

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA



TESIS

**IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA BAHÍA DE
PUNO UTILIZANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES**

PRESENTADA POR:

EDDY TORRES MAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INFORMÁTICA

MENCIÓN EN INGENIERÍA DE SOFTWARE

PUNO, PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA

TESIS

**IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA BAHÍA DE
PUNO UTILIZANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES**

PRESENTADA POR:

EDDY TORRES MAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INFORMÁTICA

MENCIÓN EN INGENIERÍA DE SOFTWARE

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

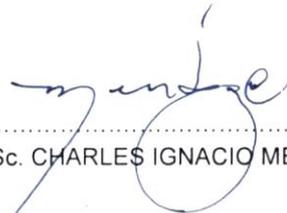
PRESIDENTE


.....
Dr. BERNABÉ CANQUI FLORES

PRIMER MIEMBRO


.....
M.Sc. ERNESTO NAYER TUMI FIGUEROA

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M.Sc. CHARLES IGNACIO MENDOZA MOLLOCONDO

ASESOR DE TESIS


.....
Dr. VLADIMIRO IBAÑEZ QUISPE

Puno, 27 de setiembre de 2016

ÁREA: Ingeniería del software

TEMA: Aprendizaje y enseñanza virtual

DEDICATORIA

- Este trabajo de tesis de grado está dedicado a Dios, por darme la vida a través de mis queridos padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mi una persona con valores para poder desenvolverme como: esposo, padre y profesional.
- A la vida de mis hijos y esposa quienes son el pilar para mi crecimiento espiritual y profesional.
- A mis padres Esteban y Gregoria que siempre me inculcó que sólo mediante el estudio se puede avanzar en la vida y a toda mi familia por el apoyo brindado para el logro de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno y a la Escuela de Post Grado, Programa de Maestría en Informática por haberme brindado la oportunidad de capacitarme.
- Mi agradecimiento a todos los docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias durante el desarrollo de las asignaturas de la maestría.
- Mi agradecimiento a mis jurados: Dr. Bernabé Canqui Flores, M.S.c. Ernesto Nayer Tumi Figueroa, y M.S.c. Charles Mendoza Mollocondo, por sus acertadas observaciones.
- Mi agradecimiento al Dr. Vladimiro Ibañez Quispe por su asesoramiento en la tesis.
- Mi agradecimiento al personal administrativo de la Escuela de Post Grado de la UNA – Puno por el apoyo brindado al trámite administrativo.
- Finalmente agradecer a todas las personas que en forma directa e indirecta me apoyaron para la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	PÁG.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I**PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación	4
1.5. Hipótesis	5
	iii

1.5.1. Hipótesis general	5
--------------------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. MARCO REFERENCIAL	11
2.2.1. Las plantas acuáticas	11
2.2.2. Las macrofitas	11
2.2.3. Lemna minor	12
2.2.4. El manejo de las imágenes digitales	13
2.2.5. Adquisición de información de las imágenes	14
2.2.6. La restauración digital de imágenes	17
2.2.7. Los sistemas de información geográfica	18
2.2.8. Conceptos sobre el procesamiento de imágenes	18
2.2.9. Etapas del procesamiento de imágenes	19
2.2.10. Nociones básicas sobre imágenes	21
2.2.11. Concepto de una imagen	21
2.2.12. Espacios de color	24
2.2.13. Procesamiento de adquisición de imágenes en MATLAB	27
2.2.14. Proceso para adquirir imágenes en MATLAB	28
2.2.15. Conceptos básicos sobre imagen.	28
2.2.15.1. Píxel	28

2.2.15.2. Un modelo de imagen simple	29
2.2.15.3. Histograma de una imagen	29
2.2.15.4. Ecuación del histograma	29
2.2.15.5. Transformación del nivel de gris	30
2.2.15.6. Formatos de imágenes	30
2.2.15.7. PNG: Portable Network Graphics	30
2.2.15.8. JPG: Join Picture Expert Group	31
2.2.15.9. GIF: Graphics Interchange Format	31
2.2.15.10. TIFF: Tagged Image File Format	32
2.2.15.11. BMP: Windows Bitmap	32
2.2.15.12. Formato FIF: el formato espacial	33
2.2.16. Creando una gui en MATLAB	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN	37
3.1.1. Características del área de estudio	37
3.2. METODOLOGÍA Y ETAPAS DEL TRABAJO	38
3.2.1. Obtención y selección de las imágenes para evaluar los parámetros RGB	39
3.2.2. Evaluación de las imágenes y obtención de la matriz RGB para cada imagen	44
3.2.3. Determinación de los parámetros promedio para cada matriz rgb de cada imagen	46

3.2.4. Obtención de límites de valor RGB para el procesamiento de imágenes de <i>Lemna</i> y agua del Lago Titicaca	49
---	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL ÁREA AFECTADA EN LAS IMÁGENES PROPUESTAS POR ZONAS	50
4.1.1. Identificación del área afectada zona 1	51
4.1.2. Identificación del área afectada zona 2	51
4.1.3. Identificación del área afectada zona 3	52
4.1.4. Identificación del área afectada zona 4	52
4.1.5. Identificación del área afectada zona 5	53
4.1.6. Identificación del área afectada zona 6	53
4.1.7. Identificación del área afectada zona 7	54
4.1.8. Identificación del área afectada zona 8	54
4.1.9. Área obtenida de <i>Lemna</i> desde zona 1 hasta zona 8 en metros cuadrados	55
4.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LAS IMÁGENES PROPUESTAS POR ZONAS.	55
4.2.1. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 1	57
4.2.2. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 2	57
4.2.3. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 3	58
4.2.4. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 4	58

4.2.5. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 5	59
4.2.6. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 6	59
4.2.7. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 7	60
4.2.8. Porcentaje del área afectada por <i>Lemna</i> en la zona 8	60
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	69

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
1. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 1	45
2. VALORES ORDENADOS PARA R DE TODAS LAS ZONAS	46
3. VALORES ORDENADOS PARA G DE TODAS LAS ZONAS	47
4. VALORES ORDENADOS PARA B DE TODAS LAS ZONAS	48
5. ÁREA OBTENIDA DE <i>LEMNA</i> PARA LA ZONA 1 HASTA LA ZONA 8 EN METROS CUADRADOS	55
6. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 2	70
7. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 3	71
8. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 4	72
9. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 5	73
10. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 6	74
11. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 7	75
12. MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 8	76

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
1. ARREGLO DE 3X3 DE DIGITALIZACIÓN DE UNA IMAGEN	14
2. MATRIZ DE N X M DE DIGITALIZACIÓN DE UNA IMAGEN	15
3. REGISTRO DE UNA IMAGEN POR TRANSMISIÓN DE LUZ	15
4. SISTEMA DE REGISTRO DE IMAGEN POR REFLEXIÓN	16
5. CURVA ANALÓGICA DIGITALIZADA A 8 NIVELES	17
6. DIAGRAMA PROCESO DE ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES	20
7. ESTRUCTURA DE UNA IMAGEN EN PÍXELES E IMAGEN CON TRES ESPECTROS	22
8. PÍXELES COMO ARREGLOS DE COLUMNAS Y RENGLONES	23
9. EXTRACCIÓN DE PÍXELES DE UNA IMAGEN BINARIA	23
10. REPRESENTACIÓN DEL ESPACIO RGB	25
11. REPRESENTACIÓN DEL ESPACIO HSI	26
12. PROCESO DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES EN MATLAB	28
13. DIAGRAMA DE BLOQUE, TRANSFORMACIÓN DEL NIVEL DE GRIS	30
14. VENTANA DE COMANDO PRINCIPAL EN MATLAB	35
15. VENTANA GUIDE QUICK START INICIO GUIDE MATLAB	35
16. ENTORNO PARA LA CREACIÓN DE INTERFACES GRÁFICAS GUIDE	36
17. MAPA SATELITAL DEL LAGO TITICACA, 2009	38
18. ZONAS PROPUESTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE <i>LEMNA</i> , GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	39
19. ZONA 1 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	40
20. ZONA 2 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	40
21. ZONA 3 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	41
22. ZONA 4 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	41

23. ZONA 5 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	42
24. ZONA 6 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	42
25. ZONA 7 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	43
26. ZONA 8 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013	43
27. CAPTURA DE MUESTRAS EN MATLAB PARA LA MATRIZ RGB ZONA 1	44
28. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 1 AGOSTO 2013	51
29. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 2 AGOSTO 2013	51
30. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 3 AGOSTO 2013	52
31. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 4 AGOSTO 2013	52
32. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 5 AGOSTO 2013	53
33. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 6 AGOSTO 2013	53
34. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 7 AGOSTO 2013	54
35. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 8 AGOSTO 2013	54
36. CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN CARGADA PARA SER EVALUADA EN GUIDE DE MATLAB	56
37. IMAGEN PROCESADA EN GUIDE DE MATLAB	56
38. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 1	57
39. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 2	57
40. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 3	58
41. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 4	58
42. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 5	59
43. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 6	59
44. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 7	60
45. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 8	60

46. PANTALLA COMPLETA DEL PROGRAMA	77
47. MENU DEL PROGRAMA	77
48. PANTALLA COMPLETA DEL PROGRAMA EN EJECUCIÓN	88
49. PANTALLA COMPLETA DEL PROGRAMA	88

ÍNDICE DE ANEXOS

1. MATRIZ DE DATOS RGB DE ZONA 2 A ZONA 8	70
2. REALIZACIÓN DEL PROGRAMA USANDO GUIDE MATLAB	77
3. CÓDIGO DEL PROGRAMA EN MATLAB	78

RESUMEN

La identificación de la zona afectada por *Lemna* es necesaria en la Bahía interior de Puno, además de que será una gran fuente de información para los trabajos de descontaminación y tratamiento en las aguas del Lago Titicaca. En la actualidad existen muchas técnicas de procesamiento digital de imágenes y una herramienta que viene siendo altamente utilizada es el procesamiento digital de imágenes es Image Processing Toolbox de Matlab, es justamente por su alta precisión en datos estadísticos y reconocimiento de áreas así como contornos dentro de una imagen; todo esto gracias a la librería de procesamiento de imágenes que se encuentra en Matlab y usar un GUI (Graphic User Interfaz). Se tomó como muestras para el programa imágenes satelitales de Google Earth de agosto de 2013, y se distribuyó la bahía interior de puno en 8 zonas para su reconocimiento, Se realizó el programa utilizando dichas herramientas obteniendo los siguientes resultados para cada zona: Zona 1 con un área de *Lemna* de 25406.3m², Zona 2 con un área de *Lemna* de 53196.3m², Zona 3 con un área de *Lemna* de 55966.6m², Zona 4 con un área de *Lemna* de 79748.2m², Zona 5 con un área de *Lemna* de 31255.5m², Zona 6 con un área de *Lemna* de 3555.49m², Zona 7 con un área de *Lemna* de 6932.81m², Zona 8 con un área de *Lemna* de 3298.99m². Dando como resultado la zona 4 con mayor área y mayor zona afectada y como resultado menor en área la zona 8. Se determinó el porcentaje de área afectada por *Lemna* en una imagen satelital en la bahía interior de Puno utilizando la programación en MatLab y terminando un programa con GUIDE de MATLAB para ser utilizado en forma mas amigable y fácil.

Palabras clave: Bahía, Google Earth, imagen satelital, Lago Titicaca, *Lemna*, Matlab, procesamiento digital de imagen.

ABSTRACT

The identification of the area affected by *Lemna* is necessary in the inner Bay of Puno, as well as being a great source of information for the decontamination and treatment works in the waters of Lake Titicaca. At present there are many techniques of digital image processing and a tool that has been highly used is the digital image processing is Matlab Image Processing Toolbox, it is precisely for its high precision in statistical data and recognition of areas as well as contours within an image; All thanks to the image processing library found in Matlab and using a GUI (Graphic User Interface). The samples were taken as samples for the Google Earth satellite imagery program of August 2013, and the internal puncture bay was distributed in 8 zones for recognition. The program was used using the following tools for each zone: Zone 1 with An area of *Lemna* of 25406.3m², Zone 2 with a *Lemna* area of 53196.3m², Zone 3 with a *Lemna* area of 55966.6m², Zone 4 with a *Lemna* area of 79748.2m², Zone 5 with a *Lemna* area of 31255.5m², Zone 6 with a *Lemna* area of 3555.49m², Zone 7 with a *Lemna* area of 6932.81m², Zone 8 with a *Lemna* area of 3298.99m². Resulting in zone 4 with greater area and greater area affected and as a result lower in area area 8. The percentage of area affected by *Lemna* in a satellite image in the inner bay of Puno was determined using the programming in MatLab and ending a program with MATLAB GUIDE to be used in a more friendly and easy.

Keywords: Bay, digital image processing, Google Earth, Lake Titicaca, *Lemna*, Matlab, satellite image

INTRODUCCIÓN

En la actualidad un tema que mantiene preocupada a la población puneña es el aspecto del Lago Titicaca, por su atractivo turístico, ahora abarcaremos un problema explícitamente en la Bahía interior de Puno. Ya que ésta se ha visto afectada por la contaminación proveniente de las aguas servidas y desechos sólidos que llegan a las riveras del lago. Con el pasar del tiempo estos desechos originaron una especie vegetal de color verde comúnmente llamada como “Lenteja”, aunque un término más apropiado sería el de “*Lemna*”. Que es un claro síntoma de contaminación.

Además de ofrecer un mal aspecto, la Lemna expulsa un olor fétido, características que reducen el turismo en el Lago Titicaca, reducción que conlleva a pérdidas económicas para la Ciudad Lacustre. El cual fue una justificación para realizar su identificación para posteriormente en investigaciones nuevas poder monitorear.

El propósito del presente trabajo ha sido utilizar como material de identificación imágenes satelitales y realizar una herramienta poderosa del MatLab es el procesamiento digital de imágenes es Image Processing Toolbox de MatLab, los objetivos planteados se especifican en realizar un software que primeramente reconozca la Lemna en una imagen y lo segundo dar un porcentaje de Lenma y agua de la imagen.

A continuación se realiza una breve explicación de conceptos referente al tema de procesamiento digital de imágenes.

Las imágenes satelitales son obtenidas mediante Google Earth, los cuales son planteados en zonas desde zona 1 hasta las zona 8. Posteriormente obtenemos el RGB de cada zona utilizando Matlab y su Image Processing Toolbox de Matlab, así logramos obtener valores RGB para luego realizar un GUI (Graphic User Interface) para realizar la identificación del porcentaje de cada zona planteada para completar los objetivos planteados.

Se realiza el programa usando los RGB obtenidos en el anexo 1, también se brinda el código fuente del programa en el anexo 2 y anexo 3.

La Tesis teniendo como inconvenientes la calidad de la imagen y la no actualización de las imágenes satelitales de Google Earth. También el requerimiento de una computadora con mejores características de velocidad y memoria. Para mejorar el software propuesto para la identificación.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad un tema que mantiene preocupada a la población puneña es el aspecto del Lago Titicaca, explícitamente la Bahía Puno. Ya que ésta se ha visto afectada por la contaminación proveniente de las aguas servidas y desechos sólidos que llegan a las riveras del lago.

Con el pasar del tiempo estos desechos originaron una especie vegetal de color verde comúnmente llamada como “Lenteja”, aunque un término más apropiado sería el de “*Lemna*”. Que es un claro síntoma de contaminación.

