



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ  
CARRERA AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA  
OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**CONTENIDO DE ARSÉNICO EN GRANO DE DIFERENTES  
VARIEDADES DE ARROZ EN EL RECINTO BARRIO LINDO,  
CANTÓN SANTA LUCÍA**

**AUTORA:**

**ESPINOZA VELOZ FABIOLA NAYELI**

**TUTOR:**

**ING. MARTILLO GARCÍA JUAN JAVIER MSc.**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2025**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: CONTENIDO DE ARSÉNICO EN GRANO DE DIFERENTES VARIEDADES DE ARROZ EN EL RECINTO BARRIO LINDO, CANTÓN SANTA LUCÍA, realizado por la estudiante ESPINOZA VELOZ FABIOLA NAYELI; con cédula de identidad N° 0929933026 de la carrera de AGRONOMÍA, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador, por lo tanto se aprueba la presentación del mismo

Atentamente:

ING. MARTILLO GARCÍA JUAN, M.Sc.

Guayaquil, 26 de febrero del 2025



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “CONTENIDO DE ARSÉNICO EN GRANO DE DIFERENTES VARIEDADES DE ARROZ EN EL RECINTO BARRIO LINDO, CANTÓN SANTA LUCIA”, realizado por la estudiante ESPINOZA VELOZ FABIOLA NAYELI, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

Ing. Barreto Macías Arnaldo, MSc.

**PRESIDENTE**

---

Ing. Burgos Herrería Tany, M.Sc.

**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Ileer Santos Víctor, M.Sc.

**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Martillo García Juan M.Sc.

**EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 26 de febrero del 2025

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis abuelos Galo y Anabeli, a mis padres Francisco y Mery, y a mi hermana Francheska, quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional. A mis amigos y compañeros, quienes estuvieron presentes en cada etapa del proceso y con quienes comparto el logro de este proyecto culminado con éxito. A mi tutor, el Ing. Agr. Juan Martillo García, por su disposición para ayudarme y orientarme en la realización de este trabajo. A la Ing. Agr. Tany Burgos Herrería, por sus constantes palabras de motivación y por haber creído en mí, permitiéndome alcanzar el título de Ingeniera Agrónoma.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios por las bendiciones que me ha otorgado y por permitirme alcanzar lo que me propuse en la vida. A mi padre Francisco por su apoyo económico incondicional, y especialmente a mi madre Mery, mis abuelos Galo y Anabeli, y mi hermana Francheska, quienes con sus consejos y cariño incondicional me formaron como una persona íntegra. También agradezco a la Universidad Agraria del Ecuador por brindarme la oportunidad de aprender y adquirir conocimientos científicos a través de mis estimados profesores durante mis años de estudios. A mi tutor de tesis, Ing. Juan Martillo García, por su sabiduría, experiencia y paciencia, lo que me permitió concluir mi proyecto con éxito. A mis amigos y compañeros de clase, ahora mis colegas, por su amistad y apoyo, motivándome a seguir persiguiendo mis sueños profesionales. A todas aquellas personas que confiaron en mí, les agradezco profundamente: ¡Muchas gracias y bendiciones!

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, ESPINOZA VELOZ FABIOLA NAYELI, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “CONTENIDO DE ARSÉNICO EN GRANO DE DIFERENTES VARIEDADES DE ARROZ EN EL RECINTO BARRIO LINDO, CANTÓN SANTA LUCIA” para optar el título de INGENIERA AGRÓNOMA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, febrero 26 del 2025

ESPINOZA VELOZ FABIOLA NAYELI

C.I.: 0929933026

## RESUMEN

El estudio evaluó el contenido de arsénico en suelo, agua y grano de arroz cultivado en el recinto Barrio Lindo, cantón Santa Lucía, mediante análisis de laboratorio. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial, compuesto por diez tratamientos y tres repeticiones, generando un total de 30 unidades experimentales en parcelas de 5 m x 5 m. Los análisis se realizaron utilizando Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GFAAS), garantizando precisión y confiabilidad en los resultados. El suelo presentó concentraciones de arsénico inferiores al límite máximo permitido (5 mg/kg frente a 12 mg/kg). Sin embargo, el agua de riego registró niveles superiores al umbral recomendado para uso agrícola (0.020 mg/L frente a 0.01 mg/L), destacando la necesidad de monitorear su calidad debido al riesgo ambiental y de salud a largo plazo. El análisis agronómico evidenció que factores como el método de siembra y la variedad influyeron de manera significativa en el desarrollo del cultivo. El trasplante promovió un mayor crecimiento en variedades como FI-Arenillas e Iniap-14. No obstante, el crecimiento robusto observado en la variedad FI-Arenillas podría asociarse con mayor absorción de arsénico, dada la predisposición del arroz a acumular este contaminante en suelos inundados. En cuanto al grano, las concentraciones de arsénico se mantuvieron por debajo del límite de 0.2 mg/kg establecido por el Codex Alimentarius. El tratamiento T10 (variedad FI-Arenillas con siembra al voleo) mostró la mayor concentración (0.037 mg/kg), pero dentro de los márgenes seguros para consumo humano. No se identificaron diferencias significativas entre métodos de siembra, asegurando la calidad y seguridad del arroz producido. Este trabajo resalta la importancia de monitorear la calidad del agua y el suelo en zonas agrícolas y aporta información relevante para la gestión sostenible del cultivo de arroz.

**Palabras claves:** *Arsénico, Suelo, Agua de riego, Grano de arroz.*

## ABSTRACT

The study evaluated the arsenic content in soil, water, and rice grains cultivated in the Barrio Lindo area, Santa Lucía canton, through laboratory analyses. A randomized complete block design (RCBD) with a factorial arrangement was used, consisting of ten treatments and three replicates, generating a total of 30 experimental units in 5 m x 5 m plots. Analyses were performed using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy (GFAAS), ensuring precision and reliability in the results. The soil exhibited arsenic concentrations below the maximum permissible limit (5 mg/kg compared to 12 mg/kg). However, irrigation water showed levels exceeding the recommended threshold for agricultural use (0.020 mg/L compared to 0.01 mg/L), emphasizing the need to monitor its quality due to long-term environmental and health risks. Agronomic analysis revealed that factors such as planting method and rice variety significantly influenced crop development. Transplanting promoted greater growth in varieties such as FI-Arenillas and Iniap-14. Nevertheless, the robust vegetative growth observed in the FI-Arenillas variety could be associated with higher arsenic uptake, given rice's tendency to accumulate this contaminant in flooded soils. Regarding the grain, arsenic concentrations remained below the 0.2 mg/kg limit established by the Codex Alimentarius. Treatment T10 (FI-Arenillas variety with broadcast sowing) showed the highest concentration (0.037 mg/kg), but this value was still within safe limits for human consumption. No significant differences were identified between planting methods, ensuring the quality and safety of the produced rice. This study highlights the importance of monitoring water and soil quality in agricultural areas and provides relevant information for the sustainable management of rice cultivation.

**Key words:** *Arsenic, Soil, Irrigation water, Rice grain.*

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
Autorización de Autoría Intelectual.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Antecedentes del problema.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Planteamiento y formulación del problema .....</b>	<b>16</b>
<i>1.2.1 Planteamiento del problema .....</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2 Formulación del problema.....</i>	<i>16</i>
<b>1.3 Justificación de la investigación .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Delimitación de la investigación .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5 Objetivo general .....</b>	<b>17</b>
<b>1.6 Objetivos específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.7 Hipótesis .....</b>	<b>17</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Estado del arte.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Bases teóricas.....</b>	<b>20</b>
<i>2.2.1 Origen del cultivo de arroz .....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.2 Taxonomía del cultivo de arroz .....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.3 Requerimientos edafoclimáticos .....</i>	<i>20</i>
<b>2.2.3.1. Suelo.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3.2. pH.....</b>	<b>21</b>
<i>2.2.4 Variedades de arroz.....</i>	<i>22</i>
<b>2.2.4.1. Variedad Sfl-11 .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.4.2. Variedad Sfl-09.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.4.3. Variedad INIAP 14 .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.4.4. Variedad INIAP FL-1480.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.4.5. Variedad FI Arenillas .....</b>	<b>23</b>
<i>2.2.5 Tipos de siembra .....</i>	<i>23</i>

2.2.5.1. Transplante .....	23
2.2.5.2. Al voleo .....	24
2.2.6 Arsénico .....	24
2.2.7 Arsénico en arroz .....	25
2.3 Marco Legal .....	27
2.3.6 Constitución de la República del Ecuador .....	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
3.1 Enfoque de la investigación .....	29
3.1.1 Tipo de investigación .....	29
3.1.1.1. Descriptiva .....	29
3.1.1.2. Exploratoria .....	29
3.1.2 Diseño de investigación .....	29
3.1.2.1. Investigación descriptiva .....	29
3.1.2.2. Investigación de campo .....	29
3.2 Metodología .....	29
3.2.1 Variables .....	29
3.2.1.1. Variable independiente .....	29
3.2.1.2. Variable dependiente .....	29
3.2.1.2.1. Niveles de arsénico en el suelo .....	29
3.2.1.2.2. Niveles de arsénico en el agua .....	30
3.2.1.2.3. Altura de la planta (cm) .....	30
3.2.1.2.4. Número de macollo por m <sup>2</sup> .....	30
3.2.1.2.6. Tamaño de espiga .....	30
3.2.1.2.7. Número de granos por espiga .....	30
3.2.1.2.8. Rendimiento Kg/Ha .....	30
3.2.1.2.9. Niveles de arsénico en el grano .....	30
3.2.2 Tratamientos .....	30
3.2.3 Diseño experimental .....	31
3.2.3.1. Esquema de análisis de varianza .....	31
3.2.4 Recolección de datos .....	32
3.2.4.1. Recursos .....	32
3.2.4.1.1. Recursos humanos .....	32
3.2.5 Métodos y técnicas .....	33
3.2.5.1. Métodos .....	33

3.2.5.2. Técnicas .....	33
3.2.6 <i>Análisis estadístico</i> .....	34
3.2.7 <i>Hipótesis estadística</i> .....	34
4. RESULTADOS.....	35
4.1 Determinación la concentración de arsénico en suelo y agua en la zona de estudio .....	35
4.1.1 <i>Concentración de arsénico en el suelo</i> .....	35
4.1.2 <i>Concentración de arsénico en el agua</i> .....	35
4.2 Relación del contenido de arsénico con las características agronómicas y productivas del cultivo de arroz. ....	36
4.2.1 <i>Altura de planta (cm)</i> .....	36
4.2.2 <i>Número de macollo por m<sup>2</sup></i> .....	38
4.2.4 <i>Tamaño de espiga</i> .....	39
4.2.5 <i>Número de granos por espiga</i> .....	40
4.2.6 <i>Producción Kg/Ha</i> .....	41
4.2.7 <i>Análisis económico</i> .....	42
4.3 Análisis de que tratamiento presenta concentraciones de arsénico en el grano de arroz. ....	43
5. DISCUSIÓN.....	45
6.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
6.1 Conclusiones.....	47
6.2 Recomendaciones.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	49
ANEXOS.....	53

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Tratamientos de la investigación.....	30
Tabla 2. Diseño de análisis de varianza .....	31
Tabla 3. Diseño de Andeva .....	32
Tabla 4. Diseño Experimental .....	32
Tabla 5. Altura de planta (cm) .....	37
Tabla 6. Número de macollo .....	38
Tabla 7. Tamaño de espiga (cm) .....	39
Tabla 8. Número de granos por espiga .....	40
Tabla 9. Productividad Kg/Ha .....	41
Tabla 10. Análisis económico .....	42
Tabla 11. Análisis de arsénico en grano de los diez tratamientos .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de muestra de suelo.....	35
Figura 2. Análisis de muestra de agua .....	36
Figura 3. Distribución de los tratamientos .....	53
Figura 4. Delimitación de la parcela .....	53
Figura 5. Toma de muestra de suelo .....	54
Figura 6. Toma de muestra de agua.....	54
Figura 7. Resultado de análisis de suelo.....	55
Figura 8. Resultado de análisis de agua .....	55
Figura 9. Preparación del terreno y parcelas de estudio .....	56
Figura 10. Siembra al voleo .....	56
Figura 11. Preparación de semillero de diferentes variedades de arroz.....	57
Figura 12. Trasplante de arroz al área de estudio .....	57
Figura 13. Labores culturales a los 30 días del cultivo de arroz.....	58
Figura 14. Avance de los tratamientos a los 45 días .....	58
Figura 15. Toma de datos altura de la planta (cm) .....	59
Figura 16. Toma de datos de número de macollo por m <sup>2</sup> .....	59
Figura 17. Toma de datos del tamaño de espiga en los tratamientos .....	60
Figura 18. Toma de datos de número de granos por planta.....	60
Figura 19. Cosecha manual del m <sup>2</sup> de cada uno de los tratamientos.....	61
Figura 20. Toma de muestra para el rendimiento Kg/Ha .....	61
Figura 21. Peso de los diferentes tratamientos al término de la cosecha .....	62
Figura 22. Revisión técnica del tutor en laboratorio .....	62
Figura 23. Toma de peso de los tratamientos después del secado.....	63
Figura 24. Selección de muestra en laboratorio para realizar los análisis de arsénico en el grano .....	63
Figura 25. Altura de la planta (cm) .....	64
Figura 26. Número de macollo .....	65
Figura 27. Tamaño de espiga.....	66
Figura 28. Número de granos por planta.....	67
Figura 29. Rendimiento Kg/ Ha .....	68
Figura 30. Resultados de análisis de arsénico T1 .....	69
Figura 31. Resultados de análisis de arsénico T2.....	69
Figura 32. Resultados de análisis de arsénico T3.....	70

Figura 33. Resultados de análisis de arsénico T4.....	70
Figura 34. Resultados de análisis de arsénico T5.....	71
Figura 35. Resultados de análisis de arsénico T6.....	71
Figura 36. Resultados de análisis de arsénico T7.....	72
Figura 37. Resultados de análisis de arsénico T8.....	72
Figura 38. Resultados de análisis de arsénico T9.....	73
Figura 39. Resultados de análisis de arsénico T10.....	73

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes del problema

El arroz es uno de los cultivos más destacados a nivel mundial, ya que constituye el alimento básico para más de la mitad de la población global. En Asia y África, cerca de 100 millones de familias dependen de esta actividad como su principal fuente de ingresos económicos. La mayor parte de la producción global de arroz proviene de pequeñas explotaciones agrícolas y se destina al consumo local. En Ecuador, este cereal es un cultivo clave y un alimento esencial, con el 83% de su producción localizada en las provincias de Guayas y Los Ríos. La región Costa aporta el 98.8% de la producción nacional, mientras que la Sierra y la Amazonia contribuyen con el 0.5% y el 0.7% de forma individual (Cedeño et al., 2022).

