

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS**  
**CON MENCIÓN EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**Propuesta para cuantificar la biomasa de cultivos de arroz del  
valle la Papaya - Utcubamba - Amazonas basado en  
procesamiento de imágenes y fotogrametría**

# **TESIS**

Tesis presentada a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para optar el Grado Académico de: DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

**Investigador:**  
**M.Sc. Tuñoque Gutiérrez Justo Vladimir**

**Asesor:**  
**Dr. Cueva Guevara Elmer Augusto**

**Lambayeque-Perú**

**2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**TESIS**

**Propuesta para cuantificar la biomasa de cultivos de arroz del  
valle la Papaya - Utcubamba - Amazonas basado en  
procesamiento de imágenes y fotogrametría**

M.Sc. Tuñoque Gutiérrez Justo Vladimir  
Autor

Dr. Cueva Guevara Elmer Augusto  
Asesor

Aprobada por:

Dr. Juan De Dios Romero Acuña  
Presidente del jurado

Dr. Dr. Arnulfo Cieza Ramos  
Secretario del jurado

Dr. Luis Jaime Collantes Santisteban  
Vocal del jurado

Tesis sustentada el día 08 de abril de 2024.

Para optar el Grado académico de: **DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES.**

---

## CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Elmer Augusto Cueva Guevara**, usuario revisor del documento titulado:

**“PROPUESTA PARA CUANTIFICAR LA BIOMASA DE CULTIVOS DE ARROZ DEL VALLE LA PAPAYA - UTCUBAMBA - AMAZONAS BASADO EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y FOTOGRAMETRÍA.”**

Cuyo autor es, **Justo Vladimir Tuñoque Gutiérrez**, identificado con documento de identidad **16756567**; declaro que la evaluación realizada por el programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **8 %**, verificable en el resumen de reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizo dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, **26 de marzo del 2024**



---

Elmer Augusto Cueva Guevara  
DNI: N° 16718357  
ASESOR

Se adjunta:  
Resumen del Reporte automatizado de similitudes  
Recibo Digital



## Digital Receipt

This receipt acknowledges that **Turnitin** received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Justo Tuñoque Gutiérrez  
Assignment title: Tesis doctorado  
Submission title: PROPUESTA PARA CUANTIFICAR LA BIOMASA DE CULTIVOS D...  
File name: INFORME\_DE\_TESIS\_EPG-UNPRG-JUSTO\_TU\_OQUE\_G.pdf  
File size: 5.36M  
Page count: 153  
Word count: 29,290  
Character count: 167,616  
Submission date: 26-Mar-2024 12:52AM (UTC-0500)  
Submission ID: 2331543833

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
ESCUELA DE POSGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIAS  
CON MENCIÓN EN CIENCIAS AMBIENTALES



### TESIS

"PROPUESTA PARA CUANTIFICAR LA BIOMASA DE CULTIVOS  
DE ARROZ DEL VALLE LA PAPAÑA - UTOBAMBA - AMAZONAS  
BASADO EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y  
FOTOGRAMETRÍA."

Investigador:  
M.Sc. Tuñoque Gutiérrez Justo Vladimir

Asesor:  
Dr. Carlos Romero Echeverría

Lambayeque, 2024

## Informe de similitud

# PROPUESTA PARA CUANTIFICAR LA BIOMASA DE CULTIVOS DE ARROZ DEL VALLE LA PAPAYA - UTCUBAMBA - AMAZONAS BASADO EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y FOTOGRAMETRÍA

### ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Internet Source

1%

2

[link.springer.com](https://link.springer.com)

Internet Source

1%

3

[repositorio.unprg.edu.pe:8080](https://repositorio.unprg.edu.pe:8080)

Internet Source

<1%

4

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Student Paper

<1%

5

[cgat.webs.upv.es](https://cgat.webs.upv.es)

Internet Source

<1%

6

[cursos.bankhacker.com](https://cursos.bankhacker.com)

Internet Source

<1%

7

[repositorio.unp.edu.pe](https://repositorio.unp.edu.pe)

Internet Source

<1%

8

[qdoc.tips](https://qdoc.tips)

Internet Source

<1%



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

140

Siendo las 11 am horas del día lunes de 08 abril del año Dos Mil veinticuatro, en la Sala de Sustentación de la Escuela de Posgrado de la

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se reunieron los miembros del Jurado, designados mediante Resolución N° <sup>358-2023-EPG</sup> ~~066-2022~~ de fecha 18 Ene, conformado por:

Dr. Juan de Dios Remigio Acuña PRESIDENTE (A)

Dr. Anulfo CIEZA Ramos SECRETARIO (A)

Dr. Luis Jaime Collantes Santisteban VOCAL

Dr. Elmer Augusto Cueva Guevara ASESOR (A)

Con la finalidad de evaluar la tesis titulada "Propuesta para cuantificar la biomasa de cultivos de arroz del valle La papaya - Utcubamba - Amazonas basado en el procesamiento de imágenes y fotogrametría"

presentado por el (la) Tesisista Justo Vladimir Tuñoque Gutierrez sustentación que es autorizada mediante Resolución N° 251-2024-I-PG de fecha 02 de Abril 2024

El Presidente del jurado autorizó del acto académico y después de la sustentación, los señores miembros del jurado formularon las observaciones y preguntas correspondientes, las mismas que fueron absueltas por el (la) sustentante, quien obtuvo 18,5 puntos que equivale al calificativo de muy bueno

En consecuencia el (la) sustentante queda apto (a) para obtener el Grado Académico de:

Doctor en Ciencias Ambientales

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta.

  
PRESIDENTE

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
ASESOR

## **Declaración jurada de originalidad**

Yo, **M.Sc. Justo Vladimir Tuñoque Gutiérrez** investigador principal, y **Dr. Elmer Augusto Cueva Guevara**, asesor del trabajo de investigación **“PROPUESTA PARA CUANTIFICAR LA BIOMASA DE CULTIVOS DE ARROZ DEL VALLE LA PAPAYA - UTCUBAMBA - AMAZONAS BASADO EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y FOTOGRAMETRÍA.”**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiere lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 5 de marzo de 2024

---

M.Sc. Tuñoque Gutiérrez Justo Vladimir  
Autor

---

Dr. Cueva Guevara Elmer Augusto  
Asesor

## **Dedicatoria**

A mi esposa Zulema e hijos Luis, Víctor y David por motivarme a seguir creciendo académicamente.

A mis padres Luis Enrique y Santos Teresa.

Hermanos Teresa, Luis, José, Ciro y Daniel  
que siempre estuvieron a mi lado para apoyarme.

## **Agradecimiento**

Agradecer a todas las personas que han contribuido de alguna manera a realizar este trabajo de investigación y al éxito de mi tesis doctoral.

A mi asesor de tesis, Elmer Augusto Cueva Guevara, por su orientación experta y su apoyo constante a lo largo de este proyecto.

Quiero dedicar un especial agradecimiento a Olinda Vigo Vargas, quien, aunque ya no está físicamente entre nosotros, sigue siendo una influencia inspiradora en este trabajo y en mi vida académica.

## Índice General

Acta de sustentación (copia) .....	6
Declaración jurada de originalidad .....	7
Dedicatoria .....	8
Agradecimiento .....	9
Índice General .....	10
Índice de Tablas .....	11
Índice de Figuras .....	14
Índice de Anexos .....	18
Resumen .....	19
Abstract .....	20
Introducción .....	21
Capítulo I.     Diseño Teórico .....	23
<b>1.1.    Antecedentes de la Investigación</b> .....	23
A.    Antecedentes Internacionales .....	23
B.    Antecedentes nacionales .....	30
<b>1.2.    Base Teórica</b> .....	35
1.2.1.    Introducción a la Biomasa Vegetal y su Importancia en la Agricultura .....	35
1.2.2.    Métodos tradicionales de medición de biomasa en cultivos agrícolas .....	40
1.2.3.    Tecnologías de Teledetección y Fotogrametría .....	41
1.2.4.    Ventajas y limitaciones de la teledetección y la fotogrametría en el monitoreo de cultivos.    43	
1.2.5.    Estimación de Biomasa Vegetal a partir de datos de teledetección y fotogrametría.    53	
<b>1.3.    Hipótesis</b> .....	55
Capítulo II.    Métodos y Materiales .....	56
<b>1.       Tipo de Investigación</b> .....	56
<b>2.       Método de Investigación</b> .....	56
<b>3.       Diseño de Contrastación</b> .....	56
<b>4.       Población, Muestra y Muestreo</b> .....	56

<b>5. Técnicas, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos.....</b>	<b>56</b>
<b>6. Procesamiento y Análisis de Datos.....</b>	<b>76</b>
Capítulo III. Resultados.....	81
<b>Percepción ambiental del poblador del valle arrocero de La Papaya .....</b>	<b>81</b>
Aspecto Informativo .....	81
Administración del agua para el riego en el valle La Papaya .....	84
Capacitación sobre el manejo agrícola de su parcela .....	85
Impacto ambiental y manejo de los residuos de la cosecha del arroz .....	89
<b>Determinación de la longitud del lado del pixel respecto a la altura del drone DJI Mini2 ..</b>	<b>95</b>
<b>Relación del área en función de la altura .....</b>	<b>102</b>
<b>Código para contar el número de brotes de las fotos tomadas.....</b>	<b>104</b>
<b>Algunos resultados obtenidos por el Programa en Python .....</b>	<b>107</b>
<b>Cálculo de la masa de los brotes de arroz post cosecha .....</b>	<b>111</b>
<b>Resultados del pesaje de los residuos de los brotes de arroz post cosecha .....</b>	<b>112</b>
<b>Evidencia de los criterios de validación del software .....</b>	<b>113</b>
<b>Matriz de Leopold e impacto ambiental .....</b>	<b>116</b>
<b>Propuesta de plan de Gestión ambiental .....</b>	<b>120</b>
Capítulo IV. Discusión .....	121
Conclusiones.....	125
Recomendaciones.....	126
Referencias Bibliográficas (cumplimiento de norma bibliográfica elegida).....	127
Anexos .....	135

## Índice de Tablas

Tabla 1 : Puntos seleccionados para determinar el área de los sembríos de arroz del Valle La Papaya .....	58
Tabla 2 : Parcelas para la toma de imágenes en coordenadas geográficas .....	80
Tabla 3 : Variación de la Longitud del pixel con la altura para fotos de tamaño 720 x 1280 .....	95
Tabla 4 : Área real captada por el drone en una imagen respecto a la altura de vuelo.....	102
Tabla 5 : Registro de la masa promedio del residuo post cosecha de un brote de arroz con y sin raíz .....	112
Tabla 6 : Registro de masa por gavillas de 3 y 9 brotes.....	113

Tabla 7 : Comparación entre los resultados de biomasa calculados y los obtenidos por el algoritmo .....	113
Tabla 8 : Valoración del impacto ambiental actual según la matriz de Leopold .....	118
Tabla 9 : Matriz de Leopold para las condiciones actuales del cultivo de arroz .....	119
Tabla 10 : Matriz de propuesta de gestión ambiental.....	120
Tabla 11 : Sexo de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024 .....	140
Tabla 12 : Edad de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.....	140
Tabla 13 : Número de integrantes por vivienda del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	140
Tabla 14 : Habitantes del valle arrocero La Papaya según los años que viven en el lugar. Marzo de 2024 .....	140
Tabla 15 : Ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024..	141
Tabla 16 : Tipo de trabajador en su ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	141
Tabla 17 : Número de campañas de arroz durante al año 2023 por los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	141
Tabla 18 : Calificación de las funciones de la administración del agua según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	142
Tabla 19 : Temas de capacitación acerca del uso de los suelos según las principales instituciones que las brindan a los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	142
Tabla 20 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la rotación de cultivos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	142
Tabla 21 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la utilización de abonos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.....	143
Tabla 22 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca del cuidado de suelos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024 .....	143
Tabla 23 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de los desechos de los residuos de la cosecha según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	143
Tabla 24 : Peso de su principal cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024. ....	143

Tabla 25 : Destino de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024. ....	144
Tabla 26 : Frecuencia de la práctica de quemado de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.....	144
Tabla 27 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya sobre el impacto que tiene en el medio ambiente el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024. ....	144
Tabla 28 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya respecto a cómo afecta en su salud y bienestar personal el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024. ....	144
Tabla 29 : Frecuencia de problemas de salud en los habitantes del valle La Papaya relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024. ....	145
Tabla 30 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si el quemado de los residuos de la cosecha de arroz afecta al suelo. Marzo de 2024 .....	145
Tabla 31 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si creen que existen alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública. Marzo de 2024.....	145
Tabla 32 : Conocimiento de los habitantes del valle La Papaya respecto a la existencia de un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la Municipalidad u otra institución. Marzo de 2024. ....	145
Tabla 33 : Medidas que los habitantes del valle La Papaya creen que deberían tomarse para reducir o eliminar los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.....	146
Tabla 34 : Disponibilidad de los habitantes del valle La Papaya a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024. ....	146

## Índice de Figuras

Figura 1 : Obtención del punto principal a partir de las marcas fiduciales.....	42
Figura 2 : VANT (Modelo ELOMATRICE 210 RTK V2) con sensor pasivo en el espectro visible....	43
Figura 3 :Foto satelital de la ubicación del Caserío El triunfo de la Papaya.....	57
Figura 4 : Foto Satelital del área y perímetro de cultivo de arroz del Valle La Papaya .....	58
Figura 5 : Secuencia metodológica para determinar la biomasa de los sembríos de arroz del valle La Papaya .....	77
Figura 6 : El autor haciendo Reconocimiento de la zona y vuelo de prueba. ....	79
Figura 7 : Puntos donde se tomó las fotos .....	80
Figura 8 :Sexo de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.....	81
Figura 9 : Edad de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024 .....	81
Figura 10 : Número de integrantes por vivienda del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	82
Figura 11 : Habitantes del valle arrocero La Papaya según los años que viven en el lugar. Marzo de 2024 .....	82
Figura 12 : Ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. .	83
Figura 13 : Tipo de trabajador en su ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	83
Figura 14 : Número de campañas de arroz durante al año 2023 por los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	84
Figura 15 : Calificación de las funciones de la administración del agua según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	85
Figura 16 : Temas de capacitación acerca del uso de los suelos según las principales instituciones que las brindan a los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	86
Figura 17 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la rotación de cultivos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.....	87
Figura 18 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la utilización de abonos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.....	88
Figura 19 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca del cuidado de suelos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024. ....	88

Figura 20 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de los desechos de los residuos de la cosecha según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.	89
Figura 21 : Peso de su principal cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.	89
Figura 22 : Destino de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.	90
Figura 23 : Frecuencia de la práctica de quemado de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.	91
Figura 24 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya sobre el impacto que tiene en el medio ambiente el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.	91
Figura 25 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya respecto a cómo afecta en su salud y bienestar personal el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.	92
Figura 26 : Frecuencia de problemas de salud en los habitantes del valle La Papaya relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024	92
Figura 27 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si el quemado de los residuos de la cosecha de arroz afecta al suelo. Marzo de 2024.	93
Figura 28 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si creen que existen alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública. Marzo de 2024.	93
Figura 29 : Conocimiento de los habitantes del valle La Papaya respecto a la existencia de un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la Municipalidad u otra institución. Marzo de 2024.	94
Figura 30 : Medidas que los habitantes del valle La Papaya creen que deberían tomarse para reducir o eliminar los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.	94
Figura 31 : Disponibilidad de los habitantes del valle La Papaya a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.	95
Figura 32 : Imagen ecualizada tomada a 1,5 metros de altura	99

Figura 33: Imagen ecualizada tomada a 2,5 metros de altura .....	100
Figura 34 : Longitud del pixel en función de la altura de vuelo del drone.....	102
Figura 35 : Área real de la parcela en función de la altura de vuelo.....	103
Figura 36 : Modelo 1-función polinómica.....	103
Figura 37 : Modelo 2 - Función exponencial .....	104
Figura 38 : Imagen de brotes de arroz obtenida en Python tomada de una altura de 1 metros. ....	107
Figura 39 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 1,5 metros .....	107
Figura 40 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 2 m .....	108
Figura 41 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 2,5 m .....	108
Figura 42 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 3 m .....	109
Figura 43 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 3,5 m .....	109
Figura 44 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 4 m .....	110
Figura 45 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 4,5 m .....	110
Figura 46 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 5 m .....	111
Figura 47 : Parcela con residuos de arroz post cosecha.....	111
Figura 48 : Fotos de medidas de los residuos del arroz.....	112
Figura 49 : Captura de pantalla del programa para calcular la biomasa .....	114
Figura 50 : Ventana donde se pide ruta de la imagen y la altura de vuelo.....	115
Figura 51 : Reporte de biomasa entregado por el programa.....	115
Figura 52 : Tiempo de procesamiento de imagen .....	116
Figura 53 : El investigador yendo a la zona agrícola del valle La Papaya.....	135

Figura 54 : Imagen aérea tomada a 70 metros de altura de una zona arrocerá cosechada y quemada .....136

## **Índice de Anexos**

<b>Anexo 1:</b>	<b>Datos Básicos del Problema .....</b>	<b>132</b>
<b>Anexo 2:</b>	<b>Instrumentos de Recolección de Datos .....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 3:</b>	<b>Formato de Tabulación de Datos .....</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 4:</b>	<b>Rúbricas de Expertos de Instrumentos de Recolección de Datos ..</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 5:</b>	<b>Certificado de Validez del software .....</b>	<b>150</b>

## **Resumen**

La gestión eficaz de los residuos agrícolas, especialmente en cultivos como el arroz, es crucial para la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad de la agricultura. En este estudio, se desarrolló un método innovador basado en el procesamiento de imágenes y la fotogrametría para determinar la biomasa residual de los sembríos de arroz en el Valle La Papaya - Utcubamba, Amazonas, Perú.

Los resultados de la investigación muestran que se logró proyectar la biomasa total de los residuos de los brotes de arroz postcosecha, obteniendo un valor estimado de 35,028 toneladas por campaña. Se implementó con éxito un algoritmo en Python, el cual utiliza el procesamiento de imágenes y la fotogrametría para determinar la biomasa residual de los sembríos de arroz. Este algoritmo proporciona información detallada sobre el área de la parcela, el número de brotes, la biomasa residual de los brotes de arroz postcosecha en kilogramos y la biomasa residual postcosecha por unidad de superficie en kilogramos por hectárea.

Además, se evaluó el impacto ambiental de los sembríos de arroz del Valle La Papaya utilizando la matriz de Leopold. Los resultados revelaron un impacto negativo en los tres componentes evaluados (físico, biótico y antrópico), siendo el componente biótico el de mayor impacto negativo.

En conclusión, la cuantificación precisa de la biomasa de los cultivos de arroz es fundamental para una gestión ambiental eficaz de los residuos agrícolas. El método propuesto en esta investigación proporciona una herramienta valiosa para monitorear y gestionar estos residuos, lo que contribuye a reducir su impacto negativo en el medio ambiente y promover prácticas agrícolas más sostenibles en la región del Valle La Papaya - Utcubamba, Amazonas.

## **Abstract**

Effective management of agricultural residues, especially in crops such as rice, is crucial for environmental conservation and agricultural sustainability. In this study, an innovative method based on image processing and photogrammetry was developed to determine the residual biomass of rice fields in the La Papaya Valley - Utcubamba, Amazonas, Peru.

The results of the research show that it was possible to project the total biomass of post-harvest rice sprout residues, obtaining an estimated value of 35,028 tons per season. An algorithm was successfully implemented in Python, which uses image processing and photogrammetry to determine the residual biomass of rice sprouts. This algorithm provides detailed information on plot area, number of shoots, post-harvest residual biomass of rice shoots in kilograms, and post-harvest residual biomass per unit area in kilograms per hectare.

In addition, the environmental impact of the La Papaya Valley rice fields was evaluated using the Leopold matrix. The results revealed a negative impact in the three components evaluated (physical, biotic and anthropic), with the biotic component having the greatest negative impact.

In conclusion, accurate quantification of rice crop biomass is essential for effective environmental management of agricultural residues. The method proposed in this research provides a valuable tool to monitor and manage these residues, which contributes to reduce their negative impact on the environment and promote more sustainable agricultural practices in the region of La Papaya Valley - Utcubamba, Amazonas.

## **Introducción**

A lo largo de la historia de la humanidad, el aprovechamiento de la biomasa en la agricultura ha sido esencial, ya que constituye un recurso indispensable tanto para la alimentación de las personas como para la nutrición de los animales. No obstante, con los avances en la ciencia y la tecnología, la agricultura ha priorizado principalmente la producción de alimentos, descuidando la relevancia que la biomasa residual tiene como componente fundamental para mantener la fertilidad del suelo y preservar el medio ambiente.

En la actualidad, la conservación de la biomasa agrícola adquiere una relevancia aún mayor debido a su capacidad para capturar el carbono atmosférico y contribuir así a mitigar el cambio climático. Además, según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la producción de arroz en cascarilla ha experimentado un notable incremento de 26.2% en diversos departamentos del país, con resultados destacados en regiones como “Piura (233,6%) y San Martín (16,9%) que aportaron el 68% del total nacional. También, mostraron comportamiento positivo Junín (100,0%), Pasco (47,1%), Ucayali (40,2%), Lambayeque (23,8%) y Huánuco (0,7%)” (INEI, 2021). Sin embargo, es importante precisar que persisten prácticas poco sostenibles como la quema de la biomasa residual de arroz en hornos artesanales o su simple descarte, lo que genera una considerable contaminación ambiental.

La falta de asistencia por parte de los organismos gubernamentales en materia ambiental y la ausencia de estrategias para la gestión eficiente de los cultivos agrícolas han contribuido a una disminución en la productividad y a la inadecuada gestión de los residuos generados por esta actividad (Olavarría, 2019). Ante este panorama, surge la necesidad imperante de desarrollar métodos innovadores que permitan determinar de manera precisa la biomasa de los cultivos agrícolas, facilitando así una gestión más eficaz de los residuos sólidos y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles (Bossio et al., 1999; Tatsumi, 2021).

En este contexto, el objetivo primordial de este informe de tesis es proponer un método que se base en el procesamiento de imágenes y la fotogrametría para calcular la cantidad de biomasa residual postcosecha presente en los cultivos de arroz en el Valle La Papaya - Utcubamba, Amazonas. Esta estrategia tiene como finalidad principal contribuir a mejorar la gestión ambiental en la agricultura mediante la aplicación de herramientas tecnológicas innovadoras que posibiliten una evaluación precisa y eficaz de la biomasa agrícola. El propósito último es fomentar prácticas agrícolas que sean más sostenibles y que respeten el medio ambiente.

## **Capítulo I. Diseño Teórico**

### **1.1. Antecedentes de la Investigación**

#### **A. Antecedentes Internacionales**

El estudio estadounidense de Murphy en el año 2013 presenta una nueva técnica de análisis de imágenes multiespectrales para medir la biomasa en cultivos de algas de forma rápida y no invasiva. Esto es crucial para la producción eficiente de biocombustibles y otros productos. La técnica permite una detección rápida y precisa, lo que mejora el control de procesos en grandes plataformas de cultivo. Se utilizó imágenes espectrales de cultivos de *Anabaena variabilis*, correlacionando el componente verde con la concentración de biomasa. La técnica demostró ser efectiva, con errores del 7% y 15% para cultivos adheridos y suspendidos respectivamente. Además, se evaluaron diferentes condiciones de iluminación y color de fondo. Este enfoque ofrece información valiosa para estrategias de producción a gran escala, mejorando la eficiencia de la conversión fotosintética y el potencial de aplicación en diversas industrias (Murphy et al., 2013).

La investigación de Sarrafzadeh en el año 2014, se centra en la estimación de la biomasa de tres tipos de microalgas mediante el procesamiento de imágenes digitales y el análisis de color RGB. Utilizando una cámara CCD en condiciones controladas de iluminación, se evaluó la concentración celular de *Chlorella vulgaris*, *Botryococcus braunii* y *Ettlia* sp. Los resultados indican que el método basado en el análisis de color RGB es sencillo pero efectivo, con un rango de medición de hasta 3 g de peso seco de células por litro. Se encontró una relación lineal entre el valor del color azul y la concentración de biomasa en todas las especies analizadas. Este enfoque demostró una precisión prometedora, con errores de predicción de biomasa de aproximadamente 13%, 16% y 8% para las tres especies respectivamente, mucho

mejores que otros métodos basados en la conversión de tonos de grises. Estos resultados sugieren que el método propuesto podría sentar las bases para futuras técnicas de medición de biomasa de microalgas, con posibles aplicaciones significativas en la industria (Sarrafzadeh, La, Lee, et al., 2015).

Otro estudio de Sarrafzadeh en el año 2015, se centra en la importancia de medir la concentración de biomasa en procesos biotecnológicos y presenta la evaluación de diversas técnicas para esta cuantificación en cuatro microalgas diferentes. Se utilizan métodos como el peso seco de células como referencia, junto con sensores comerciales para la densidad óptica y la permitividad dieléctrica. Además, se emplea un análisis de imágenes digitales combinado con la ecuación de Fourier, que amplía el rango de mediciones. El recuento de células mediante citometría de flujo muestra una buena linealidad con respecto al peso seco en muestras lavadas. Sin embargo, otros métodos de recuento como el hemocitómetro y el recuento automatizado microscópico tienen limitaciones. Por último, se observa una correlación lineal entre la tasa de producción de oxígeno y el peso seco de células en concentraciones celulares bajas. Este estudio destaca la diversidad de métodos disponibles y sus diferentes rangos de aplicabilidad para la medición precisa de la biomasa de microalgas, lo cual es fundamental para diversos procesos biotecnológicos (Sarrafzadeh, La, Seo, et al., 2015).

En la investigación de Barrachina en 2015, se emplea teledetección para estimar la biomasa aérea en prados y pastos de montaña, cruciales para las economías agrícolas locales en áreas como los Pirineos. Utilizando una técnica de regresión lineal múltiple con datos de biomasa in situ y índices de vegetación y humedad de imágenes Landsat-5 TM, se logra capturar la variabilidad de la biomasa, especialmente en los períodos previos a la siega. Se destaca la importancia de los índices de humedad en

el modelado de la biomasa, sugiriendo la relevancia de las bandas del infrarrojo medio. Esta metodología supera a otros en áreas montañosas, permitiendo una mejor precisión en el modelado y destacando el potencial de la teledetección para la gestión agrícola en entornos montañosos (Barrachina et al., 2015).

En Cuba, se llevó a cabo una investigación con el propósito de examinar los impactos ambientales derivados del uso de la cosecha de arroz para la generación de gas mediante su descomposición. Se encontró que la paja de arroz posee un notable potencial para la producción de biogás, con un valor máximo de hasta 0,5 m<sup>3</sup>kgSV<sup>-1</sup>, cuando se utiliza como único sustrato y se mantiene a una temperatura termofílica. Se observó que la digestión anaerobia de la paja de arroz es más estable en reactores de mezcla completa, logrando valores de carga orgánica volumétrica superiores a los informados para esta configuración al tratar residuos lignocelulósicos. Estos resultados sustentan la viabilidad tecnológica de considerar la propuesta para el caso de estudio, lo que implica la posibilidad de generar hasta 10 MW de potencia eléctrica y 15 MW de potencia térmica, contribuyendo positivamente al proceso de producción de arroz y reduciendo en un 0,2% las emisiones totales de gases de efecto invernadero del país, así como en un 3,2% las emisiones equivalentes del sector energético en el caso específico de Cuba (Contreras et al., 2019).

Del mismo modo, Bergues en 2021, propone un método para procesar y digitalizar imágenes utilizando el lenguaje de programación Python, a través de una interfaz visual. El diseño y desarrollo de este proceso incluyó varias etapas: primero, se llevó a cabo una modelación digital de la retícula del dispositivo para obtener una relación entre segundos de arco y píxeles; luego, se creó un modelo físico para la medición utilizando una cámara de baja resolución y un sensor CMOS, que luego se convirtió en la interfaz de alta resolución. Finalmente, se implementaron varios algoritmos de

procesamiento para la detección de objetos. Uno de los objetivos de esta investigación fue establecer una conexión entre el usuario y el dispositivo, permitiendo al primero operar el instrumento sin necesidad de ubicar sus ojos sobre él. Este estudio resalta la importancia no solo del registro de datos y la comparación, sino también de la aplicación de métodos innovadores de medición aprovechando las capacidades de Python (Bergues et al., 2021).

También, se suma la investigación realizada en España por Salguero, se enfoca en una técnica no invasiva para medir la biomasa de microalgas utilizando el análisis de imágenes basado en RGB. La monitorización precisa de la biomasa en cultivos de microalgas es esencial en este campo. Este método de procesamiento de imágenes, utilizando modelos RGB y escala de grises, resulta ser una opción económica y simple para estimar la densidad celular. Se evaluaron imágenes de diferentes fotobiorreactores con *Chlorella vulgaris*, observando una mayor eficacia bajo condiciones de iluminación controlada. Se sugiere que la precisión del método podría mejorarse con cámaras CCD de alta calidad. Estos avances son cruciales para el cultivo a gran escala de microalgas, ya que ofrecen una forma rentable y automatizada de monitorear los cultivos (Salgueiro et al., 2022).

Asimismo, la pesquisa de Asgharnejad y Sarrafzadeh, propone una técnica innovadora que emplea procesamiento de imágenes para medir la biomasa en sistemas de lodos activados, utilizados ampliamente en el tratamiento de aguas residuales. Controlar la concentración celular es esencial para optimizar el rendimiento de estos sistemas. Se encontró que la intensidad del color azul en las imágenes macroscópicas del cultivo de lodo activado es un indicador preciso de la concentración celular, respaldado por varios análisis estadísticos. Además, se desarrolló una correlación exponencial entre los valores de color y las

concentraciones celulares, proporcionando una forma confiable de estimar la biomasa. Este enfoque ofrece una herramienta efectiva y precisa para monitorear la biomasa en sistemas de lodos activados, con aplicaciones significativas en el tratamiento de aguas residuales (Asgharnejad & Sarrafzadeh, 2020).

En otra investigación de Asgharnejad, se desarrolla una técnica precisa y no invasiva para medir la biomasa en crecimiento microbiano adherido, utilizando análisis de imágenes RGB. Se demostró una fuerte correlación entre el componente verde en las imágenes de biopelículas de microalgas y la concentración de biomasa, así como el espesor de la biopelícula. Esto permitió la reconstrucción tridimensional de la topografía de la biopelícula y el cálculo de parámetros cuantitativos específicos. El análisis RGB se mostró eficaz en la determinación de la concentración y topografía de biopelículas, lo que ofrece una prometedora técnica para aplicaciones como el tratamiento de aguas residuales con reactores de biopelículas de lecho móvil (MBBR). Este avance facilita la monitorización y control de procesos en aplicaciones microbianas de manera más accesible y precisa (Asgharnejad et al., 2021).

En el análisis de Oviedo, se aborda la problemática de la cuantificación precisa de biomasa en procesos de fermentación en estado sólido (PES), donde métodos convencionales enfrentan dificultades debido a la dispersión del crecimiento celular en el sustrato sólido. Para superar estos desafíos, se explora el uso del procesamiento digital de imágenes (DIP) como una técnica alternativa. Se realizó una revisión exhaustiva utilizando cuatro fases metodológicas: búsqueda de ecuaciones para PES y DIP, búsqueda de patentes relacionadas, selección de artículos relevantes, ajustes de metodología y análisis de resultados. Los resultados revelan que los años de inflexión para la investigación en PES y DIP fueron 2018 y 2019. Además, se identificaron los principales métodos de medición de biomasa en PES y se destacó el

potencial del DIP como una alternativa prometedora debido a su facilidad y versatilidad. En resumen, el estudio proporciona un panorama completo del estado actual de la tecnología DIP y su aplicación en la medición de biomasa en PES, sugiriendo su viabilidad como una herramienta valiosa para futuras investigaciones en este campo (Oviedo-Lopera et al., 2020).

Asimismo, en 2023, el investigador Verrelst, se centra en la cuantificación de la vegetación no fotosintética (VPN) y los residuos de cultivos (CR) mediante espectroscopia de imágenes, destacando su importancia para la agricultura y la silvicultura. Se resumen los avances en metodologías, como el uso de modelos más complejos y el aprendizaje automático, así como mejoras en la modelización de la transferencia radiativa. Estos avances han permitido no solo identificar, sino también cuantificar la biomasa de VPN en diferentes paisajes. Se destaca el potencial de futuras misiones espaciales para mejorar la recopilación de datos y se proponen flujos de trabajo para ofrecer productos globales de VPN con sus respectivas incertidumbres. En conclusión, el estudio subraya el valor de la espectroscopia de imágenes para comprender y gestionar eficazmente la vegetación terrestre en diversos entornos (Verrelst et al., 2023).

Finalmente, mencionar el estudio de (Sunoj et al., 2021), donde se aborda el problema de la proliferación de algas en ecosistemas de agua dulce y su impacto negativo en el oxígeno disponible. Destaca la dificultad de identificar y cuantificar especies de microalgas debido al costo de los equipos requeridos, especialmente en países en desarrollo. Por lo tanto, se desarrolló un método de bajo costo utilizando análisis de imágenes para cuantificar microalgas, lo que podría impulsar la investigación en estos países. Se cultivaron ocho cepas de microalgas y se utilizó un complemento llamado MAIJA para analizar las imágenes. El método se basa en el aumento de

intensidad del color con el crecimiento de las algas, utilizando siete índices de vegetación para determinar el más adecuado. Los resultados muestran que las especies de algas pueden diferenciarse y se desarrollaron modelos para estimar la masa de células secas a partir del volumen de cultivo. Se encontró que el modelo cinético de primer orden con índice vegetativo es el más adecuado para monitorear el crecimiento de algas. Además, el método puede diferenciar especies de algas similares. En resumen, este enfoque ofrece una mejora en la cuantificación del cultivo mixto de microalgas en comparación con métodos tradicionales.

(Quille-Mamani et al., 2022) en su estudio presentado en el XIX Congreso de la Asociación Española de teledetección, donde estima la biomasa y el rendimiento usando métricas fenológicas a partir de series de tiempo de imágenes en el cultivo de arroz en el valle de Lambayeque. Para lo cual delimito su estudio al fundo Zapote Figueroa, provincia de Ferreñafe con dos parcelas de 800 m<sup>2</sup>, con dos sistemas de riego distintos: inundación y goteo. Las imágenes utilizadas se adquirieron en 18 fechas mediante la plataforma Google Earth Engine, las cuales tienen una resolución espacial de 10 m y además se considera un filtrado menor al 30% de nubosidad. Los resultados obtenidos de biomasa y rendimiento fueron de  $13,84 \pm 3,08$  t/ha y  $6,47 \pm 0,47$  t/ha respectivamente para el riego por inundación; mientras que para el riego por goteo se determinó  $12,15 \pm 2,10$  t/ha de biomasa y  $4,50 \pm 0,71$  t/ha de rendimiento. Los autores indican que la diferencia entre los métodos por goteo e inundación se deben a que el arroz es una planta semiacuática.

(Rojas Bustos, 2019), en su tesis se plantea como objetivo, generar un mapa digital usando imágenes multiespectrales y a partir de ellas medir la biomasa y detectar el estrés hídrico del cultivo, para lo cual construyen una base de datos con las imágenes tomadas con el drone (implementado con cámara multiespectral) y los datos

entregados por el Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT). A partir de la base de datos se genera el mosaico de imágenes y se calcula los índices vegetativos para estimar los valores de biomasa del cultivo y los compara por los análisis desarrollados por el CIAT.

El área de trabajo fue de 100 metros por 200 metros con fotos tomadas a una altura de vuelo de 12 metros, las imágenes tomadas de manera perpendicular tienen una resolución de  $4608 \times 3456$  píxeles en el caso de RGB y de  $1113 \times 825$  píxeles para las monocromáticas. Después estimar los índices vegetativos sobre el mosaico o la imagen original concluyen que no afecta en la estimación de estos índices, pero al relacionar el área vista con cada pixel se disminuye la incertidumbre al generar un modelo de predicción de la biomasa, por otra parte hace notar que la regresión lineal multivariable y la elasticNet son buenos modelos de predicción cuando se tienen pequeños grupos de datos, mientras que la red neuronal mientras más datos se tengan dará mejor estimación. También encontró que el error en la estimación de la biomasa y el contenido hídrico es por la sobre posición de valores por la diferencia de los fenotipos.

## **B. Antecedentes nacionales**

Según la investigación llevada a cabo por Fuertes en 2019, se concluyó que la eficacia en la fase final de transformación depende en gran medida del procesamiento aplicado a la imagen durante la adquisición, con el objetivo de lograr una resolución adecuada. Se observó que las placas o matrículas vehiculares obtenidas mediante imágenes, y a las cuales se les aplicó un software destinado a la detección de caracteres, mostraron mejores resultados cuando se sometieron a un proceso de etiquetado de objetos y segmentación. Para lograr esto, fue necesario eliminar el fondo de la imagen y resaltar el área de interés para obtener la matrícula vehicular

deseada. El uso del algoritmo Canny, diseñado para la detección de bordes, facilitó el proceso de enmascaramiento del tamaño de los caracteres de la matrícula en imágenes obtenidas a partir de cámaras IP Poe. Además, se destacó la importancia del formato digital de video obtenido para optimizar los recursos informáticos en este proceso. Este estudio logró mejorar la precisión en la detección y reconocimiento de matrículas vehiculares mediante el uso de procesamiento de imágenes, lo que contribuye a una mayor eficiencia en sistemas de vigilancia y seguridad vial para la sociedad (Fuentes Olivares, 2019).