Además de ofrecer un mal aspecto, la *Lemna* expulsa un olor fétido, características que reducen el turismo en el Lago Titicaca, reducción que conlleva a pérdidas económicas para la Ciudad Lacustre. Por tanto, se necesita identificar el área afectada por *Lemna* en la Bahía Puno para poder tratarla.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Utilizando Image Processing Toolbox de Matlab se podrá cuantificar el área afectada de *Lemna* en la bahía interior de Puno?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Delimitar área afectada por *Lemna* en la Bahía de Puno utilizando Image Processing Toolbox de Matlab?
- ¿Cómo saber el porcentaje de área afectada en una imagen satelital para poder combatirla utilizando GUIDE de MATLAB?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la zona afectada por *Lemna* en la Bahía Puno utilizando Image Processing Toolbox de MATLAB.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar el área afectada por *Lemna* en la Bahía interior de Puno en las imágenes satelitales, utilizando Image Processing Toolbox de MATLAB.
- Determinar el porcentaje de área afectada por *Lemna* en una imagen satelital de la bahía interior de Puno utilizando GUIDE de MATLAB.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La identificación de la zona afectada por *Lemna* es necesaria para su control y monitoreo. Será una gran fuente de información para los trabajos de descontaminación y tratamiento en las aguas del Lago Titicaca.

En la actualidad una herramienta que viene siendo altamente utilizada es el procesamiento digital de imágenes es Image Processing Toolbox de Matlab, es por eso que en ésta tesis usaremos para las imágenes satelitales de la Bahía de Puno, por su alta precisión en datos

estadísticos y reconocimiento de áreas y contornos dentro de una imagen, todo esto gracias a la librería de procesamiento de imágenes que se encuentra en MatLab, en donde además podemos usar un GUI (Graphic User Interfaz) para realizar un programa para mayor manejo de imágenes.

Con todos estos datos obtenidos, podremos identificar la zona contaminada que se debería tratar, así como se podrá monitorear continuamente si existe un avance en la descontaminación o un avance de *Lemna*.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

¿Utilizando las técnicas de procesamiento digital de imágenes como Image Processing Toolbox de Matlab, se puede cuantificar la zona afectada por *Lemna* de la bahía interior de Puno?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Se hicieron dos trabajos para evaluar el aprovechamiento de la *Lemna* (*Lemna Gibba*) por cerdos en crecimiento (Arroyave, 2013). En el primer experimento se utilizaron 20 cerdos machos castrados de raza híbrida de 23 kg de peso inicial para estudiar el comportamiento productivo. En el segundo experimento se determinó la digestibilidad aparente total de materia seca (MS), nitrógeno (N) y energía en dietas de sorgo y pasta de soya sustituidas con *Lemna* recolectada en la región de Xochimilco, México (0 y 10 %). En ambos casos, se empleó un diseño completamente al azar.

La construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (TARD) es una opción importante para mejorar la calidad de los recursos hídricos. Sin embargo, una dificultad que limita el funcionamiento continuo de esta infraestructura en los países en desarrollo, es su sostenimiento financiero dado que el mismo debe ser soportado por el nivel local, el cual tiene baja capacidad de pago. El propósito de este estudio es mostrar una alternativa económica que permita generar recursos financieros alternativos para viabilizar el TARD

en localidades pequeñas y medianas en estos países. El caso analizado corresponde a la producción y comercialización de lentejas de agua (*Lemnácea*) como nutrientes para animales, la cual es usada para optimizar el tratamiento de aguas residuales en lagunas de estabilización ubicadas en el municipio de Ginebra (Valle, Colombia), localidad de 21.230 habitantes. El estudio muestra resultados positivos de la alternativa en términos de financiar parte de los costos de operación, mantenimiento y administración siendo así un buen ejemplo de una estrategia win-win en donde se genera una ventaja ambiental para la sociedad y una ganancia financiera para la propia empresa y las comunidades usuarias del recurso (Carantón, Pérez, Caicedo, y Association, 2003).

En las cuencas agrícolas, los ecosistemas acuáticos pueden experimentar una exposición de pulso a los pesticidas. Después de organismos como la exposición, que no son objeto de que no se extirpan pueden recuperarse. Este trabajo investiga el potencial de las dos especies de lenteja de agua (*Lemna menores* y *Lemna gibba*) para recuperarse de una exposición de 7 días a diferentes concentraciones (0,4 a 208 A $\mu\text{g L}^{-1}$) del diurón herbicida. Hubo una inhibición significativa en el crecimiento y la biomasa después de la exposición inicial de 7 días (por ejemplo, número de frondas $\text{EC}_{50} = 59.2$ y $52.2 \text{ Un } \mu\text{g L}^{-1}$ para *L. minor* y *L. gibba*, respectivamente) (Chan y Shen, 2005). Después de la transferencia para limpiar los medios de comunicación, la recuperación (la concentración más alta produciendo ninguna diferencia significativa en el efecto de punto final del control) se observó para todos los efectos puntos

finales en concentraciones que van desde 60 hasta 111 A mu L-1 g de L. minor y 60 a 208 A mu L-1 para L. gibba g. Estos resultados sugieren que la recuperación es posible para los productores primarios en concentraciones ambientalmente relevantes considerados significativo en la evaluación del riesgo ecológico.(Burns, Hanson, Prosser, Crossan, y Kennedy, 2015).

Un sistema de diagnóstico basado en la lógica difusa - fue desarrollado para determinar el efecto del pH y la temperatura sobre la lenteja de agua *Lemna gibba* la producción de biomasa. Los datos de medición de las variables se implementaron en el sistema de inferencia borrosa (FIS) con el método de Mamdani. (Jurjo, Magluta, Roitman, y Batista Gonçalves, 2015). Un modelo basado en reglas fuzzy tenía la forma de definir los parámetros esenciales de calidad monitoreados como el pH y la temperatura como entradas. Los valores modelados difusos de ganancia de biomasa fueron validados en contra de los valores experimentales con una fuerte correlación (Suthar, Verma, Deep, y Kumar, 2015).

Este trabajo describe una metodología para la estimación de densidad de ocupación de usuarios en playas mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes. La estimación de la cantidad de usuarios en playas dedicadas al turismo constituye una métrica de interés que permite la cuantificación de diferentes factores que relacionan la calidad de la experiencia para el usuario y constituye un indicador relevante para la gestión integrada. (Aguirre, 2015). El método propuesto posee dos componentes principales: el preprocesamiento y los

procedimientos orientados para la estimación de densidad de ocupación. (Sánchez y Taborda, 2014). En el preprocesamiento de la imagen se aplica un método de corrección de color debido a que las múltiples variaciones de iluminación a través del día alteran la información de los objetos que se encuentran en la escena. Posteriormente, la estimación de la densidad inicia con la delimitación de la información referente al entorno de la imagen, mediante una imagen de referencia o máscara. Esta región obtenida es procesada identificando los usuarios mediante el análisis del gradiente de la intensidad en escalas de grises de la imagen. Los resultados experimentales muestran un error aproximado del 2,6%, lo que sugiere que la medida estimada es adecuada como estimación de ocupación, las principales dificultades se centran en el tratamiento automático de las autoclusiones. (Roa, 2007).

En este trabajo se presenta un método para determinar el volumen de una muestra de granos de arroz basada en el procesamiento digital de imágenes, caracterizada por su sencillez y mínimos requerimientos. El registro de la imagen de la muestra se realiza con un escáner de escritorio. Se propone un modelo en el que cada grano de la muestra se asimila a un elipsoide de ejes principales L (largo), A (ancho) y E (espesor). Los valores L y A se determinan a partir de la elipse que mejor ajusta al área proyectada de cada grano en la imagen. Se asume que el espesor es proporcional al ancho del grano ($E = k.A$). La constante de proporcionalidad k se determina igualando la expresión dada por el modelo para el volumen de una muestra de n granos en función de L, A y k, con su volumen obtenido experimentalmente por el método de

desplazamiento de tolueno. Se realizaron determinaciones con muestras de cuatro variedades con distintas composiciones de granos enteros y partidos. Los valores de k obtenidos para las distintas variedades y composiciones fueron muy similares entre sí, con un promedio de 0,63 y desviación estándar de 0,01. Con el valor de k de cada variedad y el promedio de todas las variedades, se determinaron los respectivos volúmenes y se los contrastó con el correspondiente obtenido por el método de desplazamiento de tolueno, donde la diferencia, en general, fue inferior al 3% (Cleva, Sampallo, Gonzalez, y Acosta, 2013).

En este artículo se describe brevemente una aplicación del procesamiento de imágenes digitales mediante la técnica de umbralización multinivel, que pretende dar solución a una problemática existente en las fincas cafeteras de baja y mediana producción, debido a que estas fincas no cuentan con un medio más adecuado en costo y producción para la selección del café en la presentación excelso de una manera automática y se ven en la necesidad de seleccionar este producto de manera manual (Ruge, Arias, y Ochoa, 2012).

La presente investigación desarrolló un método de identificación de cultivos de arroz en algunas áreas de los departamentos de Cundinamarca y Tolima (Colombia), mediante imágenes de satélite Landsat 7 ETM+ y ASTER. El método integra diversos procesos, a saber: pre-procesamiento de imágenes; elaboración de máscaras basadas en valores de NDVI y de textura promedio, a través de procedimientos de lógica difusa; procesamiento digital mediante análisis de componentes principales; extracción de miembros finales mediante visualizador n-

dimensional; clasificación de coberturas por SAM, y evaluación de resultados. El método permitió identificar los cultivos de arroz con una exactitud global superior al 70% y valores kappa entre 0,45 y 0,74. Esto permite considerarlo como una buena estrategia de generación de información sobre áreas cultivadas cuando se busca apoyar la toma de decisiones en la agricultura (Barbieri *et al.*, 1995).

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. LAS PLANTAS ACUÁTICAS

Las plantas acuáticas. (Cook, Gut, Rix, y Schneller, 1974). Denominadas también macrofitas, cumplen un papel muy importante en los ecosistemas acuáticos. Brindan directa o indirectamente alimento, protección y un gran número de hábitats para muchos organismos de estos ecosistemas. Muchas de estas plantas son útiles para el ser humano, puesto que sirven de alimento, son materia prima para la industria y se usan en procesos de biorremediación, ya que pueden absorber algunas sustancias disueltas y brindar oxígeno mediante la fotosíntesis. Sin embargo, en algunos cuerpos de agua artificiales podrían crear problemas, porque pueden interferir con el uso que le da el hombre a esa agua al obstruir su flujo o la navegación y al crear ambientes propicios para plagas, enfermedades y vectores que afectan la salud humana.

2.2.2. LAS MACROFITAS

Las macrofitas ocupan diversas zonas de los ecosistemas acuáticos. Dentro del grupo de plantas flotantes es frecuente observar en lagunas o en las áreas de flujo lento en ríos y quebradas la planta

denominada *Lemna minor*, conocida comúnmente como lenteja de agua o duckweed. (Pérez y Restrepo, 2008). Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. La lenteja de agua es una planta monoica, con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo. El periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata, muy común en las especies del orden arales. El fruto contiene de 1 a 4 semillas (Arroyave, 2013).

2.2.3. LEMNA MINOR

Es una planta angiosperma (plantas con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia *Lemnaceae*. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir, en la que no se diferencian el tallo y las hojas. Consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco. Según (Cook *et al.*, 1974) el talo ha sido interpretado de diversas maneras: un tallo modificado, una hoja o como parcialmente tallo y hoja. Otros autores consideran que el talo corresponde a una hoja modificada que cumple las funciones del tallo, la hoja y el eje florífero.

Además, (Yilmaz, 2007) mencionan que, *Lemna minor*, aumenta su producción de biomasa al aplicar fertilizante orgánico, encontrando el mayor crecimiento con 20g. Así mismo, triplica su biomasa en 7 días cuando se adicionan a la microlaguna 30 g de material vegetativo y se fertiliza. Además, la lenteja de agua, es una opción viable para usarse

como fuente de proteína en dietas para cerdos en una proporción de 30-60 kg de peso. Los resultados del estudio indican que lenteja de agua, puede ser una planta para acumular metales (Suthar *et al.*, 2015).

2.2.4. EL MANEJO DE LAS IMÁGENES DIGITALES

El manejo de las imágenes digitales se ha convertido en las últimas décadas en un tema de interés extendido en diferentes áreas de las ciencias naturales, las ciencias médicas y las aplicaciones tecnológicas entre otras. El crecimiento en el poder de cómputo, las capacidades de almacenamiento y los nuevos sistemas de desplegado, captura e impresión de bajo costo han facilitado el desarrollo de ésta disciplina. Hace no mucho las posibilidades de los equipos de captura y procesamiento digital eran bastante limitadas y los costos y tiempo de procesamiento prohibitivos. Ante lo cual en muy pocas áreas se prestaba atención al potencial que las herramientas para el manejo de imágenes digitales ofrecían (Cuevas, Zaldívar, y Pérez, 2010).

La explotación de estas herramientas se había quedado restringida a algunas secciones de investigación y el desarrollo de aplicaciones de software se orientaba hacia problemas donde el presupuesto era vasto. En la actualidad es posible explotar plataformas de bajo costo y obtener resultados de gran calidad y crear aplicaciones de gran utilidad, versátiles y flexibles, así como aplicaciones de software de propósito específico para atender las diversas necesidades de los especialistas. Es posible citar gran cantidad de ejemplos donde el procesamiento de imágenes ayuda a analizar, deducir y tomar decisiones. (Cleva *et al.*, 2013).

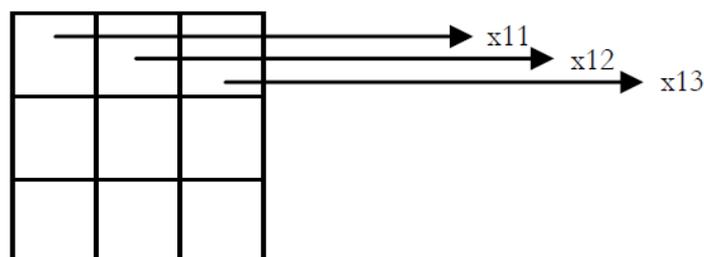
2.2.5. ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN DE LAS IMÁGENES

Adquisición de información de las imágenes (Cuevas y Ortega, 2013). Existen diferentes medios para la obtención de una imagen digital, los más comunes son: los scanners de cama plana y las cámaras digitales. Ambos se basan en un dispositivo llamado CCD (Coupled Charge Device), éste se recibe la luz de la imagen, ya sea por reflexión o por transmisión e integra en un tiempo definido la cantidad de luz que llega a él. Formando un arreglo de CCD's es posible realizar la digitalización de la imagen por renglones o bien entera. Se dice que la imagen ha sido digitalizada, ya que por cada región e ella se genera un número que representa la cantidad de luz que fue registrada.

En el siguiente diagrama (figura. 1.) se muestra un arreglo de 3x3 de digitalización (Davies, 2004).

FIGURA 1

ARREGLO DE 3X3 DE DIGITALIZACIÓN DE UNA IMAGEN



Fuente: (Davies, 2004).

Para cada celda de registro se genera un número que corresponde a la cantidad de luz que se registró en la zona (Davies, 2004) en la figura los valores x_{11} , x_{12} y x_{13} son éstas cantidades. De igual manera se hace

con todos los renglones. En general para un arreglo de $n \times m$ celdas se generará una matriz de la forma en la figura 2.