En Ecuador, se cultivan alrededor de 400 mil hectáreas de arroz al año, lo que lo posiciona como el cultivo agrícola con mayor superficie y relevancia económica en el país. Las principales zonas productoras se encuentran distribuidas en la provincia del Guayas, en cantones destacados como Daule, Salitre, Boliche, Nobol, Palestina y Santa Lucía, así como en la provincia de Los Ríos, en localidades relevantes como Vinces, Babahoyo, Ventanas, Montalvo, Pueblo Viejo y Baba (Barreto et al., 2023). Diversos estudios han detectado la presencia de metales pesados, como el arsénico, en los suelos agrícolas del sur del Ecuador, evidenciando que, en ciertos casos, estos niveles exceden los límites máximos permitidos establecidos por las normativas de calidad ambiental vigentes del Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). Estas áreas afectadas incluyen sectores ubicados en la región costera del país (Moreno et al., 2022).

El arroz es un alimento clave en la nutrición humana, proporciona tanto macro como micronutrientes esenciales. Sin embargo, es también el cereal con mayor riesgo de contaminación por arsénico (As) en todo el mundo. En comparación con otros granos como el trigo o la cebada, el arroz tiene la capacidad de concentrar hasta 20 veces más arsénico en sus tejidos (Tierra et al., 2018). La concentración de metales pesados en el arroz puede fluctuar según las propiedades del suelo y las condiciones ambientales. Factores como el pH del suelo, la cantidad de materia orgánica, el contenido de arcilla y los óxidos de hierro y magnesio son determinantes importantes en la disponibilidad y movimiento de estos elementos en el suelo (Ordóñez et al., 2020).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### ***1.2.1 Planteamiento del problema***

La presencia de arsénico en el arroz es un tema cada vez más preocupante debido a los posibles efectos negativos que puede tener sobre la salud humana. A pesar de que el arroz es una fuente fundamental de alimento para millones de personas en Ecuador, se observa una considerable variabilidad en los niveles de arsénico entre las distintas variedades de arroz, lo que genera interrogantes sobre la seguridad alimentaria y los riesgos para la salud pública.

En el área de Santa Lucía, los agricultores no cuentan con la tecnificación adecuada en el cultivo del arroz. El uso excesivo de productos químicos altera los niveles de arsénico en la agricultura, en especial la relación con los pesticidas, que se emplean para controlar diversos agentes como insectos, hongos y especies vegetales. Sin embargo, debido a la falta de conocimiento sobre las concentraciones adecuadas, los agricultores tienden a utilizar estos productos en exceso, lo que provoca intoxicación y serios problemas de salud, incluyendo la posibilidad de que contribuyan al desarrollo de células cancerígenas en la población.

### ***1.2.2 Formulación del problema***

¿Cuál será la combinación entre variedad y método de siembra que permite la mayor absorción de arsénico en el cultivo de arroz en el cantón Santa Lucía?

## **1.3 Justificación de la investigación**

El propósito de esta investigación fue fundamental para entender los riesgos asociados con el consumo de distintas variedades de arroz, en lo que respecta a su contenido de arsénico. Identificar las variedades con mayores niveles de arsénico fue esencial para que consumidores, productores y autoridades puedan tomar medidas preventivas y desarrollar estrategias para asegurar tanto la seguridad alimentaria como la salud pública.

También haber estudiado los factores que inciden en los niveles de arsénico en el arroz permitió formular soluciones eficaces para reducir este problema y proteger la salud de las comunidades que dependen de este cultivo como su principal fuente alimentaria. Los resultados de este estudio nos brindaron una base sólida para investigar las variaciones en los niveles de arsénico en cinco variedades de arroz y su impacto en la salud y la seguridad alimentaria.

Las variedades expuestas son conocidas por su alto rendimiento en la producción de grano por hectárea, así como por su resistencia a plagas y enfermedades y su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas. Debido a estas cualidades son cultivadas en Santa Lucía y consumida por la población local. Por ello, se consideró crucial analizarla para garantizar la seguridad alimentaria y confirmar los niveles de arsénico presentes en el grano.

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

- **Espacio:** El trabajo experimental se realizó en el recinto Barrio Lindo, situado en el cantón Santa Lucía, con coordenadas UTM de 706292.577 y 8902128.748.
- **Tiempo:** El período de ejecución fue de seis meses, desde julio de 2024 hasta enero de 2025.
- **Población:** Los beneficiarios fueron las personas dedicadas al cultivo de arroz, los comerciantes y los estudiantes de la especialidad en agronomía.

#### **1.5 Objetivo general**

Evaluar suelo, agua y grano de diferentes variedades de arroz mediante análisis de laboratorio para el conocimiento del contenido de arsénico en el recinto Barrio Lindo, cantón Santa Lucía.

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de arsénico en suelo y agua en la zona de estudio.
- Relacionar el contenido de arsénico con las características agronómicas y productivas del cultivo de arroz.
- Analizar que tratamiento presenta concentraciones de arsénico en el grano de arroz.

#### **1.7 Hipótesis**

Al menos existirá en una de las variedades y métodos de siembra niveles de arsénico mayor al 0.20 mg/kg establecidos por el Codex Alimentario.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

Tierra (2018) llevó a cabo una investigación en la que se recolectó arroz en la provincia del Guayas, conocida por ser la región con mayor superficie destinada a la producción de esta gramínea. Las muestras fueron procesadas y analizadas mediante Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GFAAS), obteniendo un resultado de 0.2 mg/kg, lo cual se encuentra por debajo del límite máximo permitido de 0.4 mg/kg para consumo humano. Además, se observó que las altas temperaturas generadas por las emisiones volcánicas liberan grandes cantidades de arsénico, dado que este elemento presenta alta movilidad en condiciones térmicas elevadas. Las emisiones también producen cenizas que tienden a incrementar la concentración de arsénico en los cuerpos receptores.

Bayona (2020) detalló que, en relación con el arsénico (As), este tiende a acumularse en las células de las raíces, mientras que su translocación hacia los granos y brotes es baja, variando entre diferentes variedades y dentro de las mismas. El arsénico ingresa a las células de la planta a través de los transportadores de fosfato debido a la similitud química entre ambos. Como consecuencia, el arsénico puede alterar los procesos y el metabolismo que dependen del fosfato. En las plantas, el arseniato (As V) se transporta a través de los canales de fosfato, mientras que el arsenito (As III) lo hace a través de los canales de acuaporinas.

Hoang (2021) indicó que China lidera la producción y el consumo de arroz a nivel mundial, alrededor del 30% de la producción total de arroz del planeta. En las zonas cercanas a las minas de Suxian y Chenzhou, los niveles de arsénico superan en más de tres veces el límite máximo recomendado por la Comisión del Codex Alimentarius para el arsénico en arroz descascarillado (0.35 mg/kg). La mayor concentración de arsénico en Hunan se registró cerca de la mina de rejalgas Shimen, el depósito de rejalgas más grande de Asia, con más de 1500 años de actividad minera. El contenido de arsénico en la capa superficial del suelo alrededor de esta mina es cinco veces superior al promedio en la provincia de Hunan.

Muñoz y Grados (2021) observó que el arroz integral tenía una concentración de arsénico más alta en comparación con el arroz blanco, debido a la mayor cantidad de este elemento en la capa de salvado. Diversos estudios realizados en Asia, Estados Unidos y Brasil reportaron que el arroz integral contenía concentraciones de arsénico de 0.33 mg/kg, 0.32 mg/kg y 0.27 mg/kg, superando los niveles encontrados

en el arroz blanco de esas mismas regiones. En cuanto a la concentración de arsénico en el arroz integral en otros países, investigaciones realizadas en naciones latinoamericanas como Ecuador y Brasil encontraron valores promedio de 0.22 mg/kg y 0.23 mg/kg.

Dutta (2022) mostró que el arroz fue un alimento fundamental en el estado de Assam, en el noreste de India. Sin embargo, su cultivo en suelos contaminados con arsénico pudo haber expuesto a las personas a este elemento tóxico. Se emplearon procedimientos estándar para analizar el contenido de arsénico en diversas partes de la planta de arroz, así como otros indicadores bioquímicos relacionados con el estrés ocasionado por el arsénico. Las partes de la planta que acumularon arsénico, en orden descendente, fueron: raíz, paja, hoja, cáscara y grano. Los granos de arroz absorbieron arsénico de manera más eficiente que otros cereales, debido a que el arroz se cultivó con frecuencia en suelos húmedos, donde predominó una forma más móvil e inorgánica de arsénico (AsIII).

Sandhi (2022) demostró que, en Bangladesh, el arroz fue uno de los cultivos agronómicos más relevantes, cubriendo hasta el 75% de la superficie agrícola y utilizando el 83% del agua de riego. Se identificó que el uso de agua de riego contaminada con arsénico fue la principal causa de la acumulación de este metaloide cancerígeno en los cultivos alimentarios del país. La acumulación de arsénico en los granos de arroz estuvo vinculada a las concentraciones de arsénico en los suelos. Se observaron patrones similares de absorción de arsénico en plantas cultivadas en áreas con altos niveles de este elemento en el suelo y regadas con aguas subterráneas ricas en arsénico.

Jiménez (2023) explicó que el estudio se enfocó en el análisis de arsénico en suelos agrícolas, con el propósito de evaluar la calidad ambiental y la contaminación utilizando el índice de geoacumulación, el índice de potenciación y el factor de contaminación. En las cuatro áreas analizadas, los niveles promedio de arsénico en los suelos agrícolas oscilaron entre 20.4 y 43.0 mg/kg, mientras que en los sedimentos de la laguna de Papallacta se detectaron concentraciones más altas, entre 16.8 y 102.4 mg/kg. Todos estos valores superaron el límite permitido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana para suelos agrícolas, que es de 12 mg/kg. El análisis en los cinco sitios de la parroquia de Papallacta mostró niveles de arsénico que varían entre bajo y moderado.

## **2.2 Bases teóricas**

### ***2.2.1 Origen del cultivo de arroz***

El arroz ha sido cultivado por la humanidad durante más de 7000 años. Dentro del género *Oryza*, originario de Asia, existen alrededor de 19 especies, siendo *Oryza sativa* L. la más significativa. Su cultivo, distribución y consumo se extienden por todo el mundo. En varios países, el arroz es un componente esencial de la dieta básica debido a su valor nutricional, ya que contiene cantidades importantes de fósforo, hierro, sodio, vitaminas B1 (tiamina), B2 (riboflavina) y niacina (ácido nicotínico). Además de su uso como alimento, el arroz también se emplea como materia prima en la producción de alcohol, glucosa, ácido acético, productos farmacéuticos, combustibles y fertilizantes (Acebo et al., 2019).

### ***2.2.2 Taxonomía del cultivo de arroz***

El arroz se clasifica dentro del grupo de las Fanerógamas, en la categoría de las Espermatofitas, y dentro del subtipo de las Angiospermas. Pertenece a la clase de las Monocotiledóneas, al orden de las Glumifloras, a la familia de las Gramíneas, a la subfamilia Panicoideas, a la tribu *Oryzae* y a la subtribu *Oryzineas*, siendo su género *Oryza* (Degiovanni et al., 2010).

### ***2.2.3 Requerimientos edafoclimáticos***

#### **2.2.3.1. Suelo**

La presencia de metales pesados, como el arsénico (As), supone un peligro considerable para la calidad del suelo debido a su alta toxicidad y su incapacidad para degradarse de manera natural. No obstante, el impacto varía según su solubilidad y biodisponibilidad, factores que determinan cómo se distribuyen estos metales en el entorno. La biodisponibilidad, que se refiere a la cantidad de contaminante que las plantas pueden absorber, está influenciada por elementos como el pH del suelo, la cantidad de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico. Estos factores son esenciales para evaluar la contaminación de los suelos por metales pesados. (Fernández et al., 2022).