Del mismo modo, Olavarría (2019) llevó a cabo una investigación en el sector San José, La Libertad, donde se identificó la carencia de un sistema informático que brindara información completa sobre las plagas que afectan los cultivos agrícolas locales. Se evidenció que las parcelas agrícolas están expuestas a plagas y enfermedades, y los agricultores recurren al uso de compuestos químicos para controlarlas al cultivar arroz. Como respuesta a esta situación, se desarrolló un repositorio que clasifica los agroquímicos utilizados y promueve la concientización sobre su uso apropiado. Además, se identificaron diversos factores ambientales que afectan los cultivos de arroz, como condiciones meteorológicas y factores bióticos y no bióticos. Este enfoque busca mejorar la gestión agrícola y fomentar prácticas más sostenibles y saludables en la agricultura, beneficiando tanto a los agricultores como a la sociedad en general (Olavarría, 2019).

Un proyecto en Olmos-Lambayeque se centró en aprovechar los desechos generados por la cosecha de banano, como raquis, pseudotallos y hojas, transformándolos en compost. La Asociación Agropecuaria La Juliana Olmos, enfocada en el cultivo de bananos orgánicos, produjo una cantidad considerable de desechos en el año 2018, representando el 78% de los costos totales de nutrición de las plantas. Ante esta

situación, se propuso la instalación de una planta de compostaje en el Caserío La Juliana Olmos. Esta planta, con una capacidad de producción máxima de 24 sacos de compost por día, se diseñó considerando la composición adecuada del compost, utilizando aserrín y estiércol para alcanzar una relación C/N de 27.17 y una humedad inicial del 57.75%. Se optó por el método de pilas de volteo mecánico para la compostación. La investigación también definió un área de 5,304 m<sup>2</sup> para la ubicación de la planta. Este enfoque permitió no solo reducir la cantidad de desechos orgánicos quemados o abandonados, sino también mejorar la fertilidad del suelo y reducir la contaminación ambiental, beneficiando tanto a los agricultores como al entorno (Vargas Guevara, 2020).

En una investigación realizada en Chiclayo, Perú, en 2020, se emplearon imágenes microscópicas de muestras coprológicas del Hospital Regional de Lambayeque. El objetivo fue desarrollar un algoritmo de visión por computadora para detectar huevos de *Trichuris trichiura* con alta sensibilidad y precisión. Se utilizaron 1000 imágenes, dividiéndolas en un 30% para probar el algoritmo y un 70% para su aprendizaje. Estas imágenes, de 65 x 65 píxeles, fueron extraídas de 30 imágenes microscópicas de 1280 x 960 píxeles obtenidas de una sola muestra positiva procesada en solución salina. Se crearon programas en Python con diversas librerías para procesar las imágenes, graficar histogramas y probar clasificadores con diferentes vectores de características. El vector más efectivo fue el histograma en el espacio de color HSV, utilizando el algoritmo del vecino más cercano con métrica Manhattan y un vecino para la clasificación. El algoritmo alcanzó una sensibilidad del 99.35% y una precisión del 96.1%. El estudio desarrolló un algoritmo de visión por computadora altamente preciso para detectar huevos de *Trichuris trichiura* en muestras coprológicas, lo que beneficia a la sociedad al mejorar el diagnóstico y tratamiento

de enfermedades parasitarias, contribuyendo así a la salud pública (Vásquez Ortiz, 2020).

Asimismo, en un estudio llevado a cabo por Gutiérrez et al. (2020) en los Baños del Inca, Cajamarca, Perú, se realizaron muestreos de pastizales utilizando drones para obtener imágenes multiespectrales. Estos pastizales, destinados exclusivamente a la ganadería lechera, fueron muestreados en un área de aproximadamente 5 hectáreas, georreferenciada metodológicamente con cuadrantes y transectos. El análisis espectral de las imágenes reveló la presencia de agroquímicos y zonas con exceso de agua, así como áreas con baja actividad fotosintética, indicada por tonalidades vinotinto. Este estudio proporciona información valiosa para mejorar la gestión de la producción ganadera, promover prácticas agrícolas más sostenibles y reducir el impacto ambiental, beneficiando así tanto a los agricultores como al medio ambiente (Gutiérrez et al., 2020).

Rubin et al. (2021), en el departamento de Ucayali, Perú, sugieren la utilización del algoritmo Boosting y Support Vector Machine (SVM) para mejorar la precisión en la validación y discriminación de imágenes satelitales, especialmente en el análisis de cambios de uso de tierras amazónicas u áreas similares. Los resultados muestran que al asignar el 80% de las muestras para entrenamiento y el 20% restante para ensayos en las bandas espectrales, se logra un proceso confiable. Con esta investigación, se alcanzó una metodología efectiva para analizar y comprender los cambios en el uso de la tierra en la región, lo que beneficia a la sociedad al proporcionar información precisa para la toma de decisiones en la gestión ambiental y territorial (Rubin de Celis et al., 2021).

Se identificó, además, en la región de Caylloma, Arequipa, Perú, los investigadores Estrada & Ñaupari (2021) llevaron a cabo un estudio para monitorear comunidades

de tolar y bofedal entre los 3800 y 5000 metros sobre el nivel del mar. La metodología propuesta recomienda vuelos mensuales a alturas de 25 a 50 metros, utilizando ortofotografías NDVI y RGB mediante la plataforma UAS. Se determinó que un rango óptimo de NDVI del 68 al 95% permite visualizar cojines de DIMU en bofedales y del 20 al 45% para el arbusto de tola. La investigación logró establecer pautas precisas para el monitoreo de estos ecosistemas, lo que beneficia a la sociedad al facilitar una gestión más efectiva de los recursos naturales y promover la conservación del ecosistema altiplánico, contribuyendo así al desarrollo sostenible de las comunidades locales (Estrada Zúñiga & Vásquez, 2021).

El investigador Silva (2022) empleó el modelo Random Forest para la discriminación y selección de datos en la región amazónica de Perú. Utilizó una metodología que implicó el procesamiento de archivos digitales Sentinel 2B mediante GEE, lo que reveló que hasta el año 2021, los pastizales abarcaban 3659.37 hectáreas en Pomacochas y 4056.26 hectáreas en Ventilla, con una precisión del 0.85 respecto a los mapas generados. Para analizar el estado de los pastizales, se siguió un enfoque semiautomático que consideraba la identificación óptica, el estado de los suelos y un inventario de familias, géneros y especies en el bosque. Los resultados mostraron niveles de precisión del 78% en comparación con los métodos automáticos de clasificación. Además, se determinó que el indicador de cobertura y degradación de pastizales (CVP) registraba una cobertura de 93.4 hectáreas en Pomacochas y 8.94 hectáreas en Ventilla. Esta investigación, proporcionó una herramienta precisa y semiautomática para monitorear la cobertura y degradación de pastizales en la región amazónica de Perú, lo que contribuye a la gestión sostenible de recursos naturales y la conservación del medio ambiente para beneficio de la sociedad (Silva López, 2023).

En su investigación sobre enfermedades en los cultivos, Reupo (2023) utilizó imágenes adquiridas bajo condiciones de iluminación artificial controladas. Se basó en datos de investigaciones científicas recopiladas de diversas bases de datos, con un margen de error del 0.1 en el uso de redes neuronales. La red neuronal MobileNet1 mostró una precisión del 88.34% y una tasa de precisión del 70.41%, siendo la más eficiente en términos de uso de recursos del sistema, mientras que la ResNet50 alcanzó una precisión del 93.92% y una tasa de precisión del 83.33%. Las imágenes utilizadas fueron alteradas en su resolución debido a las limitaciones de las redes neuronales en cuanto a la cantidad de píxeles admitidos. Esta investigación logró desarrollar un método eficiente para diagnosticar enfermedades en los cultivos utilizando redes neuronales y tecnología de imágenes bajo condiciones controladas. Esto beneficia a la sociedad al permitir una detección más precisa y temprana de enfermedades en las plantas, lo que a su vez puede ayudar a los agricultores a tomar medidas preventivas y de manejo más efectivas, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la agricultura (Reupo Atto, 2023).

## **1.2. Base Teórica**

### **1.2.1. Introducción a la Biomasa Vegetal y su Importancia en la Agricultura**

#### **1.2.1.1. Definición de biomasa.**

Según (ASALE & RAE, s. f.) “Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresado en peso por unidad de volumen”

(Herrera, 2020, p. 14) lo define como “Cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico”

Podemos definir la biomasa como la cantidad de materia de origen animal y vegetal en una determinada zona. Para nuestro estudio el termino biomasa se refiere a la biomasa de origen vegetal.

### **1.2.1.2. Biomasa de arroz**

La biomasa de arroz se refiere a la materia orgánica derivada del cultivo de arroz, como la paja, el salvado y otros subproductos del proceso de cultivo y procesamiento. Esta biomasa puede ser utilizada para la producción de energía mediante la combustión para generar calor o electricidad, la producción de biogás mediante la fermentación anaeróbica, o la transformación en biocombustibles líquidos como el bioetanol. Además de su uso energético, la biomasa de arroz también puede ser empleada en la fabricación de papel, materiales de construcción y productos químicos (Arteaga Quintana, 2020).

### **1.2.1.3. Utilidad Biomasa de arroz**

La biomasa derivada del arroz ha demostrado ser un recurso de gran utilidad en una variedad de aplicaciones industriales y ambientales, como lo evidencian los estudios recientes, revelando su potencial en la síntesis de materiales adsorbentes para la eliminación de contaminantes orgánicos en aguas residuales, la producción de energía renovable a través de procesos de gasificación y la fabricación de materiales avanzados para aplicaciones de ingeniería (Aigbodion, 2024; Castillo & Galarza-Acosta, 2024; Lin et al., 2024; Roy et al., 2024; Sharma et al., 2024).

En primer lugar, se destaca su papel en la síntesis de celulosa a partir de la cáscara de arroz, que ha demostrado una eficacia notable en la eliminación de colorantes nocivos de soluciones acuosas, como la malachita verde. Este proceso ofrece una solución sostenible y económica para abordar la contaminación del agua, especialmente en industrias como la del cuero y la textil. Además, la biomasa de arroz se ha empleado con éxito en la producción de nanomateriales superhidrofóbicos y catalizadores avanzados. Estos materiales muestran propiedades sobresalientes en términos de adsorción, catálisis y resistencia a la humedad, lo que los convierte en

candidatos prometedores para aplicaciones en la remediación ambiental y la fabricación de productos innovadores. En el ámbito energético, la biomasa de arroz se ha utilizado en procesos de gasificación para la producción de hidrógeno y metano, lo que contribuye a la diversificación de las fuentes de energía y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, su capacidad para generar productos de alto valor, como el biogás y el bioetanol, respalda su viabilidad como alternativa energética sostenible y económicamente viable (Aigbodon, 2024; Castillo & Galarza-Acosta, 2024; Lin et al., 2024; Roy et al., 2024; Sharma et al., 2024).

La biomasa de arroz emerge como un recurso multifacético con amplias aplicaciones en diversas áreas, desde la mitigación de la contaminación ambiental hasta la producción de energía renovable y la fabricación de materiales avanzados. Su versatilidad y disponibilidad lo posicionan como un componente clave en la transición hacia una economía más sostenible y resiliente.

#### **1.2.1.4. Gestión ambiental**

La gestión ambiental se refiere al proceso mediante el cual se planifican, organizan, dirigen y controlan las actividades humanas con el objetivo de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente y los recursos naturales. Implica la adopción de medidas y estrategias para minimizar los impactos negativos de las actividades humanas en el entorno, así como para promover prácticas sostenibles que aseguren un equilibrio entre el desarrollo económico, social y ambiental. En esencia, la gestión ambiental abarca una serie de acciones y políticas destinadas a prevenir la contaminación, conservar la biodiversidad, promover el uso eficiente de los recursos naturales, fomentar la educación ambiental y sensibilizar a la sociedad sobre la importancia de la protección del medio ambiente. Además, implica la implementación de

instrumentos legales, normativas y programas de seguimiento y evaluación para garantizar el cumplimiento de los objetivos ambientales y el cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales (Massolo, 2015).

#### **1.2.1.5. Impacto de la biomasa de arroz en gestión ambiental**

La biomasa de arroz es un tema de interés creciente en la gestión ambiental debido a su papel en las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y su influencia en el crecimiento del cultivo. Un estudio realizado en California investigó cómo la incorporación de paja de arroz en el suelo afecta las emisiones de  $\text{CH}_4$  en campos de arroz. La preocupación por la calidad del aire ha llevado a legislaciones que prohíben o limitan la quema de paja de arroz en algunas regiones del mundo, lo que ha provocado un cambio en las prácticas agrícolas hacia la incorporación de esta biomasa en el suelo. Este estudio observó un aumento significativo en las emisiones totales de  $\text{CH}_4$  en parcelas donde se incorporó la paja de arroz durante varios años en comparación con aquellas donde se quemó. Además, se encontraron relaciones entre la disponibilidad de materia orgánica, los tamaños de la reserva de  $\text{CH}_4$  y los flujos de  $\text{CH}_4$  en el suelo. Se destacó que un aumento en las emisiones de  $\text{CH}_4$  se asoció con la incorporación de paja de arroz y que estas emisiones aumentaron con el tiempo, lo que sugiere un impacto significativo de esta práctica en las emisiones de gases de efecto invernadero (Bossio et al., 1999).

Por otro lado, otro estudio desarrolló un modelo dinámico para comprender mejor la relación entre el crecimiento del arroz y diversos factores ambientales y de manejo, como la meteorología, el agua y el nitrógeno. Este modelo, denominado Modelo Integrado de Crecimiento de Arroz (iRGM), se basó en mediciones de microclima, estructura del dosel y crecimiento de biomasa de arroz en el campo. Se demostró que el iRGM proporciona explicaciones cuantitativas suficientes para la dinámica de

crecimiento del arroz medida en el campo, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para la predicción del rendimiento del cultivo bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. Además, se encontró que el aumento de la temperatura máxima estaba negativamente correlacionado con el crecimiento del arroz, lo que resalta la importancia de considerar el cambio climático en la gestión de cultivos (Tatsumi, 2021).

Estos estudios resaltan la relevancia de la biomasa de arroz en la gestión ambiental, ya que influye tanto en las emisiones de gases de efecto invernadero como en el rendimiento del cultivo. Comprender cómo la gestión de la biomasa de arroz afecta estas variables es esencial para abordar los desafíos ambientales y agrícolas en un mundo en constante cambio climático y prácticas agrícolas.

#### **1.2.1.6. Importancia de la biomasa en la agricultura y la seguridad alimentaria**

La biomasa tiene un rol importante en la agricultura y en la producción de alimentos como, por ejemplo:

Fuente de energía renovable; ya que se pueden convertir en biogás, biocombustibles sólidos o líquidos y utilizarse para generar calor, electricidad y disminuir la dependencia de combustibles fósiles y contribuir con la sostenibilidad energética.

Acondicionamiento del suelo; al descomponerse la biomasa y mezclarse con el suelo mejora su estructura, la fertilidad y la retención de humedad. Lo que puede mejorar la productividad de los cultivos y disminuir el uso de fertilizantes químicos.

Control de erosión y conservación del suelo; la biomasa vegetal como rastrojos y paja, protegen al suelo de la erosión originada por el viento y el agua. Así también ayuda a mantener la estructura del suelo y evitar la pérdida de nutrientes y degradación del suelo que es fundamental para tener una agricultura sostenible.

Es una importante fuente de nutrientes para las plantas (nitrógeno, fosforo y potasio), ya que, si se incorpora la biomasa vegetal residual al suelo, se cierra el ciclo de nutrientes y ayuda a mantener de manera natural la fertilidad del suelo. (Fernández et al., 2015)

### **1.2.2. Métodos tradicionales de medición de biomasa en cultivos agrícolas.**

Uno de los métodos más simples es el de la cosecha y pesaje manual, que consiste en seleccionar una muestra representativa del cultivo, cosecharla manualmente y pesarla en la balanza. Otro es el método de cuadrantes, también llamado método cuadros de muestreo, para este método se utilizan marcos de tamaño conocido y se colocan aleatoriamente en patrones determinados en el campo y se cosechan todas las plantas dentro de ellos, luego se pesa la biomasa en el laboratorio y se extrapolan los resultados para estimar la biomasa total del cultivo. El método del ceptómetro es un método no destructivo y es usado para áreas grandes, el ceptómetro estima el índice de área foliar, con este índice se puede obtener la biomasa a partir de ecuaciones que dependen del país, el año, la temporada y el tipo de plantas. Otro método muy usado es el de la altura de dosel, en el cual se determina la biomasa a partir de la altura de la hierba y se usa como instrumentos el medidor de placa ascendente y la varilla de medición. (Finzel et al., 2012; Grijalva Gómez, 2022; Tatsumi, 2021).

El método del ceptemeter y el de la altura de dosel dependen mucho del tipo de cultivo, de los factores climáticos y la densidad del cultivo del cual se quiere determinar la biomasa, lo cual es una desventaja. Mientras que una de las ventajas es que no es un método invasivo (Finzel et al., 2012; Tatsumi, 2021)

Por otra parte, el método de la cosecha y el método de cuadros, son métodos invasivos y no se pueden repetir lo cual es una desventaja ante los métodos anteriores,

otra desventaja es que invierten mucho tiempo y no se puede aplicar a cultivos muy extensos. Pero si es ventajoso ya que las muestras se toman de maneras directas y por ende son más precisas.

### **1.2.3. Tecnologías de Teledetección y Fotogrametría**

#### **1.2.3.1. Conceptos básicos de teledetección y fotogrametría**

La teledetección es una técnica que consiste en obtener información a distancia de ciertos objetos sin tener contacto material con ellos, pero si una interacción entre el objeto y el observador en este caso puede ser un sensor. La información del objeto es emitida por radiación y recibida por el sensor. (*Teledetección*, s. f.)

La radiación recibida por el sensor en cuanto a su origen puede ser:

- Radiación solar reflejada por los objetos. (Luz visible)
- Radiación emitida por los objetos. (infrarrojo)
- Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar)

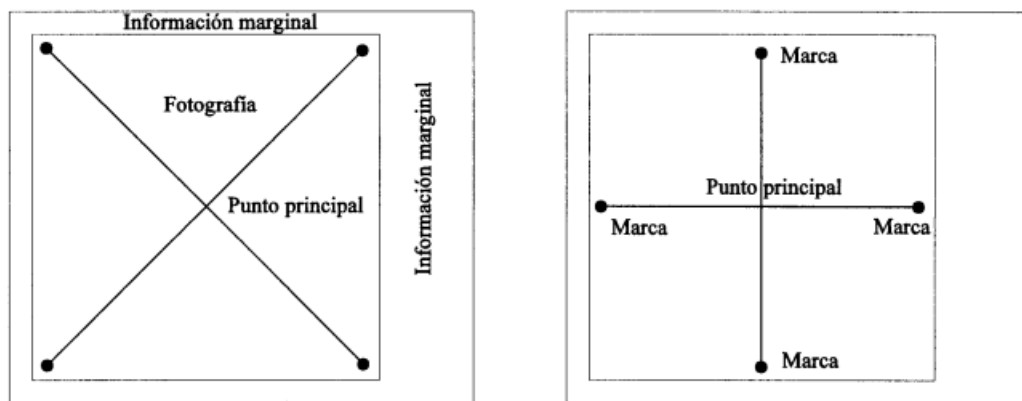
“La fotogrametría es la ciencia por medio de la cual, a partir de fotografías del terreno, se consigue deducir su planta y su alzado, llegando a formar un plano topográfico del mismo”(Santamaría & Sanz, 2011).

El fotograma es una fotografía aérea del terreno en estudio, la cual además de lleva en sus bordes datos como la distancia focal, altura de vuelo, hora de la toma, número de orden de la foto entre otros datos.

Los fotogramas pueden tener dimensiones de 18 x 18, 23 x 23 y 30 x 30 cm.

Un dato importante a determinar es la proyección del eje focal de la lente sobre el fotograma el cual se denomina Punto Principal, el cual se determina por la intersección de las diagonales del fotograma.

Figura 1 : Obtención del punto principal a partir de las marcas fiduciales



Nota. Tomada de (Santamaría & Sanz, 2011, p. 9)

### 1.2.3.2. Tipos de sensores remotos utilizados en la agricultura.

Los sensores remotos sirven para recolectar información sobre un objeto o fenómeno a través de la radiación electromagnética que reflejan o emiten, para lo cual necesitan estar fijos en satélites, aviones, vehículos aéreos no tripulados (VANT), vehículos terrestres por mencionar algunos.

Los sensores remotos pueden ser pasivos o activos, los sensores remotos pasivos son los que reciben la radiación emitida o reflejada por el objeto o fenómeno en estudio y se usan en la detección de cultivos, estimar la cobertura de la superficie, detección de plagas, fenología, determinación de la biomasa, etc. Los sensores remotos activos son los que emiten radiación sobre el objeto en estudio y esta se refleja para ser recibida por los sensores con información que proviene del objeto, un ejemplo de este tipo de sensores activos son el Radar de Abertura Sintética (SAR), estos son muy sensibles ya que trabajan con frecuencias de microondas, son muy útiles para determinar el área foliar, biomasa, altura de dosel, así como la humedad del suelo. Los VANT pueden llevar sensores pasivos y activos como cámaras en las bandas visibles, infrarrojo, sistema de microondas, escáner laser entre otros. (Guzmán-Álvarez et al., 2022, p. 3)

Figura 2 : VANT (Modelo ELOMATRICE 210 RTK V2) con sensor pasivo en el espectro visible



#### **1.2.4. Ventajas y limitaciones de la teledetección y la fotogrametría en el monitoreo de cultivos.**

##### **1.2.4.1. Procesamiento de Imágenes y Fotogrametría**

###### **A. Procesamiento de imágenes:**

El procesamiento de imágenes es un ámbito multidisciplinario que engloba métodos y algoritmos diseñados para manipular, examinar y perfeccionar imágenes digitales con el propósito de extraer información valiosa y facilitar su interpretación tanto por parte de humanos como de sistemas automatizados. Este proceso involucra la utilización de operaciones matemáticas y algoritmos informáticos para llevar a cabo diversas tareas, como ajustes de color, mejora de la calidad visual, detección de características, reconocimiento de patrones y delimitación de objetos. Sus aplicaciones se extienden a una amplia gama de campos, tales como la medicina, la biología, la astronomía, la seguridad, la agricultura, la industria del entretenimiento y la robótica, entre otros (Bongomin et al., 2024).

## **B. Fotogrametría:**

La fotogrametría es un campo científico y técnico que se centra en obtener mediciones precisas y tridimensionales de objetos físicos y áreas terrestres a través del análisis de imágenes fotográficas. Al emplear principios geométricos y matemáticos, esta disciplina posibilita la reconstrucción detallada de la forma, tamaño y ubicación de objetos y terrenos mediante la captura y evaluación de imágenes. Este procedimiento implica el uso de cámaras convencionales, aéreas o imágenes de satélite para recopilar datos visuales, los cuales se procesan con algoritmos especializados para calcular con exactitud las coordenadas y dimensiones necesarias. La fotogrametría encuentra aplicación en diversos campos como topografía, cartografía, ingeniería civil, arquitectura, arqueología, geomática y agricultura de precisión, siendo esencial para la toma de decisiones y la planificación de proyectos en estas áreas (Hedstrand et al., 2024).

### **1.2.4.2. Procesos y técnicas de preprocesamiento de imágenes**

El preprocesamiento de imágenes en el contexto agrícola es un paso crítico para garantizar la calidad y la utilidad de los datos capturados, ya que las imágenes pueden contener una variedad de imperfecciones que afectan su interpretación y análisis. A continuación, se detallan algunas de las etapas clave del preprocesamiento de imágenes en agricultura y las técnicas asociadas:

#### **1. Corrección de Color:**

La corrección de color es esencial para asegurar que las imágenes reflejen con precisión la realidad de los cultivos y el entorno circundante. Esto implica ajustar los niveles de los canales de color (rojo, verde, azul) para corregir cualquier sesgo de color introducido por el equipo de captura o las condiciones de iluminación. Se utilizan técnicas como la corrección gamma, la corrección de balance de blancos y

la normalización del color para lograr una representación fiel de la escena (Díaz Conrado & Duque Romero, 2007; Elizondo & Maestre, 2005).

## **2. Eliminación de Ruido:**

El ruido en las imágenes agrícolas puede provenir de varias fuentes, como la interferencia electromagnética, la variabilidad atmosférica o los errores de captura. La eliminación de ruido es crucial para obtener imágenes más claras y nítidas, lo que facilita el análisis posterior. Se emplean filtros de suavizado, como el filtro de mediana o el filtro Gaussiano, para reducir el ruido sin perder detalles importantes en la imagen (Díaz Conrado & Duque Romero, 2007; Elizondo & Maestre, 2005).

## **3. Mejora de la Nitidez:**

La mejora de la nitidez se refiere al proceso de resaltar los detalles finos y los bordes en una imagen para mejorar su claridad y definición. Esto es especialmente importante en aplicaciones agrícolas donde se necesita identificar características específicas de los cultivos, como hojas, frutas o enfermedades. Se utilizan técnicas como la máscara de enfoque y la restauración de imágenes para aumentar la nitidez de la imagen sin introducir artefactos no deseados (Díaz Conrado & Duque Romero, 2007; Elizondo & Maestre, 2005).

## **4. Normalización del Contraste:**

La normalización del contraste se utiliza para ajustar el rango dinámico de una imagen, asegurando que los detalles sean claramente visibles en todas las áreas, desde las regiones más oscuras hasta las más brillantes. Esto es crucial para resaltar características importantes en las imágenes agrícolas, como cambios sutiles en la vegetación o diferencias en la textura del suelo. Se emplean técnicas como la ecualización del histograma y la compresión de contraste para mejorar la

visualización y el análisis de las imágenes (Díaz Conrado & Duque Romero, 2007; Elizondo & Maestre, 2005).

El preprocesamiento de imágenes en agricultura involucra una serie de técnicas destinadas a mejorar la calidad y la utilidad de los datos capturados, desde la corrección de color hasta la normalización del contraste. Estas técnicas son fundamentales para garantizar una representación precisa de los cultivos y el entorno agrícola, facilitando así el análisis y la toma de decisiones en aplicaciones agrícolas de precisión.

#### **1.2.4.3. Métodos de clasificación de imágenes para la identificación de cultivos.**

La clasificación de imágenes desempeña un papel fundamental en la agricultura de precisión al permitir la identificación y el mapeo de diferentes tipos de cultivos en áreas agrícolas extensas. En esta sección, se ampliará sobre los diversos métodos de clasificación, tanto supervisados como no supervisados, y se discutirá su aplicación en la identificación de cultivos:

##### **A. Métodos Supervisados:**

Los métodos supervisados de clasificación son aquellos que requieren conjuntos de datos etiquetados para entrenar modelos de clasificación. Estos modelos utilizan información previamente etiquetada para aprender patrones y características distintivas de cada clase de cultivo (Cao et al., 2024). Entre los métodos supervisados más comunes se encuentran:

##### **a) Máquinas de Vectores de Soporte (SVM):**

SVM es un algoritmo de aprendizaje supervisado utilizado para clasificación y regresión. En la clasificación de imágenes agrícolas, SVM busca encontrar el

hiperplano que mejor separa las diferentes clases de cultivos en el espacio de características (Zhao et al., 2023).

**b) Clasificadores de Bayes:**

Los clasificadores de Bayes son algoritmos que aplican el teorema de Bayes para clasificar datos en función de la probabilidad de pertenecer a una determinada clase. Estos clasificadores son efectivos cuando se dispone de información sobre la distribución de las clases en el espacio de características (Wei et al., 2024).

**c) Redes Neuronales Artificiales (ANN):**

Las redes neuronales son modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano. En el contexto de la clasificación de imágenes agrícolas, las ANN pueden aprender automáticamente características y patrones complejos de las imágenes para realizar una clasificación precisa .(Chundu et al., 2024)

**B. Métodos No Supervisados:**

Los métodos de clasificación no supervisados no requieren conjuntos de datos etiquetados para entrenar modelos de clasificación. En cambio, agrupan píxeles o regiones de la imagen que son similares en función de ciertas medidas de similitud (de Gélis et al., 2023; Xue et al., 2023). Algunos métodos no supervisados utilizados en la clasificación de imágenes agrícolas son:

**a) Segmentación de Regiones:**

Este enfoque divide la imagen en regiones homogéneas en función de la intensidad de los píxeles, la textura o la forma. Las regiones resultantes pueden representar diferentes cultivos o características del suelo que luego pueden ser clasificadas manualmente o mediante técnicas de clustering (Jia et al., 2022).

**b) Clasificación Espectral:**

La clasificación espectral se basa en el análisis de las firmas espectrales de los píxeles en la imagen. Los píxeles se agrupan en diferentes clases de acuerdo con sus valores espectrales, lo que permite la identificación automática de diferentes tipos de cultivos basada en sus características espectrales únicas (Li et al., 2010).

Estos métodos de clasificación, tanto supervisados como no supervisados, son fundamentales para la identificación precisa de cultivos en imágenes agrícolas y proporcionan información valiosa para la gestión de cultivos, el monitoreo de la salud de las plantas y la toma de decisiones agrícolas. La elección del método adecuado depende de factores como la disponibilidad de datos etiquetados, la complejidad de la escena y los requisitos de precisión del sistema.

#### **1.2.4.4. Principios de fotogrametría digital y su aplicación en la agricultura.**

La fotogrametría digital, como disciplina, se ha convertido en un pilar fundamental en la agricultura de precisión, proporcionando herramientas poderosas para la adquisición de datos geoespaciales de alta precisión y la generación de información tridimensional detallada sobre terrenos y cultivos (Bareth & Hütt, 2023; Deng et al., 2024; James et al., 2024; Kamaruzaman et al., 2024). A continuación, se ampliará sobre los principios de la fotogrametría digital y sus diversas aplicaciones en agricultura:

##### **A. Principios Fundamentales de la Fotogrametría Digital:**

###### **a) Geometría de las Cámaras:**

La geometría de las cámaras forma la base de la fotogrametría digital. Este principio se basa en la captura de imágenes desde diferentes puntos de vista y ángulos utilizando una o más cámaras. Se utilizan modelos matemáticos para describir la relación entre los puntos en el mundo real y sus proyecciones

en la imagen, lo que permite la reconstrucción precisa de la geometría tridimensional de la escena (Durgut & Maraş, 2023).

**b) Triangulación Estereoscópica:**

La triangulación estereoscópica es un concepto central en fotogrametría que se basa en la captura de imágenes desde al menos dos posiciones diferentes. Al comparar las imágenes estéreo resultantes, es posible calcular la posición tridimensional de puntos específicos en la escena, así como la distancia y la elevación de objetos en el terreno (Driels et al., 1985; Podladchikova et al., 2021).

**c) Generación de Modelos Digitales de Elevación (DEM) y Modelos Digitales del Terreno (DTM):**

Los DEM y DTM son representaciones digitales de la superficie terrestre que se generan a partir de datos fotogramétricos. Los DEM muestran la elevación del terreno sin incluir características como árboles y edificios, mientras que los DTM representan la superficie terrestre completa, incluyendo todas las características naturales y artificiales (Morico et al., 2024; Yin et al., 2023; Zylshal et al., 2024).

**B. Aplicaciones de la Fotogrametría Digital en Agricultura:**

**a) Monitorización del Crecimiento de los Cultivos:**

La fotogrametría digital se utiliza para monitorear el crecimiento de los cultivos a lo largo del tiempo mediante la captura de imágenes repetidas de los campos agrícolas. Esto permite el seguimiento de cambios en la biomasa, la salud de las plantas y el desarrollo fenológico de los cultivos (Jayasuriya et al., 2024).

**b) Detección de Enfermedades y Estrés Vegetal:**

Las imágenes fotogramétricas pueden utilizarse para detectar signos tempranos de enfermedades, plagas o estrés en los cultivos mediante el análisis de características espectrales y morfológicas. Esto permite una gestión proactiva de la salud de los cultivos y la implementación de medidas de control preventivas (Motie et al., 2023).

#### **c) Planificación de la Siembra y la Cosecha:**

La fotogrametría digital proporciona información detallada sobre la topografía del terreno y la distribución de los cultivos, lo que facilita la planificación de actividades agrícolas como la siembra y la cosecha. Los mapas de elevación y los modelos de cultivos generados a partir de datos fotogramétricos ayudan a optimizar el diseño de los campos y mejorar la eficiencia operativa (Chamara et al., 2023).

La fotogrametría digital desempeña un papel crucial en la agricultura moderna al proporcionar herramientas avanzadas para la adquisición de datos espaciales y la generación de información tridimensional sobre terrenos y cultivos. Sus aplicaciones van desde la monitorización del crecimiento de los cultivos hasta la detección de enfermedades y la planificación de actividades agrícolas, contribuyendo así a mejorar la productividad y la sostenibilidad en el sector agrícola.

#### **1.2.4.5. Herramientas y software utilizados en el procesamiento de imágenes y fotogrametría.**

En el ámbito del procesamiento de imágenes y fotogrametría aplicados a la agricultura, una variedad de herramientas y software están disponibles para ayudar en la adquisición, análisis y visualización de datos. A continuación, se ampliará sobre algunas de las herramientas más utilizadas en este campo:

##### **1. QGIS (Quantum GIS):**

QGIS es un sistema de información geográfica de código abierto que proporciona funcionalidades avanzadas para la visualización, análisis y gestión de datos espaciales. En el contexto agrícola, QGIS se utiliza para la creación de mapas temáticos, la generación de modelos digitales del terreno, y la integración de datos de teledetección y fotogrametría para el monitoreo de cultivos y la planificación agrícola (De Araújo Gomes et al., 2021)

## **2. ENVI (Environment for Visualizing Images):**

ENVI es una plataforma de software líder en el procesamiento y análisis de imágenes de teledetección. Ofrece herramientas avanzadas para la corrección atmosférica, la clasificación de imágenes y la generación de productos derivados, como índices de vegetación y modelos digitales del terreno. En agricultura, ENVI se utiliza para el monitoreo de cultivos, la detección de cambios en la cobertura vegetal y el análisis de la salud de las plantas (Abdul-Hammed & Mahdi, 2022).

## **3. Pix4D:**

Pix4D es una solución de software líder en la generación de modelos 3D y ortomosaicos a partir de imágenes aéreas y terrestres. Es ampliamente utilizado en agricultura de precisión para la creación de mapas de elevación, la monitorización del crecimiento de los cultivos y la evaluación de la salud vegetal. Pix4D ofrece herramientas avanzadas de procesamiento fotogramétrico y análisis de imágenes para la toma de decisiones agrícolas basadas en datos (Bento et al., 2023).

## **4. Agisoft Metashape:**

Anteriormente conocido como Agisoft Photoscan, Agisoft Metashape es un software de fotogrametría que permite la generación de modelos digitales del

terreno y modelos 3D a partir de imágenes aéreas y terrestres. En agricultura, Agisoft Metashape se utiliza para la creación de ortomosaicos de alta resolución, la monitorización del crecimiento de los cultivos y la evaluación de la salud vegetal. Ofrece herramientas avanzadas de procesamiento fotogramétrico y análisis de imágenes para aplicaciones agrícolas de precisión (Sakamoto et al., 2022).

## **5. Python:**

Python es un lenguaje de programación de alto nivel que ofrece una amplia variedad de bibliotecas y herramientas para el procesamiento de imágenes y la fotogrametría. Bibliotecas como OpenCV, scikit-image y GDAL proporcionan funciones avanzadas para el análisis y manipulación de imágenes, así como para la realización de tareas de fotogrametría, como la generación de modelos 3D y la clasificación de imágenes (Bhujade et al., 2024).

## **6. MATLAB:**

MATLAB es un entorno de computación numérica y técnica que se utiliza ampliamente en el procesamiento de imágenes y la fotogrametría. Ofrece herramientas y funciones especializadas para el análisis de imágenes, la manipulación de datos geoespaciales y la implementación de algoritmos de fotogrametría. MATLAB es especialmente útil para la investigación y el desarrollo de algoritmos personalizados en estas áreas (Kalaierasi et al., 2023).

## **7. Java:**

Java es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones de software en diferentes campos, incluido el procesamiento

de imágenes y la fotogrametría. En el contexto agrícola, Java se utiliza para la implementación de aplicaciones y sistemas de información geográfica (SIG) que integran datos de teledetección y fotogrametría para la gestión y análisis de recursos agrícolas (Shi et al., 2019).

Estas son solo algunas de las herramientas y software más utilizados en el procesamiento de imágenes y fotogrametría en el contexto agrícola. Cada una de estas herramientas ofrece funcionalidades específicas y aplicaciones en áreas como la monitorización de cultivos, la planificación agrícola y la gestión de recursos naturales. La elección de la herramienta adecuada depende de los requisitos del proyecto, el presupuesto disponible y las necesidades específicas de análisis de imágenes y datos espaciales.

#### **1.2.5. Estimación de Biomasa Vegetal a partir de datos de teledetección y fotogrametría.**

La estimación de la biomasa vegetal es un aspecto crucial en la monitorización y gestión de los recursos naturales, especialmente en el contexto agrícola y forestal. La utilización de datos obtenidos a través de la teledetección y la fotogrametría ha emergido como una herramienta prometedora para estimar la biomasa vegetal de manera precisa y eficiente (Cunliffe et al., 2020; Pätzig et al., 2020). En esta sección, se abordará la aplicación de estos métodos para la estimación de la biomasa vegetal, así como los diferentes enfoques y técnicas utilizadas para lograr este objetivo.

##### **1.2.5.1. Métodos y modelos para estimar la biomasa a partir de datos de teledetección**

La teledetección ofrece la capacidad de obtener información sobre la cobertura vegetal a gran escala y de forma continua, lo que la convierte en una herramienta poderosa para la estimación de la biomasa vegetal. Existen varios métodos y modelos

desarrollados para estimar la biomasa a partir de datos de teledetección, entre los cuales se destacan:

**a) Índices de Vegetación:**

Los índices de vegetación, como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Índice de Área Foliar (LAI), se utilizan comúnmente para estimar la biomasa vegetal. Estos índices se calculan a partir de la reflectancia de la superficie en diferentes bandas espectrales y se correlacionan con la cantidad de biomasa presente en la vegetación (Fan et al., 2009; Farias et al., 2023; Miller et al., 2024).

**b) Modelos Empíricos:**

Se han desarrollado modelos empíricos basados en relaciones estadísticas entre la biomasa vegetal medida en el terreno y variables derivadas de datos de teledetección, como la reflectancia en diferentes bandas espectrales o la textura de la imagen. Estos modelos pueden ser específicos para diferentes tipos de vegetación y condiciones ambientales (Kaasalainen et al., 2014).

**c) Modelos Basados en Estructura:**

Los modelos basados en la estructura de la vegetación, como el Modelo Canónico de Redes (CRM) y el Modelo de Transferencia Radiativa (RTM), utilizan información sobre la arquitectura de la vegetación, como la altura y la densidad de la copa, para estimar la biomasa vegetal (Zheng et al., 2014).

**1.2.5.2. Técnicas de modelado de la relación entre biomasa y variables de imagen**

Además de los métodos de estimación de la biomasa, es importante comprender las técnicas de modelado que se utilizan para establecer la relación entre la biomasa y

las variables derivadas de imágenes de teledetección y fotogrametría. Algunas de estas técnicas incluyen:

**a) Regresión Lineal y No Lineal:**

Las técnicas de regresión se utilizan para modelar la relación entre la biomasa y las variables de imagen. Se pueden emplear tanto modelos lineales como no lineales para capturar la relación compleja entre estas variables.

**b) Análisis de Componentes Principales (PCA):**

El PCA se utiliza para reducir la dimensionalidad de los datos y extraer características significativas de las imágenes de teledetección. Estas características se utilizan luego como variables explicativas en modelos de regresión para estimar la biomasa vegetal.

**c) Aprendizaje Automático:**

Las técnicas de aprendizaje automático, como los árboles de decisión, las máquinas de vectores de soporte (SVM) y las redes neuronales, se utilizan cada vez más para modelar la relación entre la biomasa y las variables de imagen. Estos modelos pueden capturar relaciones no lineales y complejas en los datos.

### **1.3. Hipótesis**

La determinación de la biomasa mediante el procesamiento de imágenes y fotogrametría permite una adecuada y eficiente gestión ambiental de los residuos agrícolas en el valle de La Papaya – Utcubamba – Amazonas.

## **Capítulo II. Métodos y Materiales**

### **1. Tipo de Investigación**

Descriptivo

### **2. Método de Investigación**

Cuantitativo

### **3. Diseño de Contrastación**

El diseño de la investigación es descriptivo, ya que tiene por finalidad cuantificar la biomasa residual de arroz del Valle La Papaya – Utcubamba – Amazonas por medio del procesamiento de imágenes y fotogrametría.

$$X \Rightarrow O$$

Donde:

X: Propuesta de un algoritmo para el procesamiento de imágenes

O: ayuda a una adecuada y eficiente gestión ambiental de los residuos agrícolas en el valle La Papaya – Utcubamba – Amazonas

### **4. Población, Muestra y Muestreo**

**Población:** Terrenos agrícolas del valle arrocero La Papaya de la región Amazonas.

**Muestra:** Se tomo toda la población, en donde se definieron mediante un muestreo aleatorio simple.

### **5. Técnicas, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos**

Se aplicó una encuesta a los pobladores del valle arrocero La Papaya con la finalidad de describir la percepción que tienen sobre el quemado de los desechos de arroz.

Además, se tomó fotos aéreas de los cultivos de arroz del Valle La Papaya, mediante el uso de drones para su procesamiento y análisis.

También se realizó la revisión de libros, folletos, revistas digitales y físicas.

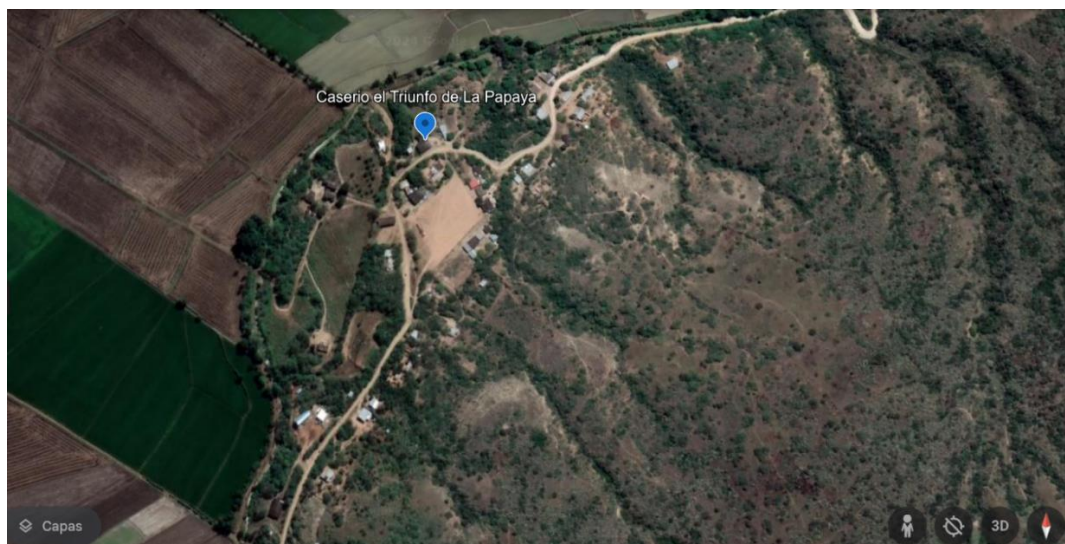
**Equipos**

- 01 GPS marca Garmin GPSMAP 65s
- 1 Drone Matrice 210 RKT V2
- 1 Drone DJI Mini 3 PRO
- 1 celular Xiami Redmi Note 11 con cámara cuádruple de 50MP + 8MP + 2MP+ 2MP
- 01 balanza electrónica

### **Ubicación del valle arrocero de La Papaya – Utcubamba**

El valle arrocero de la Papaya se encuentra ubicado a 396 msnm y cuyas zonas arroceras se encuentran a  $380 \text{ msnm} \pm 3 \text{ msnm}$ , por el oeste está delimitado naturalmente por el río Marañón, el cual abastece de agua al mencionado valle (Google Earth, 2024).

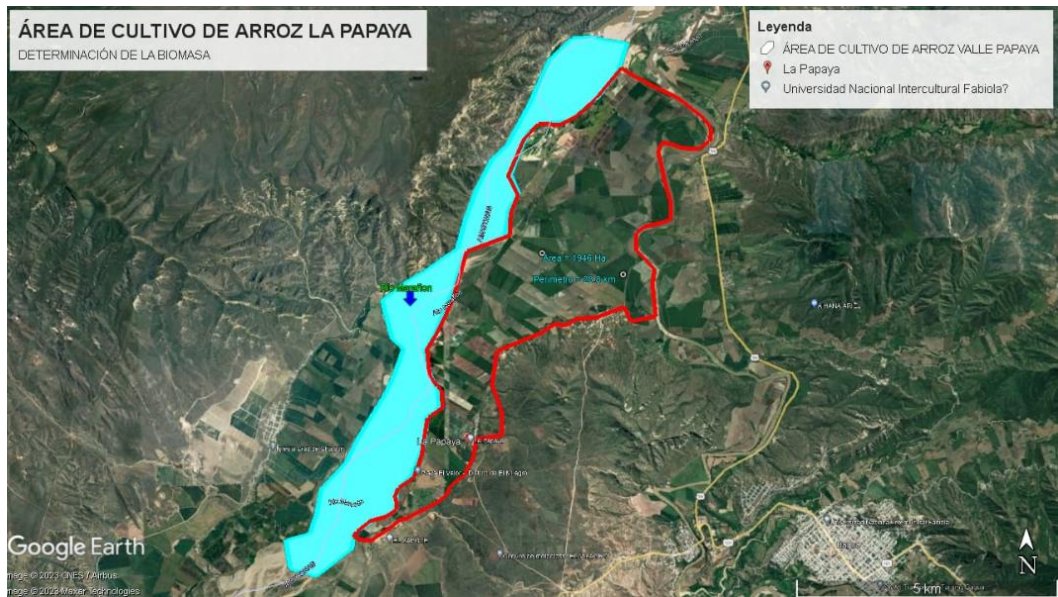
*Figura 3 :Foto satelital de la ubicación del Caserío El triunfo de la Papaya*



Nota. Tomada de Google Earth

En la Figura 3 se muestra la ubicación del caserío El triunfo de la Papaya y al oeste del caserío se encuentra el Valle arrocero De La Papaya.

Figura 4 : Foto Satelital del área y perímetro de cultivo de arroz del Valle La Papaya



Nota. Tomada y Calculada de Google Earth.

El Valle arrocero de La Papaya abarca desde la zona del Valor hasta la confluencia de los ríos Maraón, Utcubamba y Chinchipe en las cercanías del Pongo de Rentema. En la figura 4 se muestra que el área total de sembríos de arroz del Valle La Papaya es de 1946 hectáreas(Google Earth, 2024).

Tabla 1 : Puntos seleccionados para determinar el área de los sembríos de arroz del Valle La Papaya

Ítem	Longitud	Latitud	Coordenadas geográficas
1	-78.61745861	-5.635100575	-5.63510057476718,- 78.6174586099633
2	-78.61633965	-5.635387853	-5.63538785291776,- 78.6163396548284
3	-78.6148831	-5.635292207	-5.63529220725949,- 78.6148831048294
4	-78.61448113	-5.634988343	-5.63498834284154,- 78.6144811306856
5	-78.61354994	-5.634358644	-5.63435864380136,- 78.6135499398313
6	-78.61355839	-5.634061032	-5.63406103165359,- 78.6135583877255
7	-78.6132363	-5.633921453	-5.63392145296435,- 78.6132362974121
8	-78.61223725	-5.633584291	-5.63358429106797,- 78.6122372523041
9	-78.61173799	-5.633193581	-5.63319358134981,- 78.6117379930655

<b>10</b>	-78.61142851	-5.633026429	-5.63302642883608,- 78.6114285148763
<b>11</b>	-78.61103807	-5.632699447	-5.63269944669084,- 78.6110380715906
<b>12</b>	-78.61103097	-5.632695531	-5.63269553072508,- 78.6110309680616
<b>13</b>	-78.61070357	-5.632446253	-5.63244625320761,- 78.6107035660209
<b>14</b>	-78.61040647	-5.632124959	-5.63212495876256,- 78.6104064678402
<b>15</b>	-78.61021736	-5.631889957	-5.63188995707043,- 78.610217361013
<b>16</b>	-78.61007751	-5.631713725	-5.63171372514537,- 78.6100775093514
<b>17</b>	-78.60980428	-5.631571657	-5.6315716569748,- 78.6098042777472
<b>18</b>	-78.60934689	-5.631485815	-5.63148581518155,- 78.6093468851289
<b>19</b>	-78.60892596	-5.631440583	-5.6314405830568,- 78.6089259553814
<b>20</b>	-78.6081502	-5.631174385	-5.63117438526735,- 78.6081502026223
<b>21</b>	-78.60802206	-5.631101728	-5.631101727687,- 78.608022061348
<b>22</b>	-78.60737	-5.630708779	-5.63070877877536,- 78.6073700037978
<b>23</b>	-78.60688989	-5.630487544	-5.63048754368408,- 78.6068898853694
<b>24</b>	-78.60641722	-5.630209396	-5.63020939648695,- 78.6064172195041
<b>25</b>	-78.60617999	-5.630016842	-5.63001684216395,- 78.6061799925021
<b>26</b>	-78.60601686	-5.629841134	-5.62984113351077,- 78.6060168608946
<b>27</b>	-78.60555325	-5.629740297	-5.62974029694353,- 78.6055532508632
<b>28</b>	-78.60528749	-5.629606543	-5.6296065429567,- 78.6052874942211
<b>29</b>	-78.60486558	-5.629405277	-5.62940527746465,- 78.6048655839124
<b>30</b>	-78.60423265	-5.629078907	-5.62907890743545,- 78.6042326498863
<b>31</b>	-78.60374564	-5.628832827	-5.62883282703773,- 78.6037456374224
<b>32</b>	-78.60338316	-5.628599139	-5.62859913906645,- 78.603383157543
<b>33</b>	-78.60314065	-5.628405362	-5.62840536218443,- 78.6031406485356
<b>34</b>	-78.60279564	-5.628206958	-5.62820695799428,- 78.6027956390774

35	-78.60236926	-5.627834601	-5.6278346009105,- 78.6023692618005
36	-78.60210519	-5.627620176	-5.62762017591527,- 78.6021051947455
37	-78.60190306	-5.627397863	-5.62739786291603,- 78.6019030633591
38	-78.60167968	-5.627017141	-5.62701714097498,- 78.6016796767599
39	-78.60130682	-5.626298218	-5.62629821831582,- 78.6013068185312
40	-78.60116594	-5.626058144	-5.62605814438906,- 78.6011659415565
41	-78.60086347	-5.625784377	-5.62578437733798,- 78.6008634724924
42	-78.60050187	-5.625373652	-5.62537365210886,- 78.6005018677633
43	-78.59990512	-5.624652776	-5.62465277584409,- 78.5999051199299
44	-78.599377	-5.624311855	-5.62431185500438,- 78.5993770025901
45	-78.59870211	-5.623795929	-5.62379592935841,- 78.5987021050592
46	-78.59852644	-5.623286955	-5.62328695456307,- 78.598526438361
47	-78.59822841	-5.622835014	-5.62283501378609,- 78.5982284110737
48	-78.5977686	-5.62216632	-5.62216632031651,- 78.5977686030238
49	-78.59736413	-5.621493586	-5.62149358618681,- 78.5973641319119
50	-78.59711495	-5.620994552	-5.62099455209634,- 78.5971149465455
51	-78.59696817	-5.620188767	-5.62018876677515,- 78.5969681726497
52	-78.59692748	-5.619402451	-5.61940245096902,- 78.5969274772411
53	-78.59676286	-5.618445345	-5.61844534530487,- 78.5967628582651
54	-78.59594883	-5.618358555	-5.61835855490617,- 78.5959488298491
55	-78.59546202	-5.618551292	-5.618551291945,- 78.5954620238376
56	-78.59501699	-5.618363659	-5.61836365851671,- 78.5950169909232
57	-78.59501123	-5.618348807	-5.61834880658349,- 78.595011229605
58	-78.59410151	-5.617830023	-5.61783002326338,- 78.5941015051519
59	-78.59310528	-5.617487898	-5.61748789802859,- 78.593105278001

<b>60</b>	-78.59210541	-5.61699613	-5.61699612956116,- 78.5921054058829
<b>61</b>	-78.59224656	-5.616755999	-5.61675599860763,- 78.5922465575423
<b>62</b>	-78.59213159	-5.616053327	-5.61605332694562,- 78.5921315940652
<b>63</b>	-78.59224339	-5.615136778	-5.61513677758938,- 78.592243392856
<b>64</b>	-78.5920868	-5.613304433	-5.61330443333585,- 78.5920867988972
<b>65</b>	-78.59222007	-5.612694679	-5.61269467943383,- 78.5922200735323
<b>66</b>	-78.59307445	-5.610580357	-5.61058035689402,- 78.5930744469961
<b>67</b>	-78.59374005	-5.608484483	-5.60848448263383,- 78.5937400505023
<b>68</b>	-78.5940299	-5.606805458	-5.60680545820222,- 78.5940298963077
<b>69</b>	-78.5939243	-5.60592471	-5.60592471049452,- 78.5939242963408
<b>70</b>	-78.59390058	-5.605898789	-5.6058987885552,- 78.5939005802084
<b>71</b>	-78.59370094	-5.604724804	-5.60472480386752,- 78.5937009417656
<b>72</b>	-78.59383218	-5.604148049	-5.60414804888718,- 78.593832183281
<b>73</b>	-78.59384132	-5.603440366	-5.60344036605954,- 78.5938413249833
<b>74</b>	-78.59371172	-5.602917403	-5.60291740307059,- 78.5937117210917
<b>75</b>	-78.59323099	-5.602171017	-5.60217101705768,- 78.5932309894722
<b>76</b>	-78.59285827	-5.601836581	-5.60183658147458,- 78.5928582654574
<b>77</b>	-78.59256608	-5.601522711	-5.60152271129891,- 78.5925660839222
<b>78</b>	-78.59221367	-5.601391999	-5.60139199935687,- 78.5922136713482
<b>79</b>	-78.59114546	-5.600928133	-5.60092813348178,- 78.5911454559026
<b>80</b>	-78.59084269	-5.600946807	-5.60094680652699,- 78.5908426915307
<b>81</b>	-78.5905184	-5.600919079	-5.60091907861541,- 78.5905184049212
<b>82</b>	-78.5900669	-5.600801252	-5.60080125217445,- 78.5900668980222
<b>83</b>	-78.58964109	-5.600763197	-5.60076319668988,- 78.5896410916507
<b>84</b>	-78.58905513	-5.600646059	-5.600646059147,- 78.589055133764

<b>85</b>	-78.58872849	-5.600507812	-5.60050781186766,- 78.5887284906571
<b>86</b>	-78.58853345	-5.600254387	-5.60025438726653,- 78.5885334529599
<b>87</b>	-78.58811217	-5.599706207	-5.59970620749064,- 78.5881121653574
<b>88</b>	-78.58777207	-5.599365354	-5.59936535395408,- 78.5877720653343
<b>89</b>	-78.58745186	-5.599272274	-5.5992722737899,- 78.587451859394
<b>90</b>	-78.58712131	-5.599267158	-5.59926715791208,- 78.5871213065797
<b>91</b>	-78.58668418	-5.599377265	-5.59937726530467,- 78.586684180867
<b>92</b>	-78.58634139	-5.599491226	-5.59949122594705,- 78.586341389145
<b>93</b>	-78.58611732	-5.599454263	-5.59945426341842,- 78.5861173225316
<b>94</b>	-78.58591691	-5.599180396	-5.59918039601097,- 78.5859169139483
<b>95</b>	-78.58569171	-5.598950163	-5.59895016315832,- 78.5856917092679
<b>96</b>	-78.58544011	-5.598636987	-5.59863698702322,- 78.5854401141527
<b>97</b>	-78.58541855	-5.598489854	-5.59848985445556,- 78.5854185533092
<b>98</b>	-78.58537319	-5.598163763	-5.59816376279138,- 78.585373187387
<b>99</b>	-78.58516342	-5.598019106	-5.59801910597854,- 78.5851634245173
<b>100</b>	-78.58467077	-5.597886283	-5.59788628294282,- 78.5846707728742
<b>101</b>	-78.5843843	-5.597797953	-5.59779795318326,- 78.5843843007542
<b>102</b>	-78.58418761	-5.597687154	-5.59768715416762,- 78.5841876060999
<b>103</b>	-78.58414017	-5.597557179	-5.59755717887063,- 78.5841401671611
<b>104</b>	-78.58407314	-5.597284581	-5.59728458060473,- 78.5840731396613
<b>105</b>	-78.58378869	-5.597206277	-5.59720627749497,- 78.583788689098
<b>106</b>	-78.58332006	-5.597100726	-5.59710072552767,- 78.5833200558887
<b>107</b>	-78.58311694	-5.59675398	-5.59675397992349,- 78.5831169350027
<b>108</b>	-78.58294621	-5.596397201	-5.59639720091694,- 78.582946208748
<b>109</b>	-78.58261915	-5.596149585	-5.59614958545632,- 78.5826191468141

<b>110</b>	-78.58221146	-5.5959669	-5.5959668999977,- 78.582211458976
<b>111</b>	-78.58181532	-5.596054206	-5.59605420582987,- 78.5818153177861
<b>112</b>	-78.58084687	-5.596735008	-5.59673500815587,- 78.5808468734486
<b>113</b>	-78.58046465	-5.596723095	-5.59672309496719,- 78.5804646463891
<b>114</b>	-78.58003012	-5.596597351	-5.59659735139618,- 78.5800301197435
<b>115</b>	-78.57944095	-5.596360525	-5.59636052517977,- 78.5794409504021
<b>116</b>	-78.57911089	-5.595996317	-5.5959963172668,- 78.5791108855254
<b>117</b>	-78.57881513	-5.596049523	-5.59604952319755,- 78.5788151334587
<b>118</b>	-78.57812658	-5.596266942	-5.59626694248037,- 78.5781265771196
<b>119</b>	-78.57782966	-5.596294253	-5.59629425250228,- 78.5778296595989
<b>120</b>	-78.57672408	-5.59623603	-5.5962360299098,- 78.5767240772577
<b>121</b>	-78.57543623	-5.596092537	-5.59609253675448,- 78.5754362277715
<b>122</b>	-78.57480168	-5.595702838	-5.59570283810171,- 78.5748016835995
<b>123</b>	-78.57390329	-5.595228565	-5.59522856548609,- 78.5739032872081
<b>124</b>	-78.57285578	-5.594653248	-5.5946532482485,- 78.5728557847169
<b>125</b>	-78.57231395	-5.595152894	-5.59515289407256,- 78.5723139509315
<b>126</b>	-78.57205282	-5.594960087	-5.59496008683814,- 78.5720528201584
<b>127</b>	-78.57171365	-5.594727715	-5.59472771504793,- 78.5717136508798
<b>128</b>	-78.57137053	-5.594712098	-5.59471209828186,- 78.5713705310863
<b>129</b>	-78.57082089	-5.594622025	-5.59462202501093,- 78.5708208887412
<b>130</b>	-78.57022341	-5.594414606	-5.59441460550427,- 78.5702234148148
<b>131</b>	-78.56985275	-5.594530782	-5.59453078204192,- 78.5698527522382
<b>132</b>	-78.56955426	-5.594889807	-5.59488980653835,- 78.5695542614871
<b>133</b>	-78.56931209	-5.595168559	-5.5951685593978,- 78.5693120903817
<b>134</b>	-78.56880598	-5.595544696	-5.59554469585698,- 78.5688059761355

<b>135</b>	-78.56792771	-5.595193963	-5.59519396307554,- 78.5679277128148
<b>136</b>	-78.5673057	-5.595785293	-5.59578529330832,- 78.5673057026645
<b>137</b>	-78.56679687	-5.595738753	-5.59573875328957,- 78.5667968652916
<b>138</b>	-78.56629683	-5.595613401	-5.5956134010548,- 78.566296831567
<b>139</b>	-78.5660389	-5.595657555	-5.59565755529765,- 78.5660388955574
<b>140</b>	-78.56557311	-5.595842866	-5.59584286586135,- 78.5655731121731
<b>141</b>	-78.56496382	-5.596098283	-5.59609828307475,- 78.5649638194134
<b>142</b>	-78.56459548	-5.595964958	-5.5959649584894,- 78.5645954847883
<b>143</b>	-78.56459763	-5.595537463	-5.59553746253092,- 78.5645976324003
<b>144</b>	-78.56472802	-5.595015277	-5.59501527720496,- 78.5647280244325
<b>145</b>	-78.56477642	-5.59460048	-5.59460047976584,- 78.5647764157601
<b>146</b>	-78.56473464	-5.593847364	-5.59384736402654,- 78.5647346401184
<b>147</b>	-78.56477679	-5.593513279	-5.59351327921347,- 78.5647767897164
<b>148</b>	-78.56495041	-5.593042761	-5.59304276136328,- 78.564950407137
<b>149</b>	-78.56524947	-5.592370479	-5.59237047912176,- 78.5652494662977
<b>150</b>	-78.56545666	-5.591793305	-5.59179330477408,- 78.5654566558648
<b>151</b>	-78.56547226	-5.591100164	-5.59110016389688,- 78.5654722613175
<b>152</b>	-78.56547202	-5.591079588	-5.59107958763922,- 78.565472019931
<b>153</b>	-78.56539514	-5.590465164	-5.5904651640299,- 78.5653951435646
<b>154</b>	-78.56543104	-5.589981235	-5.58998123536974,- 78.5654310441131
<b>155</b>	-78.56535115	-5.589758974	-5.58975897422975,- 78.5653511533776
<b>156</b>	-78.56505357	-5.589450797	-5.58945079706975,- 78.5650535725303
<b>157</b>	-78.56486568	-5.588961829	-5.5889618293631,- 78.564865680888
<b>158</b>	-78.5648002	-5.588081502	-5.58808150184793,- 78.5648002013071
<b>159</b>	-78.56477578	-5.587670984	-5.58767098444974,- 78.564775777101

<b>160</b>	-78.56497583	-5.587186711	-5.58718671122837,- 78.5649758323282
<b>161</b>	-78.56517975	-5.587054241	-5.58705424110196,- 78.5651797482594
<b>162</b>	-78.56549305	-5.586726301	-5.58672630067438,- 78.5654930507077
<b>163</b>	-78.56579429	-5.58645347	-5.58645347036925,- 78.5657942870434
<b>164</b>	-78.56654438	-5.585967724	-5.58596772352358,- 78.5665443839013
<b>165</b>	-78.56686612	-5.585654013	-5.58565401263119,- 78.5668661211626
<b>166</b>	-78.56730474	-5.585199001	-5.58519900107371,- 78.567304736827
<b>167</b>	-78.5680005	-5.58425123	-5.58425123018011,- 78.5680005043089
<b>168</b>	-78.56815007	-5.583830328	-5.58383032778179,- 78.568150067552
<b>169</b>	-78.56824203	-5.58327386	-5.583273859886,- 78.5682420299677
<b>170</b>	-78.56834164	-5.582684164	-5.58268416360587,- 78.5683416362491
<b>171</b>	-78.56830888	-5.582209728	-5.58220972833728,- 78.5683088803524
<b>172</b>	-78.56818093	-5.581788733	-5.58178873281914,- 78.5681809296505
<b>173</b>	-78.56772188	-5.580825832	-5.58082583158172,- 78.5677218804288
<b>174</b>	-78.56756359	-5.580665126	-5.58066512645555,- 78.5675635916367
<b>175</b>	-78.56716404	-5.58036733	-5.58036733029694,- 78.5671640436363
<b>176</b>	-78.56683734	-5.580158319	-5.58015831869049,- 78.566837336338
<b>177</b>	-78.5664678	-5.579983513	-5.57998351270895,- 78.5664678041076
<b>178</b>	-78.56595553	-5.579806481	-5.57980648090091,- 78.5659555341931
<b>179</b>	-78.5656497	-5.579723654	-5.57972365361454,- 78.5656496981509
<b>180</b>	-78.56524782	-5.579668726	-5.57966872627064,- 78.5652478240927
<b>181</b>	-78.56464399	-5.579702142	-5.57970214200238,- 78.5646439913618
<b>182</b>	-78.56404695	-5.579543734	-5.57954373355656,- 78.5640469457465
<b>183</b>	-78.56346984	-5.579416848	-5.57941684840615,- 78.5634698442752
<b>184</b>	-78.56314829	-5.57936426	-5.57936426007165,- 78.563148290196

<b>185</b>	-78.56261773	-5.579199642	-5.57919964221429,- 78.5626177266614
<b>186</b>	-78.56191016	-5.579003864	-5.57900386384859,- 78.5619101621738
<b>187</b>	-78.5616227	-5.578807163	-5.57880716258409,- 78.5616226976186
<b>188</b>	-78.56155054	-5.578559405	-5.5785594054664,- 78.5615505403282
<b>189</b>	-78.56171698	-5.577109927	-5.5771099274787,- 78.5617169817651
<b>190</b>	-78.56174226	-5.576841314	-5.57684131435888,- 78.5617422560644
<b>191</b>	-78.56185343	-5.575873135	-5.57587313547401,- 78.5618534279423
<b>192</b>	-78.56201608	-5.575232295	-5.5752322951775,- 78.5620160819958
<b>193</b>	-78.56264453	-5.573532105	-5.57353210545855,- 78.5626445310697
<b>194</b>	-78.5628393	-5.572932489	-5.57293248919286,- 78.5628392990515
<b>195</b>	-78.56306921	-5.572300007	-5.57230000693453,- 78.5630692092658
<b>196</b>	-78.56320341	-5.571703188	-5.57170318809786,- 78.5632034060917
<b>197</b>	-78.56320992	-5.571203926	-5.57120392607929,- 78.5632099226287
<b>198</b>	-78.56333146	-5.570817325	-5.57081732543228,- 78.563331460801
<b>199</b>	-78.56374099	-5.569978432	-5.56997843167741,- 78.5637409865043
<b>200</b>	-78.56417872	-5.56885417	-5.5688541697438,- 78.5641787245067
<b>201</b>	-78.56438375	-5.5675137	-5.56751370021141,- 78.5643837540527
<b>202</b>	-78.56438629	-5.566972467	-5.56697246747913,- 78.5643862923181
<b>203</b>	-78.56422338	-5.566215169	-5.5662151694372,- 78.5642233766277
<b>204</b>	-78.56373752	-5.565473674	-5.56547367417225,- 78.5637375230081
<b>205</b>	-78.56333794	-5.565297717	-5.5652977166689,- 78.5633379415695
<b>206</b>	-78.56245059	-5.565224576	-5.56522457570962,- 78.5624505922557
<b>207</b>	-78.56140375	-5.56553021	-5.56553020979587,- 78.5614037486049
<b>208</b>	-78.56053716	-5.56592391	-5.56592390974133,- 78.5605371577727
<b>209</b>	-78.55946865	-5.566284308	-5.56628430755537,- 78.5594686511494

<b>210</b>	-78.55851145	-5.566508631	-5.5665086314183,- 78.5585114469234
<b>211</b>	-78.55739838	-5.566544355	-5.56654435501843,- 78.5573983845045
<b>212</b>	-78.55621375	-5.566360234	-5.56636023378633,- 78.5562137502175
<b>213</b>	-78.55573918	-5.565257595	-5.56525759517789,- 78.5557391764139
<b>214</b>	-78.55554249	-5.56463925	-5.5646392504416,- 78.5555424917526
<b>215</b>	-78.55548339	-5.563914243	-5.56391424258045,- 78.5554833935869
<b>216</b>	-78.55559187	-5.563204447	-5.5632044465925,- 78.5555918670955
<b>217</b>	-78.55662799	-5.56136057	-5.56136056950468,- 78.5566279937213
<b>218</b>	-78.5572275	-5.560648891	-5.56064889098111,- 78.557227499941
<b>219</b>	-78.55782255	-5.560130937	-5.56013093746792,- 78.5578225501425
<b>220</b>	-78.55878432	-5.559151306	-5.55915130638354,- 78.5587843225548
<b>221</b>	-78.55950549	-5.558510604	-5.55851060369709,- 78.5595054926654
<b>222</b>	-78.56049682	-5.557801002	-5.55780100178538,- 78.5604968245184
<b>223</b>	-78.56136974	-5.557374099	-5.55737409929798,- 78.5613697401843
<b>224</b>	-78.56319315	-5.555928503	-5.55592850278367,- 78.5631931490149
<b>225</b>	-78.56350342	-5.554893435	-5.55489343520326,- 78.5635034241983
<b>226</b>	-78.5651015	-5.553697213	-5.55369721335345,- 78.5651015042083
<b>227</b>	-78.56601735	-5.553174586	-5.55317458607873,- 78.5660173487171
<b>228</b>	-78.56701211	-5.552415367	-5.5524153665432,- 78.5670121063289
<b>229</b>	-78.56751798	-5.551356002	-5.55135600183446,- 78.5675179767795
<b>230</b>	-78.56805974	-5.550366085	-5.55036608517741,- 78.5680597437475
<b>231</b>	-78.56789265	-5.550025942	-5.55002594175101,- 78.5678926454255
<b>232</b>	-78.56923218	-5.548273041	-5.54827304081563,- 78.5692321767084
<b>233</b>	-78.56951621	-5.548770572	-5.54877057186937,- 78.5695162079744
<b>234</b>	-78.57002571	-5.54901845	-5.54901845036509,- 78.5700257100768

<b>235</b>	-78.57058874	-5.549476196	-5.54947619625071,- 78.5705887381718
<b>236</b>	-78.57068055	-5.549976802	-5.54997680156046,- 78.5706805479067
<b>237</b>	-78.57058516	-5.550660331	-5.55066033083157,- 78.5705851629453
<b>238</b>	-78.57061958	-5.551408622	-5.55140862179377,- 78.5706195848527
<b>239</b>	-78.57076585	-5.552144457	-5.55214445663601,- 78.5707658474417
<b>240</b>	-78.57117443	-5.553026073	-5.5530260726994,- 78.5711744293171
<b>241</b>	-78.5715289	-5.553651345	-5.55365134500418,- 78.571528902758
<b>242</b>	-78.5715374	-5.553669946	-5.55366994628308,- 78.5715373994257
<b>243</b>	-78.57229206	-5.554758	-5.55475800008898,- 78.5722920573513
<b>244</b>	-78.57294689	-5.555331077	-5.55533107716954,- 78.5729468923769
<b>245</b>	-78.57359574	-5.555717849	-5.55571784925569,- 78.5735957442994
<b>246</b>	-78.57432532	-5.555980008	-5.55598000826135,- 78.5743253209116
<b>247</b>	-78.57566997	-5.5574293	-5.55742929968654,- 78.5756699663507
<b>248</b>	-78.57580769	-5.558017827	-5.55801782737004,- 78.5758076892229
<b>249</b>	-78.57617683	-5.558657778	-5.55865777833582,- 78.5761768267623
<b>250</b>	-78.57658363	-5.558825171	-5.55882517092688,- 78.5765836285771
<b>251</b>	-78.57701207	-5.558906063	-5.55890606274898,- 78.5770120697933
<b>252</b>	-78.57765756	-5.559367958	-5.55936795815011,- 78.5776575639949
<b>253</b>	-78.57858153	-5.56004273	-5.56004272999154,- 78.5785815339198
<b>254</b>	-78.57969485	-5.560985108	-5.5609851077159,- 78.5796948510544
<b>255</b>	-78.58088919	-5.561751404	-5.5617514042421,- 78.5808891853859
<b>256</b>	-78.58180287	-5.561859906	-5.56185990574514,- 78.5818028693644
<b>257</b>	-78.58260418	-5.561857996	-5.56185799592545,- 78.5826041814729
<b>258</b>	-78.58324041	-5.561703747	-5.5617037469126,- 78.5832404099492
<b>259</b>	-78.5838611	-5.561524433	-5.56152443312812,- 78.5838610996138

<b>260</b>	-78.58524812	-5.561640081	-5.56164008069329,- 78.5852481172537
<b>261</b>	-78.58569758	-5.561819611	-5.56181961077914,- 78.5856975778753
<b>262</b>	-78.58664712	-5.562385842	-5.56238584188674,- 78.586647116587
<b>263</b>	-78.58710554	-5.562800329	-5.56280032897435,- 78.5871055423408
<b>264</b>	-78.58753851	-5.563574391	-5.56357439090251,- 78.5875385061596
<b>265</b>	-78.58807093	-5.564386256	-5.56438625573918,- 78.5880709275835
<b>266</b>	-78.58858082	-5.565347679	-5.56534767927004,- 78.5885808177583
<b>267</b>	-78.58923703	-5.566738681	-5.56673868121928,- 78.589237027254
<b>268</b>	-78.58962753	-5.567568213	-5.5675682129087,- 78.5896275347451
<b>269</b>	-78.58997139	-5.568394168	-5.56839416847999,- 78.5899713886577
<b>270</b>	-78.59024054	-5.568831276	-5.56883127592801,- 78.5902405395637
<b>271</b>	-78.59060278	-5.570002557	-5.57000255719932,- 78.5906027819534
<b>272</b>	-78.59063628	-5.570392784	-5.57039278406867,- 78.5906362794264
<b>273</b>	-78.59058982	-5.571444068	-5.5714440676435,- 78.5905898240915
<b>274</b>	-78.59046027	-5.571982211	-5.57198221106753,- 78.5904602725982
<b>275</b>	-78.58980362	-5.572438021	-5.57243802135603,- 78.5898036158968
<b>276</b>	-78.58921197	-5.573053206	-5.5730532064673,- 78.5892119677787
<b>277</b>	-78.5888883	-5.574206427	-5.57420642713831,- 78.5888883012858
<b>278</b>	-78.58896118	-5.574809193	-5.57480919288128,- 78.5889611793951
<b>279</b>	-78.58924006	-5.575531431	-5.57553143065586,- 78.5892400630483
<b>280</b>	-78.5896246	-5.576384125	-5.57638412541112,- 78.5896246035175
<b>281</b>	-78.58998524	-5.577396146	-5.57739614557442,- 78.5899852436595
<b>282</b>	-78.59022426	-5.578138181	-5.57813818149498,- 78.5902242610896
<b>283</b>	-78.59044691	-5.579108792	-5.57910879240325,- 78.590446908015
<b>284</b>	-78.59076636	-5.579555162	-5.57955516205336,- 78.5907663577742