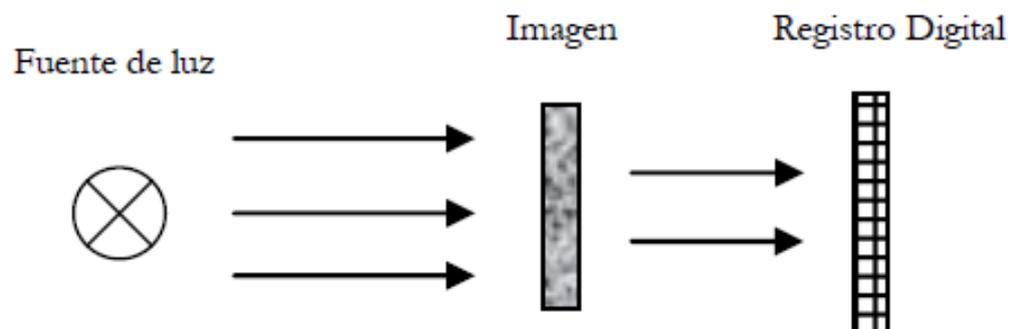
FIGURA 2
MATRIZ DE $N \times M$ DE DIGITALIZACIÓN DE UNA IMAGEN

$$\mathbf{I} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

Fuente: (Cuevas *et al.*, 2010).

Cada elemento de matriz representa (Ortíz, 2013) una propiedad de la imagen. El sistema más simple de digitalización corresponde al llamado tono de gris, éste indica la cantidad o intensidad de la luz registrada. Por ejemplo para un sistema de transmisión, como es el negatoscopio utilizado en radiología, se coloca una fuente de luz a continuación el negativo o lámina con la imagen y al final del arreglo el arreglo de CCD's. La figura 3 muestra el arreglo.

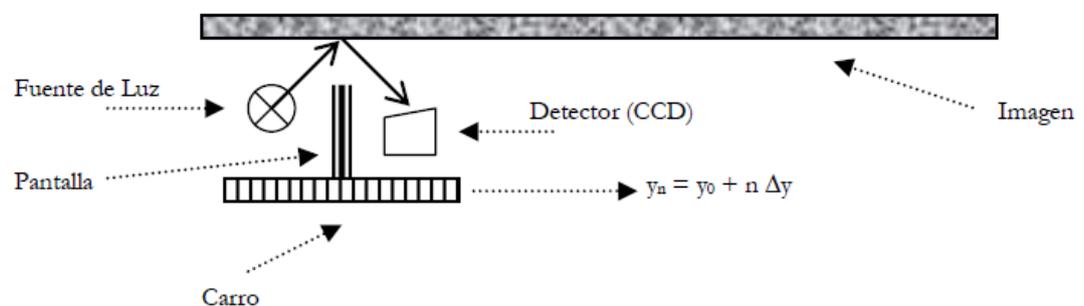
FIGURA 3
REGISTRO DE UNA IMAGEN POR TRANSMISIÓN DE LUZ



Fuente: (Ortíz, 2013).

El otro modelo corresponde a los sistemas basados en reflexión (Ortíz, 2013), éste es el caso de los scanners de cama plana. Éstos dispositivos en vez tener un arreglo bidimensional de CCD's, sólo tienen un arreglo lineal de éstos. Mediante un sistema óptico se envía luz desde una lámpara a la imagen y es recibida en un arreglo lineal de detectores, mediante un motor de pasos se mueve el sistema un "paso" y se vuelve a realizar otro registro, éste proceso se repite hasta cubrir toda la imagen. Este sistema es más económico, ya que utiliza un arreglo unidimensional de detectores y un subsistema de desplazamiento basado en un motor. La figura 4 siguiente muestra el principio de la operación del dispositivo.

FIGURA 4
SISTEMA DE REGISTRO DE IMAGEN POR REFLEXIÓN



Fuente: (Ortíz, 2013).

En todos los casos antes descritos los datos sufren un proceso de discretización o cuantización. Este proceso se refiere al hecho de que la información registrada no es almacenada de manera exacta como un número real - los cuales son densos -, sino como enteros, ya que el sistema luego de tomar el dato (en general analógico) lo pasa por un "Convertidor Analógico-Digital" (DAC). Este paso ocasiona una pérdida en

la precisión de los registros. En la figura 5 se muestra una curva analógica digitalizada a 8 niveles (Wolberg, 1990).

FIGURA 5

CURVA ANALÓGICA DIGITALIZADA A 8 NIVELES



Fuente: (Roa, 2007).

2.2.6. LA RESTAURACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES

Definida como el arte de mejorar la calidad de las imágenes, ha logrado un amplio desarrollo en los últimos años, alcanzando un alto nivel de popularidad, desde que se utilizaron métodos matemáticos y computacionales para restaurar las imágenes distorsionadas, enviadas por el telescopio Hubble; sin embargo, las imágenes no siempre son afectadas de manera total, algunas sufren pérdida de información en algunas regiones, otras simplemente son afectadas por el paso del tiempo, por tanto, es necesario establecer técnicas que permitan restaurar imágenes, en las cuales, el daño no es reversible, mediante un filtro aplicado sobre toda la imagen. (Alonso y Batlles, 2015)

En este trabajo, se establece un método que permite detectar las regiones dañadas en la imagen, realizar un proceso de restauración, basado en ecuaciones diferenciales parciales, sobre las regiones

dañadas, logrando, de este modo, construir la imagen recuperada. El método propuesto en este escrito podrá ser aplicado para la restauración de imágenes en blanco y negro, a color e, incluso, imágenes de obras de arte.(Triana, Romero, y Roldán, 2012).

2.2.7. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Incluyen entre sus funciones de análisis aquellas destinadas a la modelización espacio-temporal. En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de un método prospectivo, que combina el análisis de una serie cronológica de usos del suelo (cadenas de Markov) con la puesta en relación de estos usos y un conjunto de variables explicativas (evaluación multicriterio), para, por último, asignar a cada píxel una categoría de ocupación del suelo (evaluación multiobjetivo) en la fecha proyectada, proceso complementado con un algoritmo de automatismo celular que mide la contigüidad local. La modelización prospectiva de dos áreas de estudio comparables, aunque con dinámicas paisajísticas específicas, permite evaluar la metodología y precisar sus aportaciones y sus límites.(Paegelow, Olmedo, y Toribio, 2003).

2.2.8. CONCEPTOS SOBRE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

El campo del procesamiento de imágenes deriva en dos áreas principalmente: mejorar la información pictórica para la percepción humana, incluyendo la impresión y transmisión, y procesar los datos de una escena para la percepción autónoma por una máquina. Una imagen digital se define como una imagen descrita por la función $f(x, y)$, donde x y y son las coordenadas espaciales y f representa la intensidad de esas coordenadas. Las coordenadas espaciales se relacionan con la resolución

de la imagen entre mayor sea el valor que adquieran, mayor será la resolución. De esta forma $x \in [1, x^{max}]$, $y \in [1, x^{max}]$. También puede considerarse como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto de la imagen y el valor correspondiente al elemento de la matriz indica el nivel de color en ese punto. Los elementos de esa distribución digital se conocen como píxeles, por su abreviatura en inglés *picture elements*. La cantidad de valores empleados para describir un píxel depende de cuanta información es empleada para representar el color de tales elementos de la imagen.

2.2.9. ETAPAS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

En su libro procesamiento de imágenes Gonzales menciona y propone diversas etapas en el procesamiento de las imágenes, tal como lo muestra la figura 6. La primera es la etapa de adquisición de imágenes para lo cual es necesario un sensor de imágenes y la posibilidad de digitalizar la señal producida por el sensor, el cual puede ser una cámara digital. Una vez adquirida, el siguiente paso es “preprocesar” esa imagen (Gonzalez y Richard, 2002).

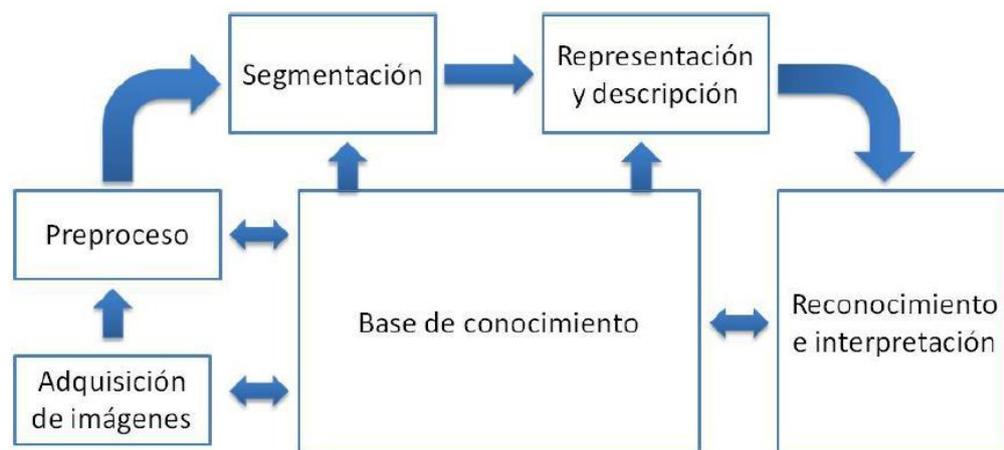
El objetivo principal de esta etapa es mejorar la imagen de forma tal que se aumenten las posibilidades de éxito en los procesos posteriores. Se puede eliminar el ruido, aislar regiones que contengan información importante, mejorar el contraste, aplicar filtros, etc. La tercera etapa trata de la segmentación que consiste en dividir una imagen de entrada en sus partes constituyentes u objetos (Gonzalez, Woods, y Eddins, 2004).

La salida dará como resultado datos del píxel en bruto, que conformarán el contorno de una región o bien todos los puntos de una

región determinada. En la etapa subsecuente de representación y descripción se extrae la información fundamental para diferenciar una clase de objetos de otra. Trasladando este proceso al dominio de esta tesis, en esta etapa se sabría el color y la cantidad de píxeles que posee esa región. Esto brinda información a la siguiente fase de reconocimiento e interpretación, de tal forma que se pueda asignar una etiqueta al objeto identificado que cubra ciertas características para su manejo en los algoritmos (Gonzalez y Woods, 2007).

FIGURA 6

DIAGRAMA PROCESO DE ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES



Fuente: (Gonzalez y Woods, 2007).

Dentro de cada etapa mostrada en la Figura 6 se aplican distintos algoritmos. Las técnicas utilizadas pueden dividirse en tres áreas básicas que agruparán a una o dos de las etapas descritas previamente: procesado de bajo nivel, procesado de nivel intermedio y procesado de alto nivel. Se realiza un proceso de bajo nivel en primera instancia luego se realiza un proceso de mayor nivel para luego finalizar con el proceso de nivel alto.

2.2.10. NOCIONES BÁSICAS SOBRE IMÁGENES

Los métodos y técnicas modernas de procesamiento de imágenes permiten la extracción de información en su representación digital de las propiedades, fenómenos naturales y artificiales (Gonzalez *et al.*, 2004).

Por otra parte las facilidades de nuestra época que nos permiten adquirir, almacenar, transmitir y compartir imágenes en formatos digitales, hacen que su uso sea cada vez mayor. Es por lo anterior, que es importante abrir una brecha en el área de generación del conocimiento en los conceptos y aplicaciones fundamentales del procesamiento digital de imágenes.(Gonzalez y Richard, 2002)

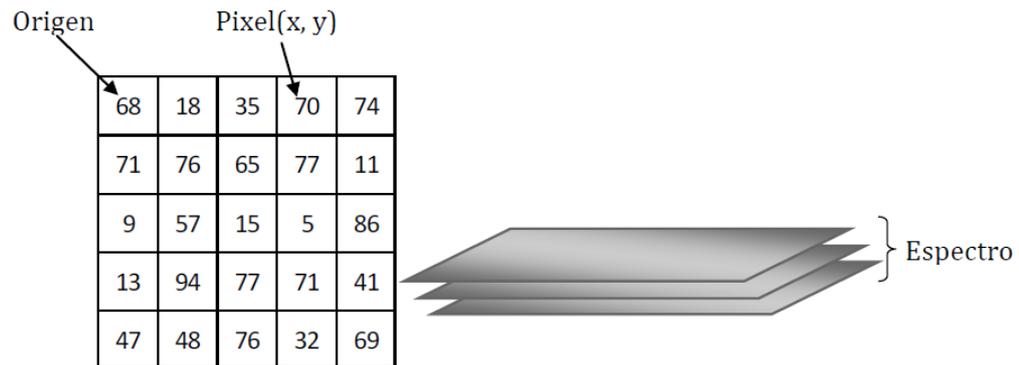
2.2.11. CONCEPTO DE UNA IMAGEN

Se define una imagen como una función de dos dimensiones $I(x, y)$, donde (x, y) son espaciales y definen las coordenadas de un plano. La amplitud de I , para cualquier par (x, y) , es llamada intensidad o nivel de gris de la imagen en ese punto. Cuando (x, y) y la intensidad tienden al infinito se toman valores discretos, y a esto se llama imagen o imagen digital. A cada elemento identificado por el grupo (x, y) se le da el nombre de pixel y corresponde a la unidad mínima que integra a la imagen. A cada pixel se le asocia un número que representan el valor del brillo promedio, un número pequeño representa luminosidad baja y un número elevado, una luminosidad alta (Gonzalez y Richard, 2002).

En la actualidad se ha logrado integrar más detalles en las imágenes, de tal forma que una imagen puede contener más de un espectro. La figura 7 muestra los 3 espectros que integran una imagen a color en RGB. Para cada pixel se registran los niveles correspondientes a

la intensidad lumínica de cada color: rojo, verde y azul (que son los que definen el espectro RGB por sus siglas en inglés). (Gonzalez *et al.*, 2004).

FIGURA 7
ESTRUCTURA DE UNA IMAGEN EN PÍXELES E IMAGEN CON TRES ESPECTROS

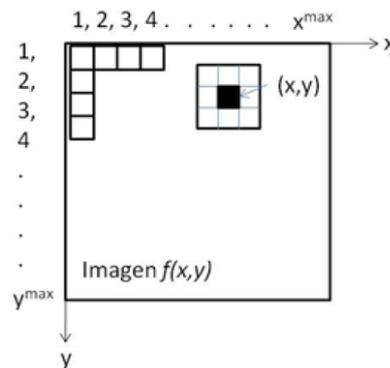


Fuente: (Gonzalez *et al.*, 2004).

Las imágenes son proyecciones bidimensionales de escenas tridimensionales, representadas por $f(x, y)$ donde x y y son las coordenadas espaciales y el valor de f representa la intensidad en dichas coordenadas. Cuando las imágenes son en blanco y negro solo se requiere de una función. En cambio una imagen a color necesita de tres funciones independientes f_1 , f_2 y f_3 , en las cuales se representa la intensidad del pixel para cada componente.

La figura 8 muestra la idea de los píxeles como arreglos de columnas y filas que almacenan un valor de intensidad. Para una imagen compuesta de grises sólo se tendrá una malla o canal, pero cuando la imagen es de color, sin importar el espacio elegido, se hablará de tres mallas o canales. (Gonzalez *et al.*, 2004)

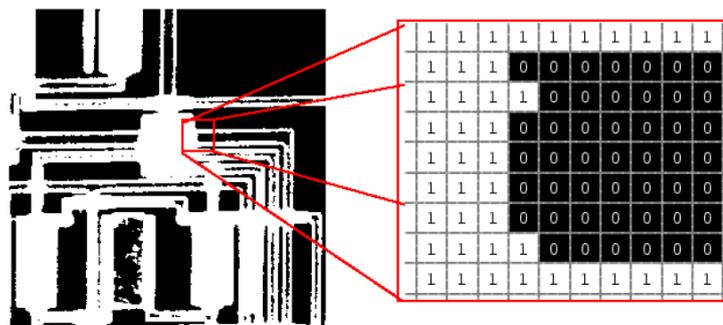
FIGURA 8
 PIXELES COMO ARREGLOS DE COLUMNAS Y RENGLONES



Fuente (Gonzalez *et al.*, 2004).

Para una imagen en escala de grises, el pixel se representa por un dígito de ocho bits, por lo tanto el rango de cuantificación es [0,255] con cero correspondiendo al negro y el 255 al blanco. La escala de grises se distribuye en ese rango. Si el pixel se representa por un bit, el rango irá de 0 a 1, y esta se denominará imagen binaria. Entender el concepto de imágenes binarias será de gran utilidad para el desarrollo de este trabajo. La figura 9 muestra un ejemplo de la extracción de pixeles de una imagen binaria en la cual el blanco está representado por 1 y el negro por 0.

FIGURA 9
 EXTRACCIÓN DE PIXELES DE UNA IMAGEN BINARIA



Fuente (Gonzalez *et al.*, 2004).

Para las imágenes a color basadas en el espacio RGB se presenta la siguiente ecuación: $a(i,j)=[R,G,B]^T$ donde cada canal de color se cuantifica por un entero de ocho bits, es decir, el número de colores posibles representado por un pixel se determinará $2^8 \times 2^8 \times 2^8$ y por lo tanto habrá 1.677×10^7 colores posibles (Forsyth y Ponce, 2003).

El contenido de una imagen se encuentra codificado en un espacio de color que se define mediante la combinación de sus componentes y la distribución del color en el espacio delimitado por el rango de sus valores. Forsyth y Ponce describen en su libro (Forsyth y Ponce, 2003) dos tipos de clasificaciones: espacios lineales y espacios no lineales.

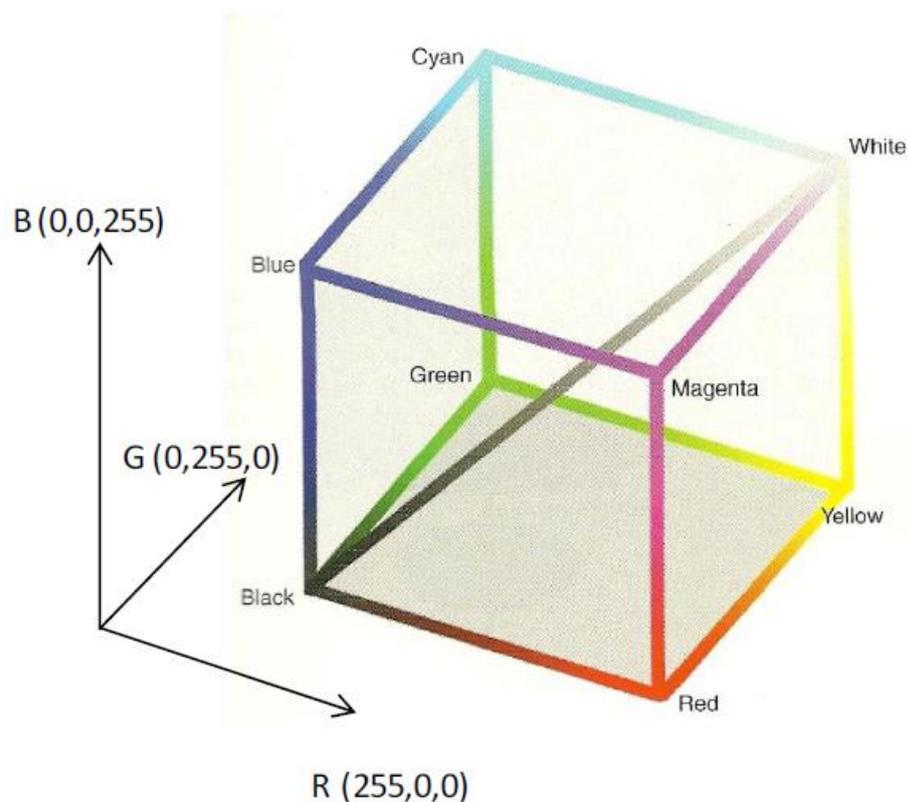
2.2.12. ESPACIOS DE COLOR

La base de los espacios lineales se encuentra en el uso de un conjunto de colores primarios. Los espacios de color RGB y YUV pertenecen a esta categoría. La primera aproximación para la clasificación de color se hizo a través del espacio RGB (Russ, 2006).

Los espacios no lineales incluyen propiedades propensas a perderse en los espacios lineales y que describen los colores en términos más comprensibles para el ojo humano. Dentro de estas descripciones se encuentran el tono, la saturación y la intensidad o luminosidad. Ejemplos de estos espacios son: HSI (Hue, Saturation and Intensity) HSV (Hue Saturation and Value), HLS (Hue, lightness and saturation). De acuerdo a (Russ, 2006) el tono describe al color por su longitud de onda, por ejemplo la diferencia entre amarillo y rojo es fácil identificar por las características que cada uno posee y que marcan la diferencia con los demás. La saturación es la cantidad de ese color o cómo se diluye con la luz blanca.

Ejemplo: la diferencia entre rosa y rojo. La tercera componente de los espacios mencionados es la intensidad, luminosidad o valor, términos que describen la cantidad de luz en un color. Por ejemplo, la distinción entre un color rojo carmín y un rojo bandera.

FIGURA 10
REPRESENTACIÓN DEL ESPACIO RGB



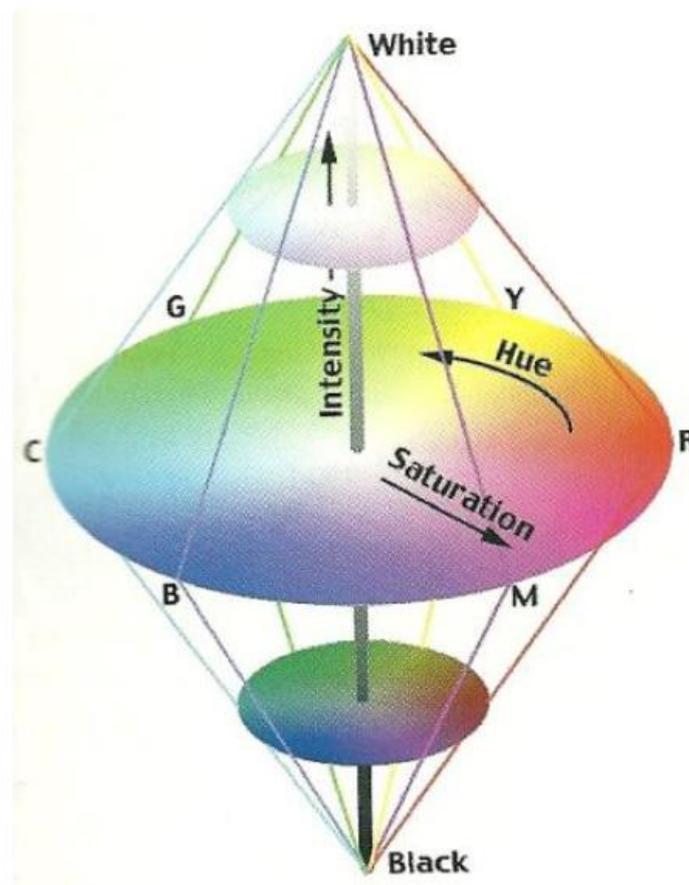
Fuente: (Russ, 2006).

YUV se trata de un espacio lineal, con una profundidad de pixel de veinticuatro bits. En este modelo, la componente o canal representa la luminosidad del píxel, mientras que la u (cb) y la v (cr) definen el color o croma. Particularmente, el canal u representa la cantidad de azul, mientras que el canal v manifiesta la cantidad de rojo.

El espacio HSI Russ en su libro procesamiento de imágenes (Russ, 2006) describe el tono, saturación e intensidad de un color. Este espacio

tiene la capacidad de separar la intensidad de la información intrínseca del color, la cual se referiría al tono y saturación. Por tal motivo su uso es recomendable para el procesamiento de imágenes. Estos valores se pueden graficar en un espacio circular, hexagonal, triangular, cónico o cilíndrico. Sin embargo la forma más común de representarlo es con un doble cono, como el que se muestra en la Figura 11.

FIGURA 11
REPRESENTACIÓN DEL ESPACIO HSI



Fuente: (Russ, 2006).

La capacidad de separar la intensidad o luminosidad de las otras componentes provoca que el espacio HSI resulte útil para el

procesamiento de imágenes ya que permite dejar de lado los cambios de iluminación que se presenten en el ambiente a trabajar.

2.2.13. PROCESAMIENTO DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES EN MATLAB

Una vez definido el espacio en el cual se trabajará y antes de pasar a la sección de procesamiento de alto y bajo nivel se explicará cómo se realiza la adquisición y procesamiento de imágenes en Matlab a través de sus aplicaciones *Image Acquisition Toolbox* e *Image* en (MathWorks, 2005) También se describirán algunos conceptos importantes para una mayor comprensión de los algoritmos programados.

Una de las ventajas en la selección de Matlab como programa para elaborar esta tesis fue el hecho de contar con una librería dedicada a la adquisición y procesamiento de imágenes. Esta adquisición era posible con tan solo conectar un dispositivo (MathWorks, 2005).

La librería de adquisición de imágenes posee un enfoque orientado a objetos. Todo inicia con la creación de un objeto que será la conexión entre Matlab y el dispositivo de adquisición. Usando las propiedades de ese objeto se pueden controlar diversas características tales como la cantidad de cuadros que se quieren almacenar y cada cuándo almacenarlos. La adquisición inicia con el accionamiento del trigger, este puede ser manual o automático. Para trabajar con las imágenes adquiridas, éstas deben llevarse al espacio de Matlab. Cuando las imágenes se adquieren se guardan como cuadros y se deben convertir a imágenes para manipularlas como cualquier otro arreglo (Santana *et al.*, 2014).

2.2.14. PROCESO PARA ADQUIRIR IMÁGENES EN MATLAB

En términos generales, la adquisición de imágenes a través de Matlab es muy sencilla si se siguen los pasos descritos en la figura 12.

FIGURA 12

PROCESO DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES EN MATLAB



Fuente: (Santana *et al.*, 2014).

2.2.15. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE IMAGEN

2.2.15.1. PÍXEL

Del inglés “*picture element*”, o “elemento de la imagen” es la menor unidad en la que se descompone una imagen digital, ya sea una fotografía, un fotograma de video o un gráfico. El píxel solo puede ser de color rojo, verde o azul no la mezcla de los tres. Un píxel, solo tiene un color no puede tener dos colores. La profundidad del BIT o la profundidad del píxel o profundidad del color, estima los valores que puede llegar a tener cada píxel que forma la imagen. Si tiene más cantidad de bits por píxel más colores, mayor resolución de imagen y mayor tamaño del archivo (González, Woods, Rodríguez, y Rosso, 1996).

2.2.15.2. UN MODELO DE IMAGEN SIMPLE

En (González *et al.*, 1996) el término imagen se refiere a una función bidimensional de la luz y la intensidad, a la que indicamos por $f(x, y)$, donde el valor o amplitud de f en las coordenadas espaciales (x, y) da la intensidad (iluminación) de la imagen en este punto. La naturaleza básica de $f(x, y)$ puede estar caracterizada por dos componentes: La cantidad de luz incidente procedente de la fuente sobre la escena contemplada y la cantidad de luz reflejada por los objetos de la escena.

2.2.15.3. HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN

El histograma es una representación gráfica de la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los niveles de intensidad (niveles de gris) de una imagen. (González *et al.*, 1996)

El Histograma de una imagen digital con niveles de gris en el rango de $[0, L - 1]$, es una función discreta:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

Donde r_k es el k -ésimo nivel de gris, n_k es el número de píxeles de la imagen con ese nivel de gris, n es el número total de píxeles de la imagen y $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$.

2.2.15.4. ECUALIZACIÓN DEL HISTOGRAMA

Es la Transformación de los niveles de gris de una imagen para conseguir que su histograma sea lo mas plano posible. Sus características más importantes son: aprovecha mejor el número de

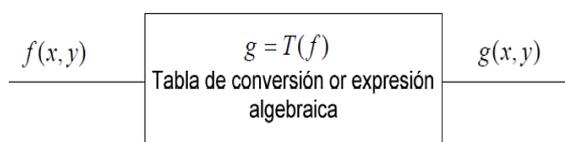
niveles disponible, aumenta el contraste, a veces revela detalles ocultos por un bajo contraste.(González *et al.*, 1996).

2.2.15.5. TRANSFORMACIÓN DEL NIVEL DE GRIS

El procesamiento en el dominio espacial es usualmente manejado píxel a píxel (Bow, 2002), cuando cierto píxel de la imagen depende de la información que se tiene del mismo, sin considerar el valor de los píxeles vecinos se le llama procesamiento de punto y existen varios caminos para tratar dicho procesamiento, tales como: la transformación del nivel de gris y otros como la modificación del histograma.

FIGURA 13

DIAGRAMA DE BLOQUE, TRANSFORMACIÓN DEL NIVEL DE GRIS



Fuente: (Bow, 2002).

2.2.15.6. FORMATOS DE IMÁGENES

El formato de la imagen es muy importante al momento de elaborar una base de datos, para su elección hay que tener en cuenta la aplicación.(Rodríguez y Zevallos, 2015)

2.2.15.7. PNG: PORTABLE NETWORK GRAPHICS

Formato que surgió con la idea de crear un standard de máxima calidad con buen ratio de compresión y libre.

Puede soportar todos los colores de imagen, usa una lossless compresión para reducir el tamaño de ficheros, no pierde calidad. Soporta colores en 8-bit en lo que alcanza ratios similares al gif. Los navegadores lo tienen soportado salvo versiones muy viejas.(Rodríguez y Zevallos, 2015)

2.2.15.8. JPG: JOIN PICTURE EXPERT GROUP

Imágenes trae color (color real) con pérdida de calidad y muy buen ratio de compresión. Imágenes de color real se pueden comprimir de manera muy efectiva con el JPEG, las cámaras digitales y scanners pueden usar este formato sin problemas. Las imágenes comprimidas usan una pérdida de calidad inteligente en concordancia con la capacidad del ojo humano(Rodríguez y Zevallos, 2015).

Ventajas:

- Convierte la imagen más compleja en un archivo muy pequeño.
- Permite aprovechar al máximo el espacio en disco.
- Soportado por todos los navegadores.

Desventajas:

- Se obtienen imágenes de menor calidad.

2.2.15.9. GIF: GRAPHICS INTERCHANGE FORMAT

Máximo de colores 256 diferentes, soporta animación y transferencia. Es non lossy, no pierde calidad ni la imagen se ve modificada, muy buen ratio de compresión. Es un formato bajo licencia, su sustituto ideal es el PNG al soportar también los 8-bit. Soportado por todos los navegadores (Sánchez y Taborda, 2014).

Ventajas:

- Ahorra mucho espacio en disco para la calidad que puede ofrecer.
- El algoritmo que tiene no daña las imágenes.
- Puede contener animaciones.

Desventajas:

- Tiene capacidad de 256 colores como máximo.

2.2.15.10. TIFF: TAGGED IMAGE FILE FORMAT

Uno de los formatos más antiguos que se siguen usando todavía, TIFF es muy poderoso pero complicado debido sobretodo a sus diferentes revisiones (Rodríguez y Zevallos, 2015).

Ventajas:

- Contiene mucha información útil.
- Gran calidad de las imágenes, con compresión no destructiva.

Desventajas:

- Ocupa mucho espacio.
- Solo algunos programas a parte de los programados por Adobe System pueden reconocer la codificación Mac/PC sin problemas.
- No soportado por navegadores.

2.2.15.11. BMP: WINDOWS BITMAP

Es utilizado por las aplicaciones Microsoft Windows. Soporta color completo, pero no tiene ninguna compresión. (Rodríguez y Zevallos, 2015)

Ventajas:

- Lo reconocen todas las PC que contengan Windows.
- Las imágenes tienen mucha calidad y se leen muy rápidamente

Desventajas:

- No se puede comprimir de ninguna manera posible o forma conocida.
- No lo reconoce ninguna computadora que no sea PC.

2.2.15.12. FORMATO FIF: EL FORMATO ESPACIAL

Este formato fue creado por la NASA y significa Fractal Image Format (.FIF) este formato puede dejar una imagen de varios Mbytes en pocos Kbytes. Su calidad deja mucho que desear pero esto no les importa a los de la NASA quienes son los que lo utilizan con más frecuencia (Rodríguez y Zevallos, 2015).

El formato a elegir esta directamente ligado a la aplicación, así se utilizó el formato .JPG. La pérdida de calidad que tiene este formato no afecta de manera relevante el procesamiento de la imagen, ya que las papas presentan en su superficie marcas de considerable tamaño, como son hoyos, rajás. Además por la cantidad de imágenes procesadas conviene tenerlas en un formato no muy pesado.

2.2.16. CREANDO UNA GUI EN MATLAB

MATLAB permite crear interfaces de usuario de una forma sencilla mediante la herramienta GUIDE (MathWorks, 2005). Con esta herramienta se puede aprovechar las capacidades de MatLab y elaborar

programas, como ayuda se puede utilizar en línea de comandos help y también presionando la tecla F1.

El desarrollo del interfaz requiere crear los objetos, componentes que permiten interactuar al usuario, definir las acciones que se deben llevar a cabo, muy parecido al lenguaje visual lo cual se realiza en dos etapas:

- Diseño de los componentes (controles, menús y ejes) que formarán el GUI.
- Programación de la respuesta de cada uno de los componentes ante la interacción del usuario.

Una vez que se tiene el boceto de la forma de la interfaz con sus componentes, se guarda el proyecto y entonces la herramienta GUIDE genera de forma automática un fichero .m que controla el funcionamiento del GUI. Este fichero .m inicializa el GUI y contiene un marco para todos los callbacks del GUI, es decir, las órdenes que se ejecutan cuando el usuario interactúa con un elemento del GUI. Usando el editor de MATLAB se puede añadir código a los callbacks para realizar las funciones que se les quiera asignar. (Smith, 2013)

Para abrir GUIDE, se ejecuta el comando guide desde la ventana de comando de MatLab Figura 14. Esto abre la ventana de la Figura 15, donde se puede elegir entre abrir un trabajo previo para modificarlo, o se puede elegir crear un nuevo GUI. Se puede seleccionar entre cargar una plantilla en blanco, con diferentes objetos (uicontrols), ejes para imágenes o gráficos, una ventana de confirmación, etc. (Release, 2013)

FIGURA 14

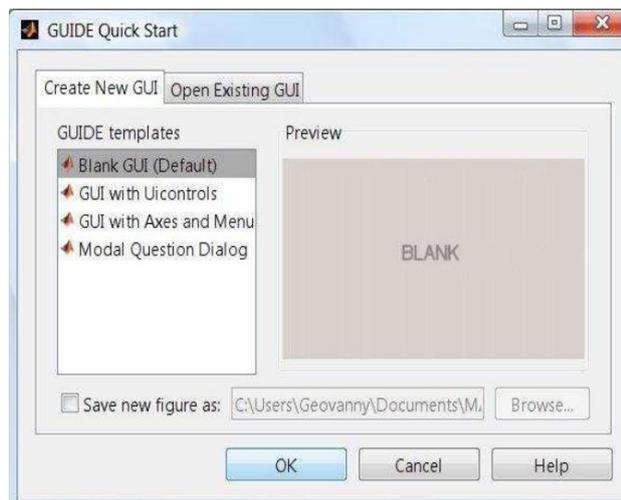
VENTANA DE COMANDO PRINCIPAL EN MATLAB



Fuente: (MathWorks, 2005).

FIGURA 15

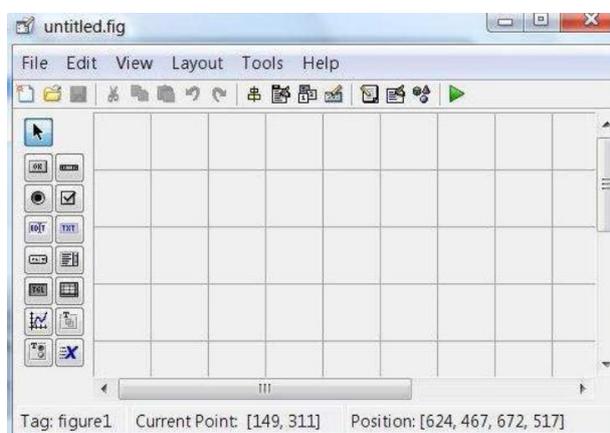
VENTANA GUIDE QUICK START INICIO GUIDE MATLAB



Fuente: (MathWorks, 2005).

Para este propósito, se selecciona la opción Blank GUI (Default). Una vez hecho lo anterior, MatLab abrirá el editor de diseño (.fig) de la parte gráfica de la aplicación a implementar (ver figura 16), donde se colocan y determina la posición donde irán ubicados los botones, gráficas, textos, etc.

FIGURA 16
ENTORNO PARA LA CREACIÓN DE INTERFACES GRÁFICAS
GUIDE



Fuente: (MathWorks, 2005).

En la parte superior se encuentran los menús y opciones de GUIDE, en la parte izquierda se encuentran los diferentes controles, componentes disponibles y el área central corresponde a la de diseño, donde se ponen los controles a usar. (Smith, 2013).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN

3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicado en la ciudad de Puno, localizado al rededor de las orillas occidentales de la Bahía Interior, en el departamento, provincia y distrito de Puno a 3 810 m.s.n.m; geográficamente la Bahía Interior de Puno se encuentra ubicada entre las coordenadas 15°48'57" y 15°51'35" de latitud sur y 69°57'13" y 70°01'15" de latitud oeste.

La Bahía Interior de Puno, tiene una Extensión de 17,3 km², es un espejo de agua de forma elíptica y mide 2,4 km de ancho desde la Isla Esteves hasta la Isla Espinar y una longitud de 3,5 km desde el puerto de Puno hasta la boca del canal hacia Chimu.

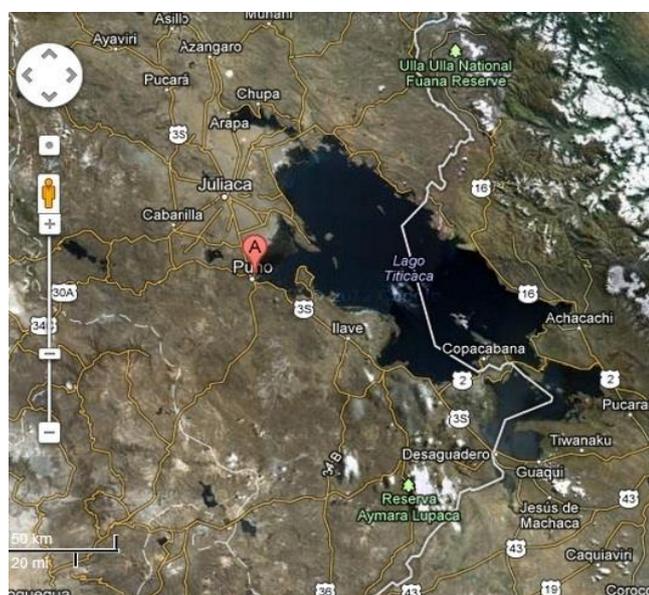
La profundidad máxima encontrada es de 8 m y la profundidad promedio es de aproximadamente de 2,4 m; el área de superficie menor a 2 m de profundidad corresponde al 50% de área total de la Bahía Interior de Puno.

Al este de la Bahía, el acceso se encuentra bloqueado por extensos totorales, dejando abierto un canal de aproximadamente de 30 m de ancho,

cerca de Chimu, que la une a la Bahía Exterior, este canal tiene una profundidad de 6 a 7 m; así mismo, existe otro canal de navegación que conduce hacia las Islas flotantes de los Uros, localizado en la parte noreste de la Bahía en las proximidades de la Isla Esteves, que tiene una profundidad media variable de 1 a 4 m.

FIGURA 17

MAPA SATELITAL DEL LAGO TITICACA, 2009



Fuente: (Sullivan, 2009).

3.2. METODOLOGÍA Y ETAPAS DEL TRABAJO

La tesis se desarrolló en 4 etapas:

- i. Obtención y selección de las imágenes para evaluar los parámetros RGB.
- ii. Evaluación de las imágenes y obtención de la matriz RGB para cada imagen con 30 muestras utilizando Image Processing Toolbox de Matlab.
- iii. Determinación de los parámetros promedio para cada matriz RGB de cada imagen.

iv. Obtención de límites de valor RGB para el procesamiento de imágenes de *Lemna* y agua del Lago Titicaca.

3.2.1. OBTENCIÓN Y SELECCIÓN DE LAS IMÁGENES PARA EVALUAR LOS PARÁMETROS RGB

Las imágenes serán tratadas independientemente en cada zona de bahía de la ciudad de Puno con el Lago Titicaca se proponen 8 zonas como se muestra en la siguiente figura obtenida de Google Earth

FIGURA 18

ZONAS PROPUESTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE *LEMNA*, GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se mostraran las imágenes propuestas para la obtención de los parámetros RGB y asumiendo toda la bahía interior de Puno trabajando con Google Earth y fecha de imágenes agosto 2013.

FIGURA 19

ZONA 1 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 20

ZONA 2 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 21

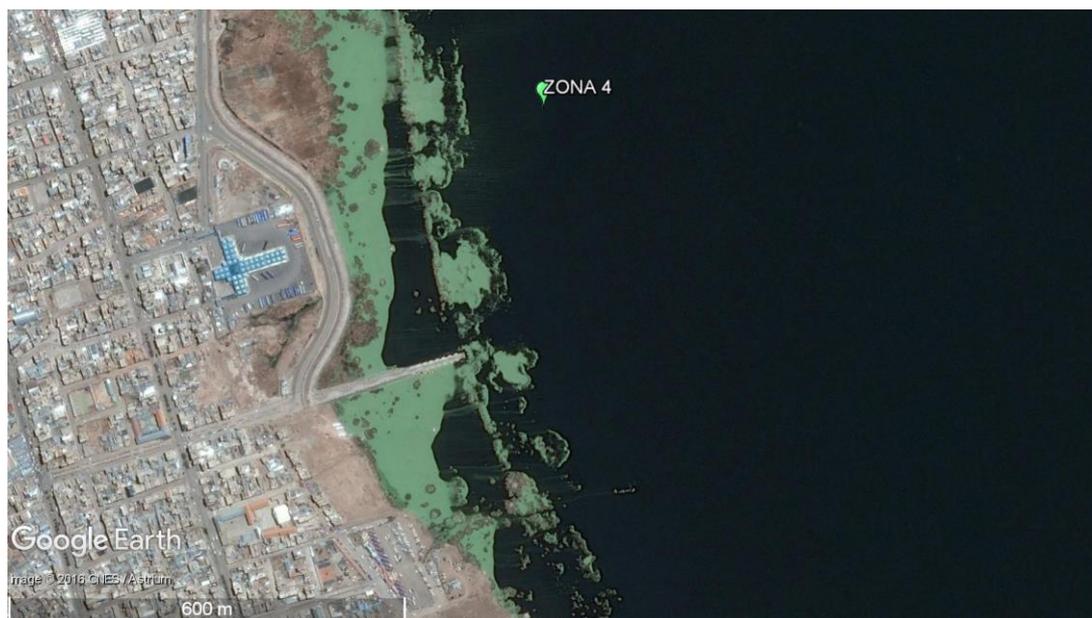
ZONA 3 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 22

ZONA 4 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 23

ZONA 5 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 24

ZONA 6 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 25

ZONA 7 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 26

ZONA 8 GOOGLE EARTH AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. EVALUACIÓN DE LAS IMÁGENES Y OBTENCIÓN DE LA MATRIZ RGB PARA CADA IMAGEN

Para detectar la cantidad de *Lemna* en una imagen de la Bahía interior de Puno, tenemos que evaluar las imágenes y encontrar los valores RGB de *Lemna*, ya que si no encontramos intervalos exactos de los valores RGB de *Lemna*, éstos se pueden confundir con algún otro tipo de vegetación y también confundirse con el agua del Lago Titicaca. Para la identificación de los valores RGB de los píxeles en las imágenes anteriores de la zona 1 hasta la zona 8, usamos la función `impixel` del IPT (Image Processing Toolbox) de MATLAB. Con el código a continuación y obtendremos las matrices del rango de cada pixel RGB.

```
>>RGB = imread('zona 1.jpg'); %nombre del archivo para muestras  
>>pixels = impixel(RGB)
```

Nos muestra otra pantalla donde carga la imagen para capturar pixel por pixel y sacar la matriz con 30 datos de cada pixel RGB.

FIGURA 27

CAPTURA DE MUESTRAS EN MATLAB PARA LA MATRIZ RGB ZONA 1



Fuente: Elaboración propia.

Del cual obtenemos la siguiente matriz:

CUADRO 1

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 1

R	G	B
109	146	115
110	147	116
112	145	118
114	150	122
115	145	119
115	145	120
115	154	123
115	155	121
115	145	119
116	146	120
116	150	123
116	149	120
116	153	122
117	146	124
118	159	127
118	159	129
119	153	126
119	147	122
120	150	122
120	155	125
121	149	124
121	149	124
121	149	124
121	151	125
121	156	126
122	157	127
122	155	126
123	156	127
123	141	119
128	161	135

Fuente: Elaboración propia.

Analizaremos con MatLab todas las zonas propuestas desde la zona 2 hasta la zona 8 en los cuadros que estarán en el anexo 1.

3.2.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PROMEDIO PARA CADA MATRIZ RGB DE CADA IMAGEN

Utilizando los cuadros del anexo 1 y ordenando obtenemos valores R.

CUADRO 2

VALORES ORDENADOS PARA R DE TODAS LAS ZONAS

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
109	103	106	103	107	103	103	103
110	105	110	112	110	105	103	104
112	106	112	112	110	105	104	104
114	107	112	113	110	105	105	105
115	107	112	113	110	106	105	105
115	108	113	113	110	106	106	108
115	109	113	113	110	107	109	108
115	109	113	114	111	107	110	108
115	109	113	114	111	107	110	108
116	110	113	114	111	107	110	109
116	111	113	114	112	107	118	109
116	111	114	114	112	108	118	110
116	112	114	114	112	109	119	111
117	112	115	114	112	109	119	111
118	112	115	115	113	109	120	111
118	113	115	115	113	109	120	112
119	114	115	115	113	109	121	113
119	115	116	115	113	109	122	113
120	115	116	115	114	109	124	113
120	115	116	115	115	109	126	116
121	117	116	116	115	110	126	116
121	118	116	116	115	110	126	116
121	118	117	116	115	110	132	121
121	120	117	116	116	113	133	121
121	120	118	117	116	115	134	125
122	122	119	118	116	117	134	126
122	122	120	118	117	118	135	126
123	124	120	120	117	120	135	130
123	125	120	122	118	128	138	146
128	128	122	126	119	129	138	149

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando los cuadros del anexo 1 y ordenando obtenemos valores G el orden esta de menor a mayor para obtener los limites para este parámetro RGB expresado en columnas.

CUADRO 3

VALORES ORDENADOS PARA G DE TODAS LAS ZONAS

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
141	140	147	152	141	140	142	140
145	141	149	152	143	141	145	140
145	141	149	153	145	143	145	141
145	142	150	153	146	143	146	141
145	143	152	154	147	143	147	141
146	143	153	154	149	147	147	141
146	143	153	154	149	148	148	142
146	144	153	154	149	148	149	143
147	144	154	155	149	148	149	143
147	144	155	156	149	151	151	145
149	145	156	156	150	151	151	145
149	146	156	156	150	151	153	146
149	146	157	156	150	153	154	147
149	147	158	156	152	153	154	147
150	147	159	156	153	155	155	147
150	148	159	157	153	157	156	148
150	148	159	158	154	160	157	149
151	148	161	158	154	165	159	149
153	149	161	158	154	167	160	149
153	150	162	158	155	167	160	149
154	150	162	158	155	167	162	151
155	150	162	158	155	168	162	157
155	151	162	158	156	168	163	157
155	151	163	159	156	169	163	158
156	152	163	160	156	170	166	158
156	152	163	160	158	170	167	159
157	152	164	160	158	181	177	160
159	152	164	160	158	184	179	161
159	158	164	162	159	187	188	161
161	160	166	162	160	189	190	165

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando los cuadros del anexo 1 y ordenando obtenemos valores B el orden esta de menor a mayor para obtener los limites para este parámetro RGB expresado en columnas.

CUADRO 4

VALORES ORDENADOS PARA B DE TODAS LAS ZONAS

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
115	110	117	120	111	110	110	111
116	112	118	120	115	112	115	111
118	112	120	121	116	112	117	111
119	112	120	122	116	112	121	112
119	114	121	122	118	112	119	112
119	115	121	122	118	114	115	112
120	115	122	123	118	114	113	112
120	116	122	123	118	115	110	112
120	117	123	124	120	119	124	112
121	117	123	124	120	119	120	113
122	117	124	124	120	120	120	113
122	117	124	124	121	122	143	113
122	117	125	124	121	124	129	113
122	119	126	125	121	128	127	113
123	119	126	125	122	131	112	113
123	119	126	125	122	131	130	114
124	120	126	125	122	134	110	116
124	120	127	125	122	138	129	116
124	120	127	125	122	141	111	118
124	122	128	126	123	148	116	119
125	122	128	126	123	153	116	119
125	122	129	126	123	154	120	119
126	124	129	126	124	155	131	125
126	124	129	127	124	156	119	127
126	125	129	127	125	156	124	128
127	125	130	127	126	156	112	129
127	126	131	127	126	158	128	129
127	126	131	130	127	158	114	130
129	128	133	133	127	160	118	130
135	130	133	134	127	167	152	137

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. OBTENCIÓN DE LÍMITES DE VALOR RGB PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE *LEMNA* Y AGUA DEL LAGO TITICACA

Finalmente obtenemos los valores límites de *Lemna* y agua del Lago Titicaca con los siguientes valores obtenidos.

$$\mathbf{R} = [103; 149]$$

$$\mathbf{G} = [140; 165]$$

$$\mathbf{B} = [110; 167]$$

Ahora teniendo estos valores límites de RGB realizaremos un programa utilizando IMAGE PROCESSING TOOLBOX de MATLAB y GUIDE de MATLAB en el anexo 2.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL ÁREA AFECTADA EN LAS IMÁGENES PROPUESTAS POR ZONAS

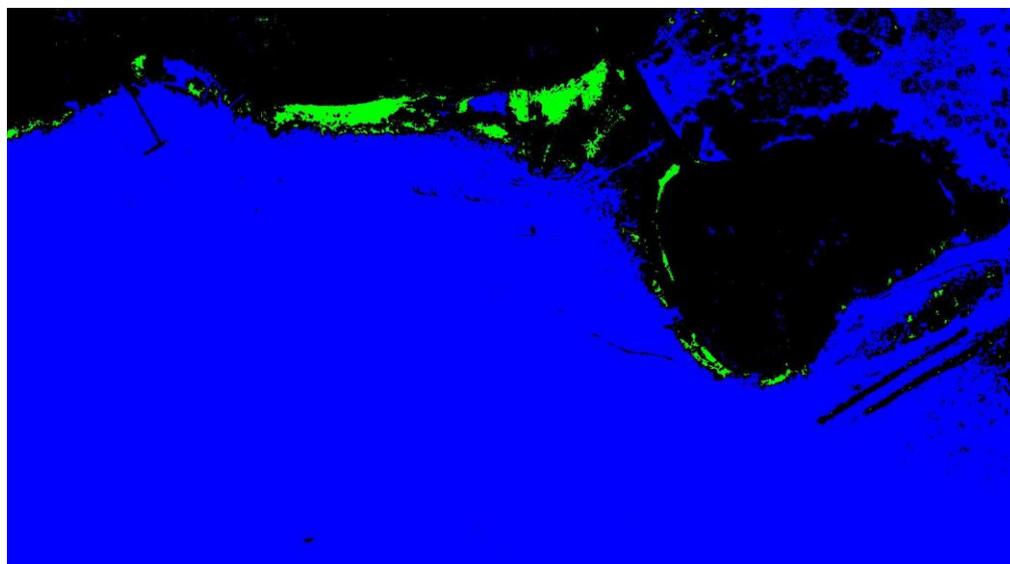
Para alcanzar al objetivo general se realiza la programación en el anexo 2 utilizando los cuadros y límites obtenidos para los valores RGB para el *Lemna* y agua del Lago Titicaca utilizando MatLab en su herramienta Image Processing Toolbox y lograr cuantificar la zona afectada por Lemna en la bahía interior de Puno. Esta cuantificación se logra gracias a la escala que nos brinda la imagen guardada de Google Earth.

Para el primer objetivo específico, se presentan los resultados obtenidos evaluados en el MatLab utilizando Image Processing Toolbox de Matlab en el cual esta aplicado en el programa realizado en GUIDE de MatLab en el anexo 2, para visualizar el área afectada en cada zona planteada en el capítulo 3, se trabaja independientemente cada imagen dando como resultado el área en metros cuadrados de *Lemna*. La identificación se realiza píxel por píxel y se realiza un cambio de color al área afectada de *Lemna* para que sea mejor visualizada así también como el agua del lago Titicaca es cambiada de color y todo lo demás no se visualiza como resultado o datos reconocidos.

4.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 1.

FIGURA 28

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 1 AGOSTO 2013

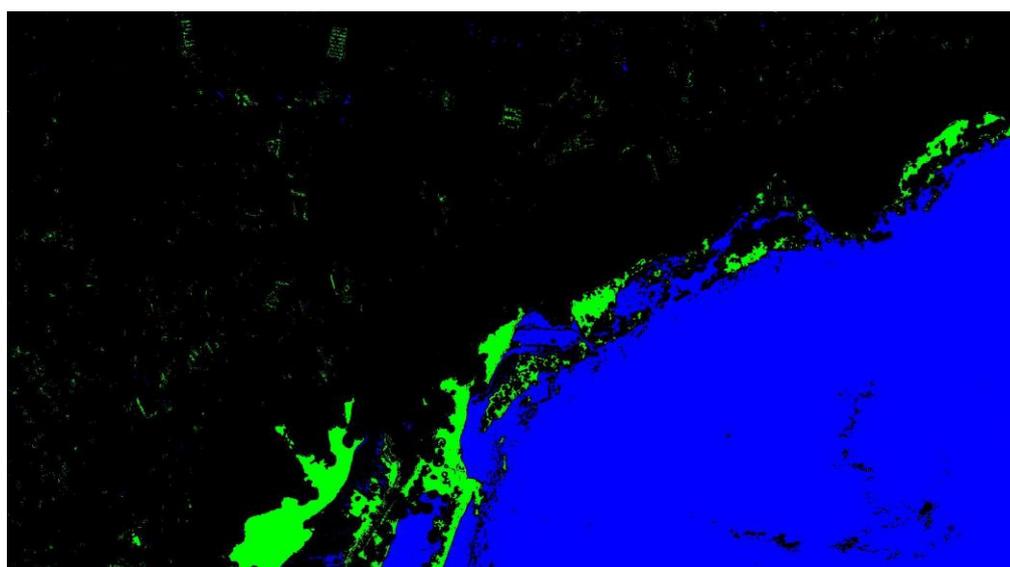


Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 2

FIGURA 29

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 2 AGOSTO 2013

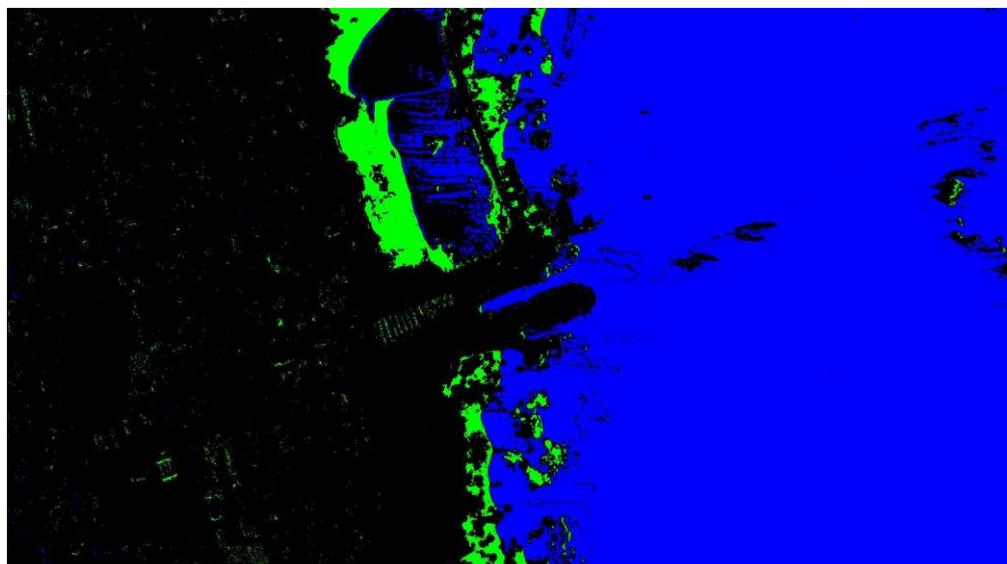


Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 3

FIGURA 30

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 3 AGOSTO 2013

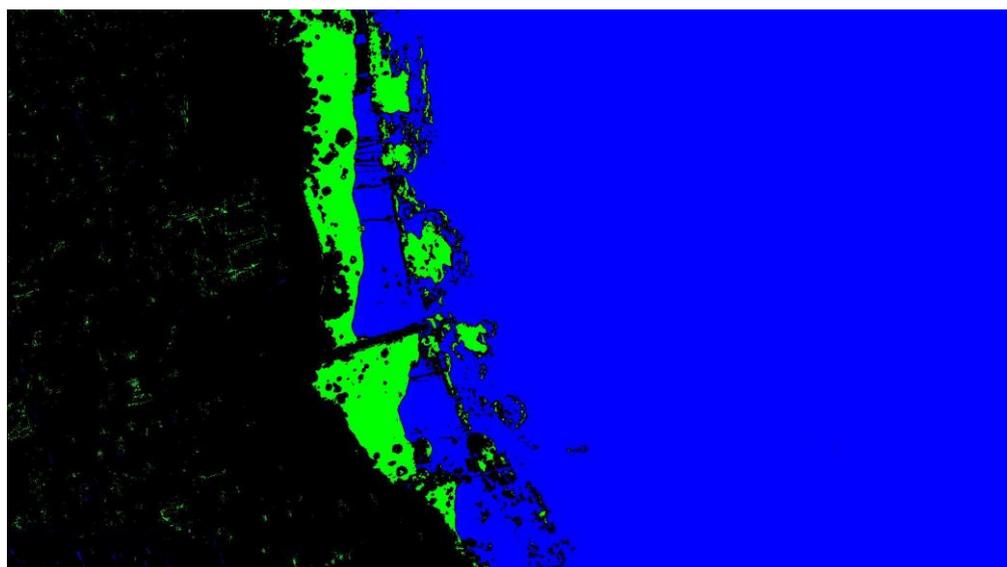


Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 4

FIGURA 31

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 4 AGOSTO 2013

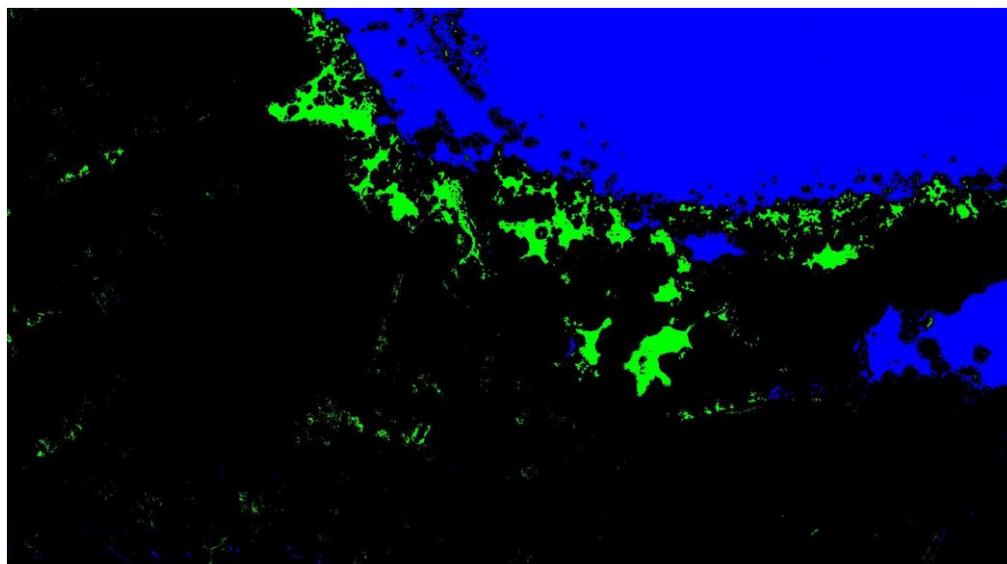


Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 5

FIGURA 32

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 5 AGOSTO 2013

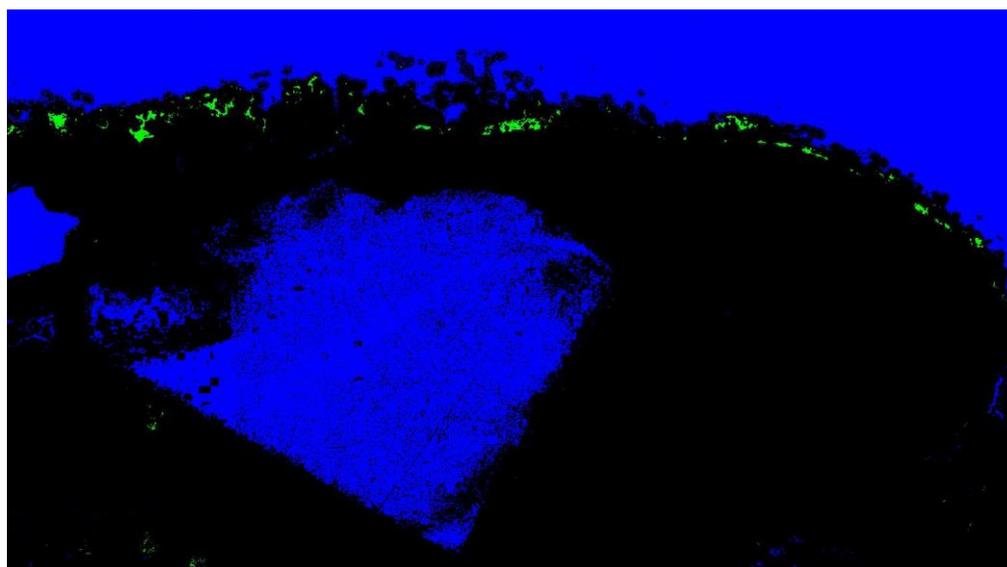


Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 6

FIGURA 33

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 6 AGOSTO 2013

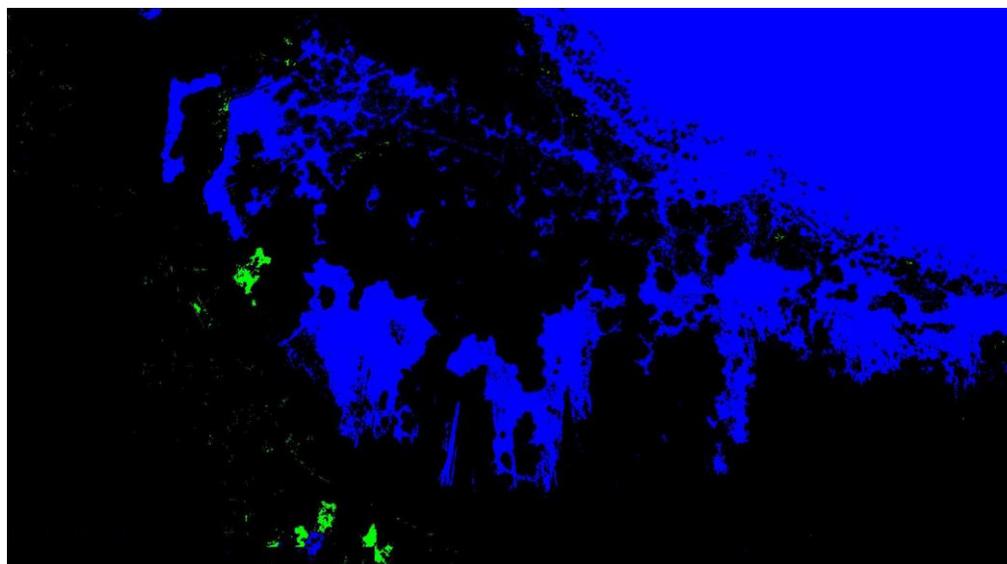


Fuente: Elaboración propia.

4.1.7. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 7

FIGURA 34

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 7 AGOSTO 2013

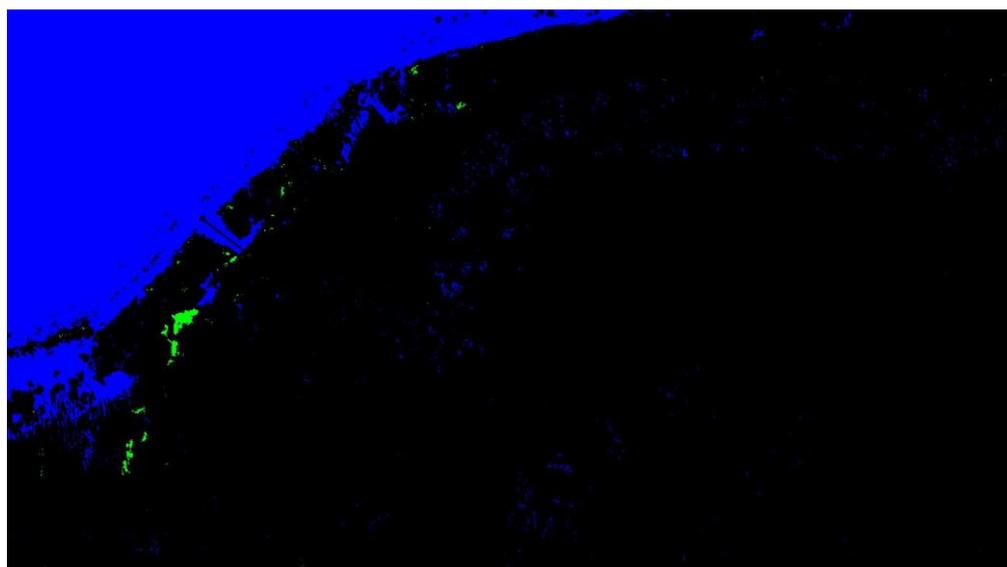


Fuente: Elaboración propia.

4.1.8. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 8

FIGURA 35

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA ZONA 8 AGOSTO 2013



Fuente: Elaboración propia.

4.1.9. ÁREA OBTENIDA DE *LEMNA* DESDE ZONA 1 HASTA ZONA 8 EN METROS CUADRADOS

Se obtiene mediante el GUIDE realizado en MatLab obteniendo el siguiente resultado en el cuadro:

CUADRO 5

ÁREA OBTENIDA DE *LEMNA* PARA LA ZONA 1 HASTA LA ZONA 8 EN METROS CUADRADOS

ZONAS EVALUADAS	
ZONA	ÁREA EN m ²
ZONA 1	25406.30
ZONA 2	53196.30
ZONA 3	55966.60
ZONA 4	79748.20
ZONA 5	31255.50
ZONA 6	3555.49
ZONA 7	6832.81
ZONA 8	3298.99

Fuente: Elaboración propia.

4.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ÁREA AFECTADA POR *LEMNA* EN LAS IMÁGENES PROPUESTAS POR ZONAS.

Para alcanzar al segundo objetivo específico, se presentan los resultados obtenidos evaluados en el MatLab utilizando un programa realizado en GUIDE de MatLab con ayuda de Image Processing Toolbox de MatLab herramienta aplicada en el primer objetivo específico. Para calcular el porcentaje del área afectada se aprovecha las imágenes de Google Earth que nos facilita guardar las imágenes de diferentes tamaños. Mostraremos información de la imagen empezando por ruta del archivo cuyo nombre empieza por la fecha de la imagen

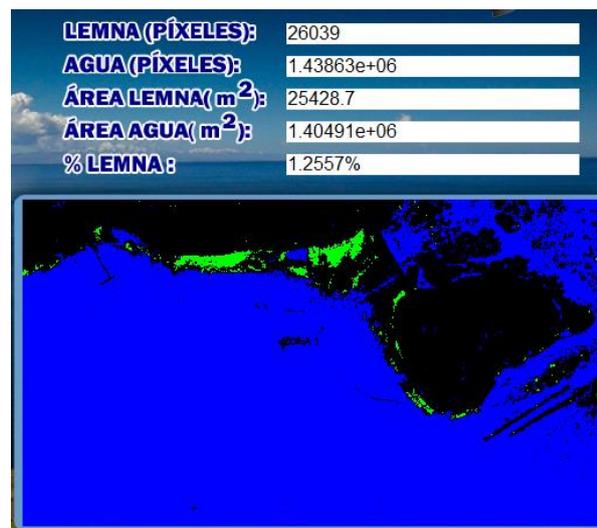
satelital, la zona que pertenece y la escala. El tamaño del archivo en bytes, el ancho, altura y la resolución en píxeles.

FIGURA 36
CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN CARGADA PARA SER
EVALUADA EN GUIDE DE MATLAB



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 37
IMAGEN PROCESADA EN GUIDE DE MATLAB



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 1

FIGURA 38

PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 1



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 2

FIGURA 39

PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 2



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 3

FIGURA 40
PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 3



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 4

FIGURA 41
PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 4



Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 5

FIGURA 42
PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 5



Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 6

FIGURA 43
PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 6



Fuente: Elaboración propia.

4.2.7. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 7

FIGURA 44
PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 7



Fuente: Elaboración propia.

4.2.8. PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA POR LEMNA EN LA ZONA 8

FIGURA 45
PORCENTAJE DEL ÁREA AFECTADA ZONA 8



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se realizó la programación en el anexo 2 utilizando los cuadros y límites obtenidos para los valores RGB para *Lemna* y agua del Lago Titicaca utilizando MatLab en su herramienta Image Processing Toolbox y lograr cuantificar la zona afectada por *Lemna* en la bahía interior de Puno. Esta cuantificación se logra gracias a la escala que nos brinda la imagen guardada de Google Earth primeramente obteniendo en píxeles y luego en área.
- Se presentan los resultados obtenidos evaluados en el MatLab utilizando Image Processing Toolbox de Matlab en el cual está aplicado en el programa realizado en GUIDE de MatLab en el anexo 2, para visualizar el área afectada en cada zona planteada en el capítulo 3, se trabajó independientemente cada imagen dando como resultado el área en metros cuadrados de *Lemna*. La identificación se realiza píxel por píxel y se realiza un cambio de color al área afectada de *Lemna* para que sea mejor visualizada así también como el agua del lago Titicaca es cambiada de color. Obteniendo los resultados para cada zona: Zona 1 con un área de *Lemna* de 25406.3m², Zona 2 con un área de *Lemna* de 53196.3m², Zona 3 con un área de *Lemna* de 55966.6m², Zona 4 con un área de *Lemna* de 79748.2m², Zona 5 con un área de *Lemna* de 31255.5m², Zona 6 con un área de *Lemna* de 3555.49m², Zona 7 con un área de *Lemna* de 6932.81m²,

Zona 8 con un área de *Lemna* de 3298.99m². Dando como resultado la zona 4 con mayor área y como resultado menor en área la zona 8.

- Se determinó el porcentaje de área afectada por *Lemna* en una imagen satelital de la bahía interior de Puno con el Lago Titicaca utilizando la programación en MatLab y terminando un programa con GUIDE de MATLAB. Se presentan los resultados obtenidos evaluados en el MatLab utilizando un programa realizado en GUIDE de MatLab con ayuda de Image Processing Toolbox de MatLab herramienta aplicada en el primer objetivo específico. Para calcular el porcentaje del área afectada se aprovecha las imágenes de Google Earth que nos facilita guardar las imágenes de diferentes tamaños. Mostraremos información de la imagen empezando por ruta del archivo cuyo nombre empieza por la fecha de la imagen satelital, la zona que pertenece y la escala. El tamaño del archivo en bytes, el ancho, altura y la resolución en pixeles. Y al ser procesada la imagen mostramos como resultados cantidad de pixeles del agua y *Lemna*, área de *Lemna*, área del agua y porcentaje total de *Lemna* de toda la imagen satelital. La imagen procesada se puede guardar como imagen utilizando el programa realizado en matlab para identificar el área afectada por *Lemna* en la bahía interior de Puno.

RECOMENDACIONES

- Para continuar con la validación del presente trabajo, se debería tomar más zonas e imágenes de mejor calidad porque se tiene desventaja la no actualización inmediata de las imágenes satelitales de Google Earth por ser de acceso gratuito.
- Manejar imágenes más grandes y de mejor calidad para la identificación del área afecta por *Lemna*, hacer un eliminado de ruido en la imagen para poder ser más confiable utilizando MatLab mediante filtros de mejora en imagen.
- Es importante también mejorar las imágenes y volver a tomar mas muestras de color de la lemna en RGB para modificar el programa de GUIDE MATLAB realizado. Por tener cantidad de agua y también cantidad de *Lemna* y otro porcentaje que no es *Lemna* ni agua que también se debería identificar para realizar una mejor respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, R. (2015). Análisis espectral del Lago de Guadalupe, mediante imágenes de satélite y datos in situ. *Investigaciones Geográficas*, 0(86). doi: 10.14350/rig.42338
- Alonso, J., y Batlles, F. J. (2015). The use of a sky camera for solar radiation estimation based on digital image processing. *Energy*, 90, 377-386. doi: 10.1016/j.energy.2015.07.028
- Arroyave, M. d. P. (2013). La lenteja de agua (lemna minor L.): una planta acuática promisoría. *Revista EIA*, 1(1), 33-38.
- Barbieri, B., Bravo, R., Farías, S., González, C., Pizarro, A., y Yáñez, R. (1995). Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. *Investigaciones marinas*, 23, 99-122.
- Bow, S. T. (2002). *Pattern recognition and image preprocessing*: CRC Press.
- Burns, M., Hanson, M. L., Prosser, R. S., Crossan, A. N., y Kennedy, I. R. (2015). Growth Recovery of Lemna gibba and Lemna minor Following a 7-Day Exposure to the Herbicide Diuron. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 95(2), 150-156.
- Carantón, R., Pérez, M., Caicedo, J. R., y Association, I. W. (2003). EL USO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS COMO BIEN ECONOMICO Una

estrategia Win-Win para financiar los costos de tratamiento a través de la recuperación de nutrientes para animales *Memorias del evento: Agua 2003* (pp. 1-9): IWA.

Cleva, M. S., Sampallo, G., Gonzalez, A., y Acosta, C. (2013). Método para la determinación del volumen de una muestra de granos de arroz mediante el procesamiento digital de imágenes. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 39(2), 185-190.

Cook, C. D. K., Gut, B. J., Rix, E. M., y Schneller, J. (1974). *Water Plants of the World: A Manual for the Identification of the Genera of Freshwater Macrophytes*: Springer Netherlands.

Cuevas, E., y Ortega, N. (2013). El algoritmo de búsqueda armónica y sus usos en el procesamiento digital de imágenes. *Computación y sistemas*, 17(4), 543-560.

Cuevas, E., Zaldívar, D., y Pérez, M. (2010). Procesamiento digital de imágenes usando MatLAB y Simulink: Alfaomega.

Chan, T. F., y Shen, J. (2005). *Image Processing and Analysis: Variational, PDE, Wavelet, and Stochastic Methods*: Society for Industrial and Applied Mathematics.

Davies, E. R. (2004). *Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*: Elsevier Science.

Forsyth, D. A., y Ponce, J. (2003). A Modern Approach. *Computer Vision: A Modern Approach*.

Gonzalez, R. C., y Richard, E. (2002). Woods, digital image processing. ed: *Prentice Hall Press, ISBN 0-201-18075-8*.

- Gonzalez, R. C., y Woods, R. E. (2007). Image processing. *Digital image processing, 2*.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., y Eddins, S. L. (2004). *Digital image processing using MATLAB*: Pearson Education India.
- González, R. C., Woods, R. E., Rodríguez, F. D., y Rosso, L. (1996). *Tratamiento digital de imágenes* (Vol. 3): Addison-Wesley New York.
- Jurjo, D. L. B. R., Magluta, C., Roitman, N., y Batista Gonçalves, P. (2015). Analysis of the structural behavior of a membrane using digital image processing. *Mechanical Systems and Signal Processing, 54-55*, 394-404.
doi: 10.1016/j.ymssp.2014.08.010
- MathWorks, I. (2005). Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox for Use with MATLAB: User's Guide: MathWorks.
- Ortíz, M. M. (2013). Procesamiento Digital de Imágenes. *Benemérita universidad Autónoma de Puebla* <http://www.cs.buap.mx/~mmartin/pdi>.
- Paegelow, M., Olmedo, M. T. C., y Toribio, J. M. (2003). *Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje*: Asociación de Geógrafos Españoles.
- Pérez, G. R., y Restrepo, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (E. U. d. Antioquia Ed. illustrated ed.): Editorial Universidad de Antioquia.
- Release, M. (2013). The MathWorks. *Inc., Natick, Massachusetts, United States*, 488.
- Roa, J. (2007). Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: Cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana, 48(2)*, 183-219.

- Rodríguez, H., y Zevallos, T. (2015). Autodiagnóstico de osteoporosis a través del procesamiento digital de imágenes de rayos X.
- Ruge, I. A. R., Arias, A. S. P., y Ochoa, D. E. M. (2012). Sistema de selección electrónico de café excelso basado en el color mediante procesamiento de imágenes. *Revista Tecnura*, 16(34), 84-93.
- Russ, J. C. (2006). *The image processing handbook*: CRC press.
- Sánchez, G., y Taborda, J. A. (2014). Estimación automática de la medida de ocupación de playas mediante procesamiento de imágenes digitales. *Revista Tecno Lógicas*, 17(33).
- Santana, F. S., Costa, A. H. R., Truzzi, F. S., Silva, F. L., Santos, S. L., Francoy, T. M., y Saraiva, A. M. (2014). A reference process for automating bee species identification based on wing images and digital image processing. *Ecological Informatics*, 24, 248-260. doi: 10.1016/j.ecoinf.2013.12.001
- Smith, D. M. (2013). *Engineering computation with MATLAB*: Pearson.
- Sullivan, D. (2009). Google Earth Pro. *EContent*, 32(3), 16-18.
- Suthar, S., Verma, R., Deep, S., y Kumar, K. (2015). Optimization of conditions (pH and temperature) for Lemna gibba production using fuzzy model coupled with Mamdani's method. *Ecological Engineering*, 83, 452-455.
- Triana, J. G., Romero, L. C., y Roldán, D. G. (2012). RESTAURACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES MEDIANTE ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES DIGITAL IMAGE RESTORATION BY PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS.
- Wolberg, G. (1990). *Digital image warping*: IEEE Computer Society Press.

Yilmaz, D. D. (2007). Effects of salinity on growth and nickel accumulation capacity of *Lemna gibba* (Lemnaceae). *J Hazard Mater*, 147(1-2), 74-77.
doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.12.047



ANEXOS

ANEXO 1

MATRICES DE DATOS RGB DE ZONA 2 A ZONA 8

CUADRO 6

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 2

R	G	B
105	150	117
122	152	124
112	151	120
107	143	115
109	148	117
112	148	120
118	144	119
110	144	117
120	150	122
109	144	119
109	131	112
113	143	117
111	137	110
108	142	112
106	138	114
128	145	126
115	149	122
115	151	125
122	152	126
115	152	119
120	150	124
111	146	116
117	158	128
125	160	130
124	147	120
114	146	122
118	152	125
107	143	115
103	141	112
112	140	117

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 7

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 3

R	G	B
115	159	126
116	163	129
117	162	129
115	162	128
115	162	128
114	161	127
116	162	126
122	166	133
120	164	131
117	164	130
116	163	129
106	159	117
113	158	125
120	161	129
119	164	131
118	159	127
120	163	133
113	156	126
115	156	126
112	153	121
113	154	122
113	157	124
112	153	121
114	153	122
116	155	124
116	150	123
113	152	123
112	149	118
110	149	120
113	147	120

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 8

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 4

R	G	B
114	158	125
114	158	125
113	157	122
116	160	127
114	158	125
116	160	127
116	160	127
114	158	125
113	154	122
116	160	127
115	156	124
112	162	125
115	159	126
117	158	126
115	156	124
115	154	123
115	156	124
115	156	124
114	156	120
120	158	133
113	156	126
126	162	134
118	154	126
114	155	123
118	152	125
122	158	130
112	153	121
113	154	122
114	153	124
103	152	120

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 5

R	G	B
112	153	121
116	155	124
111	158	122
115	154	123
117	158	126
115	159	126
110	156	120
113	158	125
115	160	127
113	154	122
110	156	120
110	156	120
113	147	122
112	149	118
114	150	122
115	154	127
117	152	122
110	143	116
112	141	111
110	149	118
118	155	124
113	149	121
111	150	121
107	145	115
112	149	118
110	153	123
119	155	127
111	146	116
116	149	118
116	150	123

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 10

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 6

R	G	B
110	143	109
103	151	148
105	148	112
107	140	119
106	167	112
105	148	120
105	155	124
117	147	138
107	168	134
106	167	131
115	151	115
107	141	167
110	153	131
107	143	114
110	157	112
107	151	112
109	148	122
109	167	156
120	170	160
108	169	154
109	170	156
109	168	158
113	153	158
128	189	141
118	181	128
109	160	153
109	165	114
109	143	110
109	187	156
129	184	155

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 11

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 7

R	G	B
102	151	110
104	147	115
109	142	117
138	159	121
103	167	119
105	149	115
121	162	113
110	179	110
135	160	124
120	163	120
119	149	120
126	190	143
134	157	129
134	154	127
120	155	112
122	148	130
126	188	110
118	160	129
105	147	111
110	153	116
124	145	116
118	163	120
110	151	131
126	146	119
132	177	124
135	154	112
133	156	128
138	162	114
119	166	118
106	145	152

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12

MATRIZ CON 30 DATOS RGB DE LA ZONA 8

R	G	B
103	149	113
111	141	112
109	159	113
108	140	116
108	141	112
116	149	112
113	147	113
104	147	112
112	143	111
110	151	119
105	148	111
104	149	129
108	145	112
105	145	113
109	157	114
108	158	112
113	146	113
111	140	111
126	161	128
121	158	127
126	157	125
130	161	130
111	147	119
116	141	119
116	142	113
113	143	118
146	160	137
125	165	130
121	141	116
149	149	129

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

REALIZACIÓN DEL PROGRAMA USANDO GUIDE MATLAB

FIGURA 46

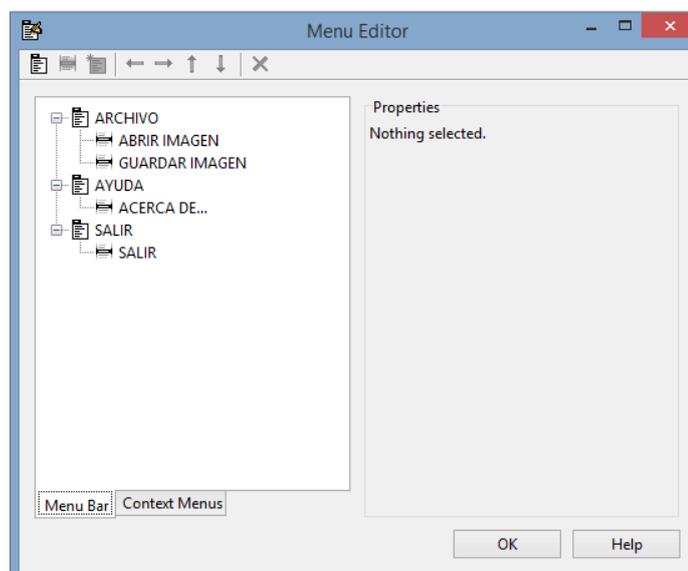
PANTALLA COMPLETA DEL PROGRAMA



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 47

MENU DEL PROGRAMA



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3

CÓDIGO DEL PROGRAMA EN MATLAB

Código abrir imagen

```
[nombre direccion]=uigetfile('*.jpg','Abrir imagen');  
if nombre==0;  
return  
end  
filename=fullfile(direccion,nombre);  
lago=imread(filename);  
lago2=imread(filename);  
info_imagen=imfinfo(filename);  
handles.info_imagen=info_imagen;  
guidata(hObject,handles)  
axes(handles.axes1);  
axis off;  
imshow(lago);  
handles.lago2=lago2;  
guidata(hObject,handles);  
handles.nombre=nombre;  
guidata(hObject,handles);  
handles.filename=filename;  
guidata(hObject,handles);  
handles.newimagen=1;  
guidata(hObject,handles);  
info_imagen=handles.info_imagen;
```

```
set(handles.FILENAME,'String',info_imagen.FileName);  
set(handles.FILESIZE,'String',info_imagen.FileSize);  
set(handles.HEIGHT,'String',info_imagen.Height);  
set(handles.WIDTH,'String',info_imagen.Width);  
set(handles.BITDEPTH,'String',info_imagen.BitDepth);
```

Código en procesar imagen

```
pregunta=questdlg('¿Esta seguro de procesar esta imagen?','PROCESAR  
IMAGEN','Si','No','No');  
if strcmp(pregunta,'No')  
return;  
end  
newimagen=handles.newimagen;  
if newimagen==0  
errordlg({'Esta imagen ya fue procesada','Por favor abra una nueva  
imagen'},'Error');  
return;  
end  
nombre=handles.nombre;  
if nombre==0  
return  
end  
filename=handles.filename;  
lago=imread(filename);  
lago2=imread(filename);
```

```
datos=imfinfo(filename);  
  
Height=datos.Height;  
  
Width=datos.Width;  
  
a=0;  
  
b=0;  
  
x=0;  
  
y=0;  
  
LEMNA1=0;  
  
AGUA1=0;  
  
for a=1:Height  
  
for b=1:Width  
  
R=lago(a,b,1);  
  
G=lago(a,b,2);  
  
B=lago(a,b,3);  
  
if R>=103 y R<=140  
  
if G>=145 y G<=210  
  
if B>=110 y B<=160  
  
LEMNA1=LEMNA1+1;  
  
x=a;  
  
y=b;  
  
lago2(x,y,1)=0;  
  
lago2(x,y,2)=255;  
  
lago2(x,y,3)=0;  
  
else  
  
x=a;
```

```
y=b;

lago2(x,y,1)=0;

lago2(x,y,2)=0;

lago2(x,y,3)=0;

end

else

x=a;

y=b;

lago2(x,y,1)=0;

lago2(x,y,2)=0;

lago2(x,y,3)=0;

end

else

x=a;

y=b;

lago2(x,y,1)=0;

lago2(x,y,2)=0;

lago2(x,y,3)=0;

end

if R>=3 y R<=47

if G>=14 y G<=72

if B>=6 y B<=55

AGUA1=AGUA1+1;

x=a;

y=b;
```

```
lago2(x,y,1)=0;
lago2(x,y,2)=0;
lago2(x,y,3)=255;
end
end
end
end
end
end
if Height==6688 y Width==8036
for a=1:603
for b=1:2023
if lago2(a,b,3)==255
AGUA1=AGUA1-1;
lago2(a,b,3)=0;
end
end
end
for a=604:1206
for b=1:578
if lago2(a,b,3)==255
AGUA1=AGUA1-1;
lago2(a,b,3)=0;
end
end
end
```

```
for a=2413:4824
for b=1:578
if lago2(a,b,3)==255
AGUA1=AGUA1-1;
lago2(a,b,3)=0;
end
end
end
for a=4825:5427
for b=1:1734
if lago2(a,b,3)==255
AGUA1=AGUA1-1;
lago2(a,b,3)=0;
end
end
end
for a=5428:6030
for b=1:1734
if lago2(a,b,3)==255
AGUA1=AGUA1-1;
lago2(a,b,3)=0;
end
end
end
for a=6031:6633
```

```
for b=1:2890
if lago2(a,b,3)==255
AGUA1=AGUA1-1;
lago2(a,b,3)=0;
end
end
end
for a=6031:6633
for b=6358:7514
if lago2(a,b,3)==255
AGUA1=AGUA1-1;
lago2(a,b,3)=0;
end
end
end
end
axes(handles.axes2);
axis off;
imshow(lago2)
handles.lago2=lago2;
guidata(hObject,handles);
handles.newimagen=0;
guidata(hObject,handles);

TOTAL1=LEMNA1+AGUA1;
```

```
RATE1=LEMNA1/TOTAL1;  
PORCENT=num2str(RATE1*100);  
PORCENTAJE1=strcat(PORCENT,'%');  
handles.lemna=LEMNA1;  
guidata(hObject,handles);  
handles.agua=AGUA1;  
guidata(hObject,handles);  
handles.total=TOTAL1;  
guidata(hObject,handles);  
handles.rate=RATE1;  
guidata(hObject,handles);  
handles.porcentaje=PORCENTAJE1;  
guidata(hObject,handles);
```

Código en obtener parámetros

```
lemna=handles.lemna;  
agua=handles.agua;  
total=handles.total;  
rate=handles.rate;  
porcentaje=handles.porcentaje;  
set(handles.LEMNA,'String',lemna);  
set(handles.AGUA,'String',agua);  
set(handles.TOTAL,'String',total);  
set(handles.RATE,'String',rate);  
set(handles.PORCENTAJE,'String',porcentaje);
```

```

lemna=handles.lemna;

agua=handles.agua;

total=handles.total;

area=handles.area;

porcentaje=handles.porcentaje;

set(handles.LEMNA,'String',lemna);

set(handles.AGUA,'String',agua);

set(handles.TOTAL,'String',total);

set(handles.AREA,'String',area);

set(handles.PORCENTAJE,'String',porcentaje);

% -----

function Salir_s_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject    handle to Salir_s (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in Abrir_B.

function Abrir_B_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject    handle to Abrir_B (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

[nombre direccion]=uigetfile('*.jpg','Abrir imagen');

if nombre==0;

return

```

```

imshow(lago);

handles.lago2=lago2;

guidata(hObject,handles);

handles.nombre=nombre;

guidata(hObject,handles);

handles.filename=filename;

guidata(hObject,handles);

handles.newimagen=1;

guidata(hObject,handles);

info_imagen=handles.info_imagen;

set(handles.FILENAME,'String',info_imagen.FileName);

set(handles.FILESIZE,'String',info_imagen.FileSize);

set(handles.HEIGHT,'String',info_imagen.Height);

set(handles.WIDTH,'String',info_imagen.Width);

set(handles.BITDEPTH,'String',info_imagen.BitDepth);

```

Código en guardar imagen

```

lago2 = handles.lago2;

if isempty(lago2), return, end

formatos = {'*.jpg','JPEG (*.jpg)','*.tif','TIFF (*.tif)'};

[nomb,ruta] = uiputfile(formatos,'GUARDAR IMAGEN');

if nomb==0, return, end

fName = fullfile(ruta,nomb);

imwrite(lago2,fName);

```

FIGURA 48

PANTALLA COMPLETA DEL PROGRAMA EN EJECUCIÓN



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 49

PANTALLA COMPLETA DEL PROGRAMA



Fuente: Elaboración propia.