La compactación de los suelos agrícolas genera varios problemas, como un mayor consumo de energía durante las tareas de cultivo, un mayor desgaste de las máquinas y la degradación del suelo, lo que conduce a la pérdida de sus propiedades y a una disminución en los rendimientos. Esta compactación ocurre cuando se aplica presión sobre la superficie del suelo, ya sea por el paso de personas y animales o por el uso inapropiado de maquinaria, especialmente cuando el suelo se encuentra

húmedo. Como consecuencia, se alteran las propiedades físicas del suelo, lo que incrementa la resistencia, la penetración y la densidad aparente seca, mientras que se reduce la porosidad (López et al., 2022).

El arroz, siendo muy sensible a la salinidad, puede verse afectado por el arsénico. Se ha observado que, cuando la conductividad eléctrica del extracto de pasta de suelo saturado (Cep) supera los tres dS/m, el rendimiento del arroz disminuye considerablemente, reduciéndose en un 12% por cada unidad adicional de Cep. Obtener información espectral sobre la salinidad resulta crucial, aunque presenta retos debido a factores como la cobertura del suelo en el cultivo de arroz, el contenido de materia orgánica del área estudiada y la textura del suelo (García et al., 2021).

#### **2.2.3.2. pH**

Se pueden identificar cuatro rangos de pH que proporcionan una comprensión clara de las condiciones del suelo: Un pH inferior a 4.0 indica la presencia de ácidos libres, producto de la oxidación de sulfuros. Valores por debajo de 5.5 sugieren la presencia de aluminio intercambiable y/o exceso de manganeso. Un pH entre 7.3 y 8.4 señala la posible presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Un pH superior a 8.2 indica elevadas concentraciones de sodio intercambiable. El pH del suelo ideal para asegurar la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas suele situarse entre 6.0 y 6.5. Sin embargo, algunos especialistas proponen un rango más amplio, que va de 5.5 a 7.0 (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [Intagri], 2018).

Se han creado diversas metodologías y técnicas para realizar el seguimiento de la calidad del agua a lo largo del tiempo. Al principio, el monitoreo se enfocaba en identificar la contaminación orgánica que podía poner en riesgo la salud humana y propagar enfermedades. Con el tiempo, este enfoque se amplió para incluir la detección de una variedad de productos químicos y la evaluación de su toxicidad para los organismos acuáticos, el monitoreo también toma en cuenta los impactos de los cambios en el paisaje sobre la estructura y el funcionar de los ecosistemas acuáticos (Mancilla et al., 2023).

La acidez del suelo se genera por la presencia de altos niveles de iones ácidos como  $\text{Al}^{+3}$  y  $\text{H}^+$ , lo que provoca una disminución del pH y un aumento en la acidez intercambiable. Esto afecta negativamente el crecimiento de las plantas y la fertilidad del suelo. Esta condición influye en las propiedades químicas y biológicas del suelo,

reduciendo la disponibilidad de nutrientes esenciales como Ca, Mg, K y P, y promoviendo la presencia de elementos tóxicos que son perjudiciales para las plantas. La acidez del suelo perjudica la producción al afectar el sistema radicular de los cultivos, como el arroz (Valerio y Molina, 2012).

#### **2.2.4 Variedades de arroz**

##### **2.2.4.1. Variedad Sfl-11**

Las propiedades agronómicas de esta variedad incluyen una tasa de germinación superior al noventa por ciento, una altura de planta de 126 cm, un macollamiento moderado, un ciclo de cultivo de entre 127 y 131 días, y un rendimiento de entre seis y ocho toneladas por hectárea. Respecto a las características del grano, el índice de pilado es del 67% para granos largos (7.5 mm después de ser descascarados), con un desgrane intermedio y sin la presencia de centro blanco (Chávez et al., 2020).

##### **2.2.4.2. Variedad Sfl-09**

El arroz necesita una temperatura mínima de entre 10 y 13 grados Celsius para iniciar la germinación, siendo el rango ideal entre 30 y 35 grados Celsius. Si la temperatura supera los 40 grados Celsius, no se produce la germinación. Para el crecimiento de tallos, hojas y raíces, es necesario que la temperatura no baje de 7 grados Celsius, alcanzando su desarrollo óptimo a unos 23 grados Celsius. Con temperaturas más altas, las plantas experimentan un crecimiento acelerado, pero sus tejidos tienden a volverse más blandos y frágiles, lo que las hace más susceptibles a enfermedades. Las altas temperaturas durante la noche aumentan la tasa de respiración de la planta, lo que lleva a un mayor consumo de las reservas de energía acumuladas durante el día a través de la fotosíntesis (Dirección General de Políticas Agrarias, 2009).

##### **2.2.4.3. Variedad INIAP 14**

La variedad Iniap catorce es un arroz de grano largo y ciclo de maduración temprano, reconocido por su resistencia a la piricularia o quemazón. Se caracteriza por sus excelentes atributos agronómicos y se destaca por su alto rendimiento. Este arroz puede cultivarse tanto en condiciones de riego como en seco, lo que lo convierte en una opción ideal para los productores de arroz. (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 1999).

#### **2.2.4.4. Variedad INIAP FL-1480**

Esta variedad, también conocida como Cristalino, proviene del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) y fue introducida en el país en el año 2012. Su productividad medio es de alrededor de seis toneladas por hectárea. En su cultivo, ha demostrado ser resistente a una variedad de enfermedades, tales como el virus de la hoja blanca (VHB), la pudrición de la vaina (causada por *Sarocladium oryzae*), el tizón del tallo (producido por *Rhizoctonia solani*), la piricularia (*Pyricularia grisea*) y el manchado de grano, originado por una combinación de hongos y bacterias. Se recomienda sembrar 60 kilogramos de semilla certificada por hectárea, en trasplantes realizados en suelos bien nivelados. Para esto, las distancias entre surcos y plantas deben ser de 0.25 x 0.25 m, 0.20 x 0.30 m o 0.30 x 0.30 m, dependiendo de las condiciones específicas (Celi et al., 2016).

#### **2.2.4.5. Variedad FI Arenillas**

Esta variedad es de maduración temprana, con un porte intermedio y una excelente capacidad de crecimiento, lo que le confiere un alto rendimiento potencial. Produce granos largos y de apariencia cristalina, con una excelente eficiencia de extracción durante el proceso de pilado. En el campo, ha mostrado una notable resistencia frente a las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo. Además, se adapta bien a las zonas arroceras de las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro. Su ciclo vegetativo varía entre 111 días, y la humedad del grano al momento de la post cosecha se establece en un 14% (Celi et al., 2017).

### **2.2.5 Tipos de siembra**

#### **2.2.5.1. Transplante**

El trasplante ofrece beneficios económicos, también garantiza uniformidad en el crecimiento, una floración más temprana y una producción precoz en comparación con la siembra directa. Además, el trasplante influye en la respuesta post-trasplante, afectando la morfología del sistema radicular. La habilidad de la plántula para superar el estrés del trasplante depende de las adaptaciones estructurales y funcionales en sus raíces, del crecimiento rápido del sistema radicular y de la formación de nuevas raíces, especialmente las laterales. Estas raíces ayudan a reducir el tiempo de exposición al estrés y reanudan el crecimiento vegetativo, maximizando así la productividad (Casarrubias et al., 2011).

### **2.2.5.2. Al voleo**

La siembra al voleo puede llevarse a cabo manualmente, logrando una distribución adecuada cuando es realizada por personal con experiencia. Se recomienda el uso de equipos manuales de voleo o incluso bombas motorizadas para la aplicación de productos químicos agrícolas, con el fin de asegurar una cobertura eficiente. Las empresas comerciales sugieren densidades de siembra que van de 4 a 6 kg/ha, y en algunos casos de gramíneas, hasta 8 kg/ha. Sin embargo, no existen estudios que determinen las densidades de siembra en términos de peso por hectárea basados en la densidad numérica de semillas por kilogramo (Boschini et al., 2015).

### **2.2.6 Arsénico**

El arsénico es un elemento natural que se encuentra en la corteza terrestre y está presente en el aire, el agua y el suelo. Sin embargo, también es una fuente de contaminación generada por actividades humanas. La exposición al arsénico proviene de diversas fuentes, como la fabricación y uso de pesticidas y herbicidas, la minería y metalurgia, la fundición de metales, el consumo de combustibles fósiles, el contacto con madera tratada con preservantes que contienen arsénico, así como el consumo de agua y alimentos contaminados. En general, la principal forma de exposición no relacionada con el trabajo es a través de los alimentos y el agua (Medina et al., 2018).

Las actividades humanas han incrementado la liberación de metales pesados, con el arsénico como uno de los casos más críticos. Su presencia en el agua potable y en los suelos ha provocado numerosos casos de intoxicación en países como China y Bangladesh. En lugares como Chile, Taiwán, India y Bangladesh, los niveles de arsénico en el agua potable superan los 300 µg/L, lo cual es considerablemente mayor al rango seguro de 0.26 a 0.83 µg/L. Además, la contaminación del suelo con arsénico, debido al uso de pesticidas y agua contaminada, representa un problema serio (Rodríguez et al., 2017).

En Iberoamérica, los niveles naturales de arsénico en ríos y aguas superficiales suelen ser bajos, generalmente inferiores a 0.8 µg/L, aunque pueden variar según factores como la recarga de agua, la geología de la cuenca, el drenaje de áreas mineralizadas, el clima, la actividad minera y la disposición de residuos urbanos e industriales (Coral et al., 2019).

La minería artesanal e ilegal en Ecuador ha generado graves impactos en las zonas cercanas a ríos y afluentes debido a la contaminación por metales pesados,

particular en las áreas altas de la cuenca del río Puyango, en Zaruma y Portovelo, en la provincia de El Oro. Los resultados mostraron que las concentraciones de metales pesados en el agua estaban dentro de los límites establecidos por la Norma Ambiental Ecuatoriana. Sin embargo, en las muestras de sedimentos, los niveles de metales pesados superaron los límites permitidos, siendo el arsénico el metal con mayores concentraciones detectadas (Pilaloe et al., 2022).

Se han explorado diversas tecnologías para eliminar el arsénico, que se agrupan en cuatro categorías principales: intercambio iónico, separación por membranas, procesos de precipitación y adsorción. La combinación de coagulación y filtración se considera la opción más efectiva y económica. Durante el proceso de coagulación, se destaca la adsorción, donde se forman complejos entre el arsénico soluble y los sitios activos de los precipitados de hidróxido metálico, y la coprecipitación, que implica la incorporación del arsénico soluble en una fase de hidróxido mediante inclusión, oclusión o adsorción (Machaca et al., 2022).

### **2.2.7 Arsénico en arroz**

El grano de arroz se compone por endospermo, cáscara, salvado y germen. El endospermo constituye el 70% del peso total de la semilla, mientras que la cáscara representa entre el 20-21%, el salvado entre el 6-8%, y el germen de arroz alrededor del 1%. Durante el proceso de producción de arroz, se genera una cantidad significativa de cáscaras, las cuales son consideradas residuos y plantean un desafío para las regiones productoras de este cereal (Romano et al., 2020). El arroz puede contener cantidades significativas de metales nocivos. La exposición continua al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y trastornos en la piel (Medina et al., 2023).

En varios distritos de Indonesia, como Medan, alcanzan los 0.33 mg/kg. Las altas concentraciones de arsénico en el arroz pueden representar una fuente significativa de exposición, en países cuyas dietas dependen en gran medida de este cereal. La extensa producción de arroz y la intensa actividad industrial en Java Oriental podrían aumentar el riesgo de contaminación por arsénico debido a las actividades industriales, lo que podría propagarse al medio ambiente y acumularse en el arroz consumido por la población (Laela et al., 2023).

El arsénico ha sido señalado como un posible factor etiológico en la emergente epidemia de enfermedad renal crónica de origen desconocido (ERC Du), una nefritis túbulo-intersticial que afecta a los agricultores de arroz en la zona seca

de Sri Lanka. Una alta proporción del arsénico en el arroz se encuentra en forma inorgánica. Además, Sri Lanka es un país con un alto consumo de este cereal (Dutta et al., 2022).

En la actualidad, existen tres estrategias principales para enfrentar la contaminación por arsénico en la producción de arroz: implementar prácticas agronómicas que disminuyan la absorción de arsénico por las plantas, investigar los recursos genéticos del arroz para identificar variedades que acumulen menos arsénico, y desarrollar arroz con baja acumulación de arsénico mediante la edición genética con CRISPR/Cas. Mejorar las variedades de arroz para que acumulen menos arsénico, se aprovecha la variación natural (Dong et al., 2023).

La placa de hierro en las raíces del arroz es un potente adsorbente que actúa como barrera, esto impide la absorción de metales por la planta. Sin embargo, el papel de los microbios presentes en esta placa en el control del ciclo redox de los metales y su biodisponibilidad sigue siendo desconocido. En este estudio, se exploró la estructura de la comunidad microbiana en la placa de hierro de las raíces de arroz cultivado en suelos contaminados con arsénico, se utiliza secuenciación de próxima generación de alto rendimiento. Se descubrió que la composición y diversidad microbiana de la placa de hierro en las raíces eran diferentes de las presentes en los suelos a granel y en la rizosfera (Hu et al., 2015).

Bangladesh se sitúa en la cuenca de los ríos Ganges, Brahmaputra y Meghna (GBM), donde los niveles de arsénico son elevados. Un aproximado de 1000 toneladas métricas de arsénico contaminan el suelo cada año a través del agua de riego en Bangladesh (Islam y Managi, 2018). El arroz puede acumular hasta noventa y dos mg/kg de arsénico y dos mg/kg en sus granos. El AsIII y el ácido silícico son análogos químicos, lo que permite que el AsIII sea transportado a la planta de arroz a través de las acuaporinas. En condiciones anaeróbicas, comunes en los arrozales inundados, la planta de arroz absorbe el AsIII con facilidad (Khan et al., 2022).

El nivel de arsénico en el grano de arroz cultivado en suelos bajos suele ser mayor que en el arroz cultivado en tierras altas. Esto se debe a la mayor disponibilidad de arsénico en el suelo bajo condiciones anaeróbicas (inundadas) características de las tierras bajas, en contraste con las condiciones aeróbicas presentes en las tierras altas (Rahman et al., 2015) Esta contaminación del suelo con arsénico incrementa la concentración de este elemento en los cultivos. Según la Comunidad Europea (CE), el permitido de arsénico en uso agrícola es 20 mg/kg.

Concentraciones elevadas de arsénico resultan tóxicas para las plantas, lo que conduce a una reducción gradual del rendimiento de los cultivos (Rahman et al., 2023).

## 2.3 Marco Legal

### 2.3.6 Constitución de la República del Ecuador

**Art. 281.-** La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente. Para ello, será responsabilidad del Estado:

- a) Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria.
- b) Adoptar políticas fiscales, tributarias y arancelarias que protejan al sector agroalimentario y pesquero nacional, para evitar la dependencia de importaciones de alimentos.
- c) Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.
- d) Promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y otros recursos productivos.
- e) Establecer mecanismos preferenciales de financiamiento para los pequeños y medianos productores y productoras, facilitándoles la adquisición de medios de producción.
- f) Promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella; así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas.
- g) Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable.
- h) Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria.
- i) Regular bajo normas de bioseguridad el uso y desarrollo de biotecnología, así como su experimentación, uso y comercialización.
- j) Fortalecer el desarrollo de organizaciones y redes de productores y de consumidores, así como las de comercialización y distribución de alimentos que promueva la equidad entre espacios rurales y urbanos.
- k) Generar sistemas justos y solidarios de distribución y comercialización de alimentos. Impedir prácticas monopólicas y cualquier tipo de especulación con productos alimenticios.
- l) Dotar de alimentos a las poblaciones víctimas de desastres naturales o antrópicos que pongan en riesgo el acceso a la alimentación. Los alimentos recibidos de ayuda internacional no deberán afectar la salud ni el futuro de la producción de alimentos producidos localmente.
- m) Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.
- n) Adquirir alimentos y materias primas para programas sociales y alimenticios, prioritariamente a redes asociativas de pequeños productores y productoras.

**Art. 282.-** El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra. Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes. El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental. (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 281 y 282)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo descriptivo y de nivel exploratorio, ya que se evaluó diez tratamientos, que incluyó cinco variedades de arroz (*Oryza sativa*) y dos métodos de siembra: trasplante y al voleo.

##### 3.1.1.1. Descriptiva

Este tipo de estudio facilitó el conocimiento de las características de las cinco variedades de arroz y su respuesta ante el arsénico.

##### 3.1.1.2. Exploratoria

Se determinó la concentración de arsénico en el suelo, el agua y el grano de toda el área experimental.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

##### 3.1.2.1. Investigación descriptiva

Esta investigación descriptiva facilitó la identificación de las características y propiedades relacionadas con los objetivos del estudio, permitiendo determinar los resultados obtenidos y delinear el propósito del proyecto.

##### 3.1.2.2. Investigación de campo

La investigación de campo se llevó a cabo con el objetivo de recopilar datos y analizar los resultados obtenidos en el cultivo de arroz utilizando las cinco variedades y los dos métodos de siembra propuestos.

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se expusieron las variables.

##### 3.2.1.1. Variable independiente

- **Variedades de arroz:** SFL-11, SFL-09, INIAP 14, INIAP FL-1480 y FL Arenillas.
- **Método de siembra:** Trasplante y Al voleo

##### 3.2.1.2. Variable dependiente

##### 3.2.1.2.1. Niveles de arsénico en el suelo.

Se extrajo una muestra de suelo antes de preparar el área para conocer si existían niveles elevados de arsénico en el lugar y así poder evidenciar los resultados a través de un análisis de laboratorio que se enviaría a realizar.

#### **3.2.1.2.2. Niveles de arsénico en el agua.**

Antes de preparar el terreno, se extrajo una muestra del agua de la fuente de donde se obtiene este recurso, con el fin de determinar si hay niveles de arsénico presentes o conocer el porcentaje de este elemento en el agua.

#### **3.2.1.2.3. Altura de la planta (cm).**

Se midió esta variable promediando la altura de diez plantas en la zona central de cada unidad experimental durante la floración. Se utilizó un flexómetro para medir desde la superficie del suelo hasta la panícula más alta, y los resultados se expresaron en centímetros.

#### **3.2.1.2.4. Número de macollo por m<sup>2</sup>.**

Se contabilizó el número de macollos en cada una de las diez plantas seleccionadas al azar por cada repetición de tratamiento, y los datos fueron recolectados 90 días después de la siembra al voleo.

#### **3.2.1.2.6. Tamaño de espiga.**

Se utilizó un flexómetro para medir la longitud de la espiga de cada unidad experimental, con el fin de determinar qué variedad y método de siembra presentaban el mayor tamaño.

#### **3.2.1.2.7. Número de granos por espiga.**

Se seleccionó al azar diez espigas por planta de cada tratamiento para determinar qué variedad y método de siembra produjo el mayor número de granos por espiga, y luego se calculó un promedio.

#### **3.2.1.2.8. Rendimiento Kg/Ha.**

Se evaluó el rendimiento que se obtuvo por cada uno de los tratamientos para identificar que variedad con método de siembra resultó más eficiente en el área de estudio.

#### **3.2.1.2.9. Niveles de arsénico en el grano.**

En los diez tratamientos con tres repeticiones se hicieron estudios en los granos para saber la concentración de arsénico, se tomó diez granos al azar para realizar el análisis en laboratorio.

### **3.2.2 Tratamientos**

Se utilizó cinco variedades (Sfl-11, Sfl-12, Iniap 14, Iniap FI 1480 y FI Arenillas) y dos métodos de siembra, trasplante y al voleo, para la ejecución de los diferentes tratamientos. A continuación, se presentan los tratamientos realizados en la tabla 1.

Tabla 1.

**Tratamientos de la investigación**

<b>N</b>	<b>Variedad de arroz</b>	<b>Método de siembra</b>
1	Variedad Sfl-11	Trasplante
2	Variedad Sfl-09	Trasplante
3	Variedad Iniap 14	Trasplante
4	Variedad Iniap FI 1480	Trasplante
5	Variedad FI Arenillas	Trasplante
6	Variedad Sfl-11	Voleo
7	Variedad Sfl-09	Voleo
8	Variedad Iniap 14	Voleo
9	Variedad Iniap FI 1480	Voleo
1	Variedad FI Arenillas	Voleo

**Elaborado por: La autora, 2025**

**3.2.3 Diseño experimental**

En este estudio se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial compuesto por diez tratamientos detallados en la tabla 1 y tres repeticiones, lo que resultó en 30 unidades experimentales de arroz.

**3.2.3.1. Esquema de análisis de varianza**

Tabla 2.

**Diseño de análisis de varianza**

<b>Factor A (Variedades)</b>	<b>Factor B (Tipos de siembra)</b>
Variedad Sfl-11	
Variedad Sfl-09	Transplante
Variedad Iniap 14	
Variedad Iniap FI 1480	Al voleo
Variedad FI Arenillas	

**Elaborado por: La autora, 2024**

Los datos organizados de las variables dependientes e independientes se presentan en la tabla 3, lo que facilita la visualización y el análisis de sus relaciones para verificar las hipótesis planteadas en el estudio.

Tabla 3.

**Diseño de Andeva**

Fuente de variación	Fórmula	Desarrollo	GI
Factor A (Variedades)	A -1	5-1	4
Factor B (Tipos de siembra)	B-1	2-1	1
Interacción	(A-1) (B-1)	(5-1) (2-1)	4
Repeticiones	r-1	3-1	2
Error	(t-1) (r-1)	(10-1) (3-1)	18
<b>Total</b>	<b>N-1</b>	<b>30-1</b>	<b>29</b>

Elaborado por: La autora, 2025

**3.2.3.2. Delimitación experimental**

Tabla 4.

**Diseño Experimental**

Descripción	Unidades	Cantidades
Número de tratamientos	unidades	10
Número de repeticiones	unidades	3
Número de unidades experimentales	unidades	30
Largo de la parcela experimental	metros	5
Ancho de la unidad experimental	Metros	5
Área de cada parcela	m <sup>2</sup>	25
Área de muestreo	m <sup>2</sup>	2
Espacio entre bloques	metros	2
Espacio entre plantas	metros	0.20
Espacio entre hileras	metros	0.20
Área total del ensayo	m <sup>2</sup>	1292

Elaborado por: La autora, 2025

**3.2.4 Recolección de datos****3.2.4.1. Recursos**

Se consultó diversos recursos bibliográficos para la investigación, tales como libros, artículos científicos, tesis de grado, sitios web, guías e informes técnicos. Los materiales y equipos que se utilizó para llevar a cabo el ensayo experimental que incluyó: semillas de arroz (Sfl-11, Sfl-09, Iniap 14, Iniap FI 1480 y FI Arenillas), una bomba de fumigar, letreros identificadores de los tratamientos, equipo de medición, bomba de riego, fertilizantes, insecticidas, fungicidas, libros de campo y una libreta de material experimental.

**3.2.4.1.1. Recursos humanos.**

Los recursos humanos involucrados en este proyecto fueron la estudiante encargada de la tesis y el profesor tutor.

### **3.2.5 Métodos y técnicas**

#### **3.2.5.1. Métodos**

##### **3.2.5.1.1. Método inductivo.**

Facilitó la demostración conforme al razonamiento, comenzando desde los hechos para llegar a conclusiones que se aplican en la investigación.

##### **3.2.5.1.2. Método deductivo.**

Consintió en analizar los resultados y ofrecer soluciones a lo investigado con el fin de obtener conclusiones generales.

##### **3.2.5.1.3. Método sintético.**

Facilitó el establecimiento y la relación de los resultados para desarrollar la discusión y las conclusiones de la investigación.

#### **3.2.5.2. Técnicas**

##### **3.2.5.2.1. Análisis de suelo.**

Se recolectó una muestra de suelo en la zona donde se realizaron las unidades experimentales, la cual fue enviada al laboratorio para su análisis de arsénico.

##### **3.2.5.2.2. Análisis de agua.**

Se recolectó una muestra del agua utilizada para el riego de las unidades experimentales, la cual fue enviada al laboratorio para realizar el análisis de arsénico.

##### **3.2.5.2.3. Preparación del terreno.**

Se realizó el arado, rastrado y fangueado un mes antes de comenzar el ensayo.

##### **3.2.5.2.4. Semillero y trasplante.**

Se preparó el semillero, segregando las diferentes variedades de arroz que se emplearon para el trasplante. Este se efectuó una vez que las plantas han tenido la altura adecuada.

##### **3.2.5.2.5. Siembra al voleo.**

Para la siembra al voleo, se tomó 50 gramos de semillas a mano y se esparcieron uniformemente en cada parcela asignada a su respectivo tratamiento.

##### **3.2.5.2.6. Fertilización y manejo fitosanitario.**

Se realizó la fertilización siguiendo las dosis establecidas para la zona. El manejo fitosanitario se implementó de forma preventiva con el fin de prevenir la aparición de plagas o enfermedades.

#### **3.2.5.2.7. Cosecha.**

La cosecha se llevó a cabo de manera manual cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica.

#### **3.2.5.2.8. Post Cosecha.**

En este paso, se consideró la trazabilidad del producto para poder elegir los granos de cada unidad experimental.

#### **3.2.5.2.9. Análisis de grano.**

Se recogió una muestra de cada tratamiento y se envió al laboratorio para realizar el análisis de arsénico en el grano.

### **3.2.6 Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño de bloques aleatorizados con un arreglo factorial, que consistió en diez tratamientos y tres repeticiones, sumando un total de 30 unidades experimentales para su evaluación. Para la comparación de las medidas, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

### **3.2.7 Hipótesis estadística**

#### **3.2.7.1. Hipótesis del Factor A (Variedades)**

Ho: Ninguna de las variedades presentará diferencia en el contenido de arsénico.

Ha: Al menos una variedad tendrá mayor concentración de arsénico.

#### **3.2.7.2 Hipótesis del Factor B (Métodos de siembra)**

Ho: Ningún método de siembra influye en el nivel de arsénico.

Ha: Al menos uno de los métodos de siembra influirá en los niveles de arsénico.

#### **3.2.7.3 Hipótesis de interacción Factor A x B (Variedades x Método)**

Ho: Ninguno de los tratamientos efectuados presentaran niveles de arsénico significativos en el suelo, agua y grano del cultivo de arroz.

Ha: Se observó que al menos uno de los 10 tratamientos aplicados en el cultivo de arroz presentó niveles significativos de arsénico en el suelo, agua o grano.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Determinación la concentración de arsénico en suelo y agua en la zona de estudio

#### 4.1.1 Concentración de arsénico en el suelo

El análisis del suelo realizado en el área destinada al cultivo de arroz mostró que las concentraciones de arsénico estaban dentro de los niveles permitidos para la actividad agrícola. Los resultados del estudio dan una concentración promedio de <5 mg/kg, lo que está por debajo del límite máximo establecido por las normativas internacionales para suelos agrícolas, que es de 12 mg/kg. Para determinar la concentración de arsénico en el suelo, se empleó el método de Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GFAAS), un procedimiento analítico reconocido por su alta precisión y sensibilidad para detectar metales pesados, lo que lo hace adecuado para evaluar arsénico.

**Figura 1.**

#### ***Análisis de muestra de suelo***



**Elaborado por: La Autora, 2025**

En la figura 1, se mostró la distribución de los niveles de arsénico encontrados en el área de estudio. Para obtener estos datos, se tomó una muestra representativa y homogénea del suelo, que luego fue procesada y analizada en el laboratorio bajo condiciones controladas.

#### 4.1.2 Concentración de arsénico en el agua

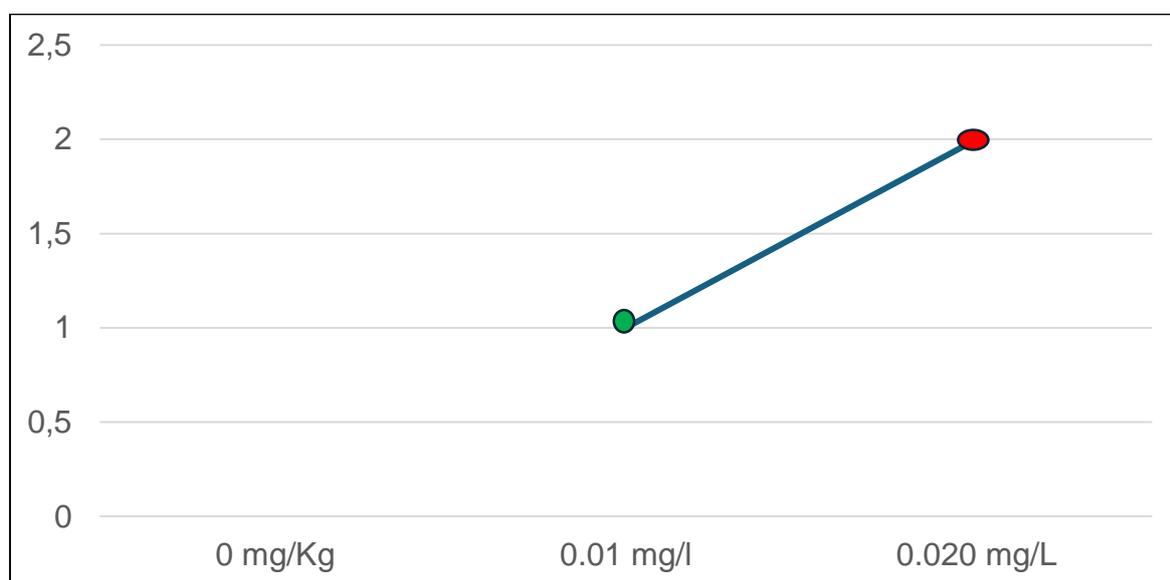
El análisis del agua utilizada para el riego en el cultivo de arroz mostró una concentración de arsénico de 0.020 mg/L, lo que superó el límite máximo

recomendado para el agua destinada a usos agrícolas, que está establecido en 0.01 mg/L según diversas normativas internacionales. Este resultado subraya la importancia de monitorear y gestionar la calidad del agua en sistemas agrícolas para prevenir riesgos tanto ambientales como para la salud.

Para medir la concentración de arsénico, se utilizó el método de Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GFAAS), conocido por su alta precisión y sensibilidad en la detección de metales pesados en líquidos. Este método permitió confirmar que los niveles de arsénico exceden las recomendaciones internacionales, proporcionar datos fiables y reproducibles para evaluar el impacto en el sistema de riego.

**Figura 2.**

***Análisis de muestra de agua***



**Elaborado por: La Autora, 2025**

En la figura 2 se ilustró el nivel de arsénico detectado en el área de estudio, obtenido a partir de una muestra recolectada en el canal de riego que abastece a la zona agrícola. Esta muestra fue sometida a un análisis detallado en laboratorio, confirmando los valores previamente indicados dentro del rango establecido.

**4.2 Relación del contenido de arsénico con las características agronómicas y productivas del cultivo de arroz.**

***4.2.1 Altura de planta (cm)***

A los 90 días, se midió la altura de las plantas dentro de la parcela experimental. Para ello, se empleó un marco de 1 m<sup>2</sup>, en el cual se eligió de manera aleatoria diez

plantas para su medición. El propósito de este procedimiento fue identificar cuál variedad de arroz y qué método de siembra mostró el mejor desempeño en cuanto a crecimiento. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5, la cual fue generada con el software estadístico InfoStat para asegurar un análisis preciso y confiable.

**Tabla 5.**

***Altura de planta (cm)***

<b>N° de tratamientos</b>	<b>Variedades</b>	<b>Método de siembra</b>	<b>Medias</b>	<b>Significancia</b>
T5	FI-Arenillas	Transplante	133.7	a
T2	Sfl-09	Transplante	116.03	b
T7	Sfl-09	Voleo	114.4	b
T1	Sfl-11	Transplante	111.33	b
T4	Iniap-F1-1480	Transplante	106.2	c
T3	Iniap-14	Transplante	106.1	c
T9	Iniap-F1-1480	Voleo	102.57	c
T6	Sfl-11	Voleo	101.83	c d
T10	FI-Arenillas	Voleo	101.53	c d
T8	Iniap-14	Voleo	98.8	d
Significancia variedades			<0.0001	
Significancia método de siembra			<0.0001	
Significancia variedades*métodos de siembra			<0.0001	
Coef. Variación (%)			1.59	

**Elaborado por: La autora, 2025**

Los resultados más destacados del estudio fueron obtenidos con la variedad FI-Arenillas sembrada mediante trasplante, con un promedio de 133.70 cm de altura. Este resultado sugiere que esta variedad tiene una excelente adaptación a las condiciones ambientales y edafoclimáticas del área de estudio. El buen rendimiento de FI-Arenillas podría atribuirse a su capacidad para prosperar en el tipo de suelo y las condiciones climáticas presentes, lo que la convierte en una opción prometedora en términos de crecimiento y productividad para la región.

En comparación, la variedad Iniap-14, sembrada mediante el método de siembra al voleo, mostró un crecimiento limitado en relación con otros tratamientos. Por su parte, las variedades IniapFI-1480, Sfl-11 y FI-Arenillas no exhibieron diferencias significativas en cuanto a su altura, lo que indica que, aunque estas variedades tuvieron un desempeño similar, ninguna de ellas destacó en términos de crecimiento. Esto sugiere que, bajo las mismas condiciones de cultivo, todas podrían

tener un comportamiento homogéneo, lo cual es importante al seleccionar variedades basadas en su rendimiento agronómico.

#### 4.2.2 Número de macollo por m<sup>2</sup>

Fue registrado en un cuadro de 1 m<sup>2</sup>, en el cual se seleccionó al azar diez plantas de cada una de las parcelas experimentales. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6, la cual resume de forma clara y concisa las variaciones entre los tratamientos y las variedades analizadas

**Tabla 6.**

#### **Número de macollo por m<sup>2</sup>**

<b>N° de tratamientos</b>	<b>Variedades</b>	<b>Método de siembra</b>	<b>Medias</b>	<b>Significancia</b>
T4	Iniap-F1-1480	Transplante	51.67	a
T3	Iniap-14	Transplante	46.2	b
T2	Sfl-09	Transplante	44.1	c
T5	FI-Arenillas	Transplante	40.8	d
T1	Sfl-11	Transplante	40.4	d
T8	Iniap-14	Voleo	15.4	e
T7	Sfl-09	Voleo	10.47	f
T6	Sfl-11	Voleo	9.77	f
T10	FI-Arenillas	Voleo	8.6	g
T9	Iniap-F1-1480	Voleo	8.47	g
Significancia variedades			<0.0001	
Significancia método de siembra			<0.0001	
Significancia variedades*métodos de siembra			<0.0001	
Coef. Variación (%)			1.16	

#### **Elaborado por: La autora, 2025**

El tratamiento que presentó la mayor productividad con el método de trasplante fue la variedad Iniap FI-1480, con un promedio de 51.67 macollos por planta del tratamiento T4. Este resultado destaca la capacidad de esta variedad para generar un mayor número de macollos bajo condiciones de trasplante, lo que sugiere una buena adaptación y un uso eficiente del espacio y los nutrientes disponibles. En cuanto al método de siembra al voleo, la variedad Iniap 14 obtuvo el mejor desempeño, con un promedio de 15.40 macollos por planta.

Aunque este rendimiento fue inferior al observado con el trasplante, Iniap 14 mostró un rendimiento aceptable con el método al voleo, aunque en general los valores fueron menores en comparación con otras variedades evaluadas con este tipo de siembra.

Es importante resaltar que, aunque los diferentes tratamientos y métodos de siembra resultaron en rendimientos variados, ninguno de los resultados entre las variedades fue estadísticamente significativo.

#### 4.2.4 Tamaño de espiga

El tamaño de espiga se evaluó dentro de un cuadro de 1 m<sup>2</sup>, donde se seleccionaron al azar diez plantas para obtener los datos necesarios. Para cada planta, se midió el tamaño de la espiga, y se calculó un promedio del tamaño de las espigas de cada una de las diez plantas seleccionadas. Este proceso permitió obtener una medida representativa del tamaño de las espigas en relación con cada tratamiento y variedad evaluada.

Se analizó los resultados y se detalló en la Tabla 7, la cual se explicó de manera precisa las mediciones del tamaño de espiga para cada uno de los tratamientos y condiciones experimentales.

**Tabla 7.**

#### **Tamaño de espiga (cm)**

<b>N° Tratamientos</b>	<b>Variedades</b>	<b>Método de siembra</b>	<b>Medias</b>	<b>Significancia</b>
T3	Iniap-14	Transplante	28.70	a
T2	Sfl-09	Transplante	28.53	a
T1	Sfl-11	Transplante	27.97	a
T7	Sfl-09	Voleo	27.87	a
T5	Fl-Arenillas	Transplante	26.57	b
T6	Sfl-11	Voleo	26.40	b
T4	Iniap-F1- 1480	Transplante	25.73	b
T8	Iniap-14	Voleo	24.60	c
T10	Fl-Arenillas	Voleo	22.53	d
T9	Iniap-F1- 1480	Voleo	21.97	d
Significancia variedades			<0,0001	
Significancia método de siembra			<0,0001	
Significancia variedades*método de siembra			<0,0001	
Coef. Variación (%)			1.31	

**Elaborado por: La autora, 2025**

La variedad Iniap 14, con el método de trasplante, obtuvo los mejores resultados en cuanto a tamaño de espiga, que alcanzó una media de 28.70 cm, destacándose frente a las demás variedades evaluadas. En contraste, la variedad Iniap Fl-1480, con el método de siembra al voleo, presentó el tamaño de espiga más pequeño, con un promedio de 21.97 cm.

#### 4.2.5 Número de granos por espiga

Reveló que la variedad Iniap 14, cuando se sembró mediante el método de trasplante, obtuvo los mejores resultados, alcanzó un promedio de 215.27 de números de macollos. Este valor indica un desarrollo superior de las espigas en comparación con las otras variedades evaluadas bajo las mismas condiciones, lo que podría ser indicativo de una mayor eficiencia en la formación de espigas y una mejor respuesta a las condiciones ambientales y edafoclimáticas del área de estudio. El mayor tamaño de espiga observado en Iniap 14 bajo trasplante podría asociarse con una mayor distribución de nutrientes y espacio, lo cual favorece el desarrollo óptimo de las estructuras reproductivas.

Por otro lado, la variedad Iniap 14, cuando fue sembrada con el método de siembra al voleo, presentó el tamaño de espiga más pequeño, con un promedio de 111.03. Este resultado sugiere que el método de siembra al voleo podría haber limitado el crecimiento de las espigas, es probable debido a factores como la competencia por espacio y nutrientes, o una distribución irregular de las plantas que afecta el desarrollo adecuado de las espigas

**Tabla 8.**

#### **Número de granos por espiga**

<b>N° Tratamientos</b>	<b>Variedades</b>	<b>Método de siembra</b>	<b>Medias</b>	<b>Significancia</b>
T3	Iniap-14	Transplante	215.27	a
T2	Sfl-09	Transplante	173.30	b
T4	Iniap-F1-1480	Transplante	156.10	c
T10	Fl-Arenillas	Voleo	141.80	d
T7	Sfl-09	Voleo	134.60	d
T5	Fl-Arenillas	Transplante	133.70	d
T1	Sfl-11	Transplante	126.87	e f
T6	Sfl-11	Voleo	124.97	f
T9	Iniap-F1-1480	Voleo	116.37	g
T8	Iniap-14	Voleo	111.03	g
Significancia variedades			<0,0001	
Significancia método de siembra			<0,0001	
Significancia variedades*método de siembra			<0,0001	
Coef. Variación (%)			2,04	

**Elaborado por: La Autora, 2025**

La variedad Iniap 14 por el método de siembra por transplante, tuvo una media de 215.27 de números de granos por espiga lo que indicó que tuvo una buena

adaptabilidad y fue la más destacada en la zona de estudio, a diferencia con la variedad Iniap 14 por el voleo que su producción de granos por espiga se vio reducido en comparación con los otros tratamientos. Las variedades no se relacionan tuvieron diferencia significativa entre ellas.

Dentro del rango de condiciones experimentales evaluado, en las variedades no existió una diferencia considerable en su capacidad para desarrollar espigas de tamaños significativamente diferentes, el factor clave en el rendimiento de la espiga podría estar relacionado más con el método de siembra que con la variedad en sí misma.

#### **4.2.6 Producción Kg/Ha**

Para esta variable, se seleccionó diez plantas dentro de un cuadro de 1 m<sup>2</sup>, las cuales fueron cosechadas manualmente utilizando la herramienta agrícola conocida como "Oz". Una vez cosechadas, las plantas fueron sometidas a un proceso de secado natural, exponiéndolas a la temperatura ambiente. Después de un período de secado de tres días se obtuvo los datos correspondientes. Estos resultados fueron procesados utilizando el software estadístico InfoStat.

**Tabla 9.**

#### **Productividad Kg/Ha**

<b>N° Tratamientos</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Medias</b>	<b>Significancia</b>
T2	Sfl-09	Transplante	7114.32	a
T3	Iniap-14	Transplante	7051.45	b
T4	Iniap-F1-1480	Transplante	7012.40	c
T1	Sfl-11	Transplante	7002.63	d
T5	Fl-Arenillas	Transplante	6985.47	e
T7	Sfl-09	Voleo	6922.80	f
T10	Fl-Arenillas	Voleo	6896.91	g
T9	Iniap-F1-1480	Voleo	6764.41	h
T8	Iniap-14	Voleo	6686.20	i
T6	Sfl-11	Voleo	6582.22	j
Significancia variedades			<0,0001	
Significancia método de siembra			<0,0001	
Significancia variedades*método de siembra			<0,0001	
Coef. Variación (%)			0,03	

**Elaborado por: La autora, 2025**

La tabla 9 tiene los resultados del análisis estadístico mediante el test de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) aplicado a la producción en Kg/ha. El mejor rendimiento corresponde al genotipo Sfl-09 bajo el método de transplante, con una media de 7114.32 Kg/ha,

ubicado en el grupo A, significa superior a los demás tratamientos. Le siguen Iniap-14, Iniap-FI-1480 y Sf1-11 también con transplante, que pertenecen a los grupos b, c, d. Estos resultados indican que el método de transplante beneficia la producción, siendo más eficiente para los genotipos evaluados.

En contraste, los tratamientos con el método de voleo presentan los rendimientos más bajos, destacándose Sfl-11, Iniap-FI-1480 y Iniap-14 con las menores medias, ubicados en los grupos h, i, j. Esto sugiere que el voleo es menos efectivo para maximizar la producción

#### **4.2.7 Análisis económico**

En la Tabla 8. se presentan de manera detallada los resultados obtenidos a partir del análisis económico realizado:

**Tabla 10.**

#### **Análisis económico**

Ingresos/ Ha (\$)	Relación beneficio/ costo									
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>Ingresos/Ha</b>										
<b>Kg por hectárea</b>	6890.3	6990	7021.3	6946	6629	6009	6212	5985	6004	6058
<b>Precio de venta</b>	0.36	0.32	0.32	0.33	0.32	0.35	0.31	0.32	0.31	0.30
<b>Ingresos (\$)</b>	2480.5	2237	2246.8	2292	2121	2103	1925	1915	1861	1817
<b>Egresos (\$)</b>	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
<b>Manejo del cultivo</b>	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5
<b>Análisis (Agua/suelo) (\$)</b>	35.94	35.94	35.94	35.94	35.94	35.94	35.94	35.94	35.94	35.94
<b>Análisis de (Grano) (\$)</b>	28.76	28.76	28.76	28.76	28.76	28.76	28.76	28.76	28.76	28.76
<b>Costo de producción</b>	1715	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5	1400.5
<b>Costo de cosecha</b>	142.00	140.00	136.00	138.00	140.00	124.00	98.00	98.00	120.00	126.00
<b>Costo de transporte (\$)</b>	71.00	70.00	68.00	68.00	70.00	62.00	44.00	44.00	60.00	63.00
<b>Total de egresos</b>	1928.5	1610.5	1604.5	1606.5	1610.5	1586.5	1542.5	1542.5	1580.5	1589.5
<b>Beneficio neto (\$)</b>	<b>552.1</b>	<b>626.5</b>	<b>642.3</b>	<b>685.7</b>	<b>510.7</b>	<b>516.6</b>	<b>383.4</b>	<b>372.8</b>	<b>280.7</b>	<b>227.9</b>
<b>Relación B/C (\$)</b>	<b>1.29</b>	<b>1.39</b>	<b>1.40</b>	<b>1.43</b>	<b>1.32</b>	<b>1.33</b>	<b>1.25</b>	<b>1.24</b>	<b>1.18</b>	<b>1.14</b>

Elaborado por: La autora, 2025

El análisis de la tabla mostró que los tratamientos con trasplante generó mayores ingresos y beneficios netos en comparación con los tratamientos al voleo. En particular, el tratamiento T4 Iniap1480 Trasplante fue el más rentable, con un ingreso de \$2299.29 por hectárea, un beneficio neto de \$685.79 y una relación beneficio/costo (B/C) de 1.43, la más alta del estudio.

Por otro lado, el peor desempeño lo tuvo T10 FI Arenillas Al voleo, con un ingreso de \$1817.40, un beneficio neto de apenas \$227.90 y una relación B/C de 1.14, lo que indicó un bajo retorno sobre la inversión.

La técnica de trasplante fue la más recomendable para maximizar ingresos y rentabilidad, mientras que el voleo, en especial la variedad FI Arenillas, no resultó ser una opción viable desde el punto de vista económico.

#### **4.3 Análisis de que tratamiento presenta concentraciones de arsénico en el grano de arroz.**

En este estudio se evaluó las concentraciones de arsénico en el grano de arroz bajo distintos tratamientos. Para ello, se tomaron diez muestras en el laboratorio de Fitopatología de la sede "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz" en Guayaquil, las cuales fueron preparadas y enviadas al laboratorio AGRORUM para su análisis químico.

**Tabla 11.**

##### ***Análisis de arsénico en grano de los diez tratamientos***

<b>Tratamientos</b>	<b>Porcentaje de Arsénico mg/kg</b>
T1	-0.050
T2	-0.053
T3	-0.054
T4	-0.053
T5	-0.054
T6	-0.054
T7	-0.053
T8	-0.053
T9	-0.052
T10	-0.037

**Elaborado por: La autora, 2025**

Se evaluó diez tratamientos de arroz, distribuidos en dos métodos de siembra: trasplante (T1 a T5) y voleo (T6 a T10), con cinco variedades: SFL-11, SFL-09, INIAP 14, INIAP FL 1480 y FL Arenillas. Las concentraciones de arsénico en el grano de arroz están por debajo del límite permitido de 0.2 mg/kg, establecido por el Codex Alimentarius. El tratamiento T10 (variedad FL Arenillas, método de voleo) mostró la

mayor concentración, con un valor de  $-0.037$  mg/kg, lo cual estuvo por debajo del límite de detección del equipo analítico.

No se observó diferencias significativas en las concentraciones de arsénico entre los métodos de siembra (trasplante y voleo), ya que los valores fueron similares en ambos. El comportamiento de las variedades resultó homogéneo, salvo en FL Arenillas (T10), que registró una leve elevación en el contenido de arsénico.

## 5. DISCUSIÓN

El propósito de los resultados obtenidos en el estudio experimental es evaluar la concentración de arsénico en el suelo, el agua y el grano de cinco variedades de arroz, haciendo uso de dos métodos de siembra en la zona de Barrio Lindo, ubicada en el cantón Santa Lucía.

El agua de riego presenta una concentración de arsénico ligeramente superior al límite permitido, con un rango de 0.020 mg/L, Lo que resalta la importancia de una gestión adecuada del agua para evitar la acumulación de arsénico en los cultivos de arroz. Sin embargo, el estudio de las muestras de suelo evidencia que el contenido de arsénico en el suelo está por debajo del límite máximo recomendado, con 5 mg/kg, lo cual es positivo para el análisis. Estos resultados no se asemejan a lo expuesto por Jiménez (2023) en sus cuatro áreas estudiadas, donde los niveles promedio de arsénico en los suelos agrícolas variaron entre 20.4 y 43.0 mg/kg, mientras que en los sedimentos de la laguna de Papallacta se pudo detectar concentraciones más altas, que se oscila entre 16.8 y 102.4 mg/kg.

Se observa que las plantas con un mayor desarrollo vegetativo y una producción más alta, especialmente aquellas sembradas por trasplante, están más expuestas a una mayor acumulación de arsénico en los granos. Este hallazgo coincide con los estudios de Dutta (2022), que indican que las partes de la planta que acumulan arsénico, en orden descendente, son: raíz, paja, hoja, cáscara y grano. Además, el arroz tiende a acumular arsénico en los granos más que otros cereales, debido a que se cultiva en suelos húmedos, donde se encuentra una forma más móvil e inorgánica de arsénico.

Este comportamiento se debe a la capacidad del arroz para absorber arsénico de su entorno acuoso, lo que da como resultado una mayor concentración del contaminante en sus granos, lo que podría implicar riesgos para la salud si los niveles exceden los límites establecidos para el consumo humano.

El estudio sobre arsénico en el grano de arroz del recinto Barrio Lindo indica que los niveles se mantienen por debajo de 0.20 mg/kg, esto cumple con los estándares internacionales del Codex Alimentarius. En contraste, Hoang (2021) donde reporta que las concentraciones en áreas cercanas a las minas de Suxian y Chenzhou que superan en más de tres veces el límite recomendado de 0.35 mg/kg, este hallazgo resalta la importancia de un monitoreo constante para asegurar la seguridad alimentaria en las zonas agrícolas.

El tratamiento T10 presenta la mayor concentración (0.037 mg/kg) pero está dentro del rango permitido, se destaca la influencia de los métodos de siembra en la acumulación de arsénico. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Muñoz y Grados (2021), quienes reportan mayores concentraciones de arsénico en el arroz integral debido a su acumulación en la capa de salvado, con valores superiores en Asia, Estados Unidos y Brasil.

La hipótesis no se acepta, ya que ninguna variedad ni método de siembra muestra niveles de arsénico superiores al límite de 0.20 mg/kg establecido por el Codex Alimentarius. El tratamiento con mayor concentración (0.037 mg/kg) se mantiene dentro de los estándares permitidos. Estos resultados indican que las condiciones de cultivo en el recinto Barrio Lindo del cantón Santa Lucía no favorecen una acumulación peligrosa de arsénico. No obstante, se enfatiza la importancia de un monitoreo continuo para garantizar la seguridad alimentaria.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Los análisis realizados sobre la concentración de arsénico en el suelo y el agua de riego del cultivo de arroz indican que, aunque los niveles de arsénico en el suelo están por debajo del límite máximo permitido (5 mg/kg frente a 12 mg/kg), el agua de riego excede el umbral recomendado para usos agrícolas, con una concentración de 0.020 mg/L, por encima del límite de 0.01 mg/L. Se ha utilizado el método de Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GFAAS) con resultados precisos y confiables. Aunque el suelo no representa un riesgo significativo, es necesario prestar atención a la calidad del agua, ya que el exceso de arsénico en ella podría tener efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente a largo plazo.

El análisis de las características agronómicas del arroz, como la altura de la planta, el número de macollos y el tamaño de la espiga, muestra que tanto el método de siembra como la variedad influyen en el crecimiento del cultivo. El trasplante resulta ser el método más eficiente, con un mayor desarrollo vegetal en variedades como FI-Arenillas e Iniap-14. Sin embargo, el crecimiento más robusto se observa en la variedad FI-Arenillas podría estar relacionado con una mayor exposición a la acumulación de arsénico en el cultivo, ya que el arroz tiende a absorber este contaminante, en especial con suelos húmedos.

Los resultados del estudio muestran que todas las concentraciones de arsénico en el grano de arroz, permanecen por debajo del límite de 0.2 mg/kg establecido por el Codex Alimentarius. El tratamiento T10, correspondiente a la variedad FL Arenillas con el método de siembra al voleo, presenta la mayor concentración de arsénico (0.037 mg/kg), pero este valor sigue estando dentro de los límites seguros para el consumo humano. No se halla diferencias significativas entre los métodos de siembra (trasplante y voleo), lo que sugiere que ambos métodos mantienen los niveles de arsénico en el grano dentro de los estándares aceptables, garantizando la calidad y seguridad del producto final.

### 6.2 Recomendaciones

Se sugiere establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua de riego, en especial con los niveles de arsénico, para asegurar que se mantengan dentro de los límites permitidos para la agricultura. Además, sería útil investigar alternativas de tratamiento o filtrado del agua para reducir la concentración de

arsénico antes de su uso en el riego agrícola. Es importante seguir evaluando y actualizando las normativas locales sobre la calidad del agua en el ámbito agrícola, con el fin de mitigar posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente. También se debe incentivar la investigación y la implementación de técnicas de cultivo que ayuden a reducir los impactos negativos de la contaminación por arsénico en el suelo y el agua.

El método de siembra por trasplante debe ser prioritario para variedades como FI-Arenillas e Iniap-14, ya que favorece un mejor desarrollo vegetativo y mayor productividad. No obstante, dado que un crecimiento vegetativo más grande podría estar vinculado con una mayor acumulación de arsénico, es esencial aplicar estrategias de manejo que disminuyan la absorción de este contaminante. Estas estrategias incluyen la selección de variedades con menor susceptibilidad al arsénico, la mejora de las prácticas de manejo de suelos para reducir su disponibilidad, y el control estricto del agua de riego para evitar su acumulación en los cultivos.

La seguridad alimentaria es fundamental para minimizar la acumulación de arsénico en el arroz, es recomendable continuar con el monitoreo y control de los niveles de arsénico en los cultivos, especialmente en suelos con mayor tendencia a absorber este contaminante. También se deben adoptar prácticas de manejo agrícola que optimicen el uso del agua de riego y controlen factores como la textura del suelo y la presencia de arsénico en el entorno, garantizando que los métodos de siembra, tanto al voleo como por trasplante, no afecten la calidad del grano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acebo, Y., Hernández, A., Rodríguez, N., Velázquez, M., y Hernández, A. (2019). Perspectivas del uso de bacterias rizosféricas en el control de *Pyricularia grisea* (Cooke Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Services on Demand Journal Scielo Analytics Google Scholar*, 5(5). [www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012334752011000100003&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012334752011000100003&lang=es)
- Barreto, A., Jimenez, R., Facuy, J., y Barreto, K. (2023). Efecto de Bioestimulantes Orgánicos como Complemento de la Fertilización Edáfica en (*Oryza Sativa* L.), Variedad SFL-11 Zona Santa Lucía – Guayas. *MQRInvestigar*, 7(2). <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.2.2023.358-380>
- Bayona, Lady. (2020). Efecto y mitigación de la toxicidad por arsénico y cadmio en cultivo de arroz. *Revista Ciencias Agropecuarias*, <https://doi.org/10.36436/24223484.327>
- Boschini, C., Vargas, F., y Pineda, L. (2015). *Nota técnica Evaluación de equipos para la siembra al voleo de semillas de alpiste y linaza Evaluation of equipment for broadcast seed sowing of canary and linseed*. 26. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212015000100017](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212015000100017)
- Casarrubias, G., Escalante, J., Rodríguez, M., Ayala, C., y Escalante, L. (2011). *dad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027152X2011000100010](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2011000100010)
- Cedeño, J., Quezada, M., Garzón, V., Barrezueta, S., y Espinosa, M. (2022). Comparación económica entre el sistema tradicional y el sistema intensivo de la producción de arroz en el Ecuador. *South Florida Journal of Development*, 3(1). <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-076>
- Celi, R., Mosquera, E., Álava, J., Hurtado, J., y Jara, E. (2017). INIAP FI-Arenillas Variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano, tolerante a plagas y enfermedades. *INIAP, Estación Experimental Litoral Sur, Unidad de Investigación*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6055>
- Celi, R., Mosquera, E., Hurtado, J., y Jara, E. (2016). INIAP FI-Cristalino Variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano y de amplia adaptabilidad en zonas arroceras. *INIAP, Estación Experimental Litoral Sur*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6056>
- Chávez, J., Torres, C., Espinoza, E., Zambrano, D., Villafuerte, A., Zambrano, F., y Velázquez, J. (2020). Efectos de la cepa nativa de *Trichoderma* sp. y lixiviado de vermicompost bovino sobre el crecimiento foliar y contenido de clorofila en arroz (*Oryza sativa* L.) en fase de semillero. *Ecuador es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 7(2). <https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.104>

- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Artículo 281 y 282. [Soberanía Alimentaria] Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2\\_OCT\\_DIJU\\_Constitucion.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2_OCT_DIJU_Constitucion.pdf)
- Coral, K., Oviedo, J., y Carrillo, D. (2019). Arsénico en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica de Limoncocha - Ecuador con fines de conservación. *INNOVA Research Journal*, 4(3). <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n3.2019.944>
- Degiovanni, V., Berrio, L., y Charry, R. (2010). *Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (Oryza sativa L.)*. [http://ciat-library.ciar.org/Articulos\\_Ciat/2010\\_Degiovanni-Produccion\\_eco-eficiente\\_del\\_arroz.pdf#page=59](http://ciat-library.ciar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf#page=59)
- Dirección General de Políticas Agrarias. (2009). *Requerimientos agroclimáticos en cultivo de arroz*. <http://www.minagri.gob.pe/>
- Dong, Z., Guo, L., Li, X., Li, Y., Liu, W., Chen, Z., Liu, L., Liu, Z., Guo, Y., y Pan, X. (2023). Estudio de asociación de todo el genoma sobre la acumulación de arsénico en arroz pulido. *Genes*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/genes14122186>
- Dutta, A., Baruah, A., Gogoi, B., Baruah, A., Sen, S., y Rathi, S. (2022). Variaciones en oxidante y antioxidante. Respuestas de la planta de arroz al arsénico Áreas contaminadas de Assam. *International Journal of Environment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i121443>
- Fernandez, B., Mullisaca, E., y Huanchi, L. (2022). Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(2), 131–138. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.416>
- García, R., González, M., Villazón, J., y Rodríguez, S. (2021). *Estimación de la conductividad eléctrica del suelo a partir de información espectral en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542021000400001&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542021000400001&lang=es)
- Hoang, A., Prinpeecha, N., y Kyoung, K. (2021). Influencia de las actividades mineras en la concentración de arsénico en el arroz en Asia: una revisión. En *Minerals*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/min11050472>
- Hu, M., Li, F., Liu, C., y Wu, W. (2015). La diversidad y abundancia de Los oxidantes As (III) en la placa de hierro de la raíz son fundamentales para la biodisponibilidad del arsénico en el arroz. *Scientific Reports*, 5. <https://doi.org/10.1038/srep13611>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Guayaquil Ecuador [INIAP]. (1999). *INIAP 14 "filipino": Nueva variedad de arroz*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2730>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI]. (2018). *Disponibilidad de Nutrientos y el pH del Suelo*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientos-y-el-ph-del-suelo?p=registro>

- Islam, M., y Managi, S. (2018). Adaptación sostenible a múltiples riesgos hídricos en Agricultura: evidencia de Bangladesh. *Sustainability (Switzerland)*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/su10061734>
- Jiménez, P. A. J., Díaz, X., Silva, M. L. N., Vega, A., y Curi, N. (2023). Evaluación y comprensión arsénico Contaminación en suelos agrícolas y sedimentos la custrs de la parroquia rural Papallacta, nororiente del Ecuador, a través de factores ecotoxicológicos, para el encauzamiento ambiental. *Sustainability (Switzerland)*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/su15053951>
- Khan, Z., Thounaojam, T., y Upadhyaya, H. (2022). Estrés por arsénico en arroz (*Oryza sativa*) y sus métodos de mejora. *Plant Stress*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100076>
- Laela, N., Pasma, S., y Santoso, M. (2023). Niveles de arsénico en el suelo y el arroz y evaluación de riesgos para la salud a través del arroz Consumo en zonas industriales de Java Oriental, Indonesia. *Environment and Natural Resources Journal*, 21(4). <https://doi.org/10.32526/enrj/21/20230049>
- López, E., Saucedo, E., González, O., y Herrera, M. (2022). *Efectos de la Cosecha Mecanizada de Caña de Azúcar sobre el Suelo*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542022000100001&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542022000100001&lang=es)
- Machaca, A., Pizarro, J., Cornejo, L., Morales, D., y Avendaño, E. (2022). Remoción de arsénico del agua del río locumba (distrito de Ite, región de Tacna-Perú), utilizando cloruro férrico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(4). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i4.410>
- Mancilla, O., Gómez, L., Palomera, C., Hernández, O., Guevara, R., Ortega, H., Flores, H., Can, Á., Sánchez, E., Avelar, J., y Cruz, E. (2023). Metales pesados en agua y macroinvertebrados de la cuenca del río Ayuquila-Armería (México) y sus afluentes. *Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1603>
- Medina, M., Barragán, R., Colman, D., Piacenza, M., y Munitz, M. (2023). Cocción de arroz: eficiencia energética, valor nutricional y metales pesados. *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 19(2). <https://doi.org/10.24054/bistua.v19i2.1016>
- Medina, M., Robles, P., Mendoza, M., y Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(1). <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- Moreno, E., Guijarro, M., Garrido, P., Bravo, J., Moreno, C., Moreno, C., Vaca, I., Rivera, L., Betancourt, R., Ruiz, P., Vargas, P., y Ramos, L. (2022). Evaluación de la Presencia de Arsénico Total en Arroz sin Cáscara de Ecuador. *Ecuador es Calidad - Revista Científica Ecuatoriana*, 9. <https://doi.org/10.36331/revista.v9i1.140>

- Muñoz, V., y Grados, D. (2021). *Cuantificación de Arsénico total en arroz integral comercializado en supermercados y mercados de Lima Metropolitana* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. <https://orcid.org/0000-0002-8972-3525>
- Ordoñez, R., Lopez, A., Casa, F., Landines, E., y Fuentes, E. (2020). Análisis de cadmio, plomo, níquel y arsénico en plantas de cacao y derivados: Industria Alimentaria. *CienciAmérica*, 9(4). <https://doi.org/10.33210/ca.v9i4.351>
- Pilaloa, J., González, V., Florencia, M., Núñez, T., y Valverde, S. (2022). Utilización del nemátodo *Caenorhabditis elegans* en ensayos de toxicidad en muestras de agua del río Calera, Ecuador. *Ciencia e Investigación*, 25(2). <https://doi.org/10.15381/ci.v25i2.23122>
- Rahman, M., Islam, M., Hassan, M., Islam, S., y Zaman, S. (2015). Impacto de la gestión del agua en el contenido de arsénico del grano de arroz y del suelo cultivado en una zona contaminada con arsénico de Bangladesh. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 7(2). <https://doi.org/10.3329/jesnr.v7i2.22202>
- Rahman, M., Reza, A., Siddique, M., Akbor, M., y Hasan, M. (2023). Acumulación de arsénico y otros metales en el suelo y alimentos de consumo humano del distrito de Meherpur, suroeste de Bangladesh, y evaluación de riesgos para la salud asociados. *Environmental Sciences Europe*, 35(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00751-2>
- Rodríguez, H., Peña, M., Gutiérrez, A., González, C., Montes, S., y López, G. (2017). Biorremediación de arsénico mediada por microorganismos genéticamente modificados. *Revista Terra Latinoamericana*, 35(4). <https://doi.org/10.28940/terra.v35i4.220>
- Romano, M., García, M., y Quaranta, N. (2020). Matrices cerámicas para la inmovilización de metales pesados sorbidos en cáscara de arroz. *AJEA*, 5. <https://doi.org/10.33414/ajea.5.686.2020>
- Sandhi, A., Yu, C., Rahman, M. M., y Amin, M. N. (2022). El arsénico en el agua y en el sistema de producción agrícola: perspectivas de Bangladesh. En *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 29, Número 34). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20880-0>
- Tierra, W., Otero, X., Ruales, J., Maldonado, y Alvarado, P. (2018). Cadmio y arsénico en chocolate y arroz de Quito, Guayaquil y Cuenca – Ecuador. *Bionatura*, 01(Bionatura Conference Serie). <https://doi.org/10.21931/rb/cs/2018.01.01.12>
- Valerio, J., y Molina, E. (2012). Evaluación de una fuente de enmienda líquida en el rendimiento del arroz en un ultisol de la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242012000100007](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242012000100007)



**Figura 5.**

***Toma de muestra de suelo***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 6.**

***Toma de muestra de agua***



**Elaborado por: La autora, 2025**

Figura 7.

**Resultado de análisis de suelo**

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE			
Matriz de la muestra:	Agua natural		
Descripción de la muestra:	Muestra de agua para ver si hay arsénico		
Lote N°:	1		
Productor:	Fabiola Espinoza		
Cultivo:	Arroz		
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2024-08-12 / 07:00		
Lugar de toma de muestra:	Roto. Barrio Lindo, Cantón Santa Lucía		
Muestra tomada por:	Fabiola Espinoza (Cliente)		
DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO			
Fecha de Recepción:	2024-08-12		
Cantidad de muestra:	~ 120 mL		
Tipo de envase:	Envase estéril		
Temperatura de Recepción:	Ambiente		
Fecha inicio:	2024-08-12		
Fecha fin análisis:	2024-08-20		
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico	mg/L	<0,020	ME-LB-109, EAA - Homo de Grafito

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 8.

**Resultado de análisis de agua**

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE			
Matriz de la muestra:	Suelo		
Descripción de la muestra:	Muestra de suelo para ver si hay arsénico		
Lote N°:	1		
Productor:	Fabiola Espinoza		
Cultivo:	Arroz		
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2024-08-12 / 07:00		
Lugar de toma de muestra:	Roto. Barrio Lindo, Cantón Santa Lucía		
Muestra tomada por:	Fabiola Espinoza V. (Cliente)		
DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO			
Fecha de Recepción:	2024-08-12		
Cantidad de muestra:	~ 980 g		
Tipo de envase:	Funda plástica		
Temperatura de Recepción:	Ambiente		
Fecha inicio:	2024-08-12		
Fecha fin análisis:	2024-08-29		
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	<5,00	ME-LB-245. Horno grafito

Elaborado por: La autora, 2025

**Figura 9.**

***Preparación del terreno y parcelas de estudio***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 10.**

***Siembra al voleo***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 11.**

***Preparación de semillero de diferentes variedades de arroz***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 12.**

***Trasplante de arroz al área de estudio***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 13.**

***Labores culturales a los 30 días del cultivo de arroz***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 14.**

***Avance de los tratamientos a los 45 días***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 15.**

***Toma de datos altura de la planta (cm)***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 16.**

***Toma de datos de número de macollo por m<sup>2</sup>***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 17.**

***Toma de datos del tamaño de espiga en los tratamientos***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 18.**

***Toma de datos de número de granos por planta***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 19.**

***Cosecha manual del m<sup>2</sup> de cada uno de los tratamientos***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 20.**

***Toma de muestra para el rendimiento Kg/Ha***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 21.**

***Peso de los diferentes tratamientos al término de la cosecha***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 22.**

***Revisión técnica del tutor en laboratorio***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 23.**

***Toma de peso de los tratamientos después del secado***



**Elaborado por: La autora, 2025**

**Figura 24.**

***Selección de muestra en laboratorio para análisis de arsénico en el grano***



**Elaborado por: La autora, 2025**

Figura 25.

**Altura de la planta (cm)**

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
PROMEDIO	30	0,98	0,97	1,59		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2891,38	11	262,85	87,07	<0,0001	
VARIEDADES	1095,83	4	273,96	90,75	<0,0001	
METODO DE SIEMBRA	882,38	1	882,38	292,29	<0,0001	
BLOQUE	4,39	2	2,20	0,73	0,4967	
VARIEDADES*METODO DE SIEMB..	908,78	4	227,19	75,26	<0,0001	
Error	54,34	18	3,02			
Total	2945,72	29				
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,03328						
Error: 3,0189 gl: 18						
VARIEDADES	Medias	n	E.E.			
Fl-Arenillas	117,62	6	0,71	A		
Sfl-09	115,22	6	0,71	A		
Sfl-11	106,58	6	0,71	B		
Iniap-Fl-1480	104,38	6	0,71	B C		
Iniap-14	102,45	6	0,71	C		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,33291						
Error: 3,0189 gl: 18						
METODO DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.			
Transplante	114,67	15	0,45	A		
Voleo	103,83	15	0,45	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,98310						
Error: 3,0189 gl: 18						
BLOQUE	Medias	n	E.E.			
II	109,61	10	0,55	A		
I	109,42	10	0,55	A		
III	108,72	10	0,55	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 26.

**Número de macollo**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PROMEDIO	30	1,00	1,00	1,16

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		9069,08	11	824,46	7987,25	<0,0001
VARIEDADES		187,00	4	46,75	452,92	<0,0001
MÉTODO DE SIEMBRA		8717,67	1	8717,67	84455,32	<0,0001
BLOQUES		0,09	2	0,04	0,43	0,6573
VARIEDADES*MÉTODO DE SIEMB..		164,32	4	41,08	397,97	<0,0001
Error		1,86	18	0,10		
Total		9070,93	29			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,56089**  
 Error: 0,1032 gl: 18

VARIEDADES	Medias	n	E.E.	
Iniap-14	30,80	6	0,13	A
Iniap-Fl-1480	30,07	6	0,13	B
Sfl-09	27,28	6	0,13	C
Sfl-11	25,08	6	0,13	D
Fl-Arenillas	24,70	6	0,13	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24647**  
 Error: 0,1032 gl: 18

MÉTODO DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.	
Transplante	44,63	15	0,08	A
Voleo	10,54	15	0,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36670**  
 Error: 0,1032 gl: 18

BLOQUES	Medias	n	E.E.	
II	27,63	10	0,10	A
III	27,62	10	0,10	A
I	27,51	10	0,10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 27.

**Tamaño de espiga**

Análisis de la varianza				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PROMEDIO	30	0,99	0,98	1,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		155,60	11	14,15	121,59	<0,0001
VARIETADES		80,10	4	20,03	172,14	<0,0001
MÉTODO DE SIEMBRA		59,93	1	59,93	515,12	<0,0001
BLOQUES		0,25	2	0,13	1,09	0,3587
VARIETADES*MÉTODO DE SIEMB.		15,32	4	3,83	32,93	<0,0001
Error		2,09	18	0,12		
Total		157,69	29			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,59545  
 Error: 0,1163 gl: 18

VARIETADES	Medias	n	E.E.	
Sfl-09	28,20	6	0,14	A
Sfl-11	27,18	6	0,14	B
Iniap-14	26,65	6	0,14	B
Fl-Arenillas	24,55	6	0,14	C
Iniap-Fl-1490	23,85	6	0,14	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26166  
 Error: 0,1163 gl: 18

MÉTODO DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.	
Transplante	27,50	15	0,09	A
Voleo	24,67	15	0,09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38929  
 Error: 0,1163 gl: 18

BLOQUES	Medias	n	E.E.	
I	26,21	10	0,11	A
III	26,06	10	0,11	A
II	25,99	10	0,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 28.

**Número de granos por planta**

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
PROMEDIO	30	0,99	0,98	1,31		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		155,60	11	14,15	121,59	<0,0001
VARIETADES		80,10	4	20,03	172,14	<0,0001
MÉTODO DE SIEMBRA		59,93	1	59,93	515,12	<0,0001
BLOQUES		0,25	2	0,13	1,09	0,3587
VARIETADES*MÉTODO DE SIEMB..		15,32	4	3,83	32,93	<0,0001
Error		2,09	18	0,12		
Total		157,69	29			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,59545						
Error: 0,1163 gl: 18						
VARIETADES	Medias	n	E.E.			
Sfl-09	28,20	6	0,14	A		
Sfl-11	27,18	6	0,14	B		
Iniap-14	26,65	6	0,14	B		
Fl-Arenillas	24,55	6	0,14	C		
Iniap-Fl-1480	23,85	6	0,14	D		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26166						
Error: 0,1163 gl: 18						
MÉTODO DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.			
Transplante	27,50	15	0,09	A		
Voleo	24,67	15	0,09	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38929						
Error: 0,1163 gl: 18						
BLOQUES	Medias	n	E.E.			
I	26,21	10	0,11	A		
III	26,06	10	0,11	A		
II	25,99	10	0,11	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 29.

**Rendimiento Kg/ Ha**

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
PROMEDIO	30	1,00	1,00	0,03		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	794742,54	11	72249,32	19105,01	<0,0001	
VARIETADES	170483,49	4	42620,87	11270,31	<0,0001	
MÉTODO DE SIEMBRA	517760,70	1	517760,70	136912,32	<0,0001	
BLOQUES	1,61	2	0,81	0,21	0,8098	
VARIETADES*MÉTODO DE SIEMB..	106496,74	4	26624,18	7040,28	<0,0001	
Error	68,07	18	3,78			
Total	794810,61	29				
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,39496						
Error: 3,7817 gl: 18						
VARIETADES	Medias	n	E.E.			
Sfl-09	7018,56	6	0,79	A		
Fl-Arenillas	6941,19	6	0,79	B		
Iniap-Fl-1480	6888,41	6	0,79	C		
Iniap-14	6868,82	6	0,79	D		
Sfl-11	6792,43	6	0,79	E		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,49184						
Error: 3,7817 gl: 18						
MÉTODO DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.			
Transplante	7033,25	15	0,50	A		
Voleo	6770,51	15	0,50	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,21956						
Error: 3,7817 gl: 18						
BLOQUES	Medias	n	E.E.			
I	6902,21	10	0,61	A		
III	6901,72	10	0,61	A		
II	6901,71	10	0,61	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 30.

**Resultados de análisis de arsénico T1**


**Informe Analítico: IA-25-LB-000060-01**  
Lab-ID: GYE-24/5534

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn: Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE	
Matriz de la muestra:	Granos de Arroz
Descripción de la muestra:	Granos de Arroz
Lote N°:	T1
Productor:	Fabiola Espinoza Velez
Cultivo:	Arroz
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2024-12-14
Lugar de toma de muestra:	Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía
Muestra tomada por:	Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO	
Fecha de Recepción:	2024-12-20
Cantidad de muestra:	- 964 g
Tipo de envase:	Funda Plástica
Temperatura de Recepción:	Ambiente
Fecha inicio:	2025-01-10
Fecha fin análisis:	2025-01-10

RESULTADOS DE ANALISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,050	ME-LB-245, Horno grafito

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 31.

**Resultados de análisis de arsénico T2**


**Informe Analítico: IA-25-LB-000061-01**  
Lab-ID: GYE-24/5535

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn: Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE	
Matriz de la muestra:	Granos de Arroz
Descripción de la muestra:	Granos de Arroz
Lote N°:	T2
Productor:	Fabiola Espinoza Velez
Cultivo:	Arroz
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2024-12-14
Lugar de toma de muestra:	Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía
Muestra tomada por:	Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO	
Fecha de Recepción:	2024-12-20
Cantidad de muestra:	- 964 g
Tipo de envase:	Funda Plástica
Temperatura de Recepción:	Ambiente
Fecha inicio:	2025-01-10
Fecha fin análisis:	2025-01-10

RESULTADOS DE ANALISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,053	ME-LB-245, Horno grafito

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 32.

## Resultados de análisis de arsénico T3

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Fisicoquímicos			
Arsénico*	mg/Kg	-0,054	ME-LB-245, Horno grafito

**Informe Analítico: IA-25-LB-000062-01**  
Lab-ID: GYE-24/5536

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn.Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

Matriz de la muestra:	Granos de Arroz
Descripción de la muestra:	Granos de Arroz
Lote N°:	T3
Productor:	Fabiola Espinoza Velez
Cultivo:	Arroz
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2024-12-14
Lugar de toma de muestra:	Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía
Muestra tomada por:	Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

**DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO**

Fecha de Recepción:	2024-12-20
Cantidad de muestra:	- 964 g
Tipo de envase:	Funda Plástica
Temperatura de Recepción:	Ambiente
Fecha inicio:	2025-01-10
Fecha fin análisis:	2025-01-10

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 33.

## Resultados de análisis de arsénico T4

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Fisicoquímicos			
Arsénico*	mg/Kg	-0,053	ME-LB-245, Horno grafito

**Informe Analítico: IA-25-LB-000063-01**  
Lab-ID: GYE-24/5537

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn.Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

Matriz de la muestra:	Granos de Arroz
Descripción de la muestra:	Granos de Arroz
Lote N°:	T4
Productor:	Fabiola Espinoza Velez
Cultivo:	Arroz
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2024-12-14
Lugar de toma de muestra:	Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía
Muestra tomada por:	Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

**DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO**

Fecha de Recepción:	2024-12-20
Cantidad de muestra:	- 964 g
Tipo de envase:	Funda Plástica
Temperatura de Recepción:	Ambiente
Fecha inicio:	2025-01-10
Fecha fin análisis:	2025-01-10

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 34.

**Resultados de análisis de arsénico T5**

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,054	ME-LB-245, Horno grafito

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 35.

**Resultados de análisis de arsénico T6**

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,054	ME-LB-245, Horno grafito

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 36.

**Resultados de análisis de arsénico T7**

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,053	ME-LB-245, Horno grafito

**Informe Analítico: IA-25-LB-000066-01**  
Lab-ID: GYE-24/5540

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn.Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

Matriz de la muestra: Granos de Arroz  
Descripción de la muestra: Granos de Arroz  
Lote N°: T7  
Productor: Fabiola Espinoza Velez  
Cultivo: Arroz  
Fecha/Hora/ de toma de muestra: 2024-12-14  
Lugar de toma de muestra: Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía  
Muestra tomada por: Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

**DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO**

Fecha de Recepción: 2024-12-20  
Cantidad de muestra: - 964 g  
Tipo de envase: Funda Plástica  
Temperatura de Recepción: Ambiente

Fecha inicio: 2025-01-10  
Fecha fin análisis: 2025-01-10

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 37.

**Resultados de análisis de arsénico T8**

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,053	ME-LB-245, Horno grafito

**Informe Analítico: IA-25-LB-000067-01**  
Lab-ID: GYE-24/5541

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn.Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

Matriz de la muestra: Granos de Arroz  
Descripción de la muestra: Granos de Arroz  
Lote N°: T8  
Productor: Fabiola Espinoza Velez  
Cultivo: Arroz  
Fecha/Hora/ de toma de muestra: 2024-12-14  
Lugar de toma de muestra: Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía  
Muestra tomada por: Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

**DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO**

Fecha de Recepción: 2024-12-20  
Cantidad de muestra: - 964 g  
Tipo de envase: Funda Plástica  
Temperatura de Recepción: Ambiente

Fecha inicio: 2025-01-10  
Fecha fin análisis: 2025-01-10

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 38.

**Resultados de análisis de arsénico T9**

RESULTADOS DE ANALISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,052	ME-LB-245, Horno grafito

**Informe Analítico: IