sensor de diminutas células fotoeléctricas capaces de registrar una imagen, que es un componente fundamental en ellas y de donde surgieron las cámaras digitales de hoy en día. (Gómez, 2017)

El campo del procesamiento de imágenes digitales es tan amplio, que inclusive hasta en la medicina moderna se está utilizando, tal es el caso del artículo “Procesamiento de imágenes médicas” donde las imágenes primeramente se toman en formato análogo y posteriormente se digitalizan para poner ser analizadas, tal es el caso de radiografías, ultrasonidos, imágenes de resonancia magnética, entre otras. Partiendo de una imagen original que de información, se pueden realizar mejoras y a pesar de que no se aumenta la resolución a través de estos procesos puede que se dé un caso inexistente, por lo cual la idea es por ejemplo una radiografía donde no se encuentren áreas blanco y negros puros, se puede hacer un manejo de cada pixel y realizar un proceso de transformación para obtener un mayor contraste.

Y para ello se puede usar la siguiente fórmula:

$$\text{Nuevo valor del pixel} = (\text{valor del pixel} - 80) * \frac{255}{100}$$

Fórmula 1.1 Formula del nuevo valor del pixel

O en forma más general:

$$\text{Nuevo valor del pixel} = (\text{viejo valor del pixel} - \text{valor mínimo}) * 255 / (\text{valor}$$

## máximo-valor mínimo)

### Fórmula 1.2 Formula del nuevo valor del pixel

Las cuales se pueden aplicar en áreas donde exista mucho blanco o negro y que hace que se pierda la información.

El procesamiento de imágenes digitales, en ocasiones también es acoplado con otros sistemas electrónicos para el monitoreo de diversas plagas, tal es el caso del reconocimiento de daños por plagas en el cultivo de *Begonia semperflorens Link & Otto* mejor conocido como flor de azúcar, que utiliza un dron equipado con una cámara para tomar las fotografías que serán procesadas mediante filtros como los que se utilizarán para el proyecto que se está realizando con el *agaricus bisporus*.

Estos filtros, son filtros de segmentación de imágenes morfológicos, difuminado gaussiano y filtrado *HSL*. También utilizan la técnica de dilatación, que es una transformación morfológica la cual utiliza un vector de adición para la combinación de dos conjuntos de elementos en conjunto con el difuminado gaussiano, que es otro algoritmo utilizado, el cual tiene como objetivo difuminar o suavizar una imagen con una función *Gaussiana* y se usa generalmente para reducir el ruido digital y los detalles en las imágenes.

Y finalmente el *HSL (Hue Saturación Luminance)* el cual se basa en una representación del color en coordenadas polares, que vienen siendo algo más natural que la representación *RGB*, debido a que se acerca en gran medida a la percepción fisiológica del ojo humano. Métodos que se explicaran con más detalle en las próximas páginas; este trabajo tuvo como objetivo realizar la implementación de un sistema para el reconocimiento que detectaba las plagas a través de la planta flor de azúcar o (*Begonia semperflores*) la cual se elegio por la facilidad de adquirir

imágenes y recorrer un *dron* encargado de la captura de fotografías, para posteriormente ser procesadas con un software desarrollado en *Visual Express C#2010*, con el uso de la librería *Aforget.net*, cabe destacar que en este proyecto se utilizaron filtros morfológicos como el de dilatación el cual permite al pixel aumentarse, es decir, hay un aumento de pixel alrededor de la circunferencia. (Camilo Andrés Cáceres Flórez, 2014).

El siguiente proyecto, está basado en la librería de *OpenCV* de Intel, bajo la licencia *BSD* que es gratuita y comercial, puede ser utilizada dentro de diversos sistemas operativos, cuyo caso es el *Raspbian* que sirve para utilizar la *Raspberry Pi 3* modelo B. La cual se define según la *Raspberry PI Foundation* como un computador de bajo costo y de alto rendimiento, desarrollada con el criterio de que cualquier persona pueda acceder a este hardware y pueda aprender a resolver problemas. Para el muestreo de imágenes utilizan la cámara *raspicam* de 5 megapíxeles que se conecta directamente a la *Raspberry* para que sea programado el algoritmo en *Python* que es un lenguaje de programación multiparadigma, por que soporta programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional, siendo esta multiplataforma lo que lo hace ideal en una gran variedad de aplicaciones. De estas aplicaciones se utilizará la primera técnica mencionada con diferentes mascarar para determinar la gama de colores del objeto y su área. Por lo cual se deduce que es un proyecto muy similar al que estamos desarrollando, con la diferencia que nosotros detectamos manchas del *agaricus bisporus* y ellos del tomate. (Aya, 2019)

Representación del *agaricus bisporus*:

Existen diferentes formas de mostrar una imagen, lo cual quiere decir que dentro de la imagen pueden existir muchos factores que pueden revelar el nivel de obscurecimiento en los sombreros de los *agaricus bisporus*; que van desde las manchas naturales hasta las enfermedades tales como:

- *Verticillium*: el cuál es el parasito más común del champiñón donde se distingue macroscópicamente por tener puntos marrones en la parte superior del champiñón. Estos puntos se distinguen fácilmente al tomar las imágenes digitales y con las imágenes previas se puede evitar un contagio al resto del cultivo ya que desde su primera aparición es posible que se pueda propagar al resto del cultivo por las esporas.



**Figura 1 *Agaricus bisporus* infectado de *verticillium*. (David Meigs Beyer, 2017)**

A continuación tenemos la burbuja seca que precisamente produce el *verticillium* y es donde podemos observar más claramente como una sola seta o racimo de setas pueden convertirse en una masa esférica de tejido, la cual en los *agaricus bisporus*, cubre toda el área infectada y en ocasiones cuando el tejido enfermo envejece, pueden aparecer unas pocas gotas de líquido color ámbar, ahora bien la diferencia es que en la burbuja seca, solo unas pocas setas, muestran el color ámbar y son pequeñas, mientras que la burbuja húmeda se caracteriza por presentar gotas de color ámbar grandes y numerosas que indican una infección severa, la cual altera al crecimiento del *tejido fúngico*.



**Figura 2 *Agaricus bisporus* aislado y enfermo de *verticillium*. (David Meigs Beyer, 2017)**

- *Puntos necróticos*: se identifican como unas manchas de color café, con un tono gris difuso en el centro, que tienen un diámetro de 0.7 y 1.8 centímetros. Respecto a los puntos, cuenta con un área gris que cubre estos puntos y un área café oscura que ayuda a que se distinga de la mancha bacteriana, la cual tiene un color más claro y amarillento. Síntoma que es desarrollado cuando la infección ocurre más tarde en el desarrollo del hongo o cuando una pequeña infección ocurre en la cabeza o sombrero de una seta.



**Figura 3. Agaricus bisporus. Seta infectada con burbuja seca causada por *Verticillium* exhibiendo puntos necróticos. (David Meigs Beyer, 2017).**

- *Moteado*: síntoma del *verticillium*, donde se da la aparición de pequeños puntos cafés, que en ocasiones se confunde con otros patógenos como el *trichoderma*, más sin embargo este síntoma aparece cuando la concentración de esporas es pequeña.



**Figura 4. Seta del *agaricus bisporus* infectada con burbuja seca causada por *Verticillium* exhibiendo moteado. Obtenida de (David Meigs Beyer, 2017)**

Cabe mencionar que en algunos casos existe la ausencia de síntomas y al momento de la cosecha, la aparición de puntos ocurre después, por lo que no sería aptos para la venta y existiría la posibilidad de que si fueran tocados, la persona que los toco lleve la infección hacia otras setas.

Ahora bien, hablemos del organismo que causa la enfermedad, mostrado en la figura 5, denominado *Verticillium fungicola*, el cual, es un *patógeno* de setas silvestres, cuyo método más fácil para identificarlo es cultivarlo en un medio selectivo, el cual ha sido desarrollado para permitir que el *verticillium* crezca más rápido y ver que este hongo produce una tremenda cantidad de esporas microscópicas, que son invisibles a simple vista pero que pueden producir hasta 30 millones en una hora de esporas por hora, lo cual se traduce como una pérdida parcial de cultivos y 45 millones de esporas la cual nos sirve para no cosechar ninguna seta.



**Figura 5. *Verticillium fungicola*. Obtenida de (David Meigs Beyer, 2017)**

Como no se tiene una tecnología capaz de detectar el *verticillium* o algunas otras infecciones tempranamente de los *agaricus bisporus*, se debe de evitar que los cultivos estén sucios, debido al gran poder de propagación que tiene el *verticillium*, ya que en un clima cálido y húmedo se puede propiciar para que el *verticillium* crezca y produzca esporas rápidamente.

Como se menciona anteriormente, hay personas que para evitar la propagación buscan setas que ya están infectadas y las cubren con sal, tal es el caso de la figura 6.



**Figura 6. Pila de sal cubriendo a los agaricus por *Verticillium*. (David Meigs Beyer, 2017)**

E incluso otras personas las rocían con alcohol, dentro de los primeros brotes de la enfermedad y esto se realiza de manera diaria con 4 a 6 pulgadas en diámetro, cubriendo o rodeando la burbuja producida por el *verticillium*. (David Meigs Beyer, 2017).

Cabe mencionar que el *agaricus bisporus* también posee enfermedades tales como el *Chrysosporium merdarian* o *virosis* que quizás no se podrán detectar tan fácilmente con el procesamiento de imágenes digitales, ya que se encuentran en el compost y a que el proyecto pretende abarcar solo la parte superior del *agaricus bisporus*, por lo que no se garantiza que se detecten enfermedades que afecten al compost, aunque no se descarta que si el agaricus está infectado en su parte superior, este pueda estar infectado desde el interior.

## Percepción visual

Llamamos percepción visual al momento en el que nuestro ojo humano, empieza a enfocar la luz sobre la retina, luz que es absorbida por una capa de células que son las encargadas de la adquisición o discriminación de los diversos estímulos externos. (Choto, 2019)

Dentro de la percepción visual nos damos cuenta de que el enfoque del ojo humano puede tener diferente perspectiva que el procesamiento de la imagen, ya que la percepción visual es la interpretación o discriminación de los estímulos externos visuales y la manera de saber si el algoritmo desarrollado en Matlab fue correcto, es mediante la comparación del algoritmo con la medición física de los *agaricus bisporus*, donde se calcula el área mediante la fórmula matemática:

$$A = \pi r^2$$

El proyecto está diseñado para que el procesamiento de imágenes digitales se realice por imágenes bitmaps; una imagen en mapa de bits, es la representación de imágenes en forma digital que tiene como objetivo ser cargada en un ordenador o computadora y se conforma por arreglos vectoriales o matrices, la cual se ordena en pixeles o elementos de la matriz en filas, asignándose a cada punto un valor el cual determina el color en la posición que esta de la imagen.

Y en las imágenes grises el valor que tiene cada elemento es una escalar, ahora bien, el valor de cada uno de esos elementos de matriz es un vector de tres coordenadas, el cual especifica el grado de los colores *RGB (red, green and blue)* (Yela, 2020).

En si son imágenes digitales que se definen como una gran cantidad de cuadros llamados pixeles, los cuales se pueden manipular individualmente cada pixel o bit, en nuestro caso utilizaremos imágenes *jpg* y cuando se analicen cada uno de los pixeles de la imagen podemos ir encontrando detalles importantes o relevantes que nos ayuden a identificar características que puedan ser útiles para la identificación de las manchas que se convierten en niveles de oscurecimiento de los sombreros del *agaricus bisporus*, a diferencia de las imágenes vectoriales que se construyen a partir de vectores donde se tienen mayor precisión en detecciones de objetos, mediciones de defectos y formas. (Cañas, 2018).

### **Adquisición de imágenes**

Como mencionábamos anteriormente, ya que se tiene el ambiente adecuado para los *agaricus bisporus*, se procedió a fotografiarlos, tal como se pueden ver en las figuras 8 a y b que contienen a un *agaricus bisporus* sano y a otro lleno de manchas con posible infección de *verticillium*, detectada por el tamaño de sus manchas (.8 a 1.5 centímetros).



**Figura 7. Agaricus bisporus.**

(a)

(b)

El siguiente paso lógico es leer las imágenes en *Matlab*, tal como se puede ver en la figura 9, para que se lleve a cabo el procesamiento que posteriormente será explicado.



**Figura 8. Adquisición de la imagen del agaricus bisporus en Matlab.**

Y así continuar con el procesamiento de imágenes digitales, donde es esencial preparar las imágenes, para las mediciones del parámetro del área y el oscurecimiento del sombrero del *agaricus bisporus*, con esto se desglosan los siguientes temas conforme se fue realizando el algoritmo en *Matlab*.

**Fuentes de degradación de la imagen:**

Utilizada respecto a la eliminación del ruido introducido en el proceso de captura, o bien respecto al aumento del contraste debido a deficiencias en la iluminación que son asociadas al propio proceso de captura, como la iluminación al canal de adquisición. Para ello, dentro de *Matlab* contamos con funciones tales como “*imnoise*” que añade ruido a la imagen. Dentro de la clasificación de ruidos se realizaron diversas pruebas hasta encontrar la que más resaltaba a la imagen tomada y se optó por el ruido ‘*speckle*’, donde se añade ruido multiplicativo utilizando la ecuación 1.1 y se distribuye uniformemente ruido aleatorio con la media 0 y la varianza  $0,05.J = I+n*In$ . Cabe mencionar que la imagen se encuentra en escala de grises, especificada como una matriz numérica. Si tiene más de dos dimensiones, la imagen se tratará como una imagen multidimensional en escala de grises y no como una imagen RGB. (Mathworks, 2019)

### **Métodos de transformación punto a punto:**

Las cuales se realizan sobre el rango de los niveles de gris, para realizar negativos de imágenes, aumentando el contraste por incremento del rango dinámico y la comprensión del mismo rango, lo cual sucede cuando los valores de intensidad exceden la capacidad de representación o fraccionar el nivel de gris cuando se desea destacar dentro de algún rango específico.

### ***Dilatación del rango dinámico:***

Se aplica a imágenes pobremente contrastadas debido a una mala iluminación, ya que el rango dinámico es una función vital donde la intensidad lumínica nos presenta un rango que dificulta el uso de sensores convencionales y para que podamos lograr una imagen lo más fiel posible, se necesita una alta percepción y precisión. Por lo

cual este rango hace referencia a la relación de la señal más alta sin saturar y la más baja posible y que no sea afectada por el ruido que tenga de fondo. (Sedlackova, 2020)

### ***Negativo de imágenes:***

Es una técnica que afecta a cada pixel, independiente, donde se puede estar transformando en la imagen inversa, la cual puede ser vista como el "negativo" de una imagen.

### **Suavizado de imágenes:**

Este tipo de operaciones de suavizado, son las que se utilizan para disminuir los efectos negativos que se pueden presentar en una imagen digital como consecuencia de un sistema de muestreo deficiente o bien del canal de transmisión, como, por ejemplo, el ruido.

### ***Contrastado de la imagen:***

Las técnicas de contrastación son útiles principalmente para resaltar los bordes en una imagen.

### ***Visualización de la Transformada Discreta de Fourier: DFT***

Dentro de las cuales se pueden visualizar: zonas homogéneas en la imagen y dar lugar a que la energía del espectro este concentrada mayoritariamente en las bajas frecuencias. Zonas con muchos bordes y transiciones frecuentes de los niveles de gris que dan lugar a un aspecto con componentes de alta frecuencia. Si en la imagen existe alguna regularidad (patrones que se repiten) entonces se da lugar a picos de igual intensidad para separarlos a una distancia regular.

## Filtros

Se definen como las operaciones locales que modifican el valor de cada posición de la imagen considerando los valores que posee la vecindad de pixeles.

### Filtro lineal

Para aplicar un filtro lineal  $g$  sobre una función  $f$ , se requiere realizar la operación de convolución bidimensional, la cual para el caso continuo está descrita en la fórmula 2.1 sin embargo para ser aplicada en una imagen, se debe utilizar la fórmula 2.2.

$$f(x, y) * g(x, y) = \int_{t_1=-\infty}^{\infty} \int_{t_2=-\infty}^{\infty} f(T_1, T_2) g(x - T_1, y - T_2) dT_1 dT_2$$

Fórmula 2.1

$$f[x, y] * g[x, y] = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M f[n, m] g[x - n, y - m]$$

Fórmula 2.2

En cuya imagen su tamaño es de  $N \times M$  y el filtro “ $g$ ” es el que se va aplicar, el cual corresponde en realidad a una máscara o ventana de tamaño definido. Por ello la aplicación equivale a sobreponer la máscara en la posición  $[x, y]$  de la imagen y calcular la suma de los productos entre los elementos correspondientes de la máscara y de la imagen como la figura 2.10.

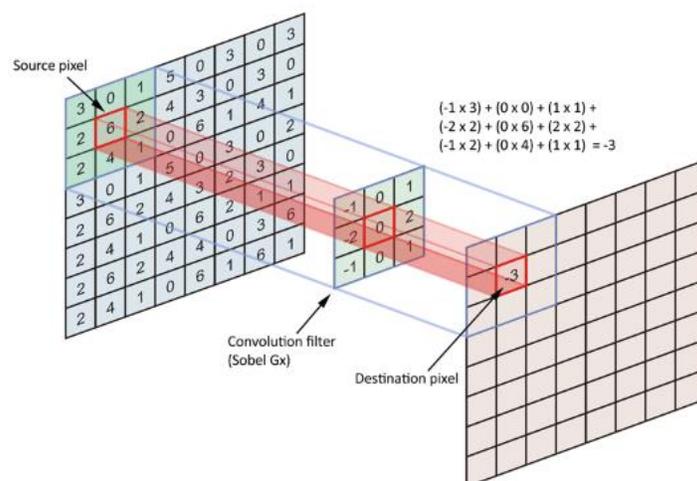


Figura 2.10. Convolución para filtrado lineal. (Javier Ruiz del Solar, 2015)

El problema que existe con este método es que cuando se quiere calcular el resultado de la convolución en los bordes de la imagen, no existen elementos correspondientes a la superposición de la ventana en esa posición, para lo cual existen diversas estrategias, donde las más comunes son: la extrapolación de valores, omisión de los bordes y que la imagen de salida sea de menor tamaño o utilizar un valor nulo en los pixeles externos.

### Filtros no lineales

Este tipo de filtros se da cuando las operaciones no pueden ser representadas con una máscara que permita la convolución de la imagen, por ejemplo, cuando se trata de encontrar mediana, máximo o mínimo, comparaciones locales, entre otros. Entonces para estos filtros se considera una ventana de tamaño definido, sin embargo, se trabaja la operación específica utilizando una vecindad en la imagen que queda comprendida por la ventana de la imagen, poniendo un ejemplo tenemos que, si se desea calcular la mediana con una ventana de 3x3, en cada posición de la imagen se toman los valores comprendidos por la ventana, posteriormente se

ordenan y acto seguido se busca la mediana, la cual finalmente otorga el valor en la imagen de salida en esa posición. (Javier Ruiz del Solar, 2015).

Filtros pasa-bajo y pasa-alto:

Para calcular la frecuencia de corte de los filtros, depende del tipo de filtro que queramos implementar. Se tratará de los filtros *RC* de primer orden, que están formados por una resistencia y un condensador, la frecuencia de corte es la fórmula 2.3:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Fórmula 2.3 Formula para la frecuencia de corte

Filtro pasa altos:

El filtro paso altos es un tipo de filtro que permite **reducir la amplitud de aquellas frecuencias** que estén **por debajo de la frecuencia de corte** del filtro.

Filtro pasa bajos:

El filtro paso bajos es todo lo opuesto al filtro paso altos. Su principio de funcionamiento es el mismo y en si es un *RC* de primer orden, la frecuencia de corte se calcula con la misma fórmula 2.3. Y se diferencia en la colocación de la resistencia y en condensador, aparte de que este filtro atenúa las frecuencias altas o bien a las frecuencias que sean superiores a la frecuencia de corte y las deja pasar, aparte de que se mantiene sin variaciones en las frecuencias las bajas. (Gomez, [www.rinconingenieril.es](http://www.rinconingenieril.es), 2017).

Un ejemplo sería si el filtro fuese de 2KHz, se pasarían sin atenuar las frecuencias por debajo del filtro, como son las de 1 KHz, pero se atenuarían las frecuencias por arriba de los 2 KHz, como sería las de 3KHz.

## Filtros de orden en las imágenes digitales

Filtros de mediana:

Para aplicar un filtro de mediana debemos saber que los datos deben primeramente ordenarse de menor a mayor.

Por ejemplo, si tenemos un numero de muestras impar (5,8,1,9,3,9):

Lo primero que debemos hacer es ordenar de menor a mayor:

**1 3 5 8 9**

De esta forma vemos que el 5 es la mediana de ese conjunto de muestras. Esto se da en ocasiones que el número de muestras es impar.

Pero si el número de muestras es par (9,7,3,8,1,2)

Volvemos a ordenar los numero de menor a mayor.

**1 2 3 7 8 9**

Y de este caso la mediana es 3.

## Filtros de Moda

Sustituye la muestra que más se repite en un conjunto de muestras. Por lo que aplicado a imágenes donde tenemos pixeles sustituye un pixel de la imagen por otro con valor más repetido.

## Filtro de máximos y mínimos

Tal como su nombre lo indica en este tipo de filtros; el máximo se selecciona con el

mayor valor dentro de una muestra ordenada de muestras y el filtro mínimo selecciona el valor mínimo de una muestra de valores.

### **Modelos de procesamiento de imágenes**

Se refiere a una etapa post procesamiento, donde se limitan objetos o secciones de interés, caracterizada en realzar la geometría y la forma de los objetos basados en la teoría de conjuntos.

#### Filtrados morfológicos:

Retomando los filtros no lineales, existen aplicaciones de procesamiento de imágenes que pueden ser mejor que los filtros lineales ya que pueden remover el ruido sin distorsiones de las características de la imagen, sin embargo, son un poco más difíciles de diseñar, por lo que es viable realizar una morfología matemática, donde el filtrado morfológico es una transformación de características geométricas, cuyas operaciones fundamentales son el cierre, apertura, erosión y dilatación.

Para efectos del proyecto nos basamos en la *apertura y cierre (MOC)*, de los operadores morfológicos *open-close (OC)* el cual se define como la apertura seguida de un cierre y *close-open (CO)* donde se define un cierre seguido de una apertura respectivamente.

Se tiene también, el caso del filtrado mediante combinación lineal de *OC* y *CO*, denominado *LOCO (linear combination of OC and CO)*, el cual es caracterizado por simular la respuesta del filtro de mediana, el cual trabaja en pares donde puede remover tanto impulsos negativos como positivos. Filtro que tiene como ventaja ser mucho menos susceptibles al ruido impulsivo. (Morales, 2017)

## **Modelo RGB**

Es un espacio de color que quiere decir que una imagen puede dividirse entre varios colores. *RGB* (*rojo, verde y azul*), el sistema *RGB* es la composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios de luz. El modelo de color RGB no define lo que significa exactamente rojo, verde o azul, por lo que los mismos valores RGB pueden mostrar colores notablemente diferentes en distintos dispositivos que usen este modelo de color. Y aunque utilicen un mismo modelo de color, sus espacios de color pueden variar considerablemente, ya que existe mucha variedad de colores y tonalidades de los mismos, sin embargo, se toma como base el RGB.

Los valores de *RGB* se encuentran a lo largo de tres ejes. Estos a su vez producen otros colores llamados secundarios. Enseguida se mencionan las combinaciones necesarias de estos colores para producirlos.

***Green + Red = Yellow***

***Red + Blue = Magent***

***Blue + Green = Cyan***

Produciéndose de esta forma el modelo *CMY*, en español cian, magenta y amarillo.

Estos modelos son los que utilizamos en el algoritmo para tener una comparación entre cual se nota mejor las anormalidades del sombrero del *agaricus bisporus*.

Cabe mencionar que la forma en la que nuestros ojos son formados por células que son sensibles a la luz que recibimos y gracias a ellas distinguimos los colores. Estas células están formadas por unas células fotorreceptoras llamadas bastones y otras células llamadas conos, donde los conos se dividen en tres tipos y son las que

generan la información de los colores que vemos, así como también funcionan a una frecuencia diferente y tienen máxima sensibilidad por los tres colores que generan el *RGB*.

Cuando hablamos de programación, tenemos que para representar los distintos colores existe un **código compuesto por tres números separados** que pueden tomar valores desde el 0 hasta el 255 “[xxx], [xxx], [xxx]”, formando un **total de 24 bits** en binario, **8 por cada número**. Cada uno de estos números representa uno de los colores siendo [R], [G], [B] y **dependiendo del valor del número que haya en su interior, tendremos los diversos tipos de colores**, en el caso del color verde se formaría de la siguiente manera [0],[255],[0], representado en pantalla, si tuviéramos el [0],[0],[255], obtendríamos el color blanco, y dependiendo de la variación de los números es como obtendríamos el resto de los colores. (Castillo, 2019).

Una imagen RGB, se almacena como una matriz de datos de 3x3, que define los componentes de color rojo, verde y azul para cada píxel. El color de cada píxel viene determinado por la combinación de las intensidades rojas, verdes y azules almacenadas en cada plano de color en la ubicación del píxel. Los formatos de archivo de gráficos almacenan imágenes *RGB* como imágenes de 24 bits, donde los componentes rojo, verde y azul son de 8 bits cada uno. Esto produce un potencial de 16 millones colores. La precisión con la que una imagen de la vida real se puede replicar ha llevado al apodo de "*imagen truecolor*".

El color del componente de la imagen, de 8 *bits*, está integrado en un rango que va desde [0,255], más que en un punto flotante con valores de [0,1]. Un píxel cuyos

componentes de color son  $[0, 0, 0]$  se muestra como negro y un píxel cuyos componentes de color son  $[1, 1, 1]$  se muestra como blanco.

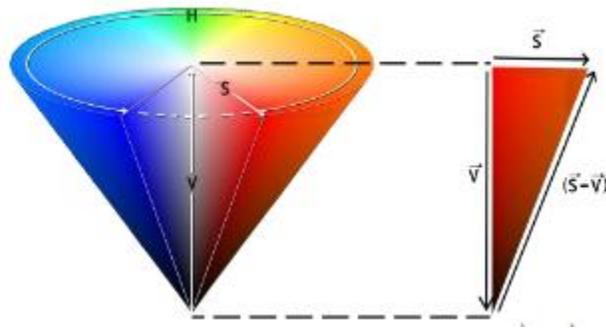
La imagen *RGB*, puede ser mostrada como clase *double*, *uint8* y *uint16*. (Mathworks, [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com), 2022)

### **Modelo HSI**

Se aporta una nueva forma de seleccionar un color y es basándose en su tonalidad, saturación e iluminación, el modelo de color *HSL* (*Hue, Saturation, Lightness*). Las tonalidades de sus colores van en la siguiente escala de 0 a 360, donde el 0=rojo, el 120=verde y el 240=azul, posteriormente se pone el porcentaje de *saturación* que tendrá el color siendo el 0%=gris y el 100% totalmente saturado. Y al final se indica el porcentaje de *iluminación/oscuridad* siendo el 0% oscuro o negro, el 100% claro o blanco y el 50% una iluminación normal. Si se compara el *RGB* con el *HSL* es **más fácil** para seleccionar colores ya que se tienen los valores de los diferentes componentes y al tener una tonalidad tenemos un color y sólo se modifica el brillo y la saturación para obtener el color que deseado y de la otra manera se tienen que combinar los 3 colores que comprende el RGB. (David, 2017)

### **Modelo HSV**

Este modelo (*HSV*) es representado como *H(hue)* del matiz, *S(saturation)* cuya cantidad o saturación represente el blanco en el matiz y *V(value)* el brillo de luminosidad.



**Figura 10. Representación del modelo HSV.** (Reyes Sierra, 2019)

Donde el cono representado es la base del matiz ( $H$ ), el radio de esa base ( $S$ ) es la saturación y la altura del cono es el brillo ( $V$ ). Al tomarse una sección del cono, representado por el triángulo a la derecha, es posible observar la hipotenusa de los vectores correspondientes a  $\vec{S} - \vec{V}$  con la finalidad de tener objetos con mayor absorbancia, relacionando los elementos que absorben y reflejan luz para que al restarlos se obtenga una matriz compuesta por las componentes vectoriales de cada pixel  $\vec{M} = \vec{S} - \vec{V}$ .y con ello poder resaltar aquellos que absorben luz en una escena. Cabe mencionar que en una secuencia de video  $HSV$  son modelados computacionalmente a partir de cada fotograma RGB. (Reyes Sierra, 2019).

### **Modelo CIELAB**

Debido a que el color es correspondido a una percepción e interpretación que depende del juicio de la persona, ya que pueden estar observando un mismo objeto, pero usar puntos de referencia distintos; se tiene la clasificación de los colores en términos numéricos y objetivos para evitar que la muestra fotográfica de los *agaricus bisporus* sea errónea. Por lo que en este modelo se pueden

clasificar los colores en términos de matiz expresada por el color, luminosidad expresada por el brillo y saturación expresada por vivides.

El espacio de color  $L^*a^*b^*$  fue modelado en base a la teoría oponente, donde dos colores no pueden al mismo tiempo, es decir o es rojo o es verde, o bien o es amarillo o es azul y  $L^*$  es representado por luminosidad,  $a^*$ = coordenadas rojo y verde (+a indica rojo, -a indica verde),  $b^*$ =coordenadas amarillo y azul (+b indica amarillo, -b indica azul). En la figura 10, se representa L como el nivel de luminosidad claro (+L), a oscuro (-L), A es el nivel de rojo, (+a) a verde (GÓMEZ, 2019)

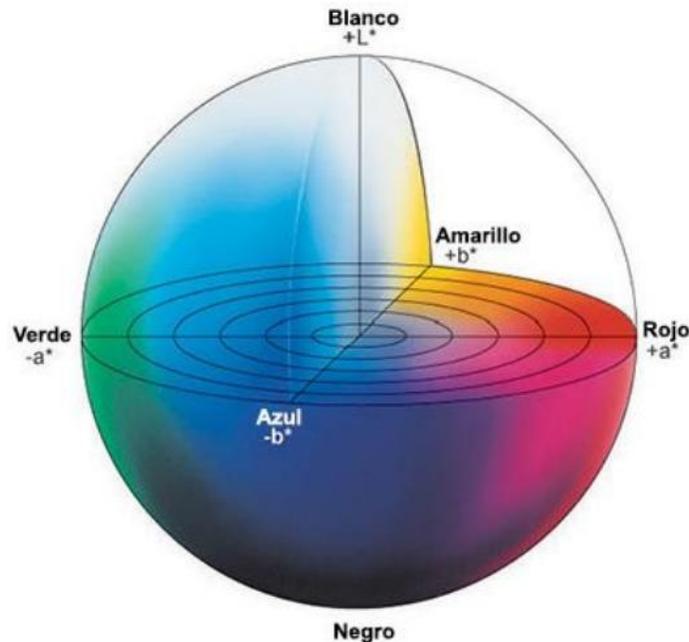


Figura 9. Muestra de la proyección con el modelo  $L^*a^*b^*$  (GÓMEZ, 2019)

## Umbralización de imágenes

La umbralización de imágenes es uno de los métodos que abarca la segmentación de imágenes digitales y es una de las etapas importantes al desear sustraer el fondo (*background*), en los que se separa el objeto del fondo de la imagen (*foreground*).

Muchas de las técnicas de umbralización están basadas en la información estadística que brinda el histograma que veremos más adelante, pero también existen otras que destacan la umbralización binaria y el umbral adaptativo del método de Otsu.

Respecto a la binaria es un proceso computacional eficiente en donde los píxeles de la imagen con valores menores al umbral establecido se determinan como si pertenecieran al fondo de la imagen y los píxeles que superen el umbral son los pertenecientes al cuadro principal de la imagen.

Y el método Otsu nos propone una maximización de varianza entre clases, donde se determina un valor que genere la mejor separación entre las imágenes estableciendo así el umbral óptimo. (Niño, 2021)

El detalle que se tiene con la umbralización es encontrar el valor  $T$  (umbral) adecuado entre los valores de grises en imágenes que permita una óptima separación entre el objeto y el fondo. Para el proyecto se aplicó la umbralización de escala de grises, ya que se selecciona un valor para la intensidad y cualquier píxel cuya intensidad es inferior a la intensidad del valor seleccionado se establece en 0 (negro) y si es mayor el valor se establece a 255 (blanco).

Por lo cual podemos deducir que la umbralización es una técnica de segmentación simple y eficiente que permite separar los píxeles de una imagen en escala de grises en dos categorías a partir de un valor umbral de intensidad.

Para llevar a cabo la binarización en *Matlab* es fundamental pasar la imagen a escala de grises para reemplazar todos los píxeles de la imagen de entrada con la iluminación más grande que el valor con nivel 1 (blanco). Y reemplazando todos los otros píxeles con el valor 0 (negro), teniendo así únicamente dos valores en los píxeles blanco y negro. Para esto tenemos *threshold* que calcula un umbral global desde la imagen en escala de grises, utilizando el método de *Otsu*. El método de *Otsu* elige un umbral que minimiza la varianza de los píxeles en blanco y negro de los umbrales. El umbral global se puede utilizar para convertir una imagen en escala de grises a una imagen binaria. (MathWorks, [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com), 2022)

### **Ruido en las imágenes digitales**

Al momento de capturar una imagen, existen detalles que nos interesan capturar, los cuales pueden afectar al momento de obtener una imagen por la cantidad de información que no se desea.

Existen diferentes tipos de ruidos tales como: el aditivo, impulsivo y multiplicativo.

Aditivo

Donde se agrega distorsión a la imagen, tal como el gaussiano:

$$g(z, y) = f(z, y) + n(z, y)$$

Este ruido se refiere al que suma la imagen por las condiciones de iluminación, la cual cambian los valores de intensidad de cada pixel y la función de densidad se relaciona con la de Gauss, por eso también el nombre.

Impulsivo o sal y pimienta

Frecuentemente se genera un ruido impulsivo. Puede ser modelado como:

$$g(x,y) = (1 - p) * f(x,y) + p * i(x,y)$$

en Matlab.

También conocido como *salt&paper* cambia los pixeles a blanco o negro. En Matlab el comando es:  $J = imnoise(I, 'salt \& pepper', d)$  donde añade ruido a la imagen I donde d es la densidad del ruido. Tal es el caso de la figura 11 que muestra como se le añade el ruido.

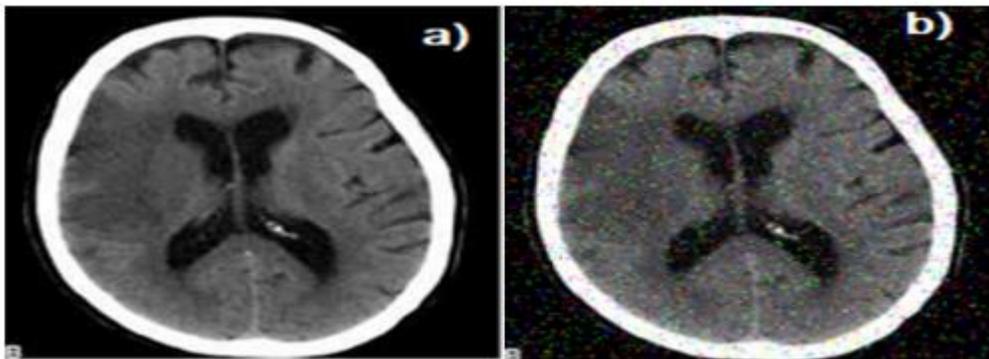


figura 10 Muestra del ruido en una imagen. (Herrera, 2020)

Aquí podemos ver como este ruido se denota los puntos blancos y negros.

Multiplicativo speckle

Se da al momento de unir dos o más señales. Para ello tenemos la función de Matlab que es:  $J = imnoise(I, 'speckle', v)$ .

Esto significa que el multiplicativo hará que la imagen se torne más difusa. Cuyas imágenes son más difíciles de tratar, debido a que es un ruido que se genera del sistema de captura de datos y se desarrolla con la varianza y media.

(Herrera, 2020)

## **Segmentación de imágenes**

Es el proceso mediante el cual se divide la imagen en partes o secciones. Esta división en partes se basa a menudo en las características de los píxeles de la muestra.

La forma de buscar regiones en una imagen es buscar discontinuidades abruptas en valores de píxel, que normalmente indican aristas. Estas aristas pueden definir regiones, con otro método la imagen es dividida en regiones mediante funciones de los valores que tienen color o textura. Existen diversos comandos que realizan la segmentación que queramos dependiendo las necesidades del procesamiento de la imagen. (MathWorks, [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com), 2022)

El objetivo principal es la simplificación. Se puede dividir en local donde es relativa a una parte o región de la imagen y global que está relacionada con la segmentación de toda una imagen que consta de un gran número de píxeles. En cuanto a la segmentación respecta la definimos como la tarea de clasificar todos los elementos o píxeles de una imagen en grupos diferentes con características similares, donde a pesar que se ha querido automatizar, no se logran los resultados como los que se realizan manualmente.

Respecto a las imágenes de grises tenemos una clasificación clásica y fácil en su implementación, donde supone la determinación de agrupamientos (*clúster*)

del histograma de la escala de grises, para que con ello los píxeles sean clasificados en regiones homogéneas con las diferentes intensidades de gris o bien con un rango de valores de los píxeles.

Para entender mejor, tenemos una clasificación que incluyen diversos métodos, clasificados en tres categorías, donde se destaca la información más relevante.

Categorías de umbralización.	Características.	Técnicas.	Desventajas.
Espacio ciego.	Se usa <i>clustering</i> y umbralización por histograma de grises.	<i>K-means</i> .	Establecer el número de <i>clusters</i> , ya que es diferente para cada imagen.
Espacialmente guiados.	Basados en la energía y región de la imagen.	<i>Normalized Cut Graph</i> .	Presenta una gran complejidad computacional, por requerir en su mayoría una gran cantidad de nodos. Lo cual puede generar pérdida de información.
Diversos.	Realizados con programación lineal o	<i>Ultra metric Countor Map, Gradient Segmentación,</i>	A pesar de ser los algoritmos mejor con mayor desempeño,

algoritmos de lógica difusa.	<i>Multiresolución Extensión of the GSEG y Gibbs Random Field.</i>	tienen algoritmos complejos y costosos.
------------------------------	--	---

Tabla 2.1.

Es por ello que la opción más viable continúa siendo la segmentación manual.

(Jaciél David Hernández Reséndiz, 2019)

### *Regionprops.*

Tipo de medida, especificada como una lista separada por comas de escalares de cadena o vectores de caracteres. Los nombres de propiedad no distinguen mayúsculas de minúsculas y se pueden abreviar. Cuando se utiliza con la generación de código, no admite matrices de celdas de escalares de cadena o vectores de caracteres.

Si específica, calcula todas las mediciones de la forma y, para las imágenes en escala de grises, también las mediciones del valor de píxel. 'all'regionprops

Si especifica o no especifica el argumento, solo calcula el y las mediciones. 'basic'Propiedadesregionprops'Area"Centroid"BoundingBox'%.

Así pues, mide un conjunto de propiedades para cada región etiquetada en la matriz de etiquetas asignada, trabajando siempre por conjuntos. (mathworks, 2019).

### **Histograma de una imagen**

Es una gráfica la cual compara los niveles de intensidad de color con respecto al número de píxeles, tal como lo muestra la imagen de la figura 12.

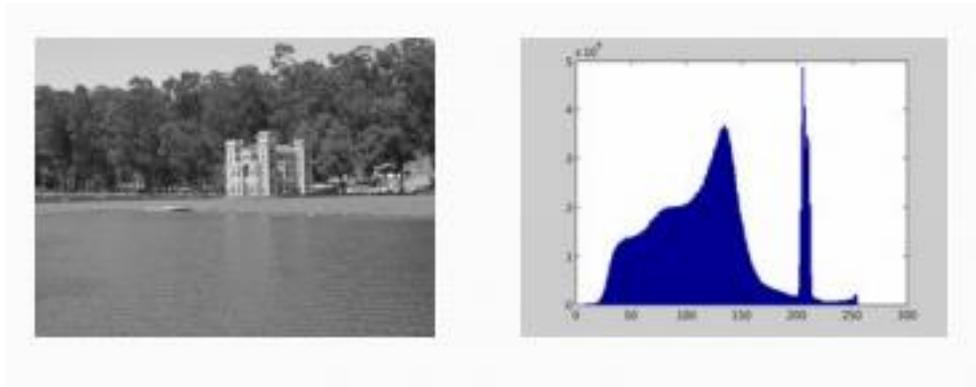


Figura 11. Muestra del histograma de una imagen.

### *Histogramas*

Definimos al histograma  $H$  como un diagrama o gráfico, que tiene una frecuencia según la aparición de cada nivel de gris en  $f$ , siendo el histograma  $H$  una función de una sola dimensión que tiene dominio  $\{0 - - - K - 1\}$ , con un rango que se extiende

desde 0 hasta los píxeles que contenga la imagen. (Urzúa, 2019)

Así como también a los histogramas de color, que son la representación anterior de cómo se distribuye el color en una imagen, en cuanto a las digitales el histograma de color nos representa, el número de píxeles, que tienen colores en cada una de las listas fijas de rango, que tienen el conjunto de todos los colores posibles. (Torres, s.f.)

Entonces para modificar una imagen también se pueden utilizar operaciones globales, como lo la ecualización de histograma, que tiene como objetivo acentuar el contraste visual, aprovechando de mejor manera el rango de valores de intensidad disponible.

Así pues, otra definición del histograma es que es una medida de frecuencia en la ocurrencia de cada valor o rango de valores de nivel de intensidad de gris dentro de una imagen.

Usualmente se utiliza la frecuencia relativa, representando la probabilidad de ocurrencia para ese nivel de gris, pero también puede utilizarse una frecuencia absoluta dependiendo del uso que se le quiera dar.

Para saber el cálculo del valor del histograma para un nivel  $k$  en una imagen de  $N \times M$  se utiliza la fórmula 2.4.

$$H(k) = \frac{\# \text{píxeles de intensidad } k}{N * M}$$

Fórmula 2.4. Cálculo del valor para un histograma.

Donde (*#píxeles de intensidad  $k$* ) es el número de niveles con intensidad  $k$ ,  $N$  representa el ancho y  $M$  el alto de la imagen, con rangos de 0 y 1.

Con esta medida se puede evaluar el contraste de la imagen, ya que si el gráfico del histograma es estrecho, se identifica un bajo contraste, pues se utilizan pocos niveles y con valores muy cercanos. Si el gráfico muestra una distribución más amplia entre todos los niveles de gris, se tiene un mayor contraste al visualizarse más diferencias de intensidad en la imagen. (GARCÍA, 2013)

### Ecualización del histograma

El histograma se considera ecualizado si todos los niveles de intensidad tienen una frecuencia lo más similar posible. Para lograr esto en la práctica, basta con

lograr que el histograma acumulado de la imagen se aproxime a una recta, cuyo objetivo es ajustar el brillo y contraste de una imagen.

La forma de lograr la ecualización es mediante una función tipo tabla de look-up construida al normalizar el histograma acumulado al rango de niveles de intensidad de la imagen 13 según la fórmula 2.5.

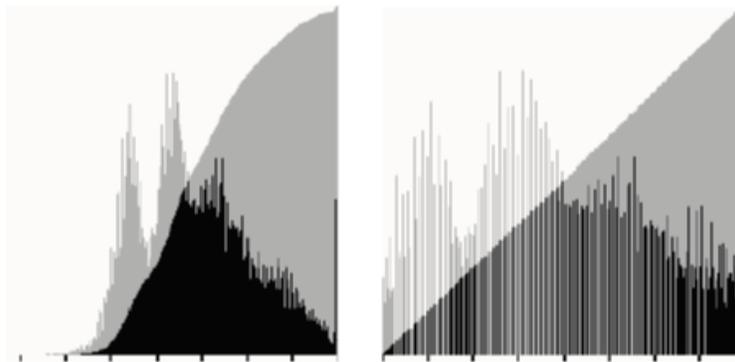


Figura 12 Histograma ecualizado

$$O_{i,j} = \{(L - 1) * H(l_i, j)\}$$

Fórmula 2.5. Fórmula para normalizar el histograma

Donde “I” es la imagen de entrada, “O” es la imagen ecualizada, “H” es el histograma acumulado, “L” es la cantidad de niveles de intensidad e “i,j” es la posición del pixel a evaluar.

Con base a la investigación realizada utilizaremos un histograma para poder tener una medida cuantitativa del color de los *agaricus bisporus*.

## Capítulo 3. Materiales, aparatos y procedimientos.

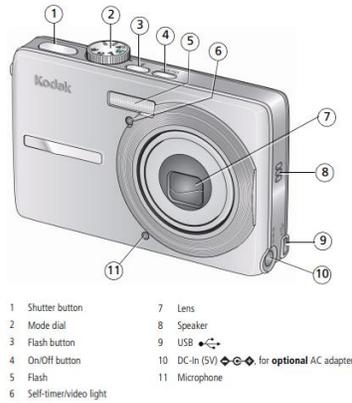
### **Metodología**

Para fines del proyecto, se crean cultivos artificiales, que observan los factores que influirán en la toma de fotografías tales como: las condiciones de luz de la escena, el tipo de sensor de captura, la velocidad de obturación, los efectos geométricos y detalles para tener el sistema óptimo de la cámara. Respecto a esta actividad se optó por realizar un dispositivo con las siguientes características:

Caja para la iluminación led:

- 12 cm. de largo
- 15 cm. ancho
- 15 cm. alto
- Orificio de 1.5 cm. de radio
- Iluminación de luz led blanca a 0.01 watts

Con la finalidad de facilitar las condiciones de escena en la toma de las fotografías, tales como la luz, el viento, la lluvia, entre otras condiciones del tipo ambientales y así poder tomar de las fotografías con una cámara KODAK MX1063 de resolución con 10.3 Megapíxeles en modo automático que se muestra en la figura 14 para todas las tomas fotográficas donde se tuviera que impedir las variaciones como las ya mencionadas y con ello tomar las imágenes adecuadas.



**Figura 13. Cámara utilizada para el muestreo KODAK MX063**

Al desarrollar el trabajo presentado se preparó el ambiente adecuado para la toma de imágenes de tal forma que no los dañe ni destruya a los *agaricus bisporus* y lograr con ello que no se intervenga en su desarrollo, a través de un dispositivo de aislamiento que ya mencionamos, que muestra en la figura 15, el cual garantiza una distancia de exposición constante de 15 centímetros entre los *agaricus bisporus* y el lente de la cámara, este dispositivo fue diseñado con la idea de las maquinas clasificadoras de diversas frutas y verduras de trabajos anteriores.



(a)



(b)

**Figura 14. Dispositivo con iluminación para la de toma de imágenes, (a) vista exterior (b) vista interior.**

En el dispositivo se restringe que la iluminación externa afecte a las tomas fotográficas con la finalidad de que sean más homogéneas las imágenes y poderlas procesar desde el software matemático *Matlab*, el cual garantiza una distancia de exposición constante de 15 centímetros entre los *agaricus bisporus* y el lente de la cámara. Para desarrollar el trabajo presentado se coloca en la parte superior del dispositivo fabricado una cámara *KODAK MX1063*, tal como se muestra en la figura 16.



**Figura 15. Cámara utilizada para la toma de imágenes.**

Ya tomadas las imágenes, se utiliza el software matemático *Matlab* en el cual se han procesado las imágenes para acondicionarlas de tal manera que podamos enfocarnos en el champiñón, en específico eliminando el resto de elementos que se encuentran a su alrededor.

El primer paso que se realiza es importar la imagen a procesar mediante el comando *imread*, aquí obtenemos una imagen de 960x540 megapíxeles y debido a que la imagen es muy grande y contiene elementos que no nos interesan, tales como los excesos de tierra, procedemos a recortar la imagen. Mostrando en la figura 17, la imagen original.



**Figura 16. Toma en su forma original.**

En la figura 18 podemos observar la imagen recortada.



**Figura 17. Recortada.**

Posteriormente pasamos a la descomposición de la imagen en *RGB*, donde podremos observar que resalta más la banda *blue* para poder captar las manchas, tal como podemos ver en las figuras 19, 20 y 21.



**Figura 18. Banda color *RED*.**

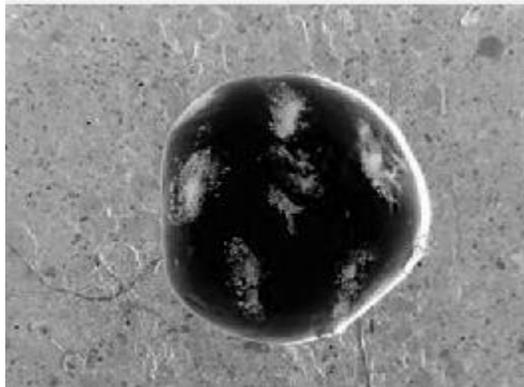


**Figura 19. Banda color *GREEN*.**

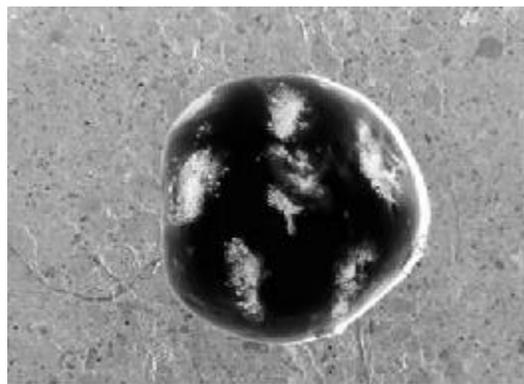


**Figura 20. Banda color *BLUE*.**

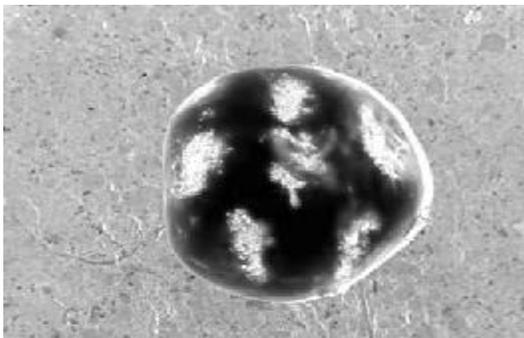
Posteriormente se realiza una conversión de imagen *RGB A CMY*, donde también se observan los componentes *cyan, magent and yellow*, como podemos visualizar en la figura 22, 23 y 24. Esto con la finalidad de realizar comparaciones de las imágenes que destaquen más las manchas del sombrero del *agaricus bisporus*.



**Figura 21. Banda color *CYAN*.**



**Figura 22. Banda color *MAGENT*.**



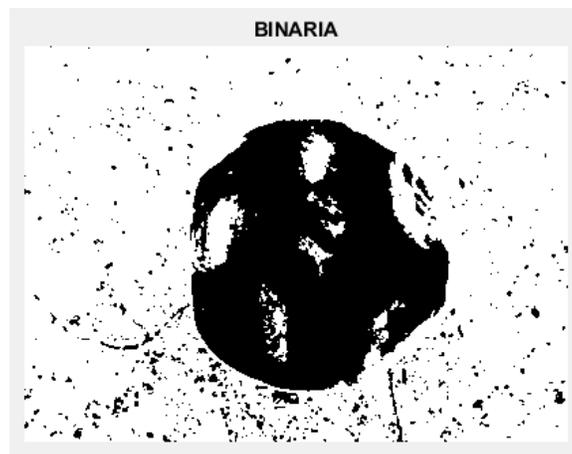
**Figura 23. Banda color *YELLOW*.**

En base a la percepción de estos dos formatos se elige, el modelo *CMY*, en sus 3 bandas, por lo cual, la imagen resultante se nota en la figura 25.



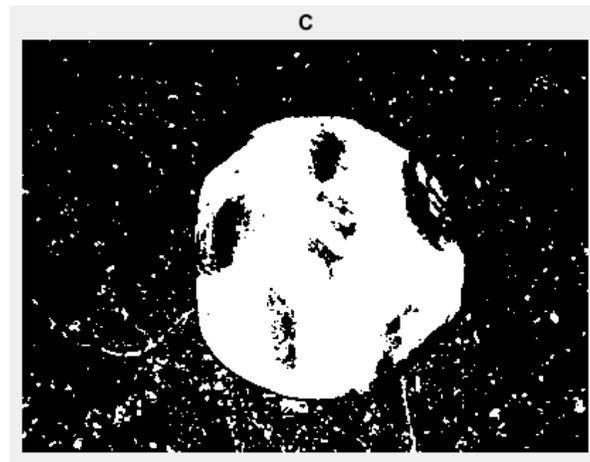
**Figura 24. Imagen en formato *CMY*.**

Donde claramente resaltan sus manchas, pero con la finalidad de resaltarlas más y poder trabajar con ella, se binariza la imagen dando como resultado la figura 26.



**Figura 25. Imagen binarizada.**

Para lograr un efecto como la figura inicial, únicamente invertimos la binarización de la imagen con su complemento, tal como se ve en la figura 27.



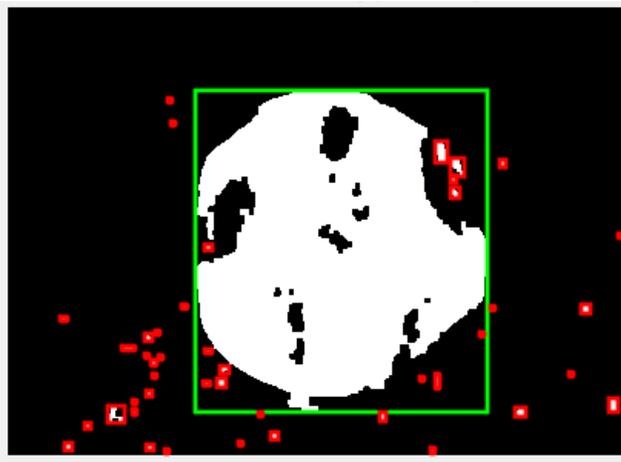
**Figura 26. Complemento de la figura anterior.**

Así podemos observar, con mayor facilidad que la figura, aún no está totalmente enfocada al *agaricus bisporus*, por tal motivo, procedemos con el procesamiento morfológico de la imagen.



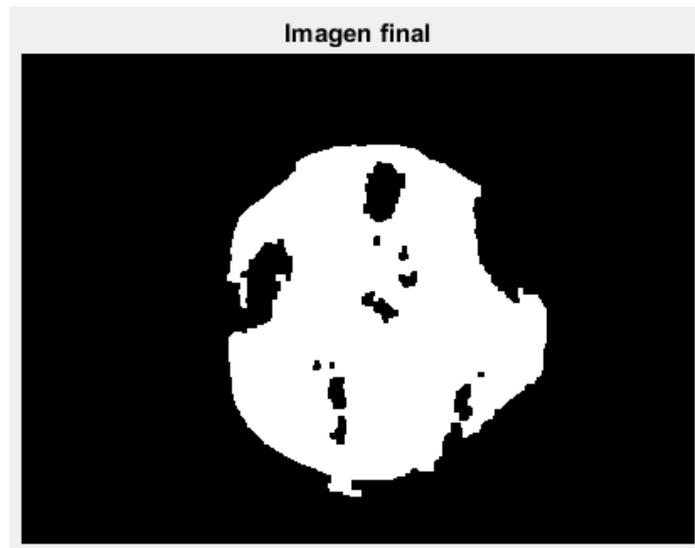
**Figura 27. Procesamiento morfológico.**

Ahora, tenemos la figura 28, que en comparación con la figura 27, tiene mucho menos información irrelevante, sin embargo, aún podemos procesarla para que únicamente tengamos el enfoque del *agaricus bisporus*. Así que, el siguiente paso es sacar las propiedades de toda la imagen, entre ellas, su área que es la propiedad clave para el proyecto, que es de gran ayuda para eliminar los elementos irrelevantes y para poder diferenciar la calidad de los *agaricus bisporus*. En la figura 29, vemos pequeños rectángulos que contienen la información que nos interesa eliminar, esto es debido a que después de una serie de pruebas, se realizó un promedio donde se encontró que la información menor a .06 centímetros medidos con un vernier en el área de la toma de imágenes, son el ruido que existe fuera del *agaricus bisporus*, y que podemos ver en la imagen mediante puntos rojos.



**Figura 28. Selección de áreas en el *agaricus bisporus*.**

Como podemos observar, ya tenemos bien definidos la información que no será procesada, por lo que ahora procedemos a eliminar la información menor a .06 centímetros y finalmente obtenemos la imagen, con la información que nos interesa.



**Figura 29. Imagen enfocada en el *agaricus bisporus*.**

Después de haber explicado con detalle cada uno de los procesos para el procesamiento de imágenes digitales en los *agaricus bisporus*, se anexan las evidencias de algunas de las imágenes digitales en sus diferentes etapas de procesamiento, mostrando con ello la compatibilidad del algoritmo en las muestras tomadas.

## Capítulo 4. Resultados

### **Imágenes procesadas**

Imagen digital 1. La figura 31, muestra cómo se encuentra la imagen del *agaricus bisporus* desde su toma original.



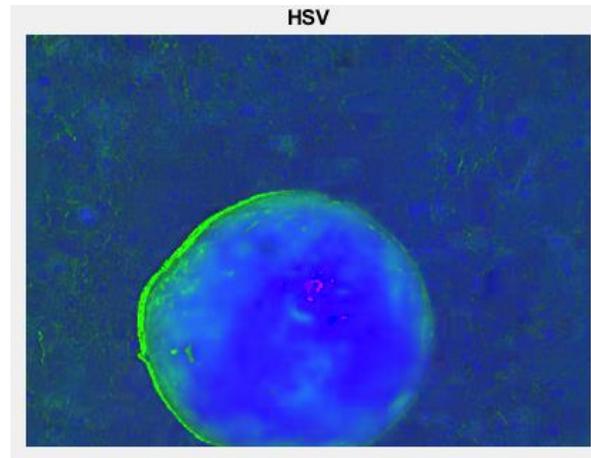
**Figura 30. Imagen 1 en su forma original.**

Como es evidente, en la figura 32 se muestra la eliminación de la mayor parte irrelevante del *agaricus bisporus*, mostrando el primer procesamiento en *Matlab*.



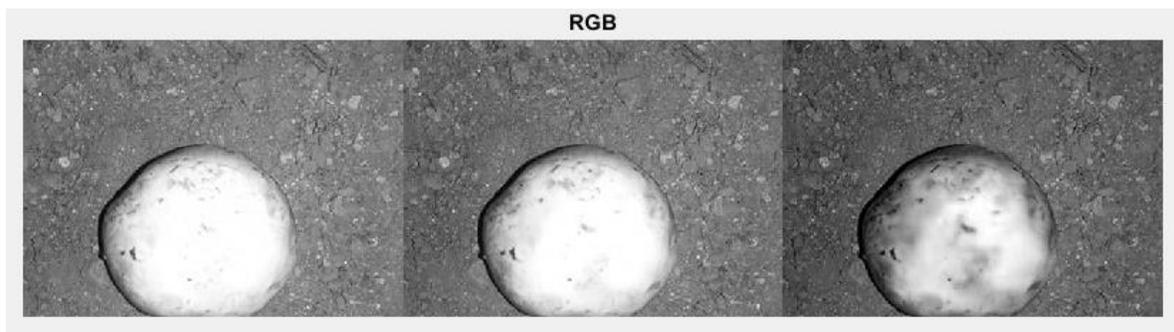
**Figura 31. Imagen recortada.**

En la figura 33 empezamos con el modelo *HSV*, donde se divide considerablemente el sombrero del *agaricus bisporus* con la tierra que tiene a su alrededor, debido a las diferencias de saturación.



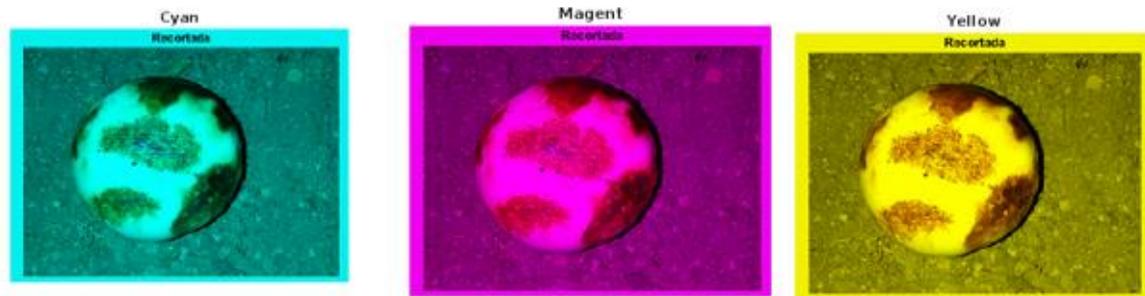
**Figura 32 Imagen en formato *HSV*.**

En la figura 34 se muestra la descomposición de la imagen en *RGB*, a pesar de ser buenas las imágenes para distinguir se busca que existan las manchas del *agaricus bisporus* lo más marcado posible.



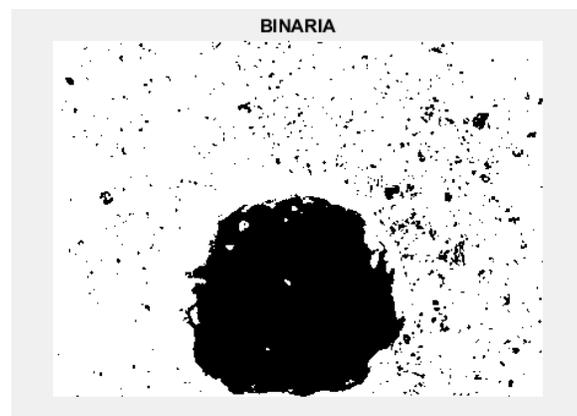
**Figura 33 Imagen en formato *RGB*.**

Como es el caso de la secuencia de figuras 35 en formato *CMY*, donde se acentúa más las manchas y podemos diferenciarlas de la tierra.



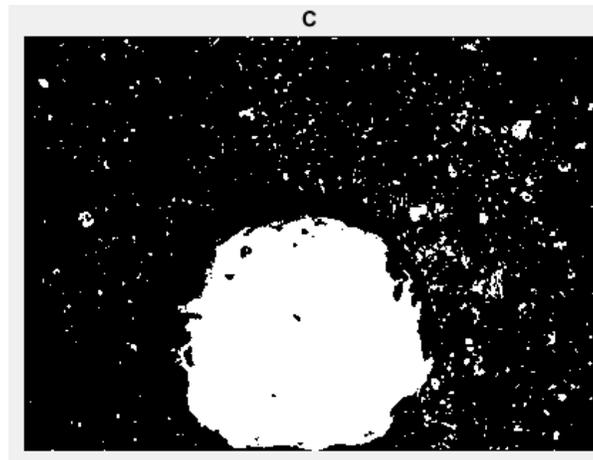
**Figura 34 Imagen en formato *CMY*.**

La figura 36 muestra la inversa de la toma *CMY*, se realiza este paso con la finalidad de distinguir el champiñón con el resto del cultivo.



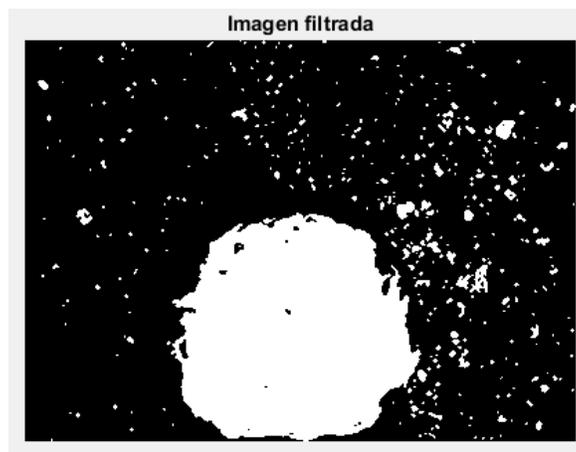
**Figura 35 Imagen binaria.**

Sin embargo, por la naturaleza del cultivo artificial se hará un cambio de colores para poder tener la imagen procesada lo más real posible.



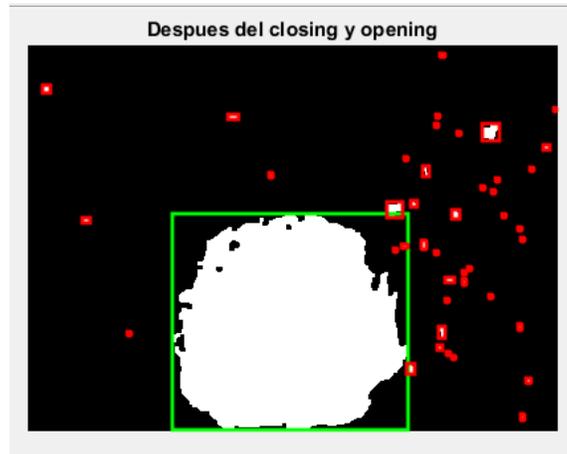
**Figura 36. Imagen inversa.**

La figura 38 contiene la imagen de la figura 37 con un filtro para quitar la información más pequeña de color blanco que forma parte de la imagen.



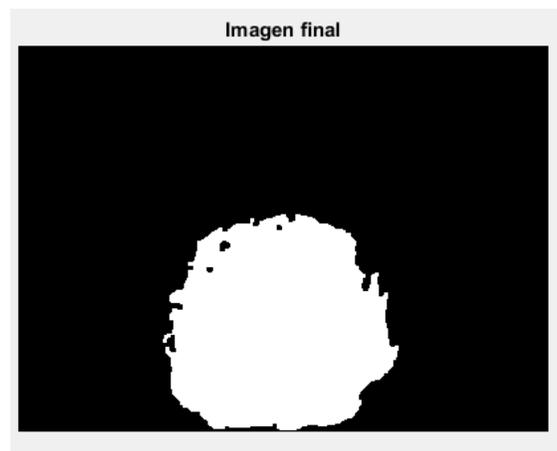
**Figura 37. Imagen filtrada.**

Para que de esta forma sigamos en la figura 39 con el proceso de eliminación de información menor o igual al umbral .06 centímetros que fue seleccionado a consecuencia de las mediciones físicas dentro de la tierra.



**Figura 38. Imagen de procesamiento morfológico.**

Y ahora tenemos en la figura 40, la imagen final que resulta de borrar los elementos identificados del tamaño de un *agaricus bisporus*, (donde se considera el tamaño que se toma en cuenta que pasó del promedio obtenido en la base de datos junto con la medición física) y diferenciados de los elementos menores o iguales de .06 centímetros.



**Figura 39. Imagen final.**

Tomamos una muestra de la imagen digital 39, donde el *agaricus bisporus* está deteriorado, ya que a simple vista por el color de sus manchas y el tamaño de las mismas podemos deducir visualmente que no se encuentra en buen estado. Cabe

mencionar que si las manchas tienen un área arriba de .8 centímetros, que son los datos que inicialmente se tenían por la observación que se realizó en *los agaricus bisporus* dañados y que se reafirma con valores que van de (.56 \*.19 centímetros) según datos de las deformaciones y grietas causadas por *Verticillium*. (Cedeño, 1997). Aunado a que el color café que tienen, es altamente probable que se hayan contagiado con *Verticillium* o alguna otra enfermedad relacionada con manchas de tamaño mayor.

Observamos que la figura 41 tiene una imagen del *agaricus bisporus* lleno de manchas, en donde coinciden con el tamaño de las que tiene *verticillium*.



**Figura 40. Imagen en original.**

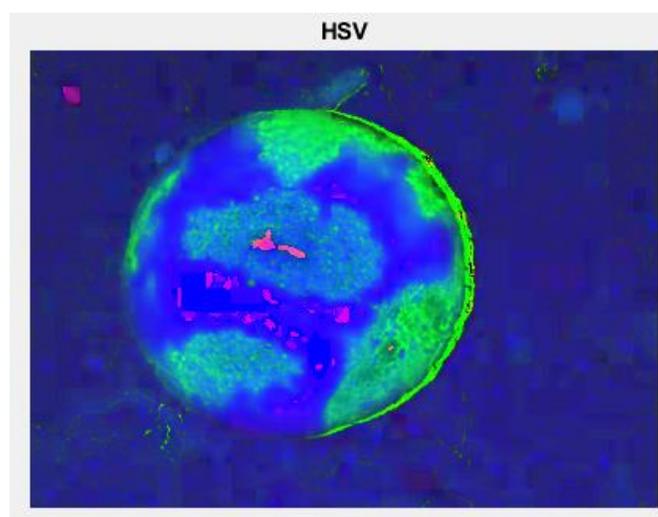
En la figura 42 observamos más a detalle el *agaricus bisporus*, con las características anteriormente mencionadas y el algoritmo presentado se

comprobará como el código *Matlab* que nos sirve para detectar los *agaricus bisporus* dañados.



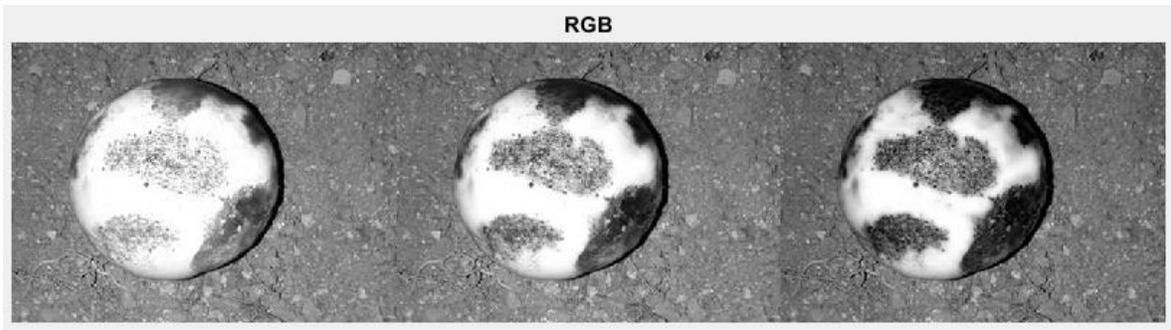
**Figura 41. Imagen 41 original pero recortada.**

Pasamos al procesamiento con modelado *HSV* que nos confirma como están las manchas fuertemente marcadas.



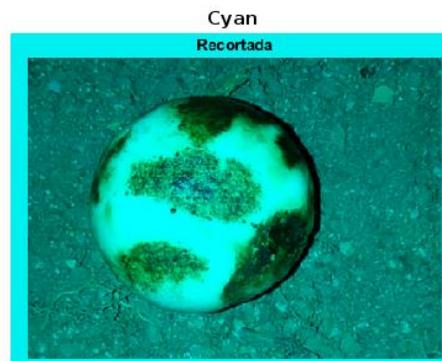
**Figura 42. Imagen 41 en formato HSV.**

Posteriormente verificamos la figura en el formato *RGB*, donde claramente observamos como en la banda del blue de la figura 44 se nota más las manchas en la imagen resultante.



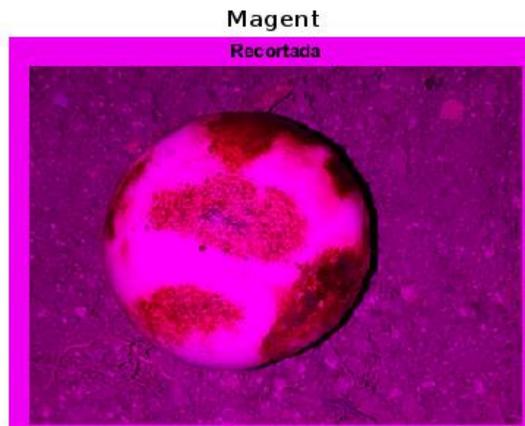
**Figura 43. Imagen 41 en formato RGB.**

Pasamos a desglosar las figuras *CMY* en las imágenes posteriores.



**Figura 44. Imagen 39 en formato *CMY*, tono *Cyan*.**

Seguimos con la segunda imagen procesada, que es *Magenta*.



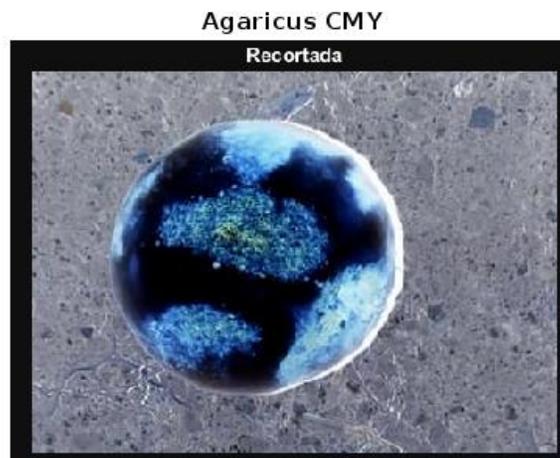
**Figura 46. Imagen 39 en formato *CMY*, tono *Magent*.**

Y finalmente tenemos, la tercera imagen, en la figura 46 que nos representa la tonalidad *Yellow*.



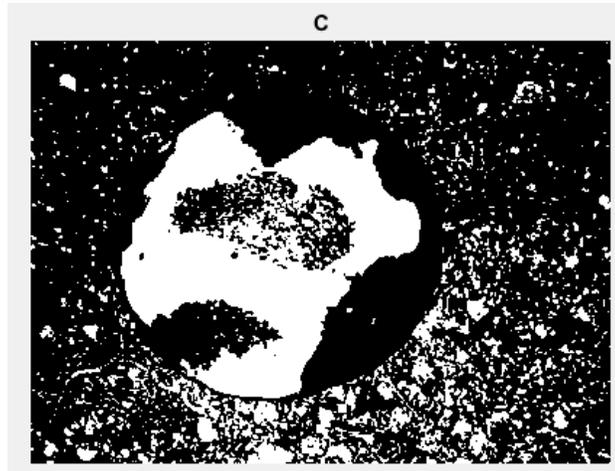
**Figura 47. Imagen 39 en formato *CMY*, tono *Yellow*.**

Es así entonces como obtuvimos las tres tonalidades del formato *CYM*.



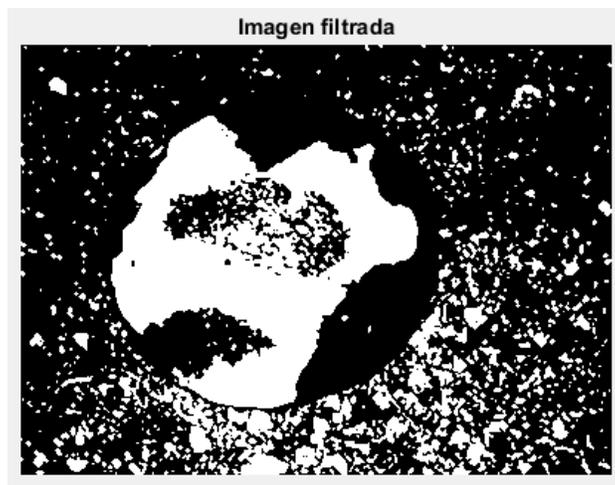
**Figura 48. Imagen 39 en formato *CMY*.**

Volvemos a sacar la inversa de la imagen y nos da como resultado la figura 49 donde se muestra claramente que aún tiene información irrelevante fuera de su sombrero.



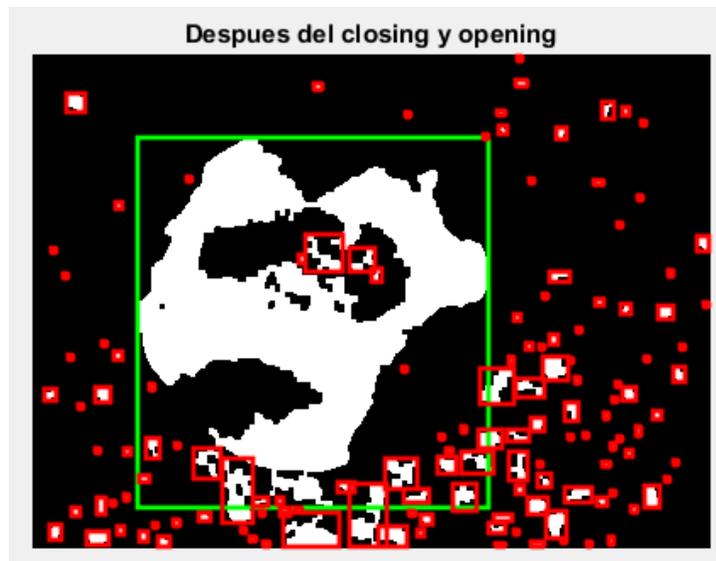
**Figura 49. Imagen 39 inversa.**

En la figura 50 ya podemos ver la imagen con filtro.



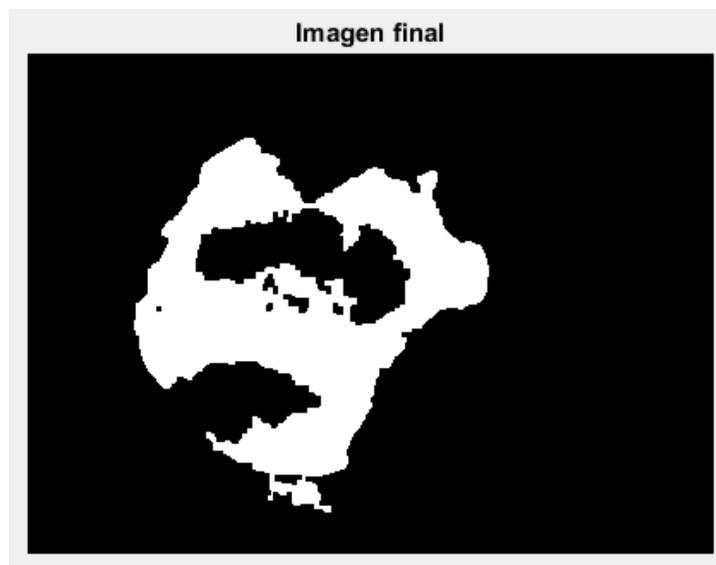
**Figura 50. Imagen 41 filtrada**

En la figura 51 volvemos a seleccionar dentro de cuadros rojos la información que no se considera relevante por ser menor a 0.06 centímetros y la eliminamos.



**Figura 51. Imagen 39 procesamiento morfológico**

Hasta quedarnos con la figura 52, mostrando lo deteriorado que se encontraba el *agaricus bisporus* con todas sus manchas.



**Figura 52. Imagen 41 imagen final.**

Imagen digital 53. Podemos observar que esta muestra contiene a un *agaricus bisporus* de mejor calidad y prácticamente sin manchas.



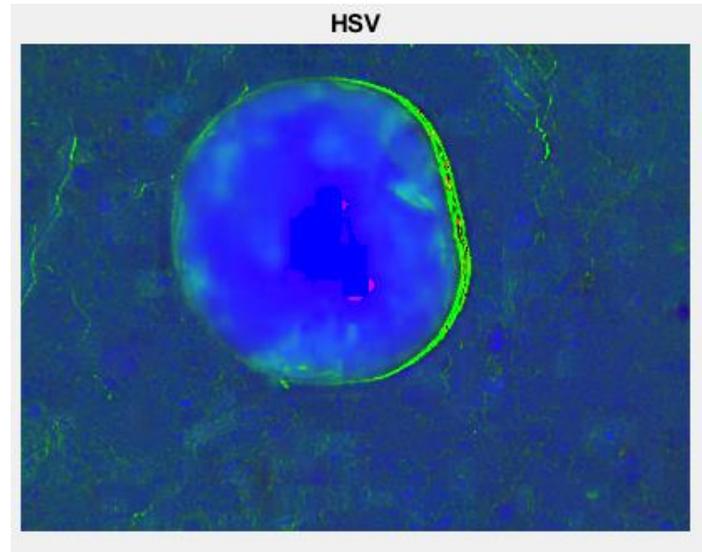
**Figura 53. Imagen original.**

Procedemos a enfocar la muestra mediante un recorte universal de la figura 53.



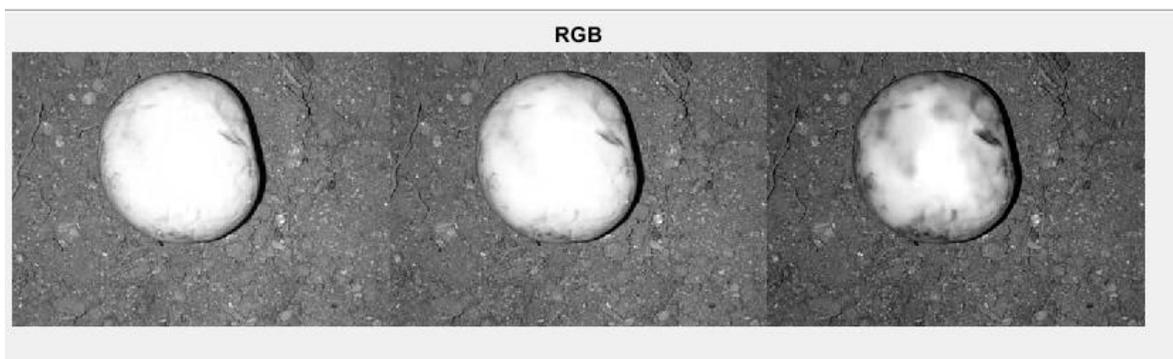
**Figura 54. Imagen 53 original recortada.**

Pasamos al modelo *HSV* donde se distingue en color verde la circunferencia que tiene el sombrero del *agaricus bisporus* y alguna información irrelevante que representa la tierra.



**Figura 55. Imagen 54 en formato *HSV*.**

En la figura 53 la banda color blue (azul) hace mayor distinción entre la tierra y el *agaricus bisporus*.



**Figura 56. Imagen 54 en *RGB*.**

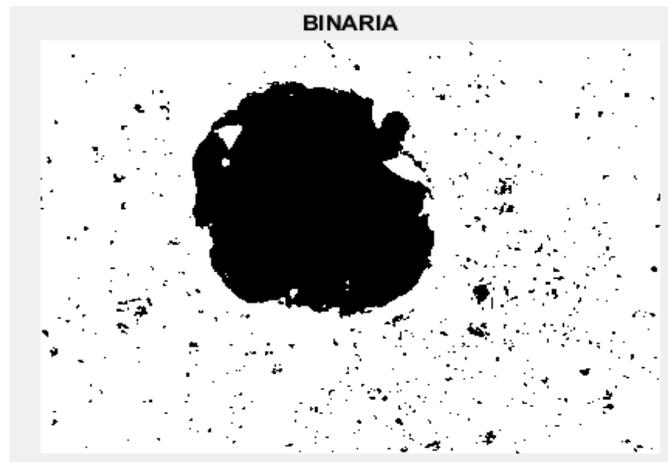
Sin embargo, en formato *CMY* nos muestra una imagen que se asemeja al negativo de la imagen original y son notorias las manchas, pero aún siguen en blanco.

Agaricus CMY



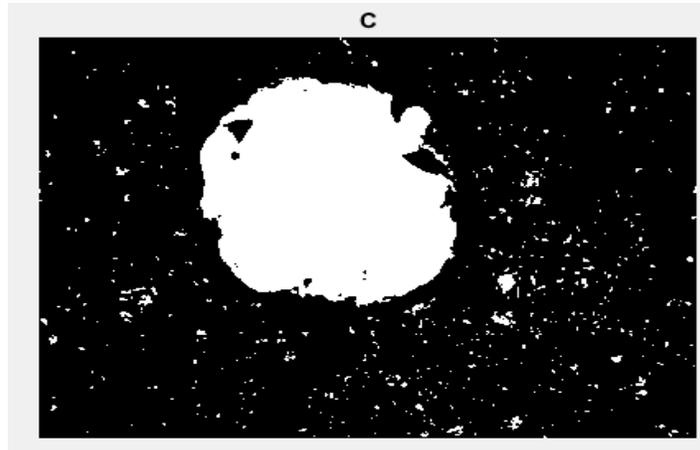
**Figura 57. Imagen 54 en formato *CMY*.**

Aprovechamos para binarizar la imagen y de esta forma ya localizamos con mayor facilidad las manchas.



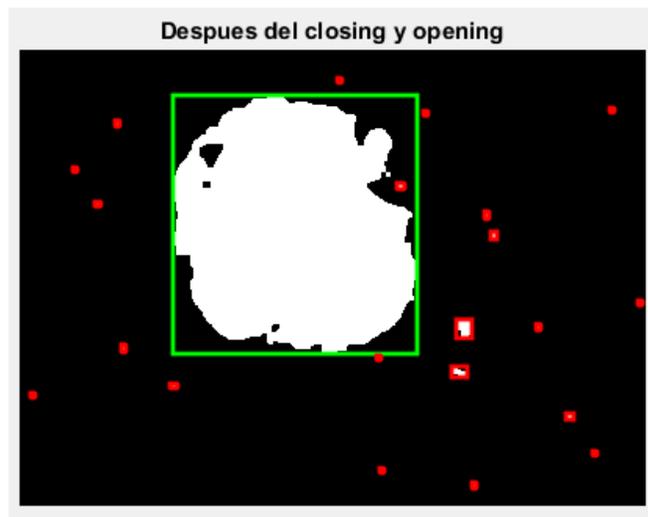
**Figura 58. Imagen 54 binario.**

Ahora solamente invertimos la imagen, para que se acerque más a los colores originales.



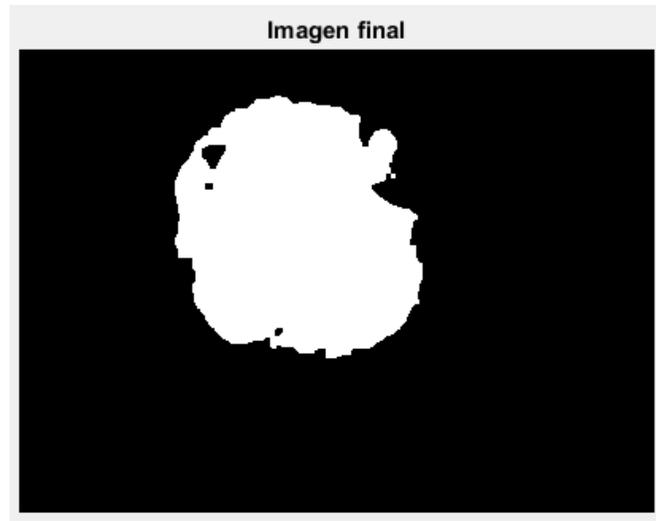
**Figura 59. Imagen 54 inverso.**

Seguimos con un procesamiento morfológico llamado *closing* y *opening* hasta obtener la imagen 60, donde a su vez separamos el resto de la información irrelevante de la toma en el *agaricus bisporus* con respecto a la tierra.



**Figura 60 Imagen 54 procesamiento morfológico.**

Hasta eliminar por completo las pequeñas partes de la toma del *agaricus bisporus* y nos queda la imagen final de la figura 58.



**Figura 61 Imagen 54 final.**

Estas muestras mencionadas en conjunto con el resto de las muestras tomadas nos dan apertura a la clasificación de los *agaricus bisporus* en 3 denominaciones que son:

- Mal estado
- Estado digerible
- Buen estado

Prueba de ello, se seleccionaron las imágenes y 59 donde pudimos concluir con las imágenes anteriores mediante la percepción visual el estado en el que se encontraban, aunado a ello, las siguientes capturas de pantalla muestran el resultado del algoritmo en Matlab con las 3 leyendas y el número de imagen de muestra correspondiente.

```
Editor - C:\Users\Ing. Luz De Anda\Documents\DOCUMENTOS\AA MASTER\PRORROGA\unioncodigos.m
1 - clear all;
2 - close all;
3
4
5 - imagen = imread('C:\Users\Ing. Luz De Anda\Documents\DOCUMENTOS\AA MASTER\PRORROGA\imagenes\1.jpg');
6 - figure; imshow(imagen); title('Original');
7
8 - figure; imshow(imagen); title('B');
9
10 - A2 = imagen (250:540,1:400,:);
11
12 - figure; imshow(A2); title('Recortada');
13

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
In unioncodigos (line 6)
Warning: Image is too big to fit on screen; displaying at 50%
> In images.internal.initSize (line 71)
In imshow (line 305)
In unioncodigos (line 8)
Warning: Image is too big to fit on screen; displaying at 67%
> In images.internal.initSize (line 71)
In imshow (line 305)
In unioncodigos (line 24)
El agaricus bisporus esta en mal estado
```

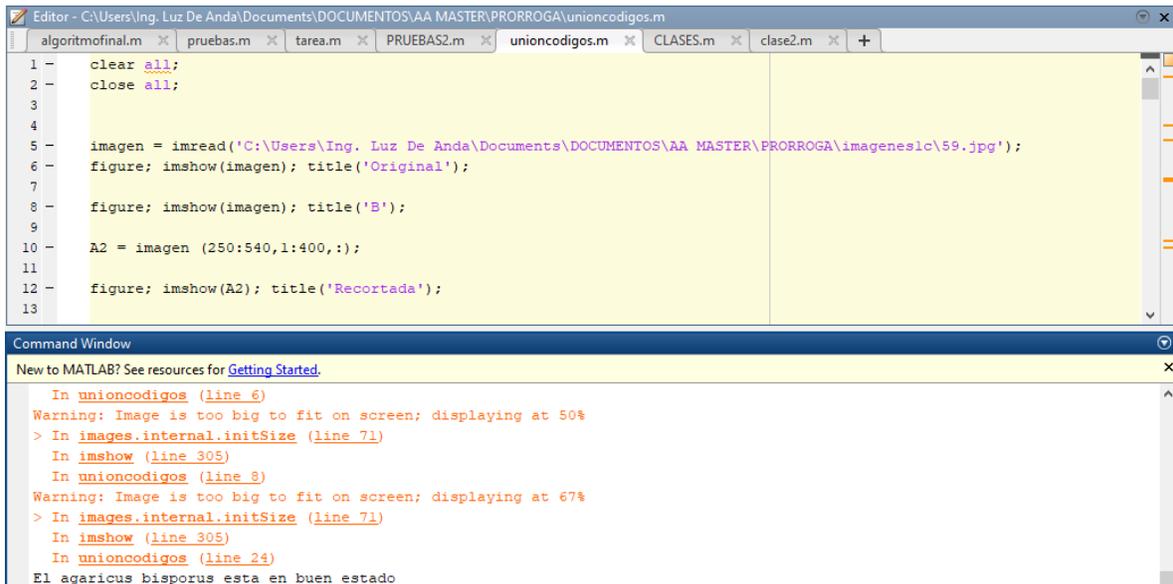
Captura de pantalla con el análisis de la imagen 1, muestra que el *agaricus bisporus* está en mal estado.

Con la comparación visual del *agaricus bisporus* concluimos que el algoritmo arroja un resultado asertivo.

```
Editor - C:\Users\Ing. Luz De Anda\Documents\DOCUMENTOS\AA MASTER\PRORROGA\unioncodigos.m
1 - clear all;
2 - close all;
3
4
5 - imagen = imread('C:\Users\Ing. Luz De Anda\Documents\DOCUMENTOS\AA MASTER\PRORROGA\imagenes\39.jpg');
6 - figure; imshow(imagen); title('Original');
7
8 - figure; imshow(imagen); title('B');
9
10 - A2 = imagen (250:540,1:400,:);
11
12 - figure; imshow(A2); title('Recortada');
13

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
In unioncodigos (line 6)
Warning: Image is too big to fit on screen; displaying at 50%
> In images.internal.initSize (line 71)
In imshow (line 305)
In unioncodigos (line 8)
Warning: Image is too big to fit on screen; displaying at 67%
> In images.internal.initSize (line 71)
In imshow (line 305)
In unioncodigos (line 24)
El agaricus bisporus esta en mal estado
```

En la captura de pantalla de la muestra de la imagen 39, en comparación visual con el algoritmo se deduce el mismo resultado, ya que a pesar de que el *agaricus bisporus* no esta tan lleno de manchas, se considera que esta un estado digerible.



```
Editor - C:\Users\Ing. Luz De Anda\Documents\DOCUMENTOS\AA MASTER\PRORROGA\unioncodigos.m
algoritmofinal.m x pruebas.m x tarea.m x PRUEBAS2.m x unioncodigos.m x CLASES.m x clase2.m x +
1 - clear all;
2 - close all;
3
4
5 - imagen = imread('C:\Users\Ing. Luz De Anda\Documents\DOCUMENTOS\AA MASTER\PRORROGA\imageneslc\59.jpg');
6 - figure; imshow(imagen); title('Original');
7
8 - figure; imshow(imagen); title('B');
9
10 - A2 = imagen (250:540,1:400,:);
11
12 - figure; imshow(A2); title('Recortada');
13

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
In unioncodigos (line 6)
Warning: Image is too big to fit on screen; displaying at 50%
> In images.internal.initSize (line 71)
In imshow (line 305)
In unioncodigos (line 8)
Warning: Image is too big to fit on screen; displaying at 67%
> In images.internal.initSize (line 71)
In imshow (line 305)
In unioncodigos (line 24)
El agaricus bisporus esta en buen estado
```

Y finalmente tenemos el resultado de la imagen 52 y 61, que nos muestra en el área de trabajo de Matlab que se encuentra en buen estado, que, a comparación de la percepción visual, resulta correcto.

## Discusión

Como podemos observar en los resultados, el proyecto teóricamente iba a predecir el estado del *agaricus bisporus*, con dos variables principales, la primera es la de detección de manchas, donde desde el procesamiento en sus primeras etapas, tales como la descomposición en *RGB* y la conversión a *CMY*, se pudo observar con mayor claridad cada una de las manchas que tenía. Sin embargo, a lo largo del desarrollo del proyecto se aumentó la expectativa para eliminar el fondo del *agaricus bisporus*, compuesto en su mayoría de tierra, tal y como pasa en los cultivos, logrando con ello aislar por completo al *agaricus bisporus* mediante filtros, inversión

de la imagen y procesamientos morfológicos. Para después eliminar los detalles de menor relevancia con el cálculo de áreas mediante *regionprops*, los cuales nos arrojan las áreas de cada uno de los elementos en la imagen y una vez que tenemos esa información tal como lo dijimos en la teoría procederemos separar la parte que nos interesa del *agaricus bisporus* del resto de la imagen. Logrando así las expectativas teóricas planteadas.

### **Conclusiones**

Los objetivos del proyecto fueron alcanzados, debido a que se logró identificar las características de una imagen digital, observamos que el procesamiento de imágenes es bastante útil inclusive en las primeras etapas del procesamiento, ya que con los diferentes modelos de representación de imágenes podemos tener una idea de clara de cómo se encuentra el cultivo, debido a la segmentación que nos ofrece el algoritmo, observamos también como es que el algoritmo va eliminando partes de la imagen que no nos interesan con la finalidad de tener una imagen enfocada solo al sombrero del *agaricus bisporus*, el cual aparte de mostrarnos sus manchas nos muestra su áreas y con ello deducimos la calidad desde umbrales que fueron investigados para localizar alguna enfermedad, como el caso del *verticillium* y con ello evitar una propagación de la enfermedad.

### **Recomendaciones**

Así mismo el proyecto es tan solo una base y una demostración de todas las características que se pueden ver en una imagen digital para futuros proyectos, se recomienda que bajo el mismo algoritmo se trabaje, ya con cultivos reales, haciendo la modificación a los umbrales con la medida física de los *agaricus*

bisporus que serán analizados y que la clasificación tenga más variables, dependiendo de las mediciones físicas y la percepción visual que se tenga con los encargados del proceso de cultivo del producto.

## Bibliografía

- (2014). Obtenido de Mushroom's Value S.L.: <http://www.mushroomsvalue.com/cultivo-hongos-mexico/>
- Alejo, I. R. (2022). *repositorio.xoc.uam.mx*. Obtenido de <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26493>
- Andrés, 2. d. (06 de 06 de 2014). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n3/v64n3a11.pdf>
- Angel Alejandro Rodriguez, J. A. (septiembre de 2018). *Sistema de reconocimiento de maduración del tomate, mediante el procesamiento de imágenes con OpenCV y Python en una Raspberry Pi 3 B*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/332351485\\_Sistema\\_de\\_reconocimiento\\_de\\_maduracion\\_del\\_tomate\\_mediante\\_el\\_procesamiento\\_de\\_imagenes\\_con\\_OpenCV\\_y\\_Python\\_en\\_una\\_Raspberry\\_Pi\\_3\\_B/link/5caf72bea6fdcc1d498e0387/download](https://www.researchgate.net/publication/332351485_Sistema_de_reconocimiento_de_maduracion_del_tomate_mediante_el_procesamiento_de_imagenes_con_OpenCV_y_Python_en_una_Raspberry_Pi_3_B/link/5caf72bea6fdcc1d498e0387/download)
- Anonimo. (2016). *Ecobiodiversidad*. Obtenido de <https://ecobiodiversidad.pireca.com/>: <https://ecobiodiversidad.pireca.com/basidioma/>
- Aya, A. A. (11 de Abril de 2019). Obtenido de <https://www.researchgate.net/>: [https://www.researchgate.net/publication/332351485\\_Sistema\\_de\\_reconocimiento\\_de\\_maduracion\\_del\\_tomate\\_mediante\\_el\\_procesamiento\\_de\\_imagenes\\_con\\_OpenCV\\_y\\_Python\\_en\\_una\\_Raspberry\\_Pi\\_3\\_B](https://www.researchgate.net/publication/332351485_Sistema_de_reconocimiento_de_maduracion_del_tomate_mediante_el_procesamiento_de_imagenes_con_OpenCV_y_Python_en_una_Raspberry_Pi_3_B)
- Camilo Andrés Cáceres Flórez, D. A. (06 de 06 de 2014). *revistas.unal.edu.co*. Obtenido de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/42657/53028](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/42657/53028)
- Cañas, D. M. (2018). *Repositorio RUIdeRa*. Obtenido de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/19123>
- Castillo, J. A. (20 de enero de 2019). *profesional review*. Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2019/01/20/rgb-que-es/>
- Cedeño, L. (1997). Obtenido de <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26121>
- Choto, V. E. (Julio de 2019). Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6681/1/UNACH-EC-FCEHT-TG-P.EDUC-2020-000037.pdf>
- David. (19 de 04 de 2017). <https://guidacode.com/>. Obtenido de <https://guidacode.com/2017/css/modelo-de-color-hsl-alternativa-rgb/>
- David Meigs Beyer, P. (7 de Septiembre de 2017). *PennState Extension*. Obtenido de <https://extension.psu.edu/burbuja-seca-causada-por-verticillium>
- Dulce Salmontes, H. B. (13 de Diciembre de 2012). *researchgate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/262479140\\_Determinacion\\_de\\_las\\_caracteristicas\\_productivas\\_de\\_cepas\\_mexicanas\\_silvestres\\_de\\_Agaricus\\_bisporus\\_para\\_su\\_potencial\\_uso\\_comercial](https://www.researchgate.net/publication/262479140_Determinacion_de_las_caracteristicas_productivas_de_cepas_mexicanas_silvestres_de_Agaricus_bisporus_para_su_potencial_uso_comercial)
- EAFIT, T. i. (2018). *Revistas academicas*. Obtenido de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1118>
- Fandos, E. G. (8 de Marzo de 2011). *Universidad de la rioja*. Obtenido de Universidad de la rioja campus Ibero: <https://www.unirioja.es/apnoticias/servlet/Noticias?codnot=2161&accion=detnot>
- Filtrado de imagen*. (2015). Obtenido de <http://www.dc.uba.ar/materias/t1/2015/c2/archivos/ClaseRuidoFiltrado2C2015.pdf>
- Fiter, E. L. (Septiembre de 2012). Obtenido de [https://oa.upm.es/14016/2/PFC\\_EDUARDO\\_LAORDEN\\_FITER\\_B.pdf](https://oa.upm.es/14016/2/PFC_EDUARDO_LAORDEN_FITER_B.pdf)

Flórez, C. A. (6 de 6 de 2014). *revistas.unal.edu.co*. Obtenido de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/42657/53028](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/42657/53028)

GARCÍA, G. D. (09 de 2013). *Repositorio de Instituto politécnico nacional*. Obtenido de [https://www.toyota-ti.ac.jp/Lab/Denshi/iim/members/gibran.benitez/MS\\_Thesis\\_Gibran.pdf](https://www.toyota-ti.ac.jp/Lab/Denshi/iim/members/gibran.benitez/MS_Thesis_Gibran.pdf)

Gomez, E. (junio de 2017). Obtenido de <https://www.rinconingenieril.es/filtros-paso-bajos-y-paso-altos/>

Gomez, E. (27 de 06 de 2017). Obtenido de [www.rinconingenieril.es](http://www.rinconingenieril.es): <https://www.rinconingenieril.es/filtros-paso-bajos-y-paso-altos/>

GÓMEZ, E. K. (Junio de 2019). Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50809/RamirezGomezElvia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gómez, M. (2017). <https://interartive.org>. Obtenido de Interartive: <https://interartive.org/2017/04/historias-de-la-imagen-digital-marisa-gomez>

Guidacode. (19 de abril de 2017). Obtenido de <https://www.guidacode.com/2017/css/modelo-de-color-hsl-alternativa-rgb/>

Herrera, X. A. (2020). <http://dspace.espace.edu.ec/>. Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/14297/1/86T00099.pdf>

Jaciel David Hernández Reséndiz, H. M. (8 de 9 de 2019). *latamt.ieeer9.org*. Obtenido de <https://latamt.ieeer9.org/index.php/transactions/article/view/977/260>

Javier Ruiz del Solar, P. L. (24 de 09 de 2015). *Ecuador documents*. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/filtrado-de-im-agenes-y-ecualizaci-on-de-histograma-u-cursos-el7008-procesamiento.html?page=1>

Juárez, M. G. (s.f.). *matricesydeterminantes.com*. Obtenido de <https://www.matricesydeterminantes.com/matrices/tipos-de-matrices/matriz-escalar/>

Karla Janet Rodríguez Oliva, R. O. (marzo de 2017). *Suavizado de imágenes de microscopía celular mediante el uso de técnicas de filtrado morfológico*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992017000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992017000100006)

Koppert . (2019). Obtenido de <https://www.koppert.mx/retos/control-de-enfermedades/>

Mathworks. (2022). *www.mathworks.com*. Obtenido de [https://www.mathworks.com/help/matlab/creating\\_plots/working-with-8-bit-and-16-bit-images.html](https://www.mathworks.com/help/matlab/creating_plots/working-with-8-bit-and-16-bit-images.html)

Mata, G., Medel, R., & Calla, P. (5 de 9 de 2015). <https://www.redalyc.org/>. Obtenido de Taxonomía y sistemática: <https://www.redalyc.org/journal/425/42546734002/>

mathworks. (2019). Obtenido de <https://es.mathworks.com/help/images/image-segmentation.html>

Mathworks. (2019). Obtenido de <https://es.mathworks.com/help/images/ref/imnoise.html>

Mathworks. (2022). <https://www.mathworks.com/>. Obtenido de <https://es.mathworks.com/help/images/image-segmentation.html>

Mathworks. (2022). *www.mathworks.com*. Obtenido de [https://www.mathworks.com/help/matlab/creating\\_plots/working-with-8-bit-and-16-bit-images.html](https://www.mathworks.com/help/matlab/creating_plots/working-with-8-bit-and-16-bit-images.html)

MathWorks. (2022). *www.mathworks.com*. Obtenido de <https://www.mathworks.com/help/images/ref/graythresh.html>

MathWorks. (2022). *www.mathworks.com*. Obtenido de [https://www.mathworks.com/help/images/image-segmentation\\_es.html](https://www.mathworks.com/help/images/image-segmentation_es.html)

Minolta, K. (9 de 2014). Obtenido de <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

Morales, K. J. (Marzo de 2017). *Scielo*. Obtenido de Revista Cubana de Ciencias Informáticas: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992017000100006&script=sci\\_arttext&tling=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992017000100006&script=sci_arttext&tling=en)

Navarro, J. (Noviembre de 2015). *Definicion ABC*. Obtenido de Definición de Micelio. Definición ABC : <https://www.definicionabc.com/ciencia/micelio.php>

Nayid Triana, A. E. (15 de junio de 2016). Obtenido de <file:///C:/Users/ING~1/LUZ/AppData/Local/Temp/13271-30301-2-PB.pdf>

Niño, C. C.-I. (02 de 01 de 2021). Comparativa entre la técnica de umbralización binaria y el método de Otsu para la detección de personas. *Revista UIS Ingenierías*. Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/809/Comparative%20between%20the>

- %20binary%20thresholding%20technique%20and%20the%20Otsu%20method%20for%20the%20people%20detection.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Omar Rodriguez Zalapa, A. H. (30 de 05 de 2012). *xdoc.mx*. Obtenido de <https://xdoc.mx/documents/sistema-de-medicion-de-distancia-mediante-imagenes-para-5de2ce5f8ba0c>
- R, C. (09 de 2019). <https://graficaciontmmjc.blogspot.com/2019/03/modelos-de-color-rgb-cmy-hsv-y-hsl.html>. Obtenido de Graficación.
- Revista mexicana de biodiversidad* . (marzo de 2016). Obtenido de Gerardo Mataa \* Rosario Medelb Philippe Callacc Christophe Billettec : [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532016000100010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532016000100010)
- Reyes Sierra, C. E. (3 de 9 de 2019). *Scientia et Technica*. Obtenido de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/articulo/view/17731/14441>
- Roldán, L. F. (28 de Junio de 2021). *ecologiaverde.com*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/saprofitos-que-son-y-ejemplos-3461.html>
- Samira Ghasemi, B. H. (04 de 2020). *ScienceDirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0885576520300199>
- Sedlackova, Y. L. (2020). *Universidad de Sevilla*. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/133436/1/LAMOUARAA%20SEDLACKOVA%20%20YASSINE.pdf?sequence=1>
- Serrano, C. A. (s.f.). *mydokument.com*. Obtenido de <https://mydokument.com/capitulo-1-teoria-de-procesamiento-de-imagenes.html>
- Torres, I. H. (s.f.). *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*. Obtenido de <http://148.228.16.36/CURSOS/IMAGENES/PRACTICAS/PRACTICAS-4-21Febrero.pdf>
- Ucha, F. (Mayo de 2011). *Definición de Imagen Digital*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/imagen-digital.php> [...] | vía Definición ABC <https://www.definicionabc.com/tecnologia/imagen-digital.php>
- Unidos, e. 2. (2013). *boletinagrario.com* . Obtenido de <https://boletinagrario.com/ap-6,inoculo,2990.html>
- Urzúa, A. C. (2019). *Revista de marina N° 969, 68-71*. Obtenido de <https://revistamarina.cl/revistas/2019/2/acatalanu.pdf>
- Valente., P. P. (2018). Obtenido de Fundamentos básicos del procesamiento de imágenes: <https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cim/cap2.html#fig2-1>
- Valente., P. P. (2018). <https://readthedocs.org/>. Obtenido de [www.famaf.unc.edu.a:https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cim/cap2.html#fig2-1](http://www.famaf.unc.edu.a:https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cim/cap2.html#fig2-1)
- Value, M. (12 de Octubre de 2014). *Mushroom's Value S.L.* Obtenido de Mushrooms value: <http://www.mushroomsvalue.com/cultivo-hongos-mexico/>
- Yela, M. M. (17 de 09 de 2020). *Repositorio digital UCGS*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15737>
- Zambrano, D. A. (16 de Octubre de 2017). *Naturaleza, ecología – Animales y Biología*. Obtenido de Revista digital sobre animales, mascotas, naturaleza, ciencia y biología. ISSN 2792-808X: <https://naturaleza.animalesbiologia.com/fungi/champinones-propiedades-agaricus-bisporus>

## Apéndice

### Código

```
clear all;
close all;

agaricus = imread("agaricus.png");
figure; imshow(agaricus); title('Original');

R= agaricus(:,:,1);
G= agaricus(:,:,2);
B= agaricus(:,:,3);
figure; imshow([R,G,B]); title('RGB');

%% MODELO CMY
Cyan= agaricus;
Magenta= agaricus;
Yellow= agaricus;

CMY= agaricus;

figure;
subplot(3,1,1)
Cyan(:,:,1)=0;

figure; imshow(Cyan); title('Cyan');

figure;
subplot(3,1,2)
Magenta(:,:,2)=0;

figure; imshow(Magenta); title('Magent');

figure;
subplot(3,1,3)
Yellow(:,:,3)=0;

figure; imshow(Yellow); title('Yellow');

%%Conversión RGB A CMY

figure;

CMY(:,:,1)= 255-agaricus(:,:,1);
CMY(:,:,2)= 255-agaricus(:,:,2);
CMY(:,:,3)= 255-agaricus(:,:,3);
imshow(CMY); title('Agaricus CMY')
```

```

bina=im2bw(CMY);

figure; imshow(bina); title('BINARIA');

bina = imcomplement(bina); %%inverte los colores para no modificar el código
figure; imshow(bina); title('C');

h = ones(2,2)/4;
I2 = imfilter(bina,h);
figure; imshow(I2); title('Imagen filtrada');

% Procesamiento morfológico
bina=bwmorph(bina,'open'); % Eliminar picos
bina=bwmorph(bina,'close'); % Eliminar huecos

figure; imshow(bina); title('Despues del closing y opening');

%sacar propiedades

[L Ne]=bwlabel(bina);
propied=regionprops(L);
hold on

propied= regionprops(L);

hold on

%graficando los objetos%
for n=1:size(propied,1)
    rectangle('Position',propied(n).BoundingBox,'EdgeColor','g','LineWidth',2)
end
pause(3)

s=find([propied.Area]<600);

for n=1:size(s,2)
    rectangle('Position',propied(s(n)).BoundingBox,'EdgeColor','r','LineWidth',2)
end
pause(2)

%% Comparación de las áreas
p=find([propied.Area]);

if (p>25571);
    disp('EL agaricus bisporus está en buen estado');
else
    disp('EL agaricus bisporus está en mal estado');
end
pause(1)

%% Eliminar irrelevante

```

```
for n=1:size(s,2)
    d=round(propied(s(n)).BoundingBox);
    bina(d(2):d(2)+d(4),d(1):d(1)+d(3))=0;
end
figure
imshow(bina)
title('Imagen final');
```