<b>285</b>	-78.59089349	-5.580249297	-5.58024929745085,- 78.5908934864678
<b>286</b>	-78.59090796	-5.580938655	-5.58093865547558,- 78.5909079552531
<b>287</b>	-78.59082473	-5.581669904	-5.58166990421707,- 78.5908247280345
<b>288</b>	-78.59086079	-5.582027205	-5.58202720523622,- 78.5908607911595
<b>289</b>	-78.59126527	-5.58271096	-5.58271095974558,- 78.5912652691072
<b>290</b>	-78.59169081	-5.583186792	-5.58318679237044,- 78.5916908088215
<b>291</b>	-78.59212831	-5.583363066	-5.58336306602757,- 78.5921283060549
<b>292</b>	-78.59265588	-5.583485173	-5.5834851734643,- 78.5926558776804
<b>293</b>	-78.59330718	-5.583569393	-5.5835693930958,- 78.5933071803425
<b>294</b>	-78.59435079	-5.583576076	-5.58357607571229,- 78.5943507872841
<b>295</b>	-78.5963401	-5.583645572	-5.58364557166093,- 78.5963400959898
<b>296</b>	-78.59725621	-5.583907009	-5.58390700878705,- 78.5972562055053
<b>297</b>	-78.59825628	-5.584259162	-5.58425916240516,- 78.5982562793328
<b>298</b>	-78.59880404	-5.584849858	-5.58484985770168,- 78.5988040429904
<b>299</b>	-78.59918855	-5.585514318	-5.58551431788993,- 78.5991885467743
<b>300</b>	-78.59923176	-5.585919484	-5.5859194842188,- 78.5992317625664
<b>301</b>	-78.59913316	-5.586825884	-5.58682588359214,- 78.5991331621191
<b>302</b>	-78.59903953	-5.588074532	-5.58807453192688,- 78.5990395260942
<b>303</b>	-78.59902717	-5.589556462	-5.58955646165217,- 78.5990271654719
<b>304</b>	-78.59951435	-5.590413306	-5.59041330570388,- 78.5995143547109
<b>305</b>	-78.59999845	-5.591307408	-5.59130740798381,- 78.599998450633
<b>306</b>	-78.60030451	-5.592030989	-5.59203098895994,- 78.6003045129979
<b>307</b>	-78.60043533	-5.592423012	-5.59242301166344,- 78.6004353310731
<b>308</b>	-78.60037706	-5.59323313	-5.59323313044262,- 78.6003770585405
<b>309</b>	-78.6007164	-5.593725698	-5.59372569822737,- 78.6007163955379

<b>310</b>	-78.60124573	-5.594182485	-5.5941824851062,- 78.6012457340034
<b>311</b>	-78.60162209	-5.594455715	-5.59445571517888,- 78.6016220912023
<b>312</b>	-78.60188213	-5.59474043	-5.59474043030309,- 78.6018821268478
<b>313</b>	-78.6022274	-5.595433904	-5.59543390356469,- 78.6022273961341
<b>314</b>	-78.60229205	-5.595896627	-5.59589662699162,- 78.6022920489554
<b>315</b>	-78.60228022	-5.596253482	-5.59625348237951,- 78.6022802189855
<b>316</b>	-78.60229432	-5.596446861	-5.59644686074477,- 78.6022943183306
<b>317</b>	-78.6023513	-5.597240526	-5.5972405262682,- 78.6023513009739
<b>318</b>	-78.60243621	-5.597893296	-5.59789329559113,- 78.6024362077092
<b>319</b>	-78.6025792	-5.598801553	-5.59880155265533,- 78.6025792011364
<b>320</b>	-78.60258903	-5.599142437	-5.59914243716167,- 78.6025890296921
<b>321</b>	-78.60301763	-5.599740234	-5.59974023421185,- 78.6030176328958
<b>322</b>	-78.60355579	-5.600093999	-5.60009399878583,- 78.6035557875228
<b>323</b>	-78.60406335	-5.600369167	-5.60036916665795,- 78.6040633481769
<b>324</b>	-78.60478084	-5.600597384	-5.60059738400079,- 78.6047808438745
<b>325</b>	-78.60511487	-5.600835155	-5.60083515481329,- 78.605114870048
<b>326</b>	-78.60522796	-5.600924054	-5.6009240539452,- 78.6052279643891
<b>327</b>	-78.60533758	-5.601138558	-5.60113855782663,- 78.6053375772753
<b>328</b>	-78.6056119	-5.601375631	-5.60137563075647,- 78.6056119043125
<b>329</b>	-78.60568119	-5.601516342	-5.60151634218009,- 78.6056811891017
<b>330</b>	-78.60594061	-5.602397321	-5.60239732078262,- 78.6059406108706
<b>331</b>	-78.60598997	-5.602958233	-5.60295823309692,- 78.6059899689682
<b>332</b>	-78.60602885	-5.603917358	-5.60391735846674,- 78.6060288494713
<b>333</b>	-78.60597122	-5.604436718	-5.60443671812202,- 78.6059712170804
<b>334</b>	-78.60585252	-5.604952934	-5.6049529341911,- 78.6058525171179

<b>335</b>	-78.60572876	-5.605149553	-5.60514955299286,- 78.6057287605304
<b>336</b>	-78.60548903	-5.605421721	-5.6054217207821,- 78.6054890324384
<b>337</b>	-78.60525182	-5.605751626	-5.60575162577631,- 78.605251823437
<b>338</b>	-78.60483517	-5.606256617	-5.6062566167297,- 78.6048351713369
<b>339</b>	-78.60448522	-5.606737327	-5.60673732718478,- 78.6044852242649
<b>340</b>	-78.60411335	-5.607263821	-5.60726382104764,- 78.6041133485645
<b>341</b>	-78.6038286	-5.607664306	-5.60766430609974,- 78.6038286017894
<b>342</b>	-78.60342072	-5.607974666	-5.60797466586314,- 78.6034207151531
<b>343</b>	-78.60335611	-5.608208848	-5.60820884758747,- 78.603356113732
<b>344</b>	-78.60308907	-5.608506503	-5.60850650285828,- 78.6030890703356
<b>345</b>	-78.60280557	-5.609231789	-5.60923178901594,- 78.6028055702263
<b>346</b>	-78.60253775	-5.609786762	-5.60978676222683,- 78.6025377513588
<b>347</b>	-78.60226487	-5.610640659	-5.61064065939909,- 78.6022648675369
<b>348</b>	-78.60207794	-5.611130639	-5.61113063870025,- 78.6020779438052
<b>349</b>	-78.60207491	-5.6117206	-5.61172060027093,- 78.6020749128136
<b>350</b>	-78.60219421	-5.612153908	-5.61215390756258,- 78.6021942106362
<b>351</b>	-78.60254874	-5.612519671	-5.6125196713366,- 78.6025487387581
<b>352</b>	-78.60325161	-5.612633245	-5.61263324527616,- 78.6032516113687
<b>353</b>	-78.60400089	-5.612755489	-5.61275548932668,- 78.604000885103
<b>354</b>	-78.604355	-5.613263166	-5.61326316607647,- 78.6043550001602
<b>355</b>	-78.60461899	-5.613625987	-5.61362598726026,- 78.6046189919882
<b>356</b>	-78.60495043	-5.613949542	-5.61394954171014,- 78.6049504333834
<b>357</b>	-78.60518571	-5.614160154	-5.61416015411918,- 78.6051857062897
<b>358</b>	-78.60552942	-5.614374348	-5.61437434849439,- 78.6055294249882
<b>359</b>	-78.60571943	-5.614573563	-5.61457356305979,- 78.6057194266124

<b>360</b>	-78.60574693	-5.614950212	-5.61495021197173,- 78.60574692937
<b>361</b>	-78.60558049	-5.615466605	-5.61546660496788,- 78.6055804890101
<b>362</b>	-78.60544915	-5.616107539	-5.61610753905394,- 78.605449153891
<b>363</b>	-78.60543901	-5.616610078	-5.61661007835765,- 78.6054390063123
<b>364</b>	-78.60545725	-5.617213749	-5.61721374868488,- 78.6054572471164
<b>365</b>	-78.60551527	-5.617596807	-5.61759680671811,- 78.6055152740149
<b>366</b>	-78.60555254	-5.617820072	-5.61782007166147,- 78.6055525375024
<b>367</b>	-78.60564838	-5.618461913	-5.61846191338765,- 78.6056483848344
<b>368</b>	-78.6057454	-5.618970934	-5.61897093410936,- 78.6057454036074
<b>369</b>	-78.60565639	-5.619480139	-5.6194801391514,- 78.6056563926281
<b>370</b>	-78.60525028	-5.619887569	-5.61988756930249,- 78.6052502829088
<b>371</b>	-78.60554411	-5.620510173	-5.6205101728325,- 78.6055441092598
<b>372</b>	-78.60595885	-5.621364998	-5.62136499772524,- 78.6059588536494
<b>373</b>	-78.6064242	-5.621921695	-5.62192169456399,- 78.6064242015936
<b>374</b>	-78.60666023	-5.622156747	-5.6221567465056,- 78.6066602296869
<b>375</b>	-78.60674904	-5.622449968	-5.62244996752384,- 78.606749038458
<b>376</b>	-78.60661159	-5.622735501	-5.62273550142794,- 78.6066115933952
<b>377</b>	-78.60650807	-5.623030423	-5.62303042341912,- 78.6065080726354
<b>378</b>	-78.60652504	-5.623409	-5.62340899981339,- 78.606525037799
<b>379</b>	-78.60661092	-5.623747826	-5.62374782609599,- 78.6066109178467
<b>380</b>	-78.60694801	-5.623894899	-5.62389489870767,- 78.606948005932
<b>381</b>	-78.60737127	-5.624028462	-5.62402846192036,- 78.6073712677668
<b>382</b>	-78.60790565	-5.624236615	-5.62423661499434,- 78.6079056479678
<b>383</b>	-78.60830827	-5.624370551	-5.62437055144546,- 78.6083082738627
<b>384</b>	-78.60855359	-5.624557839	-5.62455783902955,- 78.6085535921108

<b>385</b>	-78.6097358	-5.625258469	-5.6252584690344,- 78.6097358036237
<b>386</b>	-78.60986277	-5.625388557	-5.62538855717925,- 78.6098627718475
<b>387</b>	-78.61002772	-5.625560127	-5.62556012741135,- 78.610027718368
<b>388</b>	-78.61037231	-5.625955683	-5.62595568272769,- 78.61037230563
<b>389</b>	-78.6107424	-5.626414173	-5.6264141727746,- 78.6107423969325
<b>390</b>	-78.61095918	-5.626639722	-5.62663972229973,- 78.6109591785996
<b>391</b>	-78.61103061	-5.626899621	-5.62689962089483,- 78.6110306066316
<b>392</b>	-78.61105626	-5.627337253	-5.6273372533008,- 78.6110562610373
<b>393</b>	-78.61092373	-5.627800712	-5.62780071245284,- 78.6109237296611
<b>394</b>	-78.61066563	-5.628620476	-5.62862047582136,- 78.6106656324769
<b>395</b>	-78.61038138	-5.62910758	-5.6291075803752,- 78.6103813766136
<b>396</b>	-78.61031978	-5.629255518	-5.6292555175231,- 78.6103197796632
<b>397</b>	-78.61018754	-5.629635976	-5.6296359755615,- 78.6101875388177
<b>398</b>	-78.61023703	-5.629868866	-5.62986886604059,- 78.6102370341505
<b>399</b>	-78.61041377	-5.630129844	-5.63012984353835,- 78.6104137679639
<b>400</b>	-78.61064724	-5.630360781	-5.63036078097835,- 78.6106472367045
<b>401</b>	-78.610907	-5.630566476	-5.63056647625845,- 78.6109070022742
<b>402</b>	-78.61090983	-5.630571435	-5.63057143460679,- 78.6109098327907
<b>403</b>	-78.61092277	-5.630588613	-5.63058861307369,- 78.6109227700238
<b>404</b>	-78.61120025	-5.630755519	-5.63075551907715,- 78.6112002453652
<b>405</b>	-78.61146483	-5.630914918	-5.63091491764621,- 78.6114648323148
<b>406</b>	-78.61167638	-5.631005954	-5.63100595387256,- 78.6116763753752
<b>407</b>	-78.61221983	-5.631206999	-5.63120699935033,- 78.6122198284974
<b>408</b>	-78.61238736	-5.631253542	-5.6312535420794,- 78.6123873647051
<b>409</b>	-78.61269309	-5.631312491	-5.63131249133469,- 78.612693088041

<b>410</b>	-78.61297317	-5.631395961	-5.63139596118468,- 78.6129731710834
<b>411</b>	-78.61338672	-5.631508956	-5.63150895609723,- 78.6133867171882
<b>412</b>	-78.61365906	-5.6315565	-5.63155649978601,- 78.6136590588667
<b>413</b>	-78.61387546	-5.631613615	-5.63161361456593,- 78.6138754622719
<b>414</b>	-78.61444286	-5.63180049	-5.63180048962883,- 78.6144428647375
<b>415</b>	-78.61468116	-5.631853059	-5.63185305916577,- 78.6146811555467
<b>416</b>	-78.61497643	-5.631961815	-5.63196181493296,- 78.6149764289238
<b>417</b>	-78.61527157	-5.63205369	-5.63205369038425,- 78.6152715687235
<b>418</b>	-78.61556079	-5.632234564	-5.63223456397829,- 78.6155607877905
<b>419</b>	-78.61568619	-5.632311073	-5.63231107251962,- 78.6156861883287
<b>420</b>	-78.61594494	-5.632577273	-5.63257727325063,- 78.6159449364575
<b>421</b>	-78.6160729	-5.632673133	-5.6326731330524,- 78.6160729028086
<b>422</b>	-78.61615107	-5.632774258	-5.6327742578682,- 78.61615107122
<b>423</b>	-78.61621913	-5.632922078	-5.63292207826056,- 78.6162191256022
<b>424</b>	-78.61633973	-5.633084039	-5.63308403881639,- 78.6163397311446
<b>425</b>	-78.61650806	-5.633123289	-5.63312328949727,- 78.6165080561849
<b>426</b>	-78.61670863	-5.633178164	-5.63317816381465,- 78.6167086307524
<b>427</b>	-78.61687366	-5.633223185	-5.63322318488992,- 78.6168736620083
<b>428</b>	-78.6169993	-5.633264519	-5.63326451913142,- 78.6169993026979
<b>429</b>	-78.61703442	-5.633271599	-5.63327159873816,- 78.6170344190218
<b>430</b>	-78.61714184	-5.633397014	-5.63339701371455,- 78.6171418405288
<b>431</b>	-78.61723774	-5.633487924	-5.63348792377166,- 78.6172377432789
<b>432</b>	-78.61730822	-5.633588663	-5.63358866295845,- 78.6173082189993
<b>433</b>	-78.61742301	-5.633656071	-5.63365607102978,- 78.6174230139633
<b>434</b>	-78.6175731	-5.633872555	-5.6338725551959,- 78.6175730999958

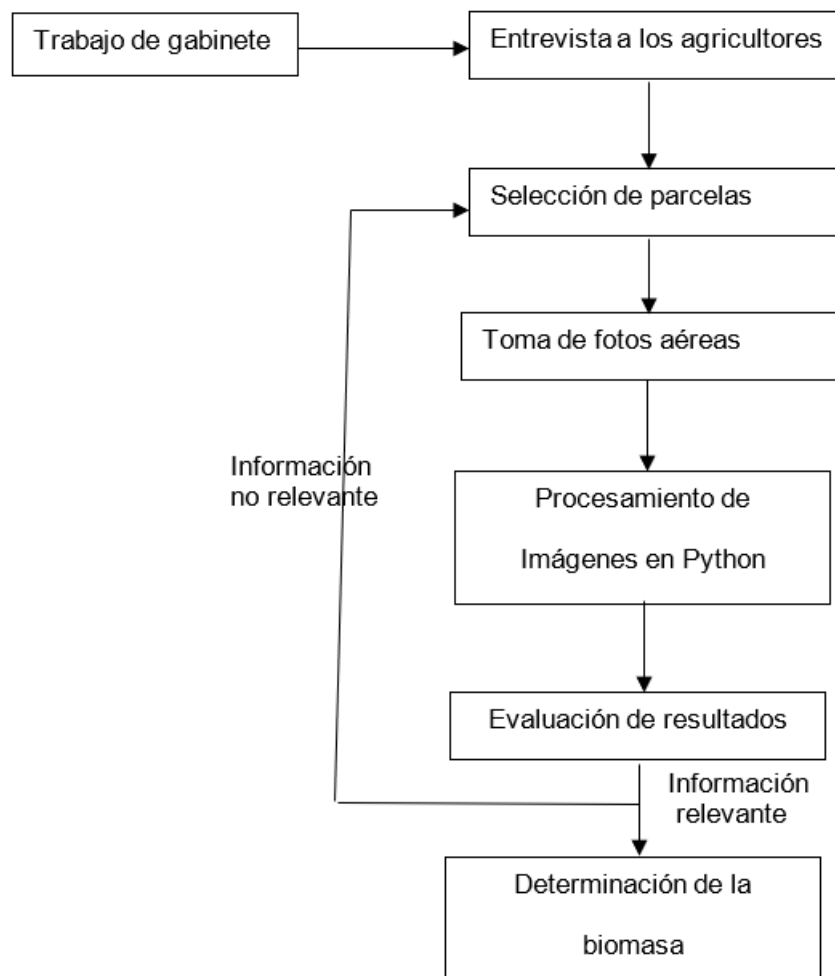
<b>435</b>	-78.61763322	-5.63396394	-5.63396394047938,- 78.6176332192932
<b>436</b>	-78.61768783	-5.634083759	-5.63408375897414,- 78.617687833274
<b>437</b>	-78.61773863	-5.634193569	-5.6341935685809,- 78.6177386342064
<b>438</b>	-78.61775443	-5.634344339	-5.63434433863354,- 78.6177544269562
<b>439</b>	-78.61776831	-5.634409683	-5.63440968305925,- 78.6177683125736
<b>440</b>	-78.61784413	-5.634489743	-5.63448974300073,- 78.6178441339847
<b>441</b>	-78.61802477	-5.634634854	-5.63463485422438,- 78.6180247740421
<b>442</b>	-78.61805975	-5.634695713	-5.63469571274955,- 78.6180597505078
<b>443</b>	-78.61804749	-5.634925829	-5.63492582863308,- 78.6180474852731
<b>444</b>	-78.61745861	-5.635100575	-5.63510057476718,- 78.6174586099633

## 6. Procesamiento y Análisis de Datos

Para la recolección de datos en la presente investigación se realizó los siguientes métodos y procedimientos:

- Se determino el área total de sembríos de arroz del Valle La Papaya usando el Google Earth.
- Se tomaron las fotos aéreas haciendo uso de drones en distintas etapas de crecimiento de los brotes de arroz.
- Para el modelo numérico de los datos se realizó una correlación área pixeles.
- El procesamiento de imágenes se realizó en el lenguaje de programación Python.

Figura 5 : Secuencia metodológica para determinar la biomasa de los sembríos de arroz del valle La Papaya



### **Trabajo de gabinete**

Para el trabajo de gabinete se revisaron artículos científicos en revistas indexadas sobre el tema de investigación, trabajos de tesis sobre procesamiento de imágenes y fotogrametría de ámbito nacional e internacional, textos sobre procesamiento de imágenes, así como también la consulta de boletines del ministerio de agricultura del Perú.

### **Entrevista a los agricultores del Valle arrocero de la Papaya**

Para recopilar información directa de los pobladores del Valle arrocero de La Papaya, se les explico la finalidad de nuestra visita y se pidió además consentimiento de toma de fotos con los drones, indicándoles que la información recopilada seria utilizada para el presente trabajo de investigación.

## **Selección de parcelas**

Según información recopilada directamente con los agricultores de la zona se pudo obtener la siguiente información:

### **Temporalización de las campañas de arroz.**

Las campañas de arroz en el Valle la Papaya son principalmente dos, la primera denominada General que empieza en el mes de noviembre y termina en abril; y la segunda campaña, llamada campaña chica inicia en mayo y termina en octubre.

### **Variedades de arroz cultivadas en el valle arrocero de La Papaya.**

También se pudo determinar que se cultivan dos variedades de arroz en el valle La Papaya.

La primera variedad es el Valor cuyo tiempo de producción es de 4 meses 10 días.

Otra variedad es el Ferón cuyo tiempo de producción es de 5 meses, pero manifiestan los agricultores que este tiene muchas plagas por lo cual están dejando de sembrar.

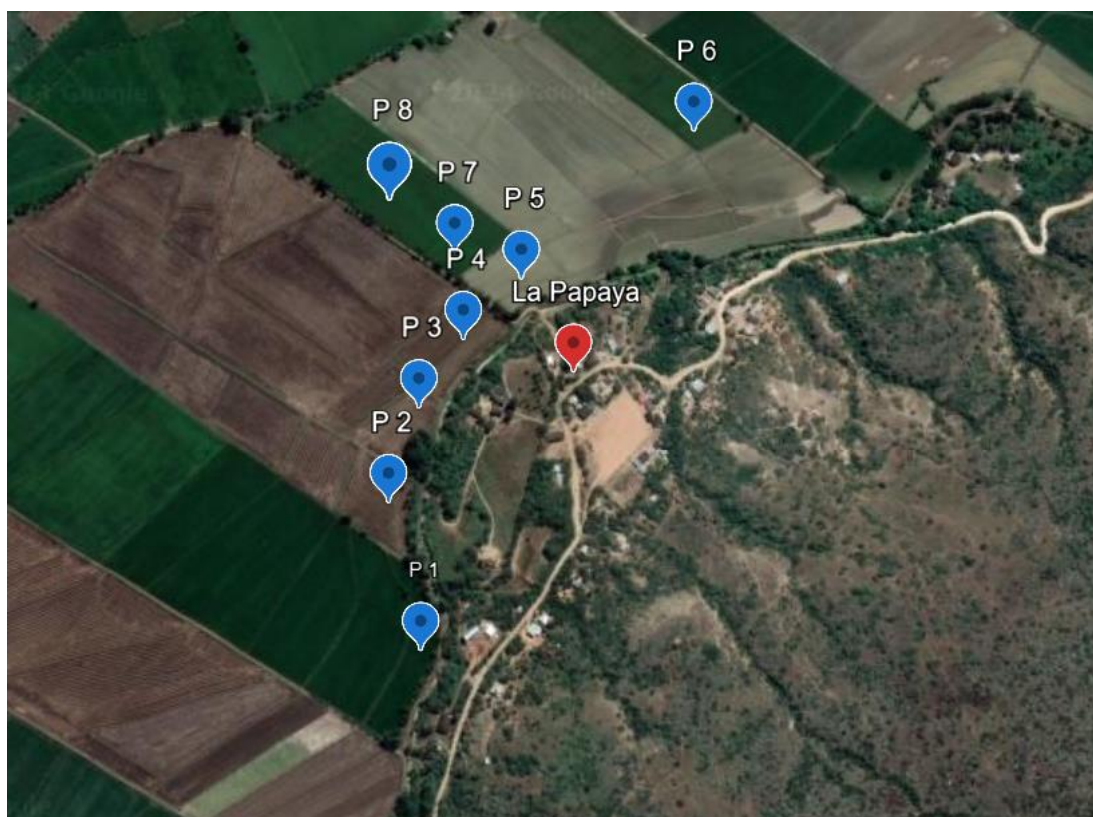
El volumen de agua que se requiere, en el valle arrocero de La Papaya es de 12238,94 m<sup>3</sup> por campaña y por hectárea. El agua utilizada proviene del río Marañon y del río Utcubamba.

Teniendo en cuenta la variedad de arroz, y el tiempo sembrado se determinó de manera aleatoria las parcelas para la obtención de imágenes aéreas.

*Figura 6 : El autor haciendo Reconocimiento de la zona y vuelo de prueba.*



Figura 7 : Puntos donde se tomó las fotos



Nota. Tomada de Google Earth

Tabla 2 : Parcelas para la toma de imágenes en coordenadas geográficas

Parcelas	Longitud	Latitud	Altura en msnm
1	-78,5938300	-5,6052943	392
2	-78,5941830	-5,6036652	388
3	-78,5938476	-5,6026179	389
4	-78,5933550	-5,6018632	389
5	-78,5927099	-5,6011938	389
6	-78,5907857	-5,5995583	385
7	-78,5934463	-5,6009030	386
8	-78,5941691	-5,6003294	385

Nota. Adaptada de Google Earth

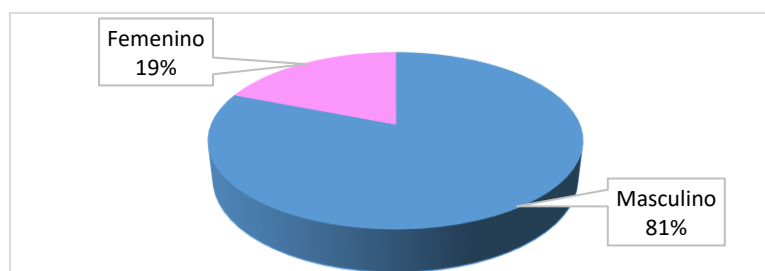
### Capítulo III. Resultados

#### Percepción ambiental del poblador del valle arrocero de La Papaya

##### Aspecto Informativo

De acuerdo a la encuesta de percepción del valle arrocero La Papaya, el 81% de los entrevistados, son de sexo masculino y el 19 % son de sexo femenino, como se puede apreciar en la figura 8, asimismo, se pudo observar que el 71.4% son menores de 30 años, el 23.8% tienen edades que van desde los 30 años a los 50 años y solo el 4% son mayores de 50 años (figura 9). En cuanto al número de integrantes en las viviendas de los entrevistados, se tiene que el 33.3% son 3 los integrantes, que solo el 4.8% vive solo y otro 4.8% son 7 los integrantes en su vivienda, como lo indica la figura 10.

*Figura 8 :Sexo de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024*



*Figura 9 : Edad de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024*

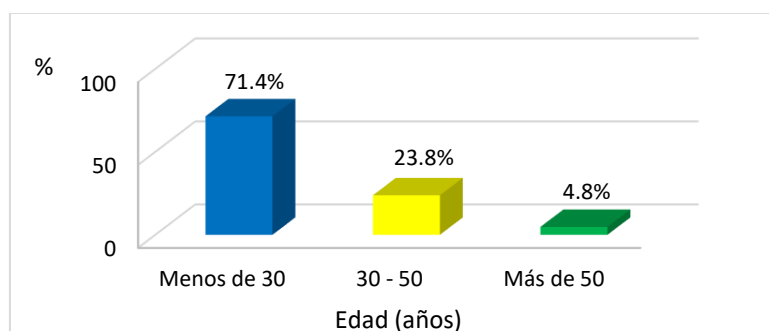
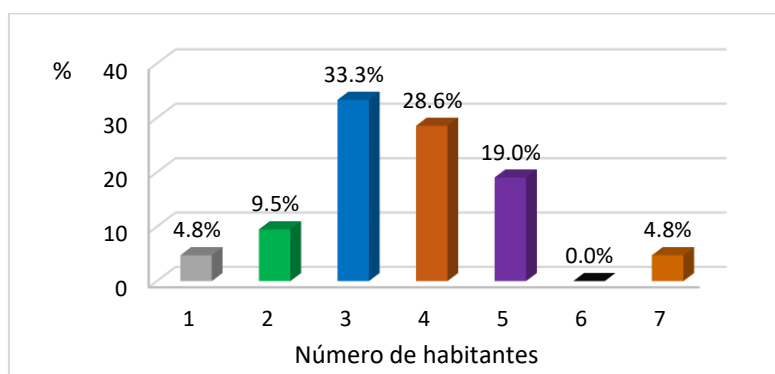
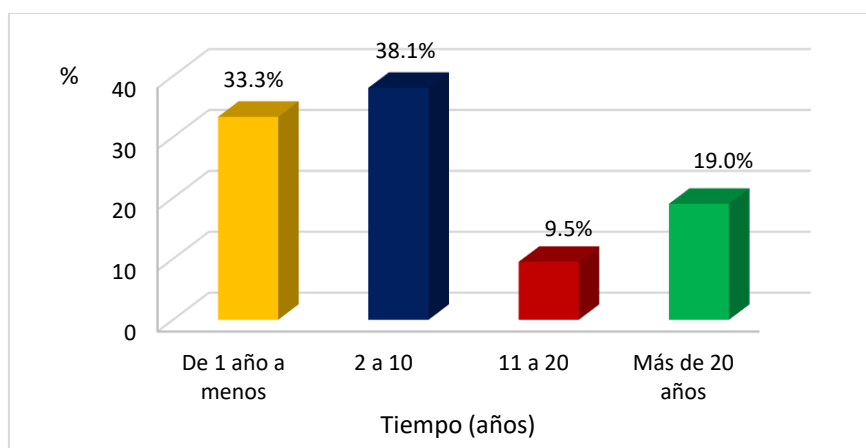


Figura 10 : Número de integrantes por vivienda del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.



El tiempo que viven los habitantes en el valle La Papaya es uno de los indicadores acerca del conocimiento de las labores que realizan estos en el valle, encontrando a un 38.1% de los habitantes que tienen de 2 a 10 años viviendo en el valle, un 9.5% de ellos tienen de 11 a 20 años y un 19% de estos tienen más de 20 años (figura 11).

Figura 11 : Habitantes del valle arrocero La Papaya según los años que viven en el lugar. Marzo de 2024



Al consultarles cuál es la actividad principal que tienen los entrevistados, el 57.1% de estos refirieron que realizaban labores en la chacra, que un 14.3% trabaja en algún negocio propio o de un familiar y otro 14.3% que ofrece algún servicio (figura 12). Además, se encontró que el 38 % de estos es trabajador independiente, empleador o patrono, otro 38.1% es empleado y un 19% es obrero (figura 13).

Figura 12 : Ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

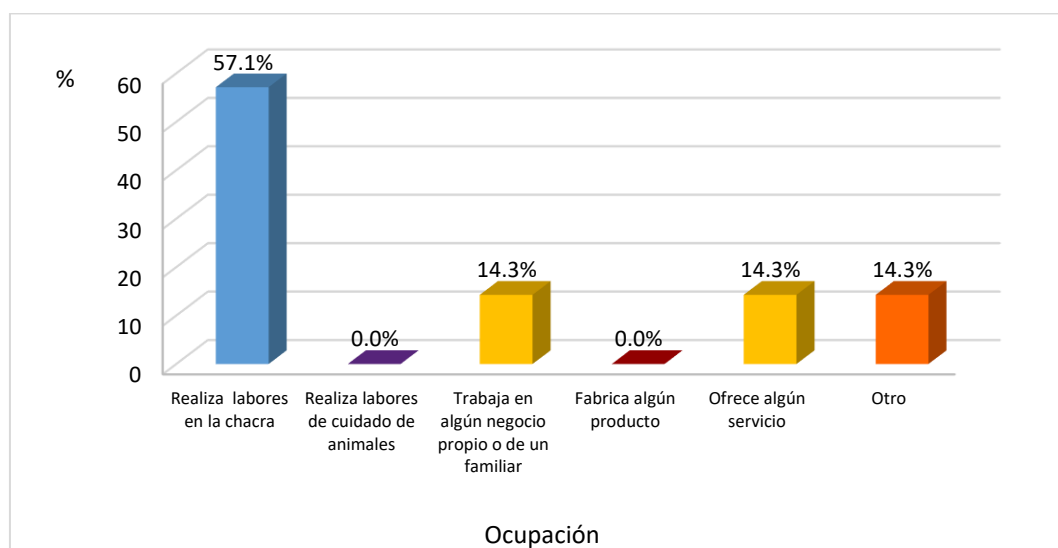
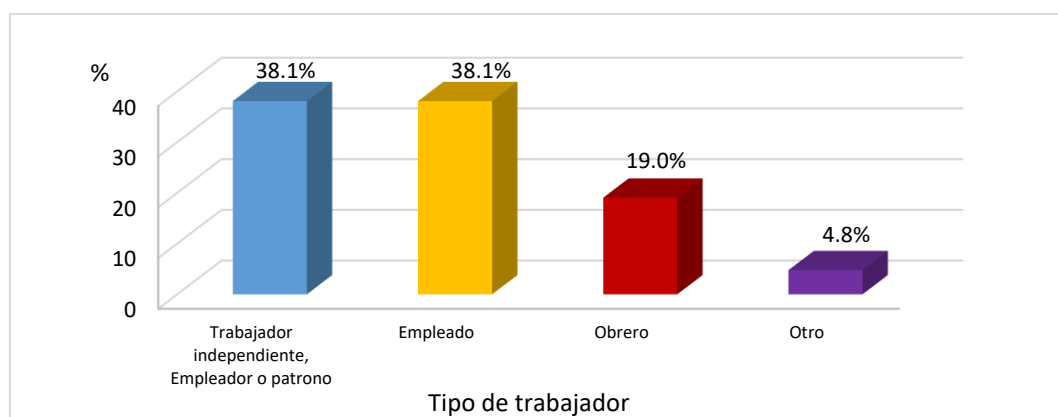
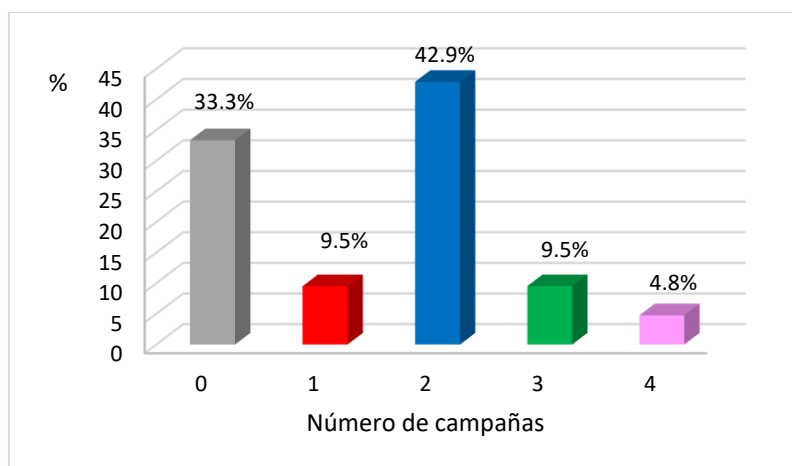


Figura 13 : Tipo de trabajador en su ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.



Al realizar la consulta de cuantas campañas había sembrado el año pasado, el 42.9% de los entrevistados refirió que realizó 2 campañas, mientras que hubo un 4.8% de estos, que había realizado 4 campañas, como se puede verificar en la tabla 14.

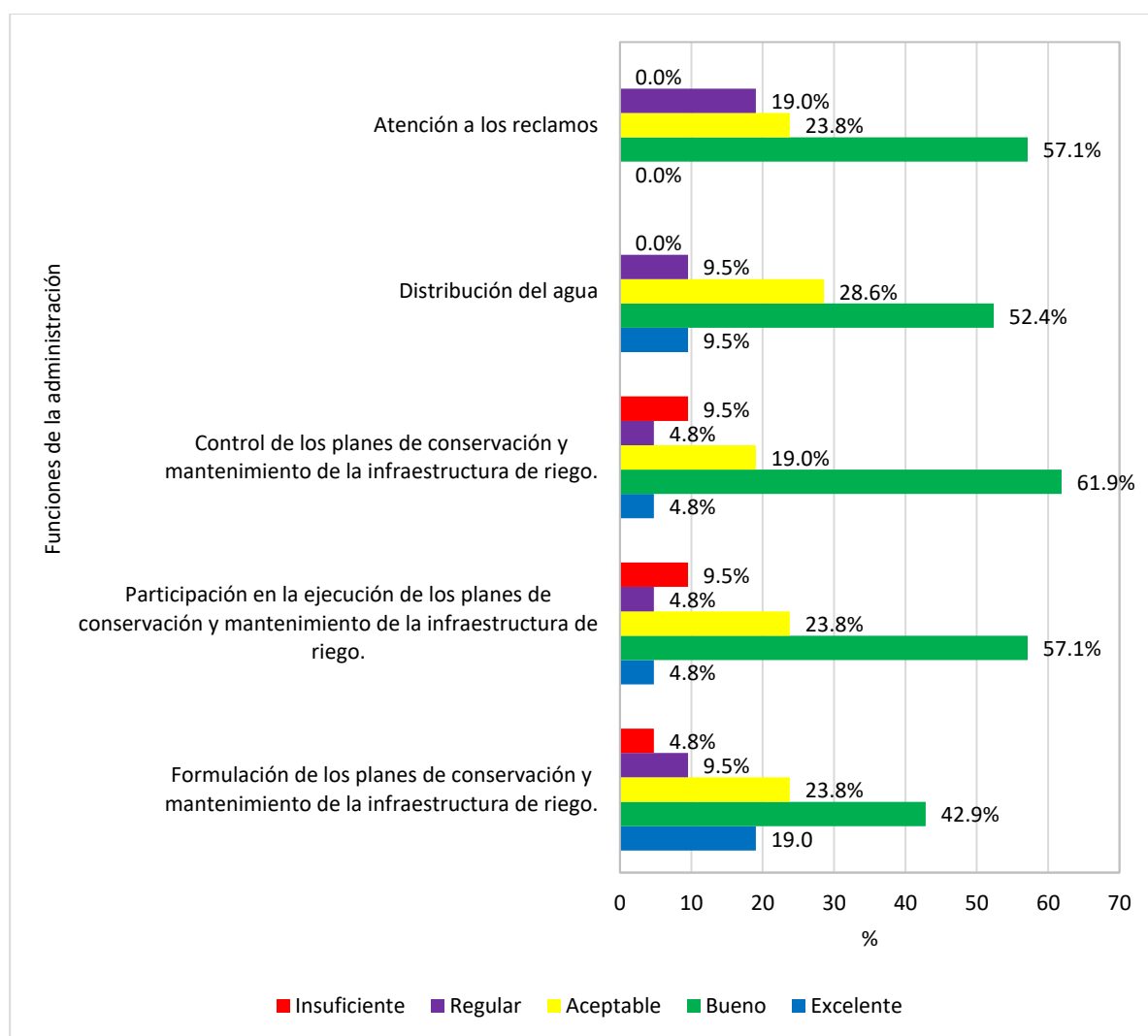
Figura 14 : Número de campañas de arroz durante al año 2023 por los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.



### **Administración del agua para el riego en el valle La Papaya**

El 42.9% de los encuestados, calificaron a la administración del riego desde su percepción, en cuanto a la formulación de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego como buena, con un 19% que la calificó como muy buena, mientras que solo el 4.8% la calificó como insuficiente; para la participación en la ejecución de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego, el 57.1% lo calificó como bueno y el 9.5% como insuficiente; en el control de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego, el 61.9% la calificó de buena y el 9.5% de insuficiente; en cuanto a la distribución del agua, el 52.4% la calificó como buena y el 9.5% como muy buena; en la función de atender a los reclamos de los usuarios un 57.1% la calificó como buena mientras que un 19% la calificó como regular.

Figura 15 : Calificación de las funciones de la administración del agua según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

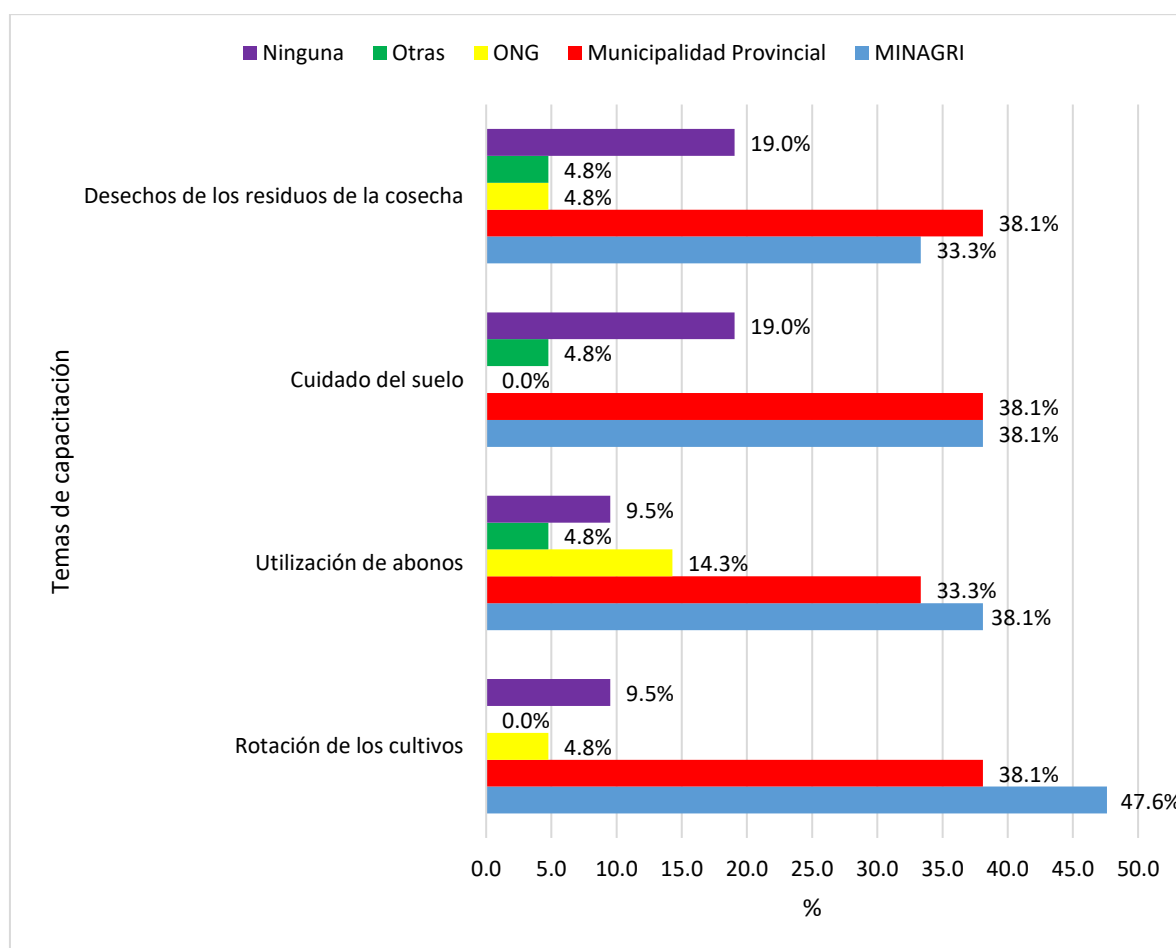


### Capacitación sobre el manejo agrícola de su parcela

En referencia a los temas de capacitación, el 33.3% de los entrevistados que recibieron capacitación en desechos de los residuos de la cosecha, lo hicieron de parte del ministerio de agricultura, mientras que el 38.1% lo recibieron de la municipalidad provincial, además el 19% no recibió capacitación acerca del tema en mención. En la capacitación acerca del cuidado del suelo, cabe resaltar que el 38.1% refieren que la recibieron por parte del ministerio de agricultura, de la misma forma otro 38.1% lo hicieron por parte de la municipalidad provincial y un 19% también refiere que no recibieron capacitaciones acerca de este tema. En cuanto a la capacitación acerca de la utilización de abonos, el 38.1% refiere que lo recibió por

parte del ministerio de agricultura, el 33.3% lo recibió por parte de la municipalidad y un 9.5% refiere no haber recibido información alguna. Acerca de recibir información acerca de la rotación de los cultivos, el 47.6% de los entrevistados refiere haberla recibido del ministerio de agricultura, el 38.1% de la municipalidad provincial y un 9.5% no recibió este tipo de información. (figura 16)

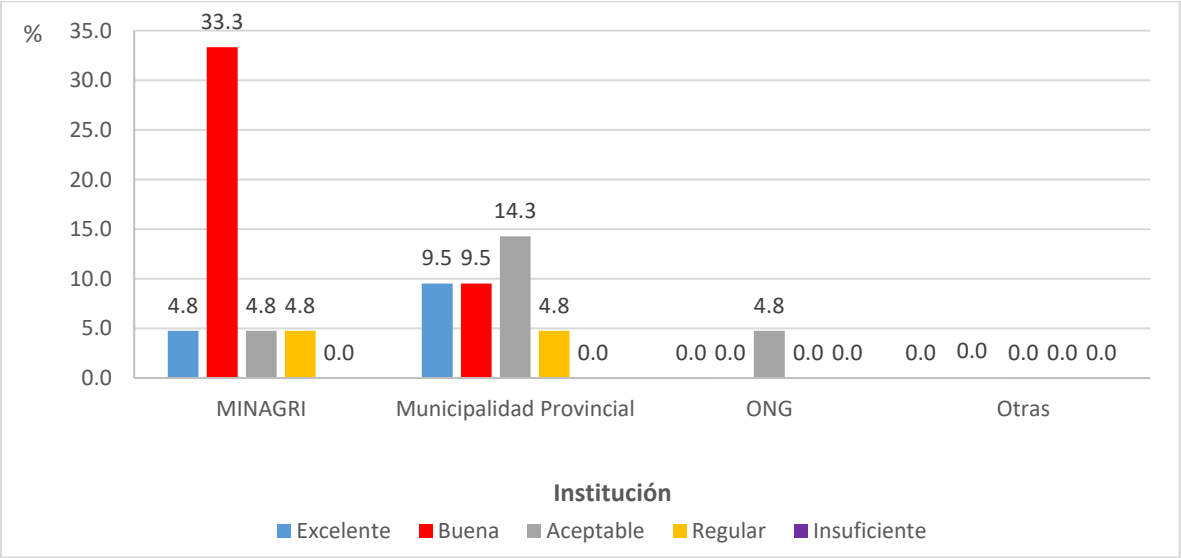
*Figura 16 : Temas de capacitación acerca del uso de los suelos según las principales instituciones que las brindan a los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.*



Los entrevistado han tenido, esta vez, la oportunidad de calificar, según su percepción a las entidades que les brindaron la información acerca de los temas anteriormente descritos y de esta manera, el 33.3% de los entrevistados califica al ministerio de agricultura con un calificativo de bueno en la información brindada acerca de la rotación de cultivos, mientras

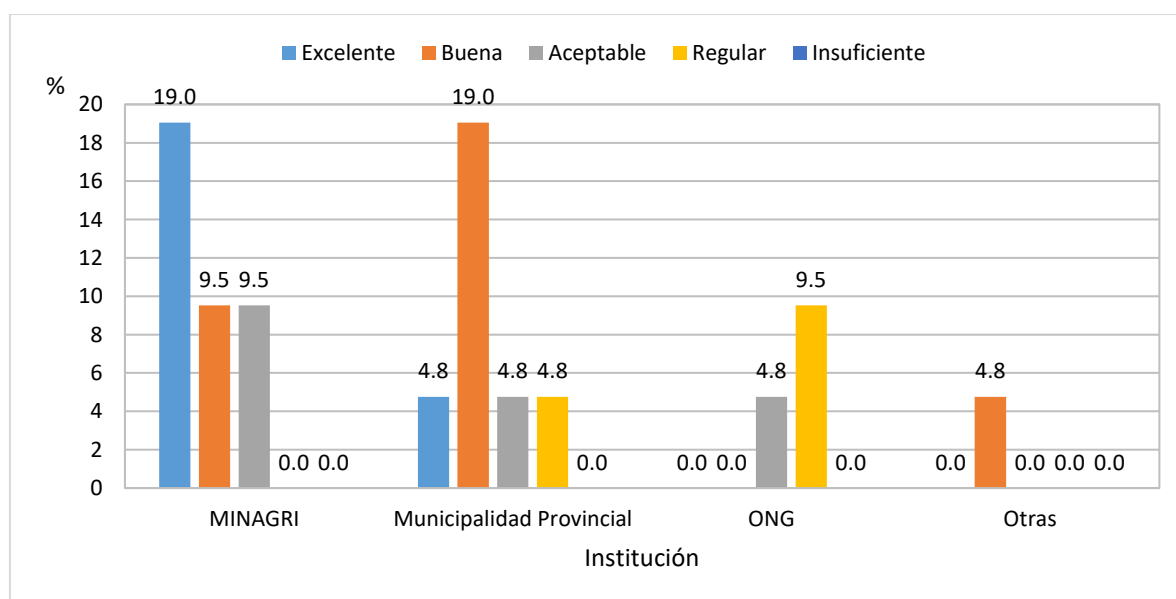
que el 14% le da un calificación de aceptable a la municipalidad provincial y un 4.8% también le da un calificación de aceptable a una ONG. (figura 17)

Figura 17 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la rotación de cultivos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.



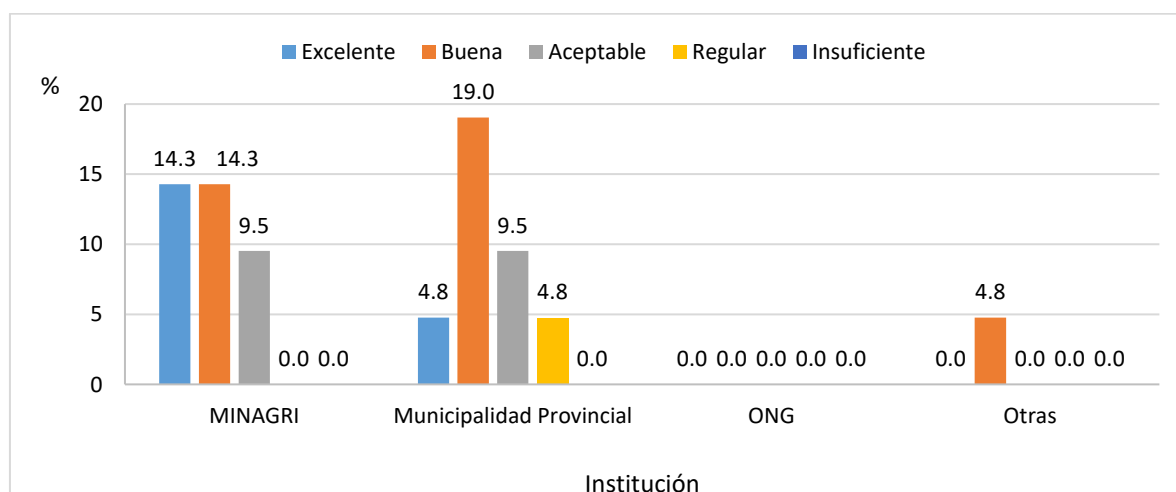
En la figura 18, se puede apreciar que el 19% de los entrevistado califican como excelente a la información recibida por el ministerio de agricultura en cuanto a la utilización de abonos, otro 19% le da un calificación de bueno a la municipalidad provincial, mientras que un 9.5% le da un calificación de regular a una ONG.

Figura 18 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la utilización de abonos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.



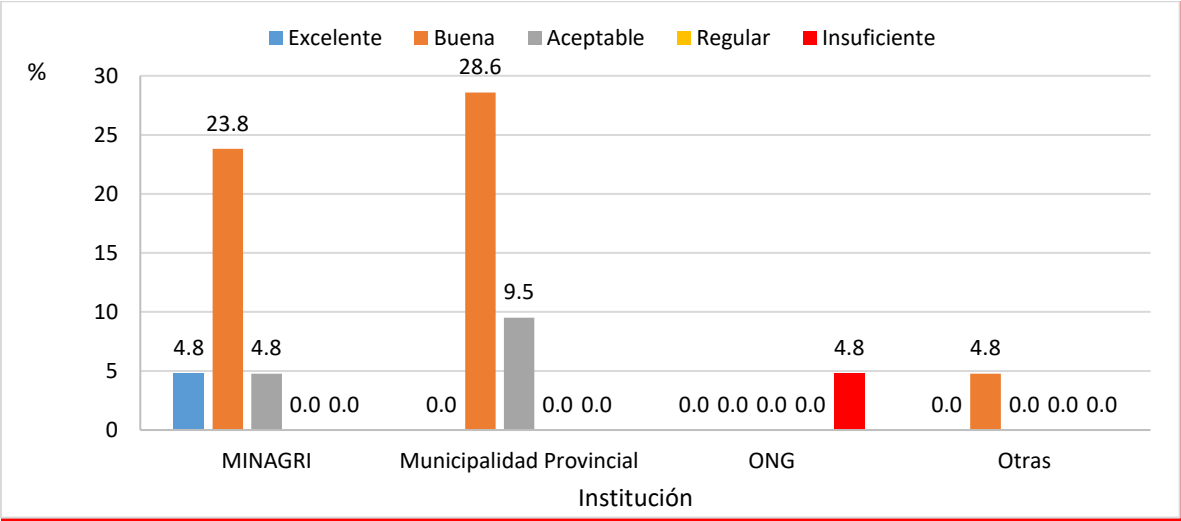
Las instituciones que brindaron la información acerca del cuidado de suelos, fue calificada por los entrevistados de la siguiente manera, el 14.3% calificó al ministerio de agricultura de excelente y otro 14.3% lo calificó como buena, un 19% calificó a la municipalidad provincial como Buena.

Figura 19 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca del cuidado de suelos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.



En el tema referido a los desechos de los residuos de la cosecha, el 23.8% de los entrevistados calificaron como buena la información brindada por el ministerio de agricultura, un 28.6% calificaron también de buena a la información brindada por la municipalidad provincial.

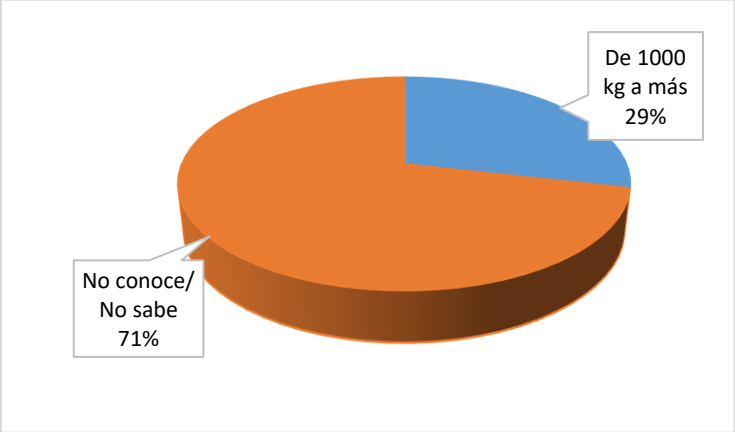
Figura 20 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de los desechos de los residuos de la cosecha según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.



**Impacto ambiental y manejo de los residuos de la cosecha del arroz**

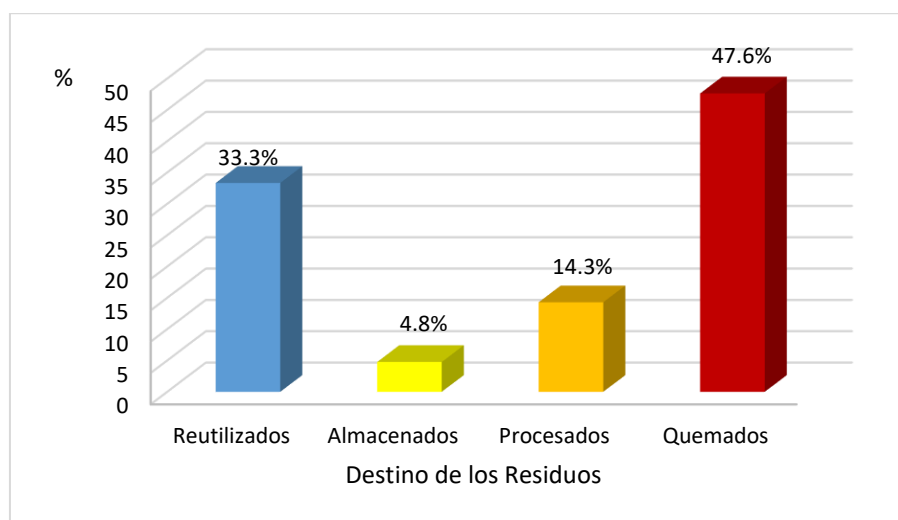
El 71% de los entrevistados del valle La Papaya refieren no conocer el peso o el volumen de su principal cosecha, mientras los que se atrevieron a brindar esta información, que es el 21% restante, refirió que este fue de 1000 kg a más.

Figura 21 : Peso de su principal cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.



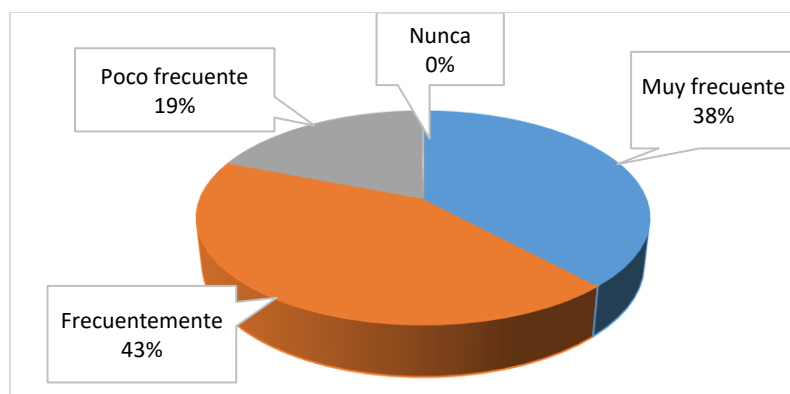
El 47.6% de los entrevistados refieren que queman los residuos dejados por sus cosechas de arroz, mientras que el 33.3% indica que los reutiliza, un 14.3% los procesa y un solo un 4.8% los almacena, así nos podemos dar cuenta que en casi la mitad de los pobladores queman los residuos de su cosecha de arroz, como se puede apreciar en la figura 22.

*Figura 22 : Destino de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.*



Desde la percepción de los entrevistados, podemos observar la alta presencia de la práctica de quemado de los residuos de las cosechas de arroz en el valle La Papaya, el 38% refiere que es muy frecuente que los pobladores quemen los residuos de sus cosechas de arroz y el 43% que es frecuente esta práctica (figura 23).

Figura 23 : Frecuencia de la práctica de quemado de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.



A pesar que los pobladores de este valle refieren que hacen uso del quemado de estos residuos y que en el valle es frecuente o muy frecuente, también indican que tiene un impacto negativo (57.1%) y muy negativo (23.8%) para el medio ambiente (figura 24) y, además que afecta muy negativamente (33.3) y negativamente (38.1%) a su salud y bienestar social (figura 25).

Figura 24 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya sobre el impacto que tiene en el medio ambiente el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.

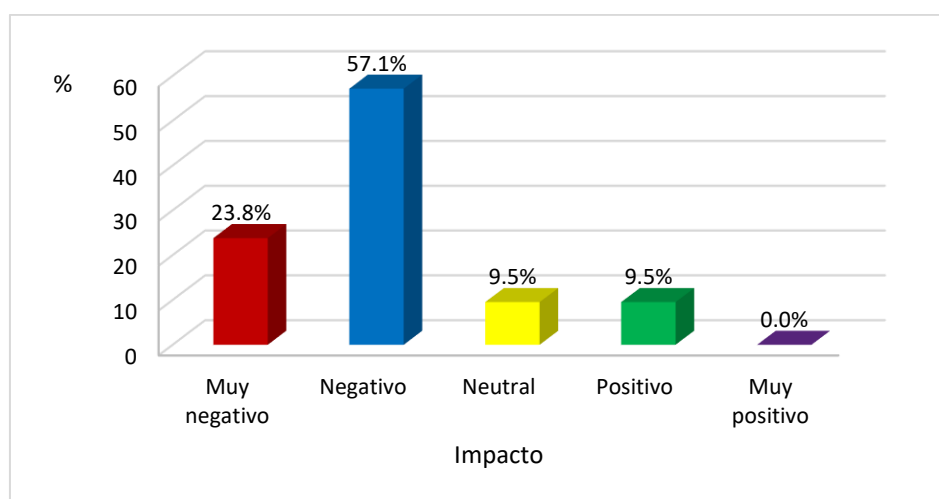
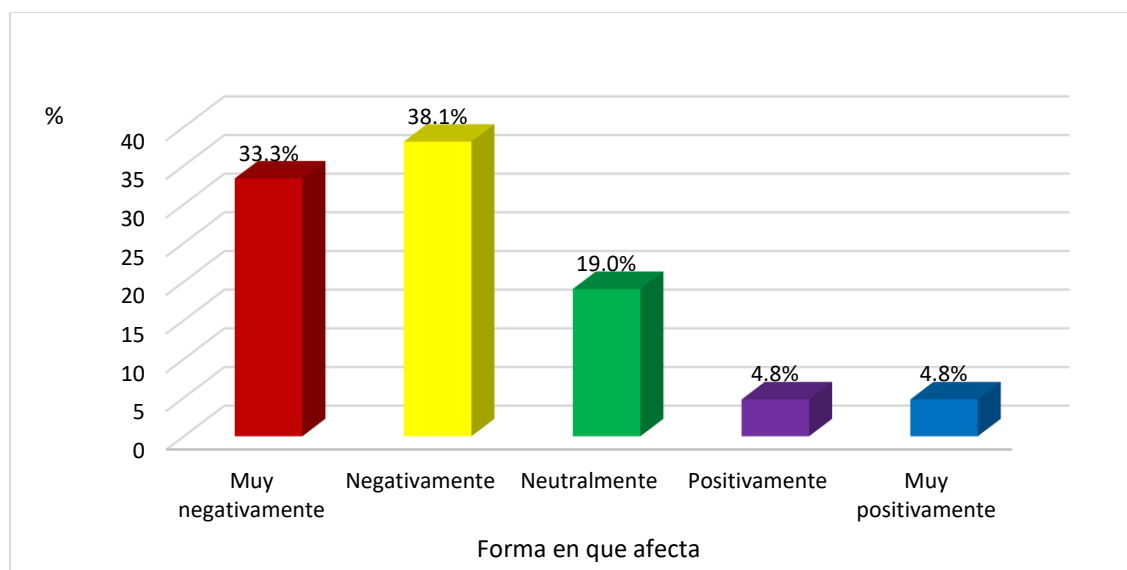
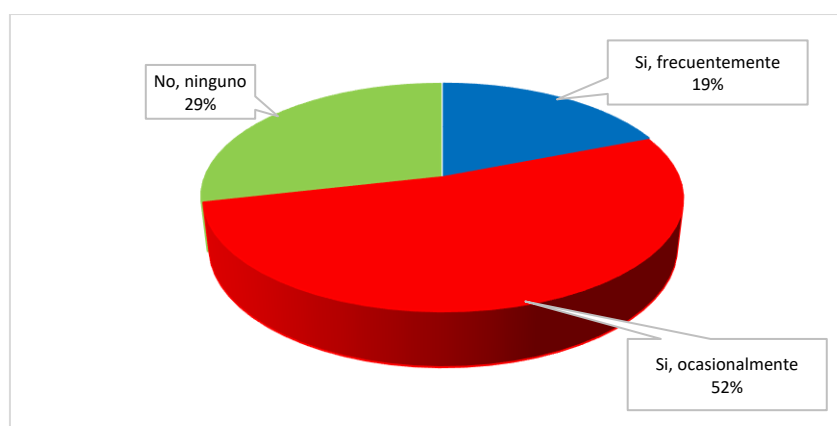


Figura 25 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya respecto a cómo afecta en su salud y bienestar personal el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.



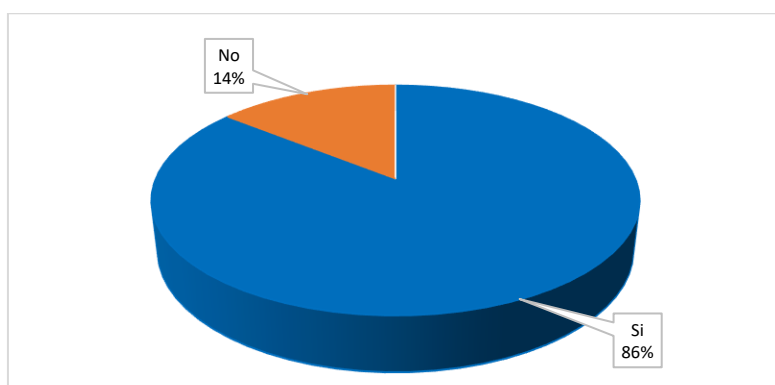
El 52% de los entrevistados refieren que ocasionalmente han experimentado problemas de salud relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de desechos de la cosecha de arroz, mientras que el 19% lo hace frecuentemente y un 29% no han experimentado estos problemas de salud.

Figura 26 : Frecuencia de problemas de salud en los habitantes del valle La Papaya relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024



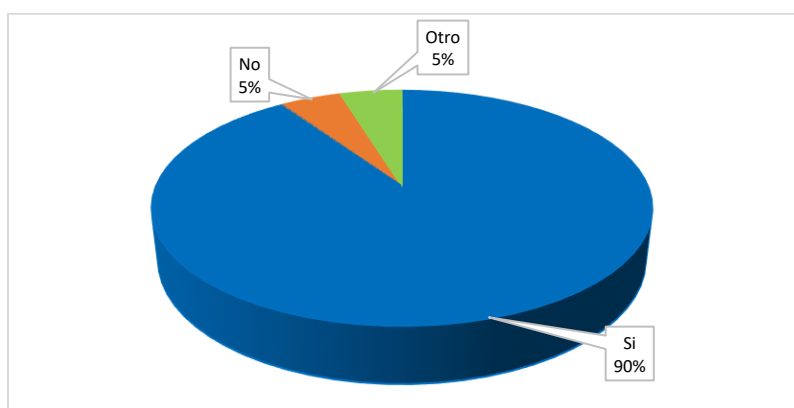
La quema de los residuos de las cosechas afecta al suelo, definitivamente los pobladores lo tienen muy claro, puesto que el 86% de estos opinan que, si lo afecta, mientras que solo un 14% opinan que no lo hace (figura 27).

*Figura 27 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si el quemado de los residuos de la cosecha de arroz afecta al suelo. Marzo de 2024.*



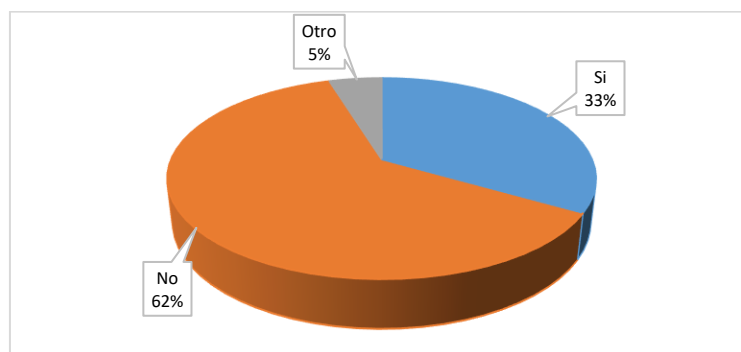
Algo favorable que se encontró en esta investigación, fue la opinión positiva de los entrevistados (90%), acerca de la creencia de que existen alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública y solo un 5% opinó negativamente (figura 28)

*Figura 28 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si creen que existen alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública. Marzo de 2024.*



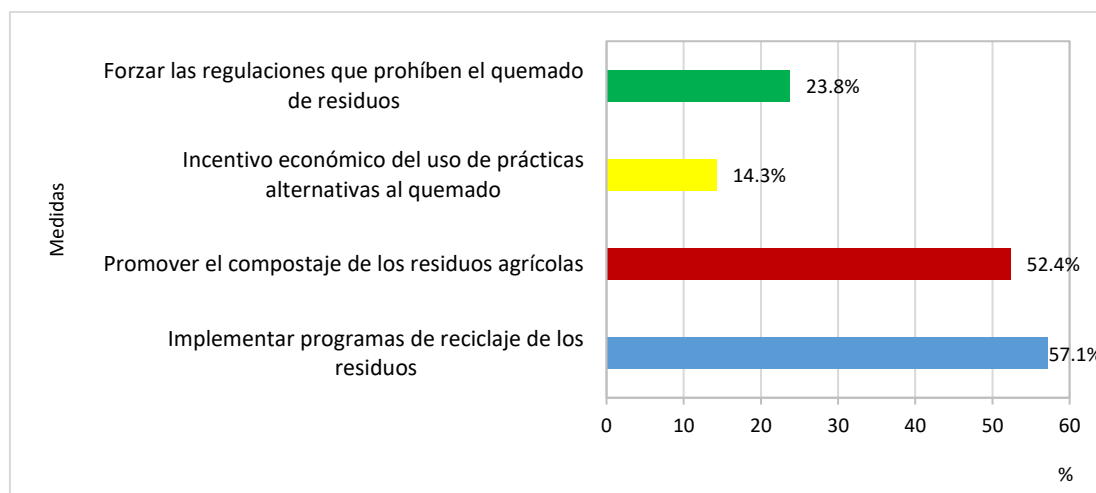
Al preguntar, si conoce si existe un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la municipalidad u otra institución, el 62% refirió que no, mientras que el 33% refiere que si conoce (figura 29).

*Figura 29 : Conocimiento de los habitantes del valle La Papaya respecto a la existencia de un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la Municipalidad u otra institución. Marzo de 2024.*



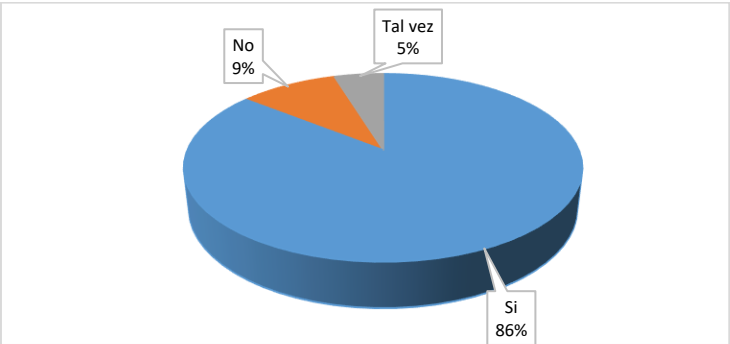
Las medidas para reducir o eliminar los residuos de la cosecha de arroz, que los habitantes del valle La Papaya refieren sean los implementados son, el implementar programas de reciclaje de los residuos (57.1%) y promover el compostaje de los residuos agrícolas (52.4%) (figura 30).

*Figura 30 : Medidas que los habitantes del valle La Papaya creen que deberían tomarse para reducir o eliminar los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.*



Una contundente disponibilidad a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz se halló en los pobladores del valle La Papaya, el 86%, solo un 9% o participaría y un 5% tal vez lo haría como se puede ver en la figura 31.

Figura 31 : Disponibilidad de los habitantes del valle La Papaya a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.



**Determinación de la longitud del lado del pixel respecto a la altura del drone DJI Mini2**

Con la finalidad de hacer una valoración de la longitud del lado del pixel se usó como referencia un objeto de longitud conocida (botella 220 mm de altura) y se tomaron fotos a diferentes alturas manteniendo el objeto en el eje focal.

Tabla 3 : Variación de la Longitud del pixel con la altura para fotos de tamaño 720 x 1280

Foto aérea	Altura de vuelo (m)	Long del Pixel (mm)
	1.5	1.18



2.5

2.15



3.5

3.09



4.5

4.37



5.5

5.36



6.5

6.45



7.5

7.54



8.5

8.77

9.5

9.56

10.5

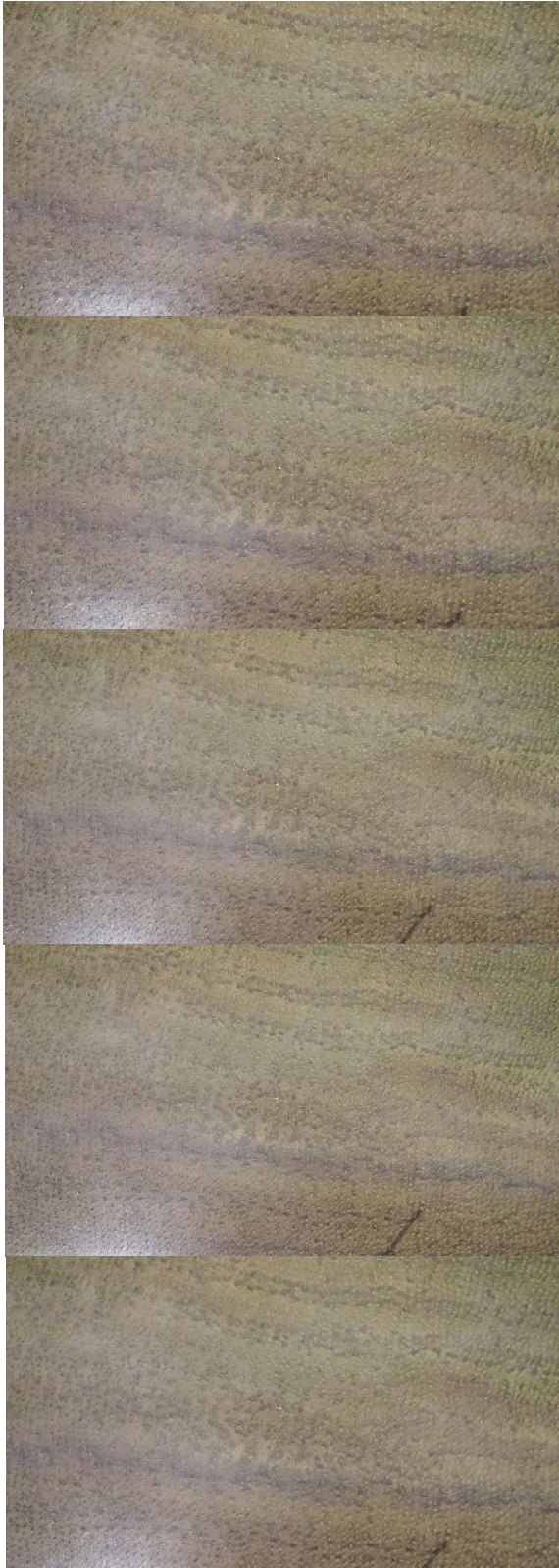
10.46

11.5

11.51

12.5

12.4



13.5

12.85

14.5

14.66

15.5

15.71

16.5

16.92

17.5

18.27



18.5

18.86

19.5

22

20.5

24.59

La figura 32 y figura 33 evidencia la distorsión de la imagen al aumentar el tamaño del pixel cuando la foto se toma a mayor altura.

*Figura 32 : Imagen ecualizada tomada a 1,5 metros de altura*

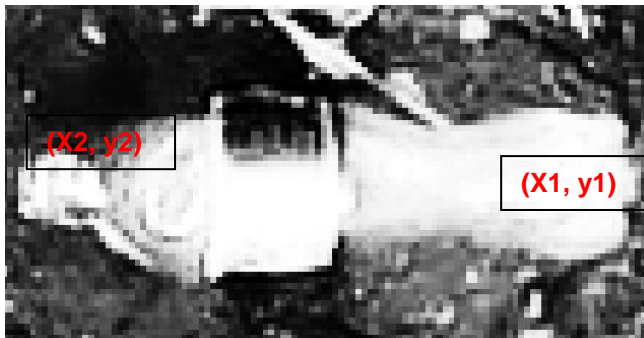


Figura 33: Imagen ecualizada tomada a 2,5 metros de altura



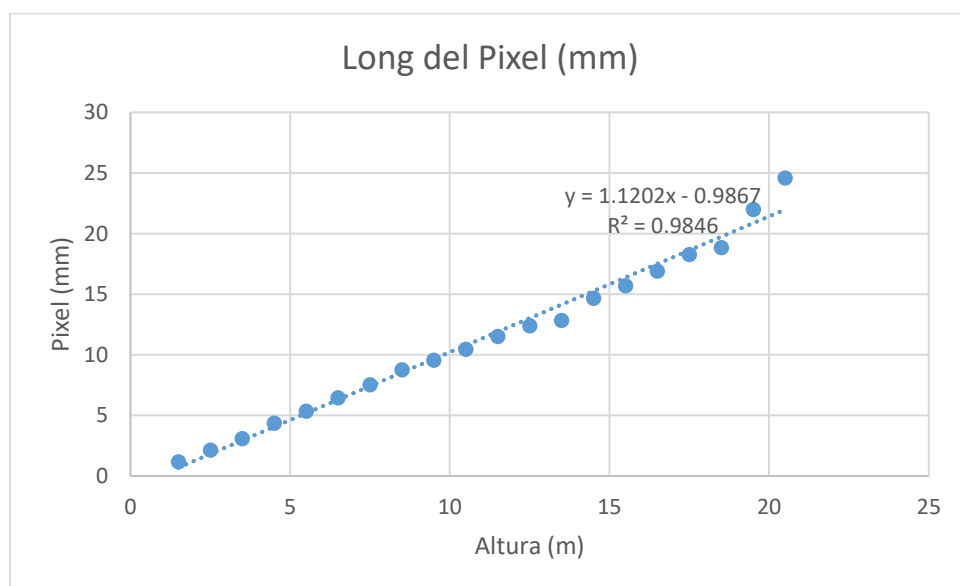
Código en Python para determinar el tamaño del pixel, donde h es la altura del objeto de referencia en mm y (x1;y1) y (x2;y2) son las coordenadas de la base de la botella y la tapa respectivamente.

Código en Python para determinar la longitud del lado del pixel

```
h = 220
x1 = input('ingrese coordenada x1: ')
y1 = input('ingrese coordenada y1: ')
x2 = input('ingrese coordenada x2: ')
y2 = input('ingrese coordenada y2: ')
x1 = float(x1)
x2 = float(x2)
y1 = float(y1)
y2 = float(y2)
dx = x2 - x1
dy = y2 - y1
l = h / pow((pow(dx, 2) + pow(dy, 2)), 0.5)
print('Tamaño pixel:', l)
```

Como vemos en la figura 34, existe una relación lineal entre la altura de vuelo y el tamaño del pixel, pero a partir de los 19,5 metros el dato se aleja de la linealidad.

Figura 34 : Longitud del pixel en función de la altura de vuelo del drone



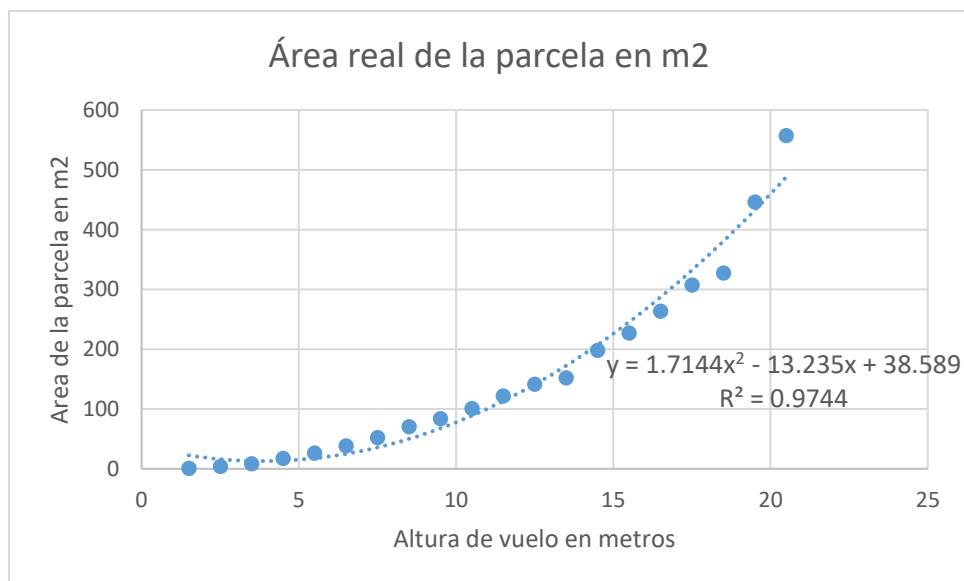
### Relación del área en función de la altura

Conociendo la longitud del lado del pixel es fácil hallar el área real de la parcela de la foto tomada, lo cual se registra en la tabla. En la figura 35 se evidencia una relación cuadrática entre el área y la altura de vuelo.

Tabla 4 : Área real captada por el drone en una imagen respecto a la altura de vuelo.

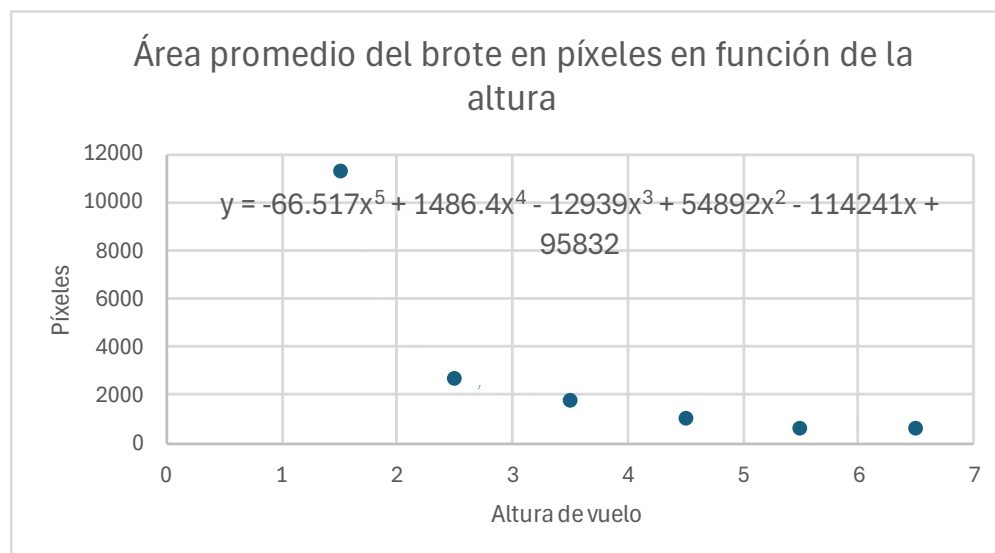
Altura (m)	Área en m <sup>2</sup>
1.5	1.28
2.5	4.26
3.5	8.80
4.5	17.60
5.5	26.48
6.5	38.34
7.5	52.39
8.5	70.88
9.5	84.23
10.5	100.83
11.5	122.09
12.5	141.71
13.5	152.18
14.5	198.07
15.5	227.45
16.5	263.84
17.5	307.62
18.5	327.81
19.5	446.05
20.5	557.26

Figura 35 : Área real de la parcela en función de la altura de vuelo



En la figura 36 se muestra un modelo matemático obtenido del tamaño promedio de los brotes de arroz en píxeles en función de la altura de vuelo para brotes de 5 semanas de crecimiento. Se puede notar que el modelo pasa por todos los puntos, pero a partir de 6,5 metros tiende hacia valores negativos.

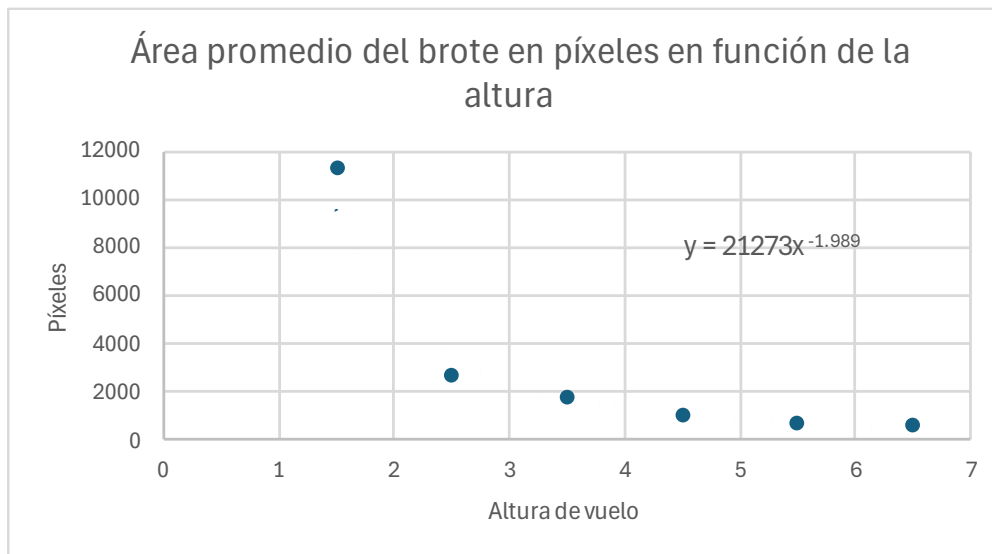
Figura 36 : Modelo 1-función polinómica



En la figura 37 se muestra un segundo modelo el cual se ajusta a una función exponencial, el cual se ajusta para alturas de vuelo mayores o iguales a 3,5 metros.

Estos dos modelos se utilizaron para la elaboración del programa para determinar el número de brotes.

Figura 37 : Modelo 2 - Función exponencial



### Código para contar el número de brotes de las fotos tomadas

El código que se utilizó en la investigación se realizó en el lenguaje de programación Python, por ser muy versátil y puede funcionar en diferentes sistemas operativos y plataformas. Para este código se usó los modelos 1 y modelo 2 que se muestran en la figura 36 y figura 37 para poder determinar el área en función de la altura de vuelo que es un dato obtenido directamente por el drone, También se usa la masa promedio de los residuos con raíz de los brotes post cosecha (ver tabla 5 y tabla 6) para cuantificar la biomasa por parcela.

A continuación, se muestra el algoritmo utilizado para determinar el número de brotes de las fotos tomadas por el drone DJI Mini 2.

### Seudocódigo para estimar el área, número de brotes de arroz, biomasa y biomasa por hectárea.

1. Importar las bibliotecas necesarias (cv2, numpy, easygui, matplotlib.pyplot)
2. Solicitar la ruta de la imagen y la altura al usuario utilizando EasyGUI  
campos = ['Ruta de imagen', 'Altura']  
datos = eg.multenterbox(msg='Ingrese la información de la imagen a evaluar',  
title='Ingreso de datos',  
fields=campos, values=('imagen.jpg', '4.5'))  
rutaImagen = datos[0]  
altura = float(datos[1])
3. Definir los datos de calibración  
areaPromedio = 0  
Si (altura < 3.5) Entonces  
    areaPromedio = -66.517 \* altura^5 + 1486.4 \* altura^4 - 12939 \* altura^3 + 54892  
    \* altura^2 - 114241 \* altura + 95832  
Sino  
    areaPromedio = 21273 \* (altura^-1.989)  
  
masaBrote = 62.6  
masaRaiz = 35.4  
biomasaBrote = masaBrote + masaRaiz
4. Calcular el área fotografiada en base a la altura  
tamañoPixel = (1.041 \* altura) - 0.404  
altoEnPíxeles = 720  
anchoEnPíxeles = 1280  
areaImagen = ((tamañoPixel \* altoEnPíxeles) \* (tamañoPixel \* anchoEnPíxeles)) /  
1000000
5. Definir el color del borde y el kernel para operaciones morfológicas  
borde = (0, 255, 0)  
kernel = np.ones((5, 5), np.uint8)
6. Leer la imagen y convertirla a HSV  
img = cv2.imread(rutaImagen)  
imgOriginal = cv2.imread(rutaImagen)  
b, g, r = cv2.split(img)  
hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR\_BGR2HSV)
7. Crear histograma de la intensidad para cada canal de color  
histAzul = cv2.calcHist([b], [0], None, [256], [0, 256])  
histVerde = cv2.calcHist([g], [0], None, [256], [0, 256])  
histRojo = cv2.calcHist([r], [0], None, [256], [0, 256])
8. Definir el rango de color verde en HSV y crear una máscara para el color verde  
lower\_verde = np.array([25, 50, 50])  
upper\_verde = np.array([67, 200, 255])  
mask = cv2.inRange(hsv, lower\_verde, upper\_verde)  
pasto = cv2.bitwise\_and(img, img, mask=mask)
9. Convertir la imagen a escala de grises  
imggray = cv2.cvtColor(pasto, cv2.COLOR\_BGR2GRAY)
10. Aplicar un desenfoque gaussiano  
imgblur = cv2.GaussianBlur(imggray, (5, 5), 1)
11. Detectar los bordes en la imagen  
imgCanny = cv2.Canny(imgblur, 300, 200)

```

12. Aplicar operaciones de dilatación
    imgDilatation = cv2.dilate(imgCanny, kernel, iterations=3)

13. Encontrar contornos en la imagen dilatada
    (ctns, jerarquia) = cv2.findContours(imgDilatation, cv2.RETR_EXTERNAL,
    cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

14. Calcular el número de plantas detectadas
    areaTotal = 0
    Para cada contorno en ctns:
        areaBrote = cv2.contourArea(contorno)
        Si (areaBrote > areaPromedio * 0.8) Entonces
            areaTotal += areaBrote
    numBrote = areaTotal / areaPromedio

15. Calcular la biomasa
    biomasaTotal = (numBrote * biomasaBrote) / 1000
    arealmagenHectareas = arealmagen / 10000
    densidadBiomasa = biomasaTotal / arealmagenHectareas

16. Dibujar contornos en una imagen

17. Crear un reporte de los datos
    altura_formateada = formatear(altura, 2)
    arealmagen_formateada = formatear(arealmagen, 2)
    numBrote_formateado = formatear(numBrote, 0)
    biomasaTotal_formateada = formatear(biomasaTotal, 2)
    densidadBiomasa_formateada = formatear(densidadBiomasa, 2)
    reporte = "Altura en metros: " + altura_formateada + "\n" + \
        "Área en metros cuadrados: " + arealmagen_formateada + "\n" + \
        "Número de brotes: " + numBrote_formateado + "\n" + \
        "Biomasa Total: " + biomasaTotal_formateada + " kg\n" + \
        "Biomasa por hectárea: " + densidadBiomasa_formateada + " kg/ha\n"

18. Mostrar Informe

19. Establecer el informe a pantalla completa y mostrarlo

Fin

```

## Algunos resultados obtenidos por el Programa en Python

Figura 38 : Imagen de brotes de arroz obtenida en Python tomada de una altura de 1 metros.

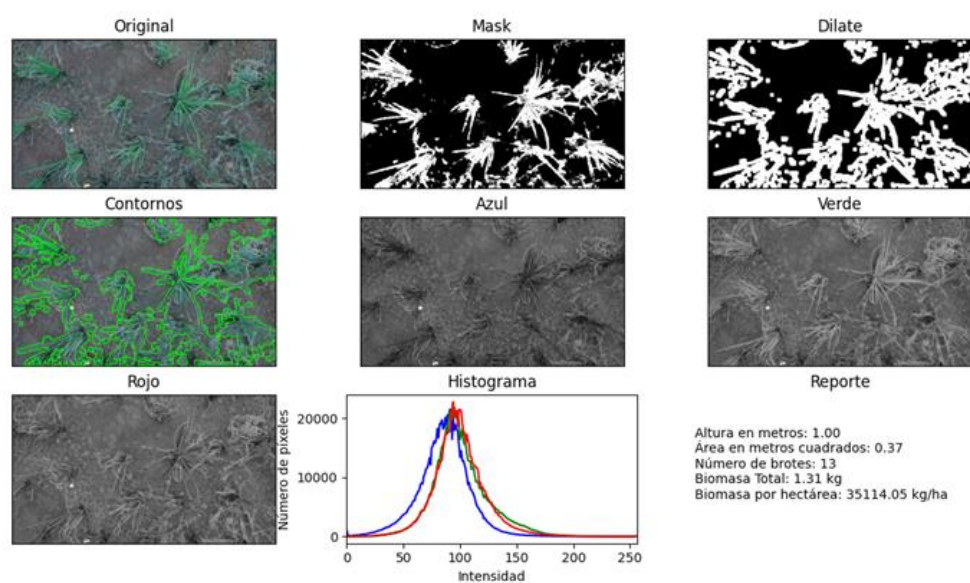


Figura 39 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 1,5 metros

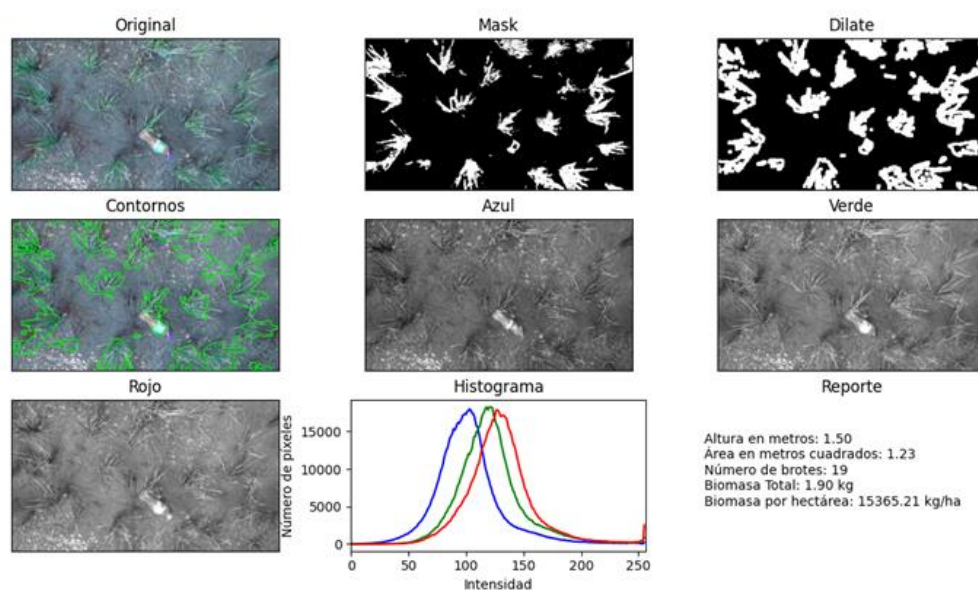


Figura 40 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 2 m

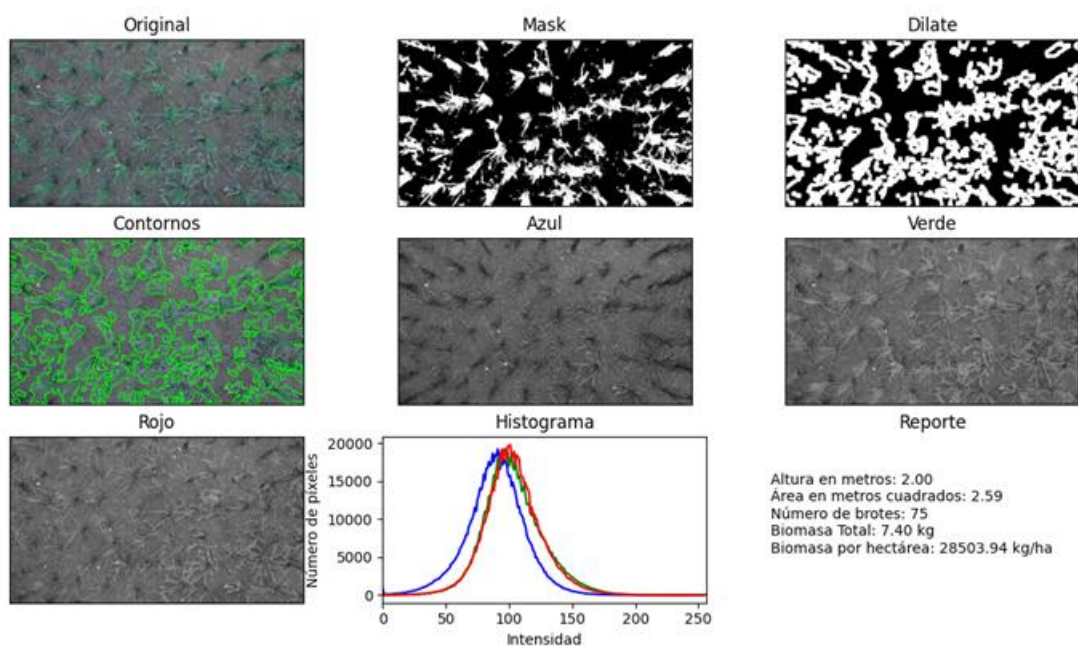


Figura 41 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 2,5 m

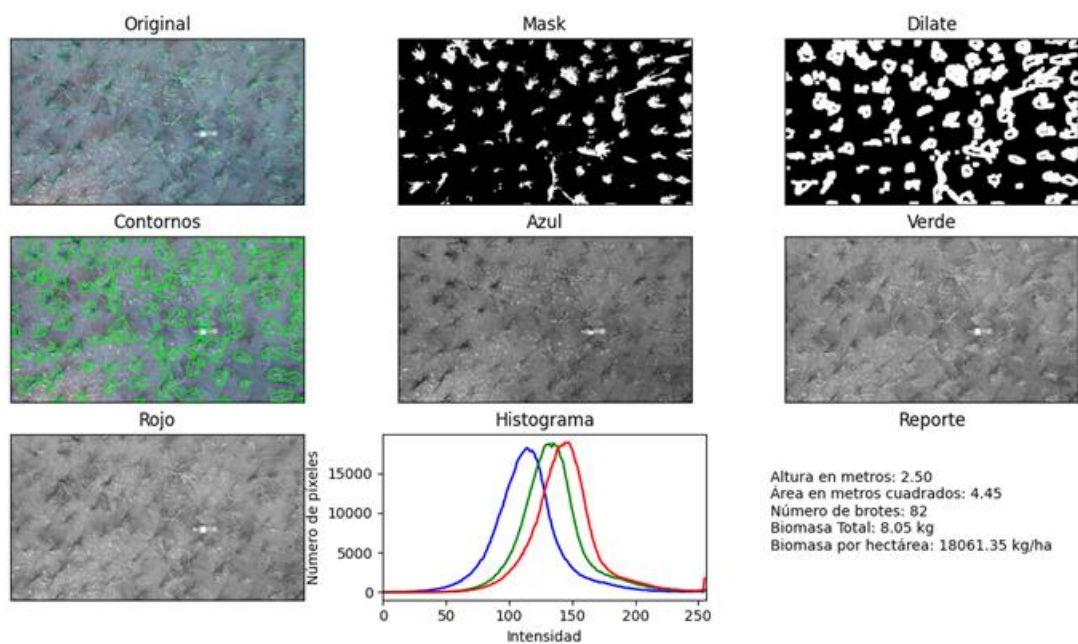


Figura 42 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 3 m

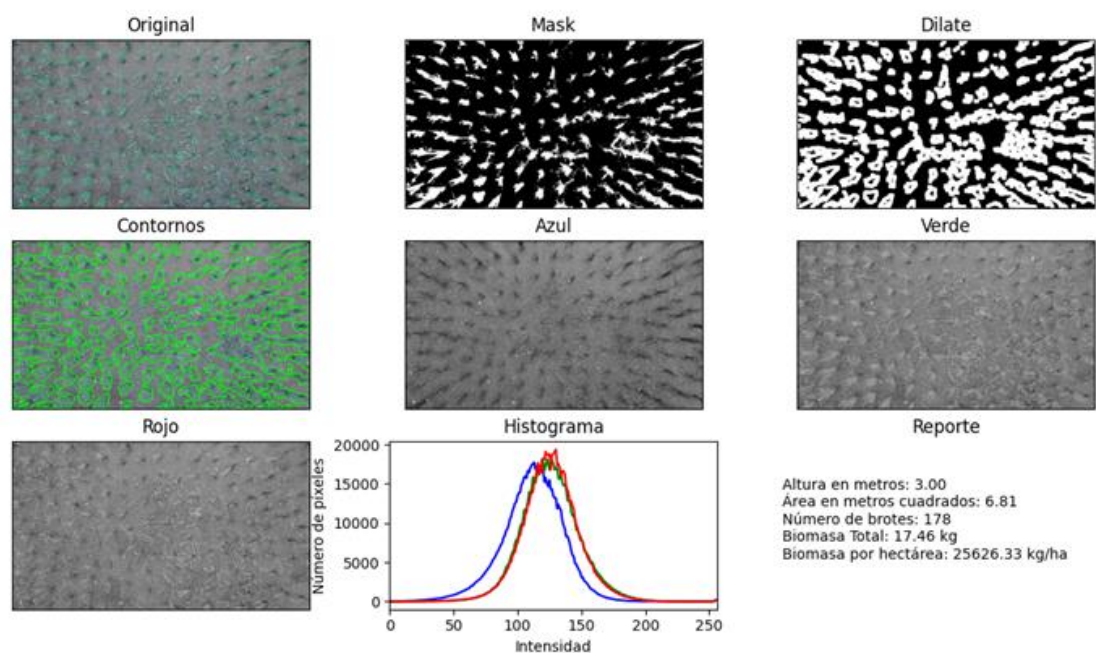


Figura 43 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 3,5 m

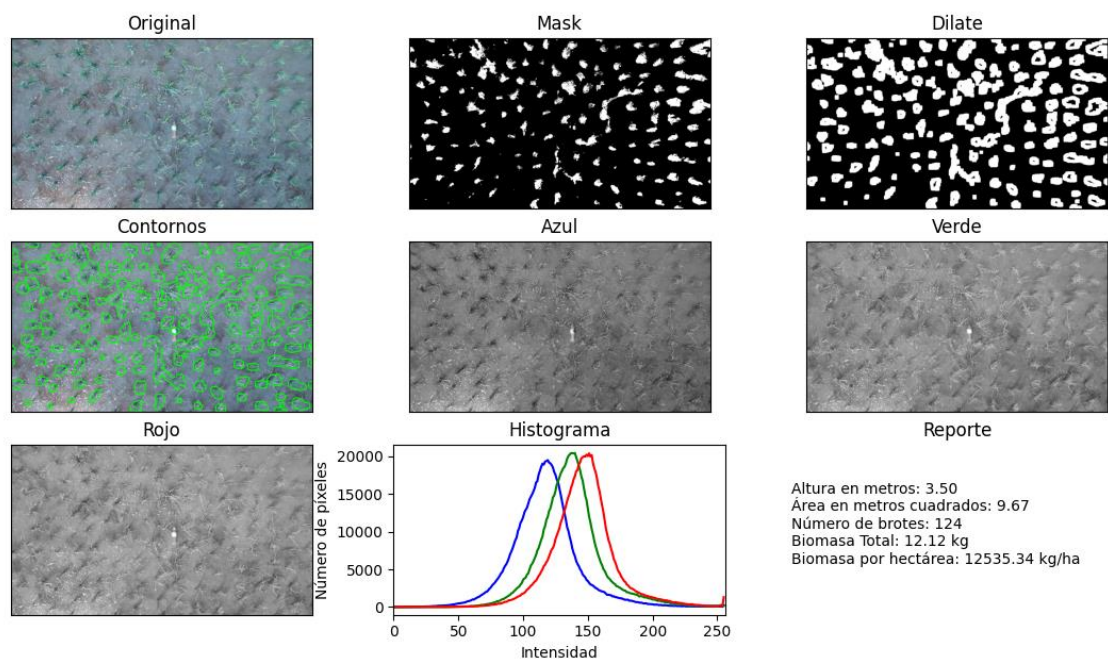


Figura 44 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 4 m

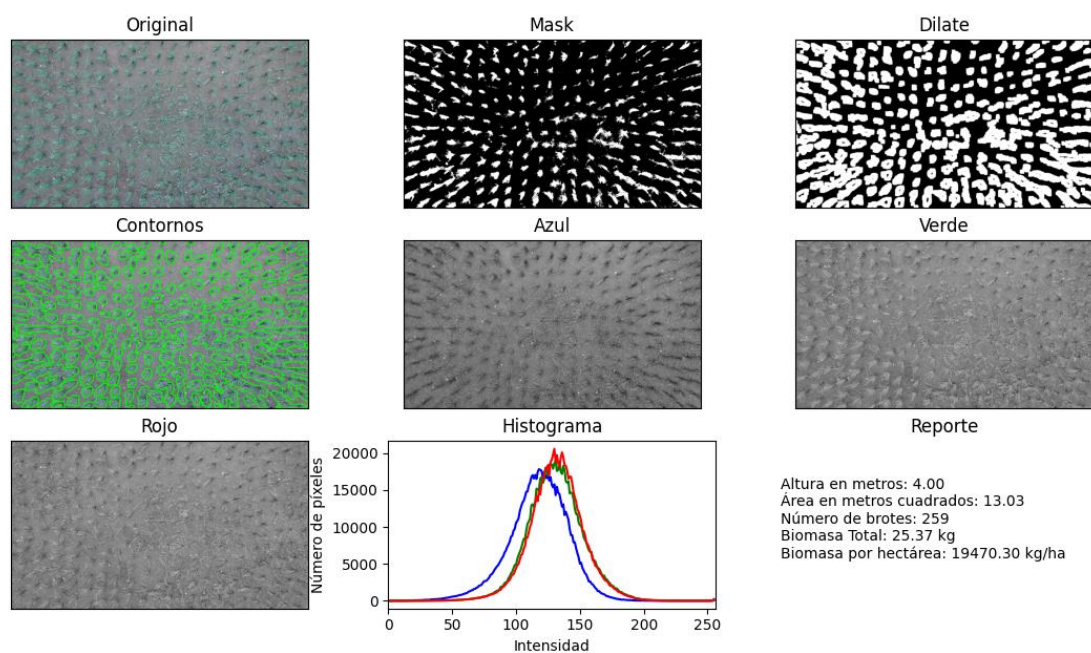


Figura 45 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 4,5 m

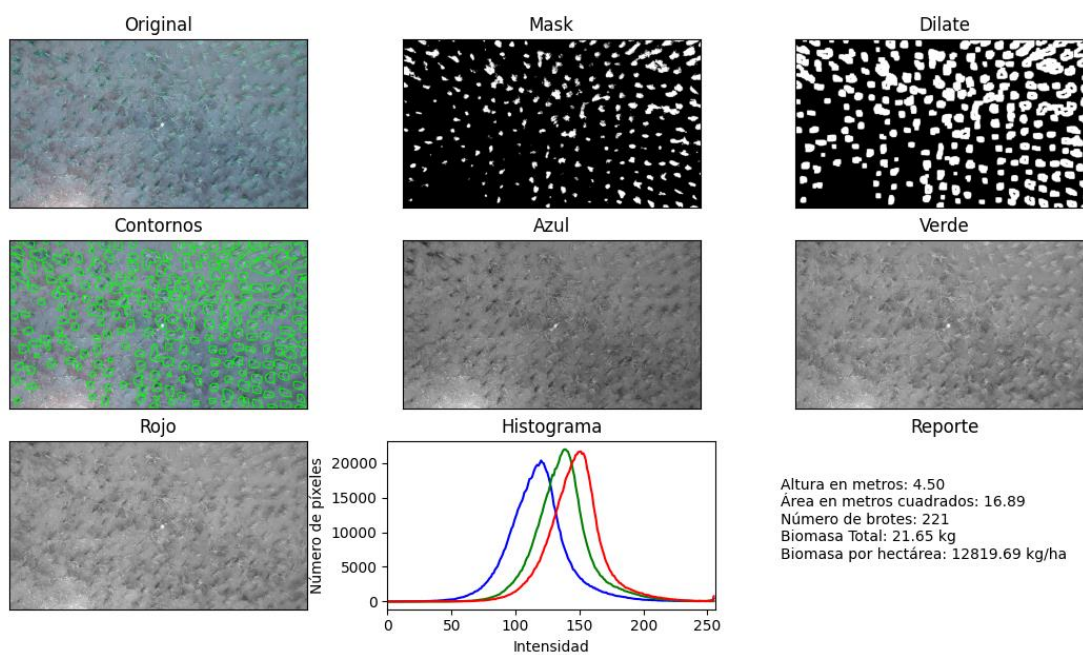
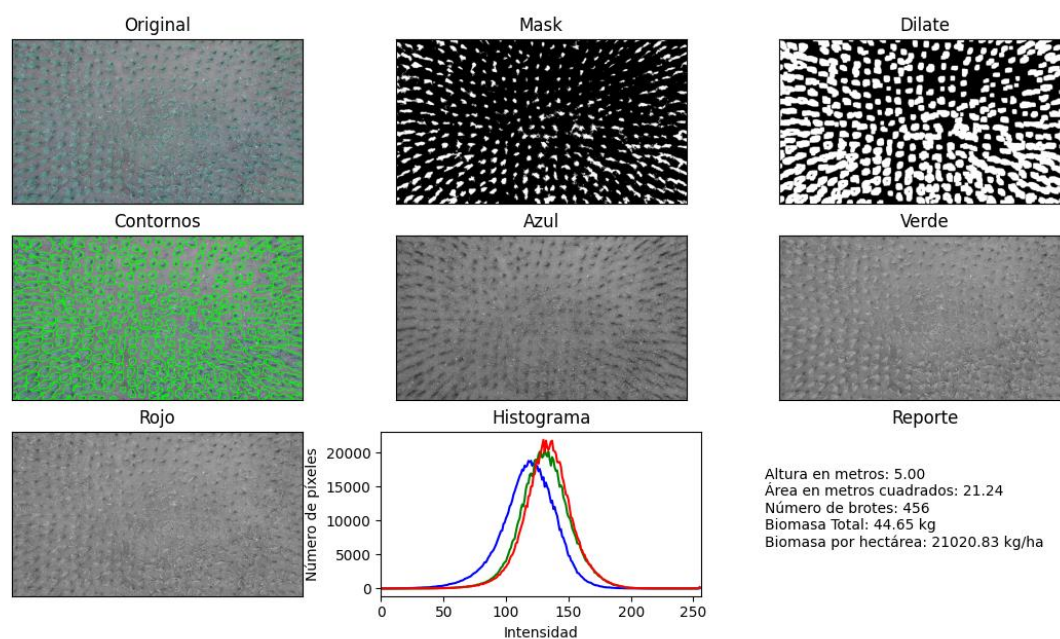


Figura 46 : Imagen de brotes de arroz de 5 semanas obtenida en Python tomadas de una altura de 5 m



## Cálculo de la masa residual de los brotes de arroz post cosecha

Para determinar la masa de los brotes de arroz post cosecha se escogió la zona donde se recolectaron las muestras de los residuos de arroz, con el consentimiento de los propietarios.

Figura 47 : Parcela con residuos de arroz post cosecha



Figura 48 : Fotos de medidas de los residuos del arroz



Brote reverdecidos



Brote de 54 centímetros



Brote con raíz y sin raíz



Medida de la masa de brote sin raíz

### Resultados del pesaje de los residuos de los brotes de arroz post cosecha

Primero se procedió a tomar la masa de los residuos de los brotes de arroz con raíz, obteniendo una masa promedio de 93,2 gramos. Luego se repitió el procedimiento para los residuos de brotes de arroz sin raíz obteniendo una masa promedio de 57,8 gramos.

Tabla 5 : Registro de la masa promedio del residuo post cosecha de un brote de arroz con y sin raíz

Residuo de los brotes de arroz	masa promedio (g)
con raíz	93,2
sin raíz	57,8

También se procedió a medir la masa para 3 y 9 brotes de residuos de arroz postcosecha ya que para un brote es una masa muy pequeña y la dispersión de datos es considerable mientras que para 9 brotes la dispersión de datos disminuye. En este proceso se obtuvo que la masa de un brote sin raíz es de 53,3 gramos cuando se pesaron 3 brotes y de 62,6 gramos cuando se pesaron 9 brotes.

Tabla 6 : Registro de masa por gavillas de 3 y 9 brotes

Número de brotes	masa promedio (g)	masa promedio de un brote (g)	Desviación media (g)
3	159,8	53,3	0,9
9	563,4	62,6	0,2

## Evidencia de los criterios de validación del software

Para la validación del software se realizó juicio de expertos teniendo en cuenta 5 criterios.

(certificados de validación en el anexo 4)

- Criterio 1: Precisión de la Medición. Evaluar la precisión del software en la medición de la biomasa en comparación con mediciones de referencia realizadas en el terreno.

Tabla 7 : Comparación entre los resultados de biomasa calculados y los obtenidos por el algoritmo

# Foto	Altura (m)	Biomasa (kg)	
		Algoritmo	Calculada
1	1	1,274	1,274
2	1,5	1,862	1,960
3	2	7,350	5,978
4	2,5	8,036	7,840
5	3	17,444	14,994
6	3,5	12,152	12,054
7	4	25,382	34,692
8	4,5	21,658	21,854
9	5	44,688	40,670

En la tabla 7 se compara el valor de la biomasa calculada por medios directos y la biomasa obtenida mediante el algoritmo.

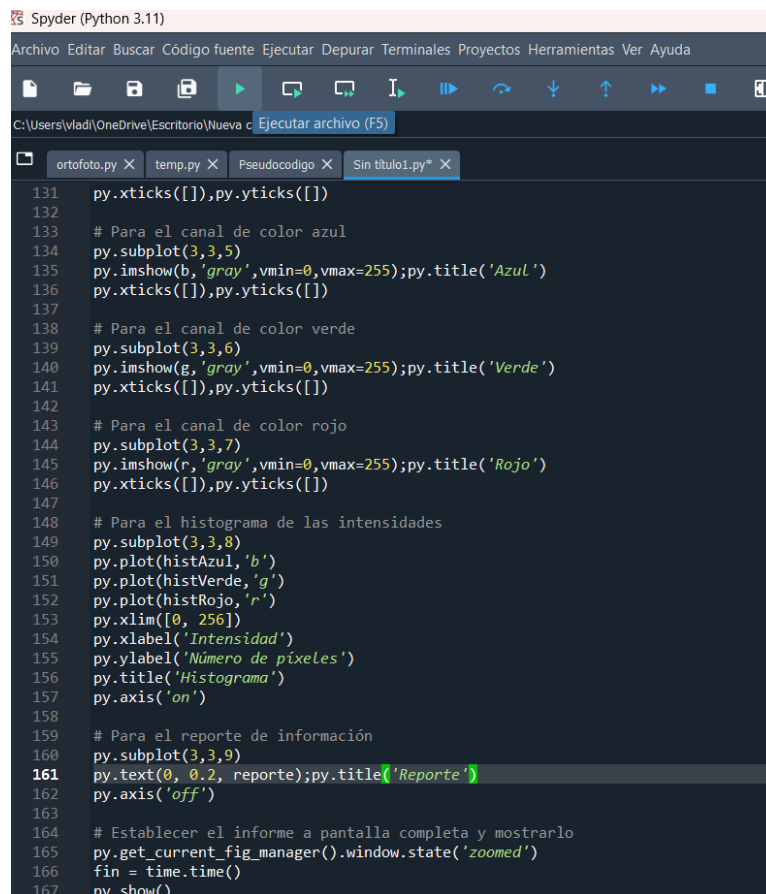
Las imágenes usadas son de fotos tomadas al azar para verificar el algoritmo, se verifico que hay mayor sesgo cuando las fotos son tomadas cuando hay mucho sol porque se satura la cámara del drone.

- Criterio 2: Facilidad de Uso. Evaluar la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con el software para cargar imágenes, ejecutar análisis y obtener resultados.

Los pasos para el cálculo del programa son los siguientes:

1. Se ejecuta el programa en Python

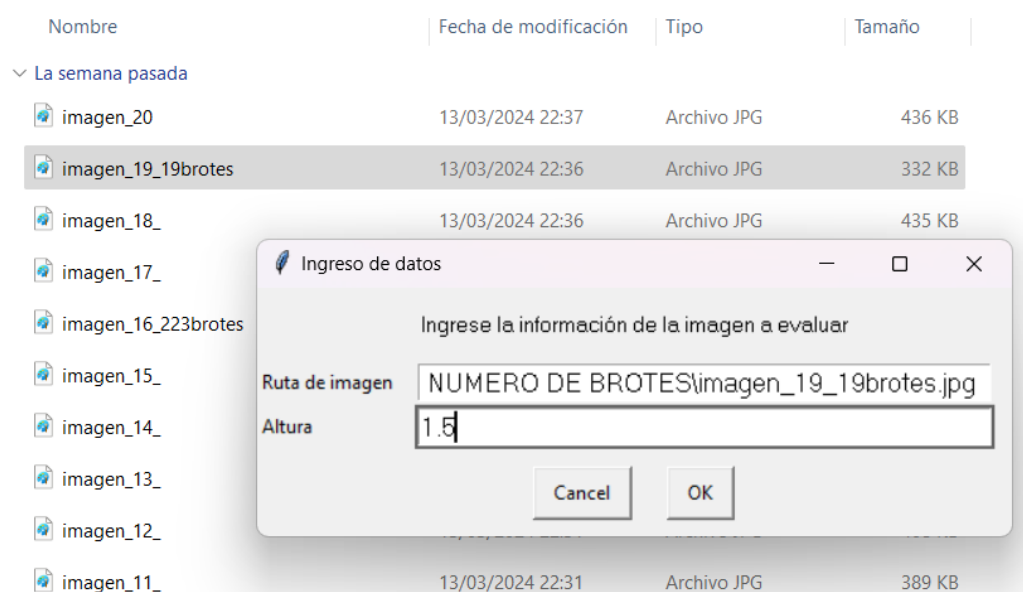
*Figura 49 : Captura de pantalla del programa para calcular la biomasa*



```
Spyder (Python 3.11)
Archivo Editar Buscar Código fuente Ejecutar Depurar Terminales Proyectos Herramientas Ver Ayuda
C:\Users\vladi\OneDrive\Escritorio\Nueva carpeta\Ejecutar archivo (F5)
ortofoto.py x temp.py x Pseudocódigo x Sin título1.py* x
131 py.xticks([],py.yticks([]))
132
133 # Para el canal de color azul
134 py.subplot(3,3,5)
135 py.imshow(b,'gray',vmin=0,vmax=255);py.title('Azul')
136 py.xticks([],py.yticks([]))
137
138 # Para el canal de color verde
139 py.subplot(3,3,6)
140 py.imshow(g,'gray',vmin=0,vmax=255);py.title('Verde')
141 py.xticks([],py.yticks([]))
142
143 # Para el canal de color rojo
144 py.subplot(3,3,7)
145 py.imshow(r,'gray',vmin=0,vmax=255);py.title('Rojo')
146 py.xticks([],py.yticks([]))
147
148 # Para el histograma de las intensidades
149 py.subplot(3,3,8)
150 py.plot(histAzul,'b')
151 py.plot(histVerde,'g')
152 py.plot(histRojo,'r')
153 py.xlim([0, 256])
154 py.xlabel('Intensidad')
155 py.ylabel('Número de píxeles')
156 py.title('Histograma')
157 py.axis('on')
158
159 # Para el reporte de información
160 py.subplot(3,3,9)
161 py.text(0, 0.2, reporte);py.title('Reporte')
162 py.axis('off')
163
164 # Establecer el informe a pantalla completa y mostrarlo
165 py.get_current_fig_manager().window.state('zoomed')
166 fin = time.time()
167 py.show()
```

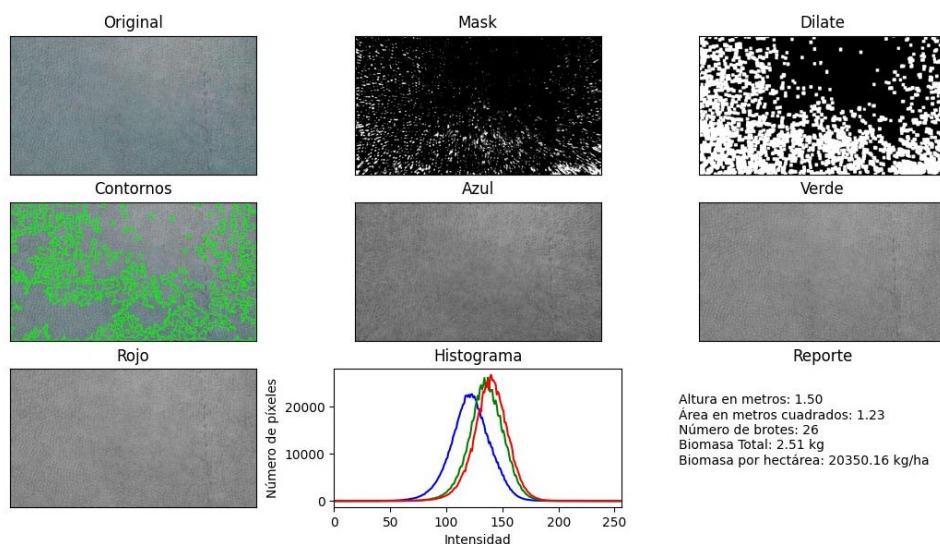
## 2. Se da la ruta de la imagen

Figura 50 : Ventana donde se pide ruta de la imagen y la altura de vuelo



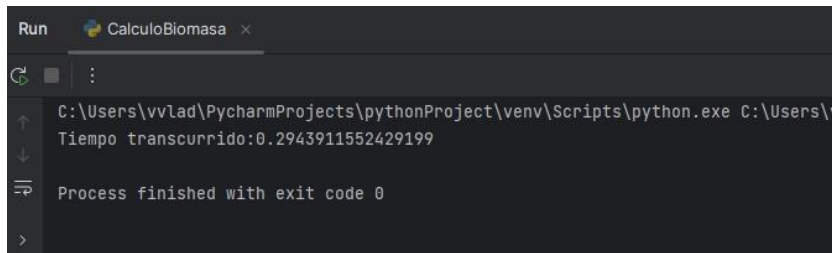
## 3. Muestra el reporte de resultados

Figura 51 : Reporte de biomasa entregado por el programa



- Criterio 3: Tiempo de Procesamiento. Evaluar el tiempo requerido por el software para procesar imágenes y generar resultados, considerando la eficiencia del algoritmo implementado

Figura 52 : Tiempo de procesamiento de imagen



```
Run CalculoBiomasa x
C:\Users\vvlad\PycharmProjects\pythonProject\venv\Scripts\python.exe C:\Users\v
Tiempo transcurrido:0.2943911552429199
Process finished with exit code 0
```

El tiempo de procesamiento es de 0,29 segundos.

- Criterio 4: Robustez frente a Variaciones Ambientales. Evaluar la capacidad del software para producir resultados consistentes en diferentes condiciones ambientales dentro del Valle La Papaya, como cambios estacionales o variaciones climáticas.

Las imágenes deben ser tomadas por los drones en horas de la mañana cuando el sol está saliendo o al atardecer cuando el sol se está ocultando, no se recomienda tomar al medio día porque el valle La Papaya es una zona donde hace mucho sol y las imágenes se saturan y altera el resultado esperado. Además, para alturas mayores a 17 metros no se registra información relevante para el procesamiento de datos debido a la resolución de la cámara del Drone Mini.

- Criterio 5: Validación Cruzada. Verificar si el software ha sido validado utilizando conjuntos de datos independientes y si los resultados son consistentes entre las diferentes pruebas.

El software se ha modelado para el calculo del área en fusión de la altura de vuelo mediante dos funciones que se muestran en la figura 36 y figura 37, los cuales son modelos polinómico de grado 5 y exponencial.

### Matriz de Leopold e impacto ambiental

Para la valoración del impacto ambiental generado desde la preparación del suelo hasta la cosecha, se utilizó la matriz de Leopold, que si bien es subjetiva porque que depende del evaluador, nos permite una descripción de la realidad del proceso.

Componente físico:

- El factor aire tiene un impacto de -23, debido a la incineración de residuos agrícolas y la quema de combustibles.
- El factor ruido tiene un impacto de -18, debido al uso de maquinarias desde la preparación del suelo hasta la cosecha.
- El factor generador de olores tiene un impacto de -20 debido a la emisión de la descomposición de los residuos producto del calor propio de la zona.

#### Componente biótico:

- El factor flora tiene un impacto de -36, debido a la tala de plantas originarias de la zona para el cultivo de arroz.
- El factor suelo tiene un impacto de -51, debido a la erosión del suelo por el riego por inundación, así como el uso de fertilizantes en este.
- El factor fauna tienen un impacto de -50, debido a la migración de especies propias de la zona y la interrupción del ciclo biológico de la fauna nativa.

#### Componente antrópico:

- El factor educacional tiene un impacto de -43 debido a que los estudiantes faltan a clases en temporada de trasplante de los brotes de arroz.
- El componente económico tiene un impacto de 40 debido a la oferta temporal de trabajo por cada campaña de arroz.
- El impacto en la población vulnerable es de -16 debido a que los campesinos llevan a sus menores hijos en época de quema de residuos y fumigación.
- El impacto en la población aledaña es -9, ya que, si bien los centros poblados son alejados, el viento puede llevar residuos de ceniza a estos.
- La modificación del paisaje tiene un impacto de -16, debido a que en la mayor parte del valle la papaya se observan plantaciones de arroz y en raros casos se observa plantas oriundas de la zona.

*Tabla 8 : Valoración del impacto ambiental actual según la matriz de Leopold*

COMPONENTE	IMPACTO
FÍSICO	-85
BIÓTICO	-138
ANTRÓPICO	-44

Tabla 9 : Matriz de Leopold para las condiciones actuales del cultivo de arroz

CATEGORÍA	COMPONENTE AMBIENTAL	EFECTOS \ ACCIONES	ACCIONES												I(+)	I(-)	Impacto del agregado				
			Habilitación y mantenimiento de caminos y conductos hídricos			Preparación de terreno y siembra			Control de plagas y enfermedades			Cosecha						Pos cosecha			
Componente físico	Aire	Calidad del aire							-3	1					-5	4		2	0	-23	
		Generación de ruido				-3	3					-3	3					2	0	-18	
		Generación de olores							-4	2					-3	4		2	0	-20	
	Agua	Alteración de la escorrentía superficial			-1													1	0	-2	
		Modificaciones de la calidad del agua			2				-3									2	0	-22	
Componente biótico	Flora	Alteración del ecosistema natural			-2				-2				-2	4			-3	4	4	0	-36
		Alteración del suelo por erosión hídrica			4						-3								1	0	-18
	Suelo	Transformaciones en propiedades físicoquímicas y biológicas del						-3			6					-3	4		3	0	-33
		Alteración en la riqueza de especies			-2			-2			-4	3				-2	3		5	0	-38
	Fauna	Alteración en el ciclo biológico de la fauna nativa			4			-1			3			-1		3			4	0	-12
Componente Antrópico	Económico	Perdida de escolaridad por oportunidad laboral	-2					-3			5			-2		5		4	0	-43	
		Creación de empleo temporal	5		2			5			2			2		5		0	4	40	
	Salud	Impacto en población vulnerable			5			5			-1			4		-3	4		2	0	-16
		Impacto en población aledaña							-1		3					-2	3		2	0	-9
	Paisaje	Modificación del paisaje			-2			4							-2	4		2	0	-16	
I(+)			0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0					
I(-)			1	2	3	3	3	1	3	5	2	2	2	1	3	4	1				
Impacto del agregado			-10	-6	-13	##	-10	-8	-16	##	-5	-17	-8	-3	##	##	-6				

## Propuesta de plan de gestión ambiental

La matriz muestra una estructura clara para la presentación de la propuesta de administración de residuos de biomasa de arroz post cosecha en el Valle La Papaya, destacando los problemas, objetivos, acciones propuestas, beneficios esperados, recursos necesarios, tiempo de implementación y métodos de evaluación.

*Tabla 10 : Matriz de propuesta de gestión ambiental*

Aspecto	Descripción
Problema	Las prácticas poco sostenibles como la quema o descarte de residuos de biomasa de arroz post cosecha en el Valle La Papaya, lo que genera una considerable contaminación ambiental.
Objetivo	Implementar un sistema eficiente de gestión de residuos de biomasa de arroz post cosecha para reducir el impacto ambiental negativo y aprovechar el potencial económico de estos residuos.
Acciones Propuestas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecer puntos de recolección de residuos de biomasa en áreas estratégicas del Valle La Papaya.</li> <li>2. Desarrollar y promover tecnologías de conversión de residuos de biomasa en productos útiles, como biocombustibles, abonos orgánicos, y materiales de construcción.</li> <li>3. Capacitar a los agricultores locales sobre prácticas de manejo de residuos y promover la adopción de técnicas sostenibles en la producción de arroz.</li> <li>4. Establecer alianzas con empresas interesadas en la utilización de biomasa de arroz para sus procesos industriales.</li> </ol>
Beneficios	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de la contaminación ambiental debido a la gestión adecuada de residuos de biomasa.</li> <li>2. Generación de nuevas fuentes de ingresos para los agricultores a través de la venta de residuos de biomasa o productos derivados.</li> <li>3. Promoción del desarrollo económico local y la creación de empleo en la industria de biomasa.</li> <li>4. Contribución a la mitigación del cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la descomposición de residuos de biomasa.</li> </ol>
Recursos Necesarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiamiento para la implementación de infraestructura y tecnologías.</li> <li>• Experto en gestión de residuos y tecnologías de conversión de biomasa.</li> <li>• Colaboración con entidades gubernamentales, empresas y organizaciones locales.</li> <li>• Capacitación y educación continua para agricultores y personal involucrado en la gestión de residuos.</li> </ul>
Tiempo de Implementación	Se estima que la implementación completa del proyecto requerirá aproximadamente 2-3 años, con etapas piloto y de escalado progresivo.

Aspecto	Descripción
Evaluación	Mediante indicadores de seguimiento para evaluar el progreso del proyecto, incluyendo la cantidad de residuos de biomasa gestionados, los ingresos generados, la adopción de prácticas sostenibles por parte de los agricultores, y los impactos ambientales positivos observados.

#### Capítulo IV. Discusión

El presente estudio se enfocó en alcanzar varios objetivos específicos relacionados con la propuesta para cuantificar la biomasa residual post cosecha de los cultivos de arroz del Valle La Papaya - Utcubamba - Amazonas basado en procesamiento de imágenes y fotogrametría. En primer lugar, se estableció el objetivo de determinar los requerimientos funcionales para cuantificar la biomasa residual post cosecha de los cultivos de arroz en la región. Este objetivo se logró mediante un análisis exhaustivo de las necesidades técnicas y tecnológicas para implementar un método preciso y eficaz. A través de la revisión de literatura y la consulta con expertos en el campo, se identificaron los pasos necesarios para llevar a cabo el procesamiento de imágenes y fotogrametría con el fin de cuantificar la biomasa residual post cosecha de manera efectiva.

En segundo lugar, se propuso adquirir y procesar imágenes de los cultivos de arroz del Valle La Papaya-Utcubamba - Amazonas. Para este fin se utilizó el algoritmo que representa una aproximación integral que combina técnicas de procesamiento de imágenes y cálculos específicos para obtener mediciones precisas y confiables. A continuación, se analizará cada paso del algoritmo y su contribución al proceso de cuantificación:

- Captura de datos y calibración: El algoritmo inicia solicitando al usuario la ruta de la imagen y la altura de la cámara utilizada para la captura. Estos datos son esenciales para calcular el área fotografiada y para ajustar los parámetros de calibración, como el área promedio y la masa de los brotes post cosecha y sus raíces.

- **Procesamiento de imágenes:** La imagen capturada es procesada utilizando técnicas de conversión a escala de grises, desenfoque gaussiano, detección de bordes y dilatación. Estas operaciones permiten identificar los contornos de los brotes de arroz en la imagen y facilitan su cuantificación.
- **Cálculo de biomasa residual post cosecha:** Una vez identificados los brotes, se realiza el conteo y se estima la biomasa residual postcosecha de estos, utilizando los datos de calibración previamente definidos. Esta etapa es fundamental para obtener una medida cuantitativa de la biomasa residual postcosecha de los cultivos de arroz en la región.
- **Generación de informe:** Finalmente, se genera un informe que resume los resultados obtenidos, incluyendo la altura de la cámara, el área fotografiada, el número de brotes detectados, la biomasa total y la densidad de biomasa por hectárea.

En conjunto, el algoritmo propuesto representa una herramienta eficaz para la cuantificación de la biomasa residual postcosecha de los cultivos de arroz en el Valle La Papaya - Utcubamba - Amazonas. La integración de técnicas de procesamiento de imágenes y cálculos específicos permite obtener mediciones precisas y confiables, contribuyendo así a la gestión ambiental de los residuos agrícolas en la región.

El tercer objetivo específico se centró en determinar la biomasa residual postcosecha de los cultivos de arroz en la región. Los resultados obtenidos a partir del procesamiento de imágenes y fotogrametría permitieron calcular la biomasa residual de manera cuantitativa, proporcionando información valiosa sobre la cantidad de residuos agrícolas producidos en el Valle La Papaya - Utcubamba - Amazonas.

Esta información es fundamental para comprender el impacto ambiental de la producción de arroz en la región y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas.

Además, se planteó el objetivo de evaluar la gestión y el manejo actual de los residuos sólidos producidos por los cultivos de arroz en la región. Si bien este objetivo no fue abordado directamente en este estudio, los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y acciones de intervención en el campo de la gestión de residuos agrícolas. Al comprender mejor la cantidad y distribución de la biomasa de arroz en el Valle La Papaya - Utcubamba - Amazonas, se pueden desarrollar políticas y prácticas más efectivas para mitigar el impacto ambiental de esta actividad agrícola.

Los resultados obtenidos en este estudio tienen importantes implicaciones para la gestión ambiental de los residuos agrícolas en el Valle La Papaya - Utcubamba - Amazonas. Al proporcionar una metodología precisa y eficiente para cuantificar la biomasa residual postcosecha de los cultivos de arroz, este estudio contribuye al desarrollo de estrategias de gestión más efectivas y sostenibles. La información generada a partir de este método puede utilizarse para informar políticas y prácticas relacionadas con la gestión de residuos agrícolas, incluida la implementación de programas de compostaje, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la reducción de la quema de residuos agrícolas.

Los resultados obtenidos a partir de la propuesta para cuantificar la biomasa residual postcosecha de cultivos de arroz basada en procesamiento de imágenes y fotogrametría se alinean con la literatura existente sobre el tema. La biomasa residual de arroz ha sido reconocida como un recurso valioso con una variedad de aplicaciones industriales y ambientales, como lo demuestran los estudios revisados. Específicamente, se ha destacado su potencial en la síntesis de materiales adsorbentes para la eliminación de contaminantes orgánicos en aguas residuales, la producción de energía renovable a través de procesos de gasificación y la fabricación de materiales avanzados para aplicaciones de ingeniería

(Arteaga Quintana, 2020; Castillo & Galarza-Acosta, 2024; Lin et al., 2024; Roy et al., 2024; Sharma et al., 2024). Estos hallazgos respaldan la importancia de desarrollar métodos precisos para cuantificar la biomasa de arroz, como el propuesto en este estudio.

La propuesta para cuantificar la biomasa de cultivos de arroz basada en procesamiento de imágenes y fotogrametría tiene importantes implicaciones para la gestión ambiental de los residuos agrícolas en el Valle La Papaya - Utcubamba - Amazonas. La información generada a partir de este método podría permitir una mejor comprensión de la cantidad de biomasa producida por los cultivos de arroz en la región, lo que a su vez podría informar políticas y prácticas para la gestión adecuada de estos residuos. En línea con la literatura revisada, se reconoce que la biomasa de arroz puede tener un impacto significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero y en la fertilidad del suelo, lo que subraya la importancia de desarrollar estrategias efectivas para su manejo (Bossio et al., 1999; Tatsumi, 2021).

Es importante reconocer las limitaciones de este estudio. A pesar de los esfuerzos realizados para desarrollar un método preciso para cuantificar la biomasa residual de arroz, existen desafíos técnicos y prácticos que podrían afectar la validez y la aplicabilidad de los resultados. Por ejemplo, la precisión del procesamiento de imágenes y fotogrametría podría estar sujeta a condiciones climáticas, calidad de las imágenes y otros factores externos. Además, es fundamental considerar la variabilidad en la composición de los cultivos de arroz y la disponibilidad de tecnología para implementar este método en diferentes contextos.

Para futuras investigaciones, se sugiere abordar estas limitaciones mediante la incorporación de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes, la validación de los resultados obtenidos a través de métodos complementarios de medición de biomasa y la exploración de enfoques interdisciplinarios que integren aspectos agronómicos, ambientales y tecnológicos. Asimismo, sería beneficioso evaluar el impacto real de la gestión de la biomasa de arroz en

la mitigación del cambio climático y la mejora de la fertilidad del suelo a través de estudios longitudinales y de seguimiento.

## **Conclusiones**

- Se logró proyectar la biomasa total de los residuos de los brotes de arroz postcosecha a partir del procesamiento de imágenes y la masa promedio por brote con raíz después del corte, obteniendo un valor estimado de 35028 toneladas por campaña.
- Se implementó un algoritmo en Python basado en el procesamiento de imágenes y fotogrametría para determinar la biomasa residual de los sembríos de arroz del valle La Papaya, donde se dan por argumentos de entrada las fotos adquiridas por el dron y la altura de vuelo; y el algoritmo entrega el área de la parcela, el número de brotes, la biomasa en kilogramos y la biomasa por unidad de superficie en kilogramos por hectárea.
- Se evaluó utilizando la matriz de Leopold el impacto ambiental de los sembríos de arroz del Valle La Papaya, obteniendo un impacto negativo en los tres componentes (físico, biótico y antrópico) siendo el de mayor impacto negativo el componente biótico.
- La cuantificación precisa de la biomasa de los cultivos de arroz es fundamental para una gestión ambiental eficaz de los residuos agrícolas. El método propuesto proporciona una herramienta útil para monitorear y gestionar estos residuos, lo que contribuye a reducir su impacto negativo en el medio ambiente y a promover prácticas agrícolas más sostenibles.

## **Recomendaciones**

- La adquisición de las imágenes por vehículos no tripulados debe ser tomadas en horas donde no dé el sol directamente con el sembrío esto es para no saturar la imagen y se puedan procesar las imágenes.
- Se recomienda tener presente la resolución de la cámara para obtener el rango de alturas donde se puede procesar las imágenes.
- Una cámara multiespectral, sería más conveniente para obtener mayor información en la imagen y poder hacer aproximaciones para alturas mayores a los 20 metros.
- Con la finalidad de mitigar el impacto ambiental negativo se deben buscar alternativas para no quemar los residuos de la cosecha de arroz.

## Referencias Bibliográficas (cumplimiento de norma bibliográfica elegida)

- Abdul-Hammed, A. N., & Mahdi, A. S. (2022). Monitoring Vegetation Area in Baghdad Using Normalized Difference Vegetation Index. *Iraqi Journal of Science*, 63(3), 1394-1401. Scopus. <https://doi.org/10.24996/ij.s.2022.63.3.40>
- Aigbodion, V. S. (2024). Unveiling optimisation of the manufacturing parameters of brake pad formulation developed from silver nanoparticle modified carbon nanotubes from rice husks. *Biomass Conversion and Biorefinery*. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05384-w>
- Arteaga Quintana, J. F. (2020). *Caracterización de cascarilla de arroz como biomasa residual para combustible térmico* [Universidad Internacional SEK]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3742>
- ASALE, R.-, & RAE. (s. f.). *Biomasa | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://dle.rae.es/biomasa>
- Bareth, G., & Hütt, C. (2023). Evaluation of Direct RTK-georeferenced UAV Images for Crop and Pasture Monitoring Using Polygon Grids. *PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 91(6), 471-483. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s41064-023-00259-7>
- Bento, N. L., Ferraz, G. A. E. S., Amorim, J. D. S., Santana, L. S., Barata, R. A. P., Soares, D. V., & Ferraz, P. F. P. (2023). Weed Detection and Mapping of a Coffee Farm by a Remotely Piloted Aircraft System. *Agronomy*, 13(3). Scopus. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030830>
- Bhujade, V. G., Sambhe, V., & Banerjee, B. (2024). Digital image noise removal towards soybean and cotton plant disease using image processing filters. *Expert Systems with Applications*, 246. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.123031>
- Bongomin, O., Lamo, J., Guina, J. M., Okello, C., Ocen, G. G., Obura, M., Alibu, S., Owino, C. A., Akwero, A., & Ojok, S. (2024). UAV image acquisition and processing for high-throughput phenotyping in agricultural research and breeding programs. *Plant Phenome Journal*, 7(1). Scopus. <https://doi.org/10.1002/ppj2.20096>
- Bossio, D. A., Horwath, W. R., Muters, R. G., & Van Kessel, C. (1999). Methane pool and flux dynamics in a rice field following straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(9), 1313-1322. Scopus. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00050-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00050-4)

Cao, X., Zou, H., Li, J., Ying, X., & He, S. (2024). OBBInst: Remote sensing instance segmentation with oriented bounding box supervision. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103717>

Castillo, J., & Galarza-Acosta, G. L. (2024). Superhydrophobic silica nanoparticles produced from rice husks, wettability at the macro- and nanoscale. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 130(2). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s00339-023-07270-0>

Chamara, N., Bai, G., & Ge, Y. (2023). AICropCAM: Deploying classification, segmentation, detection, and counting deep-learning models for crop monitoring on the edge. *Computers and Electronics in Agriculture*, 215. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108420>

Chundu, M. L., Banda, K., Lyoba, C., Tembo, G., Sichingabula, H. M., & Nyambe, I. A. (2024). Modeling land use/land cover changes using quad hybrid machine learning model in Bangweulu wetland and surrounding areas, Zambia. *Environmental Challenges*, 14. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100866>

Cunliffe, A. M., J Assmann, J., N Daskalova, G., Kerby, J. T., & Myers-Smith, I. H. (2020). Aboveground biomass corresponds strongly with drone-derived canopy height but weakly with greenness (NDVI) in a shrub tundra landscape. *Environmental Research Letters*, 15(12). Scopus. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba470>

De Araújo Gomes, M. D., Román, R. M. S., Torres-Rua, A., Alves, É. D. S., & McKee, E. (2021). COMPARISON OF NDVI OBTAINED BY DRONE AND SATELLITE IN THE PHENOLOGICAL PHASES OF GRAPEVINE. *IRRIGA*, 26(3), 605-619. Scopus. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n3p605-619>

de Gélis, I., Lefèvre, S., & Corpetti, T. (2023). DC3DCD: Unsupervised learning for multiclass 3D point cloud change detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 206, 168-183. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.10.022>

Deng, K., Zhu, Y., Liu, Z., Sun, G., Han, X., & Zheng, H. (2024). Effects of crop growth and surface microtopography on runoff and soil losses in the red soil region of southern China. *Catena*, 238. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107894>

Díaz Conrado, A., & Duque Romero, C. (2007). *Técnicas de procesamiento de imágenes bidimensionales* [Universidad Tecnológica de Bolívar]. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/1740>

Driels, M. R., Collins, E. A., & Boothroyd, Dr. (1985). Assembly of Non-Standard Electrical Components Using Stereoscopic Image Processing Techniques. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 34(1), 1-4. Scopus. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)61709-0](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)61709-0)

Durgut, T., & Maraş, E. E. (2023). Principles of self-calibration and visual effects for digital camera distortion. *Open Geosciences*, 15(1). Scopus. <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0552>

Elizondo, J. E., & Maestre, L. P. (2005). *Fundamentos de procesamiento de imágenes* [Universidad Autónoma de Baja California].

d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35915704/FundamentosDeProcesamientoDeImagenes-libre.pdf?1418331696=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFundamentos\_de\_Procesamiento\_de\_Imagenes.pdf&Expires=1709586908&Signature=K2vt4VkJ5UhJUS2LMnKEIn4bNWjXnCUINhHKaMaZIAdPa2wSAspwNWb4lqudOQLeqK246KfOfKXrRYiWVzymzEGLLezn6pbS71nsPNg~9bj98W-MQFFKqyxW4tQVOuRo-IZRrPXpARtXcEk0Z4aPtAV9EKbIUZMe6ssReYM1q4D-VIRFx55gSRcwNAA~6IK-odVylQw9UrQtWtnu5250CvRzccNsjcclhMRtarvwE1ufu5TYQRba~srBQpkbx4Wm1JP7-nbYbZ6YSLmhDR7nTgaOSMvsXitkaITEW9YA2K7sZIO-ZbCyzMjeVX8TzRAU~E6M9K9jwrwKkjDvXndeQ0g\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Fan, L., Gao, Y., Brück, H., & Bernhofer, Ch. (2009). Investigating the relationship between NDVI and LAI in semi-arid grassland in Inner Mongolia using in-situ measurements. *Theoretical and Applied Climatology*, 95(1-2), 151-156. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s00704-007-0369-2>

Farias, G. D., Bremm, C., Bredemeier, C., de Lima Menezes, J., Alves, L. A., Tiecher, T., Martins, A. P., Fioravanco, G. P., da Silva, G. P., & de Faccio Carvalho, P. C. (2023). Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for soybean biomass and nutrient uptake estimation in response to production systems and fertilization strategies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.959681>

Fernández, J., Gutiérrez, F., Del Rio, P., San Miguel, A., Bahillo Ruiz, A., MARIA, S. H., JOSE, MERCEDES, B. P., ÁNGEL, V. M., JESÚS, MIGUEL, R. A., LUIS, & JOSÉ, A. M. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Ediciones Mundi-Prensa. <https://books.google.com.pe/books?id=k9ISCgAAQBAJ>

Finzel, J. A., Seyfried, M. S., Weltz, M. A., Kiniry, J. R., Johnson, M.-V. V., & Launchbaugh, K. L. (2012). Indirect Measurement of Leaf Area Index in Sagebrush-Steppe Rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 65(2), 208-212. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00069.1>

Google Earth. (2024). *Google Earth*.

[https://earth.google.com/web/search/Caser%  
ado+el+triunfo+de+la+papaya,+Bagua,+Utcubamba,+Amazonas/@-5.59413981,-](https://earth.google.com/web/search/Caser%c3%ado+el+triunfo+de+la+papaya,+Bagua,+Utcubamba,+Amazonas/@-5.59413981,-78.60958855,367.46418403a,20145.96788015d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCSR8rY8yQxbAERGt_3N1hRbAGdEy6QbjoFPAle_Gk86lqVPAOgMKATA)

[78.60958855,367.46418403a,20145.96788015d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCSR8rY8yQxbAERGt\\_3  
N1hRbAGdEy6QbjoFPAle\\_Gk86lqVPAOgMKATA](https://earth.google.com/web/search/Caser%ado+el+triunfo+de+la+papaya,+Bagua,+Utcubamba,+Amazonas/@-5.59413981,-78.60958855,367.46418403a,20145.96788015d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCSR8rY8yQxbAERGt_3N1hRbAGdEy6QbjoFPAle_Gk86lqVPAOgMKATA)

Grijalva Gómez, I. R. (2022). *ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN PASTIZALES MEDIANTE MÉTODOS TRADICIONALES Y USO DE DRONES EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA* [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO].

<http://repositorio.uach.mx/500/1/Tesis%20Ivan%20Ruben%20Grijalva.pdf>

Guzmán-Álvarez, J. A., González-Zuñiga, M., Sandoval Fernandez, J. A., & Calvo-Alvarado, J. C. (2022). *Uso de sensores remotos en la agricultura: Aplicaciones en el cultivo del banano*. 33.

<https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48279>

Hedstrand, T., Southon, N., Martin, O., Davey, C., & Yu, N. (2024). Improving Photogrammetry Instrument Performance through Camera Calibration for Precision Digital Manufacturing. *Procedia CIRP*, 121, 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.234>

Herrera, J. A. L. C. (2020). *Energía de la biomasa y el agua*. Editorial Elearning, S.L.

INEI. (2021). Producción de arroz cáscara creció 26,2% en diciembre del año 2021. *INEI*.

[https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-crecio-262-en-diciembre-del-ano-2021-](https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-crecio-262-en-diciembre-del-ano-2021-13455/#:~:text=Durante%20diciembre%202021%2C%20la%20producci%C3%B3n,e%20Inform%C3%A1tica%20(INEI)%20en%20el)

[13455/#:~:text=Durante%20diciembre%202021%2C%20la%20producci%C3%B3n,e%20Inform%C3%A1tica%20\(INEI\)%20en%20el](https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-crecio-262-en-diciembre-del-ano-2021-13455/#:~:text=Durante%20diciembre%202021%2C%20la%20producci%C3%B3n,e%20Inform%C3%A1tica%20(INEI)%20en%20el)

James, C., Smith, D., He, W., Chandra, S. S., & Chapman, S. C. (2024). GrainPointNet: A deep-learning framework for non-invasive sorghum panicle grain count phenotyping. *Computers and Electronics in Agriculture*, 217. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108485>

- Jayasuriya, N., Guo, Y., Hu, W., & Ghannoum, O. (2024). Machine vision based plant height estimation for protected crop facilities. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108669>
- Jia, W. B., Wei, H. R., & Wei, Z. Y. (2022). *Tomato Fertilizer Deficiency Classification and Fertilization Decision Model Based on Leaf Images and Deep Learning*. 12288. Scopus. <https://doi.org/10.1117/12.2640974>
- Kaasalainen, S., Krooks, A., Liski, J., Raumonen, P., Kaartinen, H., Kaasalainen, M., Puttonen, E., Anttila, K., & Mäkipää, R. (2014). Change detection of tree biomass with terrestrial laser scanning and quantitative structure modelling. *Remote Sensing*, 6(5), 3906-3922. Scopus. <https://doi.org/10.3390/rs6053906>
- Kalaiaarasi, A., Kumareshan, N., Kanmani, R., Dinesh Kumar, M., Dharun Pandian, R., & Barath, N. (2023). *Pest Detection and Identification on Plants Using CNN Algorithm: A survey*. 2023 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2023. Scopus. <https://doi.org/10.1109/ICCCI56745.2023.10128361>
- Kamaruzaman, E. H., La Croix, A. D., & Kamp, P. J. J. (2024). Dataset of 3D computer models of Late Miocene Mount Messenger Formation outcrops in New Zealand, built with UAV drones. *Data in Brief*, 52. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110035>
- Li, Y., Chen, X., Duan, H., & Meng, L. (2010). *An improved multi-temporal masking classification method for winter wheat identification*. 1648-1651. Scopus. <https://doi.org/10.1109/ICALIP.2010.5685073>
- Lin, Y., Ge, Q., Wan, J., Wang, Y., & Zhu, C. (2024). Insights into the influence and mechanism of biomass substrate and thermal conversion conditions on Fe–N doped biochar as a persulfate activator for sulfamethoxazole removal. *Science of the Total Environment*, 907. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168101>
- Massolo, L. A. (2015). *Introducción a las herramientas de gestión ambiental*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/46750>
- Miller, J. O., Mondal, P., & Sarupria, M. (2024). Sensor-based measurements of NDVI in small grain and corn fields by tractor, drone, and satellite platforms. *Crop and Environment*, 3(1), 33-42. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2023.11.001>

- Morico, K. E. R., Paler, H. B. S., & Retamar, A. E. (2024). *Accuracy Assessment of Generated High-Resolution DEMs using Tri-Stereo Satellite Images from KOMPSAT and SkySat over Davao City*. 12977. Scopus. <https://doi.org/10.1117/12.3009684>
- Motie, J. B., Saeidirad, M. H., & Jafarian, M. (2023). Identification of Sunn-pest affected (*Eurygaster Integriceps put.*) wheat plants and their distribution in wheat fields using aerial imaging. *Ecological Informatics*, 76. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102146>
- Olavarria, J. (2019). *Propuesta de un repositorio informático para el cultivo de arroz en el sector San José del valle Jequetepeque—La Libertad* [Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8289>
- Pätzig, M., Geiger, F., Rasche, D., Rauneker, P., & Eltner, A. (2020). Allometric relationships for selected macrophytes of kettle holes in northeast Germany as a basis for efficient biomass estimation using unmanned aerial systems (UAS). *Aquatic Botany*, 162. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103202>
- Podladchikova, O., Harra, L., Barczynski, K., Mandrini, C. H., Auchère, F., Berghmans, D., Buchlin, É., Dolla, L., Mierla, M., Parenti, S., & Rodriguez, L. (2021). Stereoscopic measurements of coronal Doppler velocities. *Astronomy and Astrophysics*, 655. Scopus. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140457>
- Quille-Mamani, J. A., Ruiz, L. A., Ramos-Fernández, L., & Raeva, P. (s. f.). *Estimación de biomasa y rendimiento utilizando métricas fenológicas de imágenes Sentinel-2 en el cultivo de arroz: Caso de estudio Perú*.
- Rojas Bustos, J. P. (2019). *Sistema aéreo para mapeo y análisis de cultivos usando imágenes multiespectrales*. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.40998>
- Roy, S., Mukherjee, S., Ghosh, S., & Das, P. (2024). Synthesis of rice husk-derived cellulose for efficacious removal of malachite green from aqueous solution. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 49(1). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s12046-023-02388-6>
- Sakamoto, T., Ogawa, D., Hiura, S., & Iwasaki, N. (2022). Alternative Procedure to Improve the Positioning Accuracy of Orthomosaic Images Acquired with Agisoft Metashape and DJI P4 Multispectral for Crop Growth Observation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 88(5), 323-332. Scopus. <https://doi.org/10.14358/PERS.21-00064R2>

Santamaría, J., & Sanz, T. (2011). *Fundamentos de fotogrametría*. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones. <https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/monografias/mdi16E.shtml>

Sharma, K. B. B., Bhurse, R. R., & Chaurasia, A. S. (2024). Experimental investigation of the influence of calcium oxide on product quality, tar cracking efficiency, heating value, and syngas ratio in two-stage fixed bed gasification. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 46(1), 1319-1331. Scopus. <https://doi.org/10.1080/15567036.2023.2298290>

Shi, L., Duan, Q., Xiong, M., Zhang, J., Song, L., & Ma, X. (2019). Design and implementation of the wheat population nutrition detection system. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 546, 185-193. Scopus. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-06179-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-06179-1_19)

Tatsumi, K. (2021). A dynamic model for the relationship between rice growth and meteorology, water, nitrogen, and canopy structure. *Transactions of the ASABE*, 64(5), 1581-1610. Scopus. <https://doi.org/10.13031/trans.14371>

Teledetección. (s. f.). Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>

Wei, C.-T., You, J.-L., Weng, S.-K., Jian, S.-Y., Lee, J. C.-L., & Chiang, T.-L. (2024). Enhancing forensic investigations: Identifying bloodstains on various substrates through ATR-FTIR spectroscopy combined with machine learning algorithms. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 308. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2023.123755>

Xue, G., Liu, S., & Ma, Y. (2023). A hybrid deep learning-based fruit classification using attention model and convolution autoencoder. *Complex and Intelligent Systems*, 9(3), 2209-2219. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00192-x>

Yin, T., Montesano, P. M., Cook, B. D., Chavanon, E., Neigh, C. S. R., Shean, D., Peng, D., Lauret, N., Mkaouar, A., Regaieg, O., Zhen, Z., Qin, R., Gastellu-Etchegorry, J.-P., & Morton, D. C. (2023). Modeling forest canopy surface retrievals using very high-resolution spaceborne stereogrammetry: (II) optimizing acquisition configurations. *Remote Sensing of Environment*, 298. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113824>

Zhao, M., Cheng, Y., Qin, X., Yu, W., & Wang, P. (2023). Semi-Supervised Classification of PolSAR Images Based on Co-Training of CNN and SVM with Limited Labeled Samples. *Sensors*, 23(4). Scopus. <https://doi.org/10.3390/s23042109>

Zheng, L., Zhu, D., Zhang, B., Xiao, G., Wang, C., & Zhao, C. (2014). Correlation analysis of the mechanical property of wheat stalk and the fresh biomass. *Sensor Letters*, 12(3-5), 924-927.

Scopus. <https://doi.org/10.1166/sl.2014.3111>

Zylshal, Z., Bayanuddin, A. A., Sartika, S., Indri Pratiwi, J., Musyarofah, M., & Khomarudin, M. R. (2024). *Iterative bundle adjustment without Ground Control Points on SPOT-7 Stereogrammetry and its effect on DEM geometric accuracy*. 12977. Scopus. <https://doi.org/10.1117/12.3009209>

## Anexos

### Anexo 1: Datos Básicos del Problema

*Figura 53 : El investigador yendo a la zona agrícola del valle La Papaya*



Figura 54 : Imagen aérea tomada a 70 metros de altura de una zona arrocerá cosechada y quemada



## Anexo 2: Instrumentos de Recolección de Datos

### Encuesta de Percepción Ambiental del Poblador del Valle Arrocero de la Papaya

**Objetivo:** Describir la percepción que tiene la población del valle arrocero de La Papaya sobre el quemado de desechos de la cosecha de arroz.

**Introducción:** Desde la investigación iniciada como tesista de doctorado en ciencias ambientales de la UNPRG (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo) de Lambayeque-Perú, me dirijo a toda la población del valle La Papaya con la finalidad de obtener sus opiniones en relación con la situación ambiental post quemado de cosecha del arroz, con la cual buscamos conocer para proponer mejoras y acciones sostenibles para el futuro.

Por favor responder las preguntas la mayor sinceridad posible. Todas las respuestas dadas son de carácter confidencial.

#### Aspecto Informativo

**1. Sexo del Informante**

Masculino.....1 ☐

Femenino.....2 ☐

**2. ¿Cuántos años tiene?**

(años cumplidos)

**3. ¿Cuál es el número de personas que habitan su vivienda?**

**4. ¿Cuántos años vive en el valle arrocero de la Papaya? (años cumplidos)**

**5. ¿Cuál es la ocupación principal que desempeña?**

*Realiza labores en la chacra*.....1 ☐

*Realiza labores de cuidado de animales*.....2 ☐

*Trabaja en algún negocio propio o de un familiar*.....3 ☐

*Fabrica algún producto*.....4 ☐

*Ofrece algún servicio*.....5 ☐

*Otro:*.....6 ☐

*Especifique*

**6. En su ocupación principal, Ud. se desempeñó como:**

*Trabajador independiente, Empleador o patrono*.....1 ☐

*Empleado*.....2 ☐

*Obrero*.....3 ☐

*Otro:*.....4 ☐

*Especifique*

**7. ¿Cuántas campañas de sembrado de arroz realiza durante el año?**

### Administración del agua para riego en el valle La Papaya

A continuación, le presentaré algunas funciones, para que responda de acuerdo a la calificación que le otorga a la administración del agua en el valle La Papaya:

Funciones	Excelente	Bueno	Aceptable	Regular	Insuficiente
8. Formulación de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	5	4	3	2	1
9. Participación en la ejecución de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	5	4	3	2	1
10. Control de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	5	4	3	2	1
11. Distribución del agua	5	4	3	2	1
12. Atención a los reclamos	5	4	3	2	1

### Capacitación sobre el manejo agrícola de su parcela

Califique a las instituciones que le brindaron información sobre el manejo agrícola de su parcela, de acuerdo al siguiente calificativo:

(5) Excelente, (4) Bueno, (3) Aceptable, (2) Regular y (1) Insuficiente

Instituciones	MINAGRI	Municipalidad Prov.	ONG	Otro *	Ninguno
13. Rotación de los cultivos					
14. Utilización de abonos					
15. Cuidado del suelo					
16. Desecho de los residuos de la cosecha					
17. Otros:					

\* Especifique otra institución: \_\_\_\_\_

### Impacto ambiental y manejo de los residuos de la cosecha del arroz

18. ¿Cuál es el volumen o peso de su principal cosecha de arroz en el valle La Papaya?

\_\_\_\_\_ No conoce / No sabe

19. ¿Qué hace con los residuos de su cosecha de arroz?

Reutilizarlos .....1 ☐  
 Almacenarlos .....2 ☐  
 Procesarlos .....3 ☐  
 Quemarlos .....4 ☐  
 Otro (especificar) .....5 ☐

20. ¿Qué tan frecuente es la práctica del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el valle de La Papaya?

Muy frecuente .....1 ☐  
 Frecuentemente .....2 ☐  
 Poco frecuente .....3 ☐  
 Nunca .....4 ☐

21. ¿Qué impacto cree que tiene el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el medio ambiente?

Muy negativo .....1 ☐  
 Negativo .....2 ☐  
 Neutral .....3 ☐  
 Positivo .....4 ☐  
 Muy positivo .....5 ☐

22. ¿Cómo afecta el quemado de desechos de la cosecha de arroz a su salud y bienestar personal?

Muy negativamente .....1 ☐  
 Negativamente .....2 ☐  
 Neutralmente .....3 ☐  
 Positivamente .....4 ☐  
 Muy positivamente .....5 ☐

23. ¿Ha experimentado usted problemas de salud relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de desechos de la cosecha de arroz?

Si, frecuentemente .....1 ☐  
 Si, ocasionalmente .....2 ☐  
 No, ninguno .....3 ☐

24. ¿Cuándo queman los residuos de la cosecha afecta al suelo?

Si .....1 ☐  
 No .....2 ☐  
 Otro (especificar) .....3 ☐

25. ¿Cree usted que existen alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública?

Si .....1 ☐  
 No .....2 ☐  
 Otro (especificar) .....3 ☐

26. ¿Conoce si existe un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la municipalidad u otra institución?
- Si.....1 ☐
- No.....2 ☐
- Otro (especifique) .....3 ☐
27. ¿Qué medidas cree que deberían tomarse para reducir o eliminar el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya? (Seleccione todas las que apliquen)
- Implementar programas de reciclaje de los residuos.....1 ☐
- Promover el compostaje de los residuos agrícolas .....2 ☐
- Incentivo económico del uso de prácticas alternativas al quemado .....3 ☐
- Forzar las regulaciones que prohíben el quemado de residuos.....4 ☐
- Otro (especifique) .....5 ☐
28. ¿Estaría usted dispuesto a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz?
- Si.....1 ☐
- No.....2 ☐
- Tal vez.....3 ☐
29. ¿Tiene alguna sugerencia adicional o comentario sobre el tema del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya?
- 

Encuesta digitalizada: <https://forms.gle/XrNfz1z3JMpETWDs9>

## Encuesta de Percepción Ambiental del Valle Arrocero de La Papaya

El formulario Encuesta de Percepción Ambiental del Valle Arrocero de La Papaya ya no acepta respuestas.

Si consideras que se trata de un error, intenta comunicarte con el propietario del formulario.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

### Anexo 3: Formato de Tabulación de Datos

Tabla 11 : Sexo de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024

Sexo	Habitantes	%
Masculino	17	81.0
Femenino	4	19.0
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 12 : Edad de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024

Edad (años)	Habitantes	%
Menos de 30	15	71.4
30 - 50	5	23.8
Más de 50	1	4.8
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 13 : Número de integrantes por vivienda del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Nº de integrantes	Habitantes	%
1	1	4.8
2	2	9.5
3	7	33.3
4	6	28.6
5	4	19.0
6	0	0.0
7	1	4.8
Total	21	100

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 14 : Habitantes del valle arrocero La Papaya según los años que viven en el lugar. Marzo de 2024

Tiempo viviendo en el valle	Habitantes	%
De 1 año a menos	7	33.3
2 a 10	8	38.1
11 a 20	2	9.5
Más de 20 años	4	19.0
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 15 : Ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024

Ocupación	Habitantes	%
Realiza labores en la chacra	12	57.1
Realiza labores de cuidado de animales	0	0.0
Trabaja en algún negocio propio o de un familiar	3	14.3
Fabrica algún producto	0	0.0
Ofrece algún servicio	3	14.3
Otro	3	14.3
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 16 : Tipo de trabajador en su ocupación principal de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Ocupación	Habitantes	%
Trabajador independiente, Empleador o patrono	8	38.1
Empleado	8	38.1
Obrero	4	19.0
Otro	1	4.8
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 17 : Número de campañas de arroz durante al año 2023 por los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Número de campañas	Habitantes	%
0	7	33.3
1	2	9.5
2	9	42.9
3	2	9.5
4	1	4.8
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 18 : Calificación de las funciones de la administración del agua según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Funciones de la administración	Calificación									
	Excelente		Bueno		Aceptable		Regular		Insuficiente	
	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
Formulación de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	4	19.0	9	42.9	5	23.8	2	9.5	1	4.8
Participación en la ejecución de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	1	4.8	12	57.1	5	23.8	1	4.8	2	9.5
Control de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	1	4.8	13	61.9	4	19.0	1	4.8	2	9.5
Distribución del agua	2	9.5	11	52.4	6	28.6	2	9.5	0	0.0
Atención a los reclamos	0	0.0	12	57.1	5	23.8	4	19.0	0	0.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 19 : Temas de capacitación acerca del uso de los suelos según las principales instituciones que las brindan a los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Temas de capacitación	Institución									
	MINAGRI		Munic. Prov.		ONG		Otras		Ninguna	
	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
Rotación de los cultivos	10	47.6	8	38.1	1	4.8	0	0.0	2	9.5
Utilización de abonos	8	38.1	7	33.3	3	14.3	1	4.8	2	9.5
Cuidado del suelo	8	38.1	8	38.1	0	0.0	1	4.8	4	19.0
Desechos de los residuos de la cosecha	7	33.3	8	38.1	1	4.8	1	4.8	4	19.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 20 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la rotación de cultivos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Institución	Calificación									
	Excelente		Buena		Aceptable		Regular		Insuficiente	
	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
MINAGRI	1	4.8	7	33.3	1	4.8	1	4.8	0	0.0
Municipalidad Provincial	2	9.5	2	9.5	3	14.3	1	4.8	0	0.0
ONG	0	0.0	0	0.0	1	4.8	0	0.0	0	0.0
Otras	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 21 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de la utilización de abonos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Institución	Calificación									
	Excelente		Buena		Aceptable		Regular		Insuficiente	
	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
MINAGRI	4	19.0	2	9.5	2	9.5	0	0.0	0	0.0
Municipalidad Provincial	1	4.8	4	19.0	1	4.8	1	4.8	0	0.0
ONG	0	0.0	0	0.0	1	4.8	2	9.5	0	0.0
Otras	0	0.0	1	4.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 22 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca del cuidado de suelos según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024

Institución	Calificación									
	Excelente		Buena		Aceptable		Regular		Insuficiente	
	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
MINAGRI	3	14.3	3	14.3	2	9.5	0	0.0	0	0.0
Municipalidad Provincial	1	4.8	4	19.0	2	9.5	1	4.8	0	0.0
ONG	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Otras	0	0.0	1	4.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 23 : Calificación de las instituciones capacitadoras acerca de los desechos de los residuos de la cosecha según la percepción de los habitantes del valle arrocero La Papaya. Marzo de 2024.

Institución	Calificación									
	Excelente		Buena		Aceptable		Regular		Insuficiente	
	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
MINAGRI	1	4.8	5	23.8	1	4.8	0	0.0	0	0.0
Municipalidad Provincial	0	0.0	6	28.6	2	9.5	0	0.0	0	0.0
ONG	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	4.8
Otras	0	0.0	1	4.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 24 : Peso de su principal cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.

Peso de cosecha (kg)	Habitantes	%
De 1000 kg a más	6	28.6
No conoce/ No sabe	15	71.4
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 25 : Destino de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.

Los residuos son:	Habitantes	%
Reutilizados	7	33.3
Almacenados	1	4.8
Procesados	3	14.3
Quemados	10	47.6
Total	21	0.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 26 : Frecuencia de la práctica de quemado de los residuos de la cosecha de arroz de los habitantes del valle La Papaya. Marzo de 2024.

Frecuencia del quemado	Habitantes	%
Muy frecuente	8	38.1
Frecuentemente	9	42.9
Poco frecuente	4	19.0
Nunca	0	0.0
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 27 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya sobre el impacto que tiene en el medio ambiente el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.

mpacto	Habitantes	%
Muy negativo	5	23.8
Negativo	12	57.1
Neutral	2	9.5
Positivo	2	9.5
Muy positivo	0	0.0
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

Tabla 28 : Percepción de los habitantes del valle La Papaya respecto a cómo afecta en su salud y bienestar personal el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.

Afecta	Habitantes	%
Muy negativamente	7	33.3
Negativamente	8	38.1
Neutralmente	4	19.0
Positivamente	1	4.8
Muy positivamente	1	4.8
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

*Tabla 29 : Frecuencia de problemas de salud en los habitantes del valle La Papaya relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.*

Presentó problema de salud	Habitantes	%
Si, frecuentemente	4	19.0
Si, ocasionalmente	11	52.4
No, ninguno	6	28.6
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

*Tabla 30 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si el quemado de los residuos de la cosecha de arroz afecta al suelo. Marzo de 2024*

Afecta al suelo	Habitantes	%
Si	18	85.7
No	3	14.3
Otro	0	0.0
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

*Tabla 31 : Opinión de los habitantes del valle La Papaya respecto a si creen que existen alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública. Marzo de 2024.*

Existe alternativas	Habitantes	%
Si	19	90.5
No	1	4.8
Otro	1	4.8
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

*Tabla 32 : Conocimiento de los habitantes del valle La Papaya respecto a la existencia de un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la Municipalidad u otra institución. Marzo de 2024.*

Conoce	Habitantes	%
Si	7	33.3
No	13	61.9
Otro	1	4.8
Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

*Tabla 33 : Medidas que los habitantes del valle La Papaya creen que deberían tomarse para reducir o eliminar los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.*

	Medidas	Habitantes	%
	Implementar programas de reciclaje de los residuos	12	57.1
	Promover el compostaje de los residuos agrícolas	11	52.4
	Incentivo económico del uso de prácticas alternativas al quemado	3	14.3
	Forzar las regulaciones que prohíben el quemado de residuos	5	23.8

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

*Tabla 34 : Disponibilidad de los habitantes del valle La Papaya a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de los residuos de la cosecha de arroz. Marzo de 2024.*

	Participaría	Habitantes	%
	Si	18	85.7
	No	2	9.5
	Tal vez	1	4.8
	Total	21	100.0

Fuente: Encuesta de percepción ambiental del valle arrocero La Papaya

## Anexo 4: Rúbricas de Expertos de Instrumentos de Recolección de Datos

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS

#### ENCUESTA DE PERCEPCIÓN AMBIENTAL DEL POBLADOR DEL VALLE ARROCERO DE LA PAPAYA

N°	Dimensión/ítem	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Aspecto Informativo								
1	Sexo del informante	X		X		X		
2	¿Cuántos años tiene? (años cumplidos)	X		X		X		
3	¿Cuál es el número de personas que habitan su vivienda?	X		X		X		
4	¿Cuántos años vive en el valle arrocero de la Papaya?	X		X		X		
5	¿Cuál es la ocupación principal que desempeña?	X		X		X		
6	En su ocupación principal, Ud. se desempeñó como:	X		X		X		
7	¿Cuántas campañas de sembrado de arroz realiza durante el año?	X		X		X		
Administración del agua para riego en el valle La Papaya								
	A continuación, le presentaré algunas funciones, para que responda de acuerdo a la calificación que le otorga a la administración del agua en el valle La Papaya:							
8	Formulación de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego	X		X		X		
9	Participación en la ejecución de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	X		X		X		
10	Control de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego	X		X		X		
11	Distribución del agua	X		X		X		
12	Atención a los reclamos	X		X		X		
Capacitación sobre el manejo agrícola de su parcela								
13	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre la rotación de los cultivos?	X		X		X		
14	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre la rotación de los cultivos?	X		X		X		
15	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre la utilización de abonos?	X		X		X		
16	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre la utilización de abonos?	X		X		X		
17	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre el cuidado de suelos?	X		X		X		
18	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre el cuidado de suelos?	X		X		X		
19	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre el desecho de los residuos de la cosecha?	X		X		X		
20	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre el desecho de los residuos de la cosecha?	X		X		X		
21	¿Recibió otra información acerca del manejo agrícola de su parcela? ¿Qué institución fue la que se la brindó? y ¿Cuál sería su calificativo?	X		X		X		
Impacto ambiental y manejo de los residuos de la cosecha del arroz								
22	¿Cuál es el volumen o peso de su principal cosecha de arroz en el valle La Papaya?	X		X		X		
23	¿Qué hace con los residuos de su cosecha de arroz?	X		X		X		
24	¿Qué tan frecuente es la práctica del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el valle de La Papaya?	X		X		X		
25	¿Qué impacto cree que tiene el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el medio ambiente?	X		X		X		
26	¿Cómo afecta el quemado de desechos de la cosecha de arroz a su salud y bienestar personal?	X		X		X		

27	¿Ha experimentado usted problemas de salud relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de desechos de la cosecha de arroz?	X		X		X		
28	¿Cree usted que cuándo queman los residuos de la cosecha afecta al suelo?	X		X		X		
29	¿Cree usted que existen alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública?	X		X		X		
30	¿Conoce usted, si existe un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la municipalidad u otra institución?	X		X		X		
31	¿Qué medidas cree que deberían tomarse para reducir o eliminar el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya?	X		X		X		
32	¿Estaría usted dispuesto a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz?	X		X		X		
33	¿Tiene alguna sugerencia adicional o comentario sobre el tema del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya?	X		X		X		

Lambayeque, 06 de febrero del 2024

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [x]      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]      Apellidos y

nombres del juez evaluador: Ronald Alfonso Gutierrez Moreno..... DNI: 17875754.

Grado del evaluador: DOCTOR.....

Mención del Grado: ...CIENCIAS AMBIENTALES.....

Dr. RONALD ALFONSO GUTIERREZ MORENO

Docente FIQIA-UNPRG

<sup>1</sup> Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup> Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup> Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS**

**ENCUESTA DE PERCEPCIÓN AMBIENTAL DEL POBLADOR DEL VALLE ARROCERO DE LA PAPAYA**

N°	Dimensión/Item	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Sexo del Informante	X		X		X		
2	¿Cuántos años tiene? (años cumplidos)	X		X		X		
3	¿Cuál es el número de personas que habitan su vivienda?	X		X		X		
4	¿Cuántos años vive en el valle arrocero de la Papaya?	X		X		X		
5	¿Cuál es la ocupación principal que desempeña?	X		X		X		
6	En su ocupación principal, Ud. se desempeñó como:	X		X		X		
7	¿Cuántas campañas de sembrado de arroz realiza durante el año?	X		X		X		
<b>Administración del agua para riego en el valle La Papaya</b>								
	A continuación, le presentaré algunas funciones, para que responda de acuerdo a la calificación que le otorga a la administración del agua en el valle La Papaya:							
8	Formulación de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego	X		X		X		
9	Participación en la ejecución de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	X		X		X		
10	Control de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego	X		X		X		
11	Distribución del agua	X		X		X		
12	Atención a los reclamos	X		X		X		
<b>Capacitación sobre el manejo agrícola de su parcela</b>								
13	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre la rotación de los cultivos?	X		X		X		
14	¿Cómo calificaría <u>a-la</u> institución que le brindó información sobre la rotación de los cultivos?	X		X		X		
15	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre la utilización de abonos?	X		X		X		
16	¿Cómo calificaría <u>a-la</u> institución que le brindó información sobre la utilización de abonos?	X		X		X		
17	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre el cuidado de suelos?	X		X		X		
18	¿Cómo calificaría <u>a-la</u> institución que le brindó información sobre el cuidado de suelos?	X		X		X		
19	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre el desecho de los residuos de la cosecha?	X		X		X		
20	¿Cómo calificaría <u>a-la</u> institución que le brindó información sobre el desecho de los residuos de la cosecha?	X		X		X		
21	¿Recibió otra información acerca del manejo agrícola de su parcela? ¿Qué institución fue la que se la brindó? y ¿Cuál sería su calificativo?	X		X		X		
<b>Impacto ambiental y manejo de los residuos de la cosecha del arroz</b>								
22	¿Cuál es el volumen o peso de su principal cosecha de arroz en el valle La Papaya?	X		X		X		
23	¿Qué hace con los residuos de su cosecha de arroz?	X		X		X		
24	¿Qué tan frecuente es la práctica del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el valle de La Papaya?	X		X		X		
25	¿Qué impacto cree que tiene el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el medio ambiente?	X		X		X		
26	¿Cómo afecta el quemado de desechos de la cosecha de arroz a su salud y bienestar personal?	X		X		X		
27	¿Ha experimentado usted problemas de salud relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de desechos de la cosecha de arroz?	X		X		X		

28	¿Cree usted que cuando queman los residuos de la cosecha afecta al suelo?	X		X		X		
29	¿Cree usted que existen alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública?	X		X		X		
30	¿Conoce usted, si existe un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la municipalidad u otra institución?	X		X		X		
31	¿Qué medidas cree que deberían tomarse para reducir o eliminar el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya?	X		X		X		
32	¿Estaría usted dispuesto a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz?	X		X		X		
33	¿Tiene alguna sugerencia adicional o comentario sobre el tema del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya?	X		X		X		

Martes, 06 de febrero de 2024

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [ X ] |      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez evaluador: GONZÁLEZ ESQUECHE MARÍA ASUNCIÓN    DNI: 16726656

Grado del evaluador: Doctor

Mención del Grado: Ciencias Ambientales



FIRMA DEL EXPERTO

DNI 16726656

<sup>1</sup> **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup> **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup> **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

# CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS

## ENCUESTA DE PERCEPCIÓN AMBIENTAL DEL POBLADOR DEL VALLE ARROCERO DE LA PAPAYA

ENCUESTA DE PERCEPCIÓN AMBIENTAL DEL USUARIO DEL VALLE ARROCERO DE LA PAPAYA								
N°	Dimensión/Ítem	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Aspecto Informativo								
1	Sexo del Informante	X		X		X		
2	¿Cuántos años tiene? (años cumplidos)	X		X		X		
3	¿Cuál es el número de personas que habitan su vivienda?	X		X		X		
4	¿Cuántos años vive en el valle arrocero de la Papaya?	X		X		X		
5	¿Cuál es la ocupación principal que desempeña?	X		X		X		
6	En su ocupación principal, Ud. se desempeñó como:	X		X		X		
7	¿Cuántas campañas de sembrado de arroz realiza durante el año?	X		X		X		
Administración del agua para riego en el valle La Papaya								
	A continuación, le presentaré algunas funciones, para que responda de acuerdo a la calificación que le otorga a la administración del agua en el valle La Papaya:							
8	Formulación de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego	X		X		X		
9	Participación en la ejecución de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego.	X		X		X		
10	Control de los planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego	X		X		X		
11	Distribución del agua	X		X		X		
12	Atención a los reclamos	X		X		X		
Capacitación sobre el manejo agrícola de su parcela								
13	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre la rotación de los cultivos?	X		X		X		
14	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre la rotación de los cultivos?	X		X		X		
15	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre la utilización de abonos?	X		X		X		
16	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre la utilización de abonos?	X		X		X		
17	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre el cuidado de suelos?	X		X		X		
18	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre el cuidado de suelos?	X		X		X		
19	¿Cuál es la institución que le brindó información sobre el desecho de los residuos de la cosecha?	X		X		X		
20	¿Cómo calificaría a la institución que le brindó información sobre el desecho de los residuos de la cosecha?	X		X		X		
21	¿Recibió otra información acerca del manejo agrícola de su parcela? ¿Qué institución fue la que se la brindó? y ¿Cuál sería su calificativo?	X		X		X		
Impacto ambiental y manejo de los residuos de la cosecha del arroz								
22	¿Cuál es el volumen o peso de su principal cosecha de arroz en el valle La Papaya?	X		X		X		
23	¿Qué hace con los residuos de su cosecha de arroz?	X		X		X		
24	¿Qué tan frecuente es la práctica del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el valle de La Papaya?	X		X		X		
25	¿Qué impacto cree que tiene el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el medio ambiente?	X		X		X		
26	¿Cómo afecta el quemado de desechos de la cosecha de arroz a su salud y bienestar personal?	X		X		X		

24	¿Qué tan frecuente es la práctica del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el valle de La Papaya?	X		X		X		
25	¿Qué impacto cree que tiene el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el medio ambiente?	X		X		X		
26	¿Cómo afecta el quemado de desechos de la cosecha de arroz a su salud y bienestar personal?	X		X		X		
27	¿Ha experimentado usted problemas de salud relacionados con la exposición al humo generado por el quemado de desechos de la cosecha de arroz?	X		X		X		
28	¿Cree usted que cuándo queman los residuos de la cosecha afecta al suelo?	X		X		X		
29	¿Cree usted que existen alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz que sean más respetuosas con el medio ambiente y la salud pública?	X		X		X		
30	¿Conoce usted, si existe un plan de tratamiento de los residuos de la cosecha de arroz por parte de la municipalidad u otra institución?	X		X		X		
31	¿Qué medidas cree que deberían tomarse para reducir o eliminar el quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya?	X		X		X		
32	¿Estaría usted dispuesto a participar en actividades comunitarias para promover alternativas al quemado de desechos de la cosecha de arroz?	X		X		X		
33	¿Tiene alguna sugerencia adicional o comentario sobre el tema del quemado de desechos de la cosecha de arroz en el Valle Arrocero de La Papaya?	X		X		X		

Lambayeque, 06 de febrero del 2024

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** \_\_\_\_\_

**Opinión de aplicabilidad:**      **Aplicable** [X]    **Aplicable después de corregir** [ ]      **No aplicable** [ ]    **Apellidos y**

**nombres del juez evaluador:** Silva Siesquén Irene Maricela..... **DNI: 17639169.**

**Grado del evaluador:** MAGISTER EN EDUCACIÓN.....

**Mención del Grado:** ...EDUCACIÓN A DISTANCIA.....

**Silva Siesquén Irene Maricela**

LIC. ESTADISTICA

COESPE 036

<sup>1</sup> **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup> **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup> **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

## Anexo 5: Certificado de Validez del software

### Certificado de Validez del software para la determinación de Biomasa en el Valle La Papaya – Utcubamba - Amazonas

Criterio	Valoración				
Precisión de la Medición	5 (alta)	4	3	2	1 (baja)
Evaluar la precisión del software en la medición de la biomasa en comparación con mediciones de referencia realizadas en el terreno	x				
Facilidad de Uso	5 (fácil de usar)	4	3	2	1 (difícil de usar)
Evaluar la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con el software para cargar imágenes, ejecutar análisis y obtener resultados	x				
Tiempo de Procesamiento	5 (rápido)	4	3	2	1 (lento)
Evaluar el tiempo requerido por el software para procesar imágenes y generar resultados, considerando la eficiencia del algoritmo implementado	x				
Robustez frente a Variaciones Ambientales	5 (alta)	4	3	2	1 (baja)
Evaluar la capacidad del software para producir resultados consistentes en diferentes condiciones ambientales dentro del Valle La Papaya, como cambios estacionales o variaciones climáticas	x				
Validación Cruzada	si	no			
Verificar si el software ha sido validado utilizando conjuntos de datos independientes y si los resultados son consistentes entre las diferentes pruebas	x				

10 de febrero del 2024

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_  
 Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ ☒ ]    Aplicable después de corregir [ ☐ ]    No aplicable [ ☐ ]  
 Apellidos y nombres del evaluador: Uriarte Bernal Edgar    DNI: 16761054  
 Grado del evaluador: MAESTRO EN CIENCIAS DE LA EDUCACION  
 Menciona del Grado: INVESTIGACION Y DOCENCIA  
 Título Profesional: Licenciado en Matemática

  
 Uriarte Bernal Edgar  
 DNI: 16761054

**Certificado de Validez del software para la determinación de Biomasa en el  
Valle La Papaya – Utcubamba - Amazonas**

<b>Criterio</b>	<b>Valoración</b>				
<b>Precisión de la Medición</b>	5 (alta)	4	3	2	1 (baja)
Evaluar la precisión del software en la medición de la biomasa en comparación con mediciones de referencia realizadas en el terreno	x				
<b>Facilidad de Uso</b>	5 (fácil de usar)	4	3	2	1 (difícil de usar)
Evaluar la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con el software para cargar imágenes, ejecutar análisis y obtener resultados	x				
<b>Tiempo de Procesamiento</b>	5 (rápido)	4	3	2	1 (lento)
Evaluar el tiempo requerido por el software para procesar imágenes y generar resultados, considerando la eficiencia del algoritmo implementado	x				
<b>Robustez frente a Variaciones Ambientales</b>	5 (alta)	4	3	2	1 (baja)
Evaluar la capacidad del software para producir resultados consistentes en diferentes condiciones ambientales dentro del Valle La Papaya, como cambios estacionales o variaciones climáticas	x				
<b>Validación Cruzada</b>	si	no			
Verificar si el software ha sido validado utilizando conjuntos de datos independientes y si los resultados son consistentes entre las diferentes pruebas	x				

10 de febrero del 2024

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ☒ No aplicable ☐ Aplicable después de corregir ☐

Apellidos y nombres del evaluador: Santos Lito Sigueñas Montalvo DNI: 41252761

Título Profesional: Ingeniero Agrónomo

FIRMA DE EXPERTO

DNI: 41252761

**Certificado de Validez del software para la determinación de Biomasa en el  
Valle La Papaya – Utcubamba - Amazonas**

<b>Criterio</b>	<b>Valoración</b>				
<b>Precisión de la Medición</b>	5 (alta)	4	3	2	1 (baja)
Evaluar la precisión del software en la medición de la biomasa en comparación con mediciones de referencia realizadas en el terreno	x				
<b>Facilidad de Uso</b>	5 (fácil de usar)	4	3	2	1 (difícil de usar)
Evaluar la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con el software para cargar imágenes, ejecutar análisis y obtener resultados	x				
<b>Tiempo de Procesamiento</b>	5 (rápido)	4	3	2	1 (lento)
Evaluar el tiempo requerido por el software para procesar imágenes y generar resultados, considerando la eficiencia del algoritmo implementado	x				
<b>Robustez frente a Variaciones Ambientales</b>	5 (alta)	4	3	2	1 (baja)
Evaluar la capacidad del software para producir resultados consistentes en diferentes condiciones ambientales dentro del Valle La Papaya, como cambios estacionales o variaciones climáticas	x				
<b>Validación Cruzada</b>	si	no			
Verificar si el software ha sido validado utilizando conjuntos de datos independientes y si los resultados son consistentes entre las diferentes pruebas	x				

10 de febrero del 2024

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ x ]    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del evaluador: Carrión Barco Gilberto    DNI: 16720146

Grado del evaluador: Doctor

Mención del Grado: Ciencias de la Computación y Sistemas

Título Profesional: Ingeniero en Computación e Informática



Dr. Gilberto Carrión Barco  
DNI: 16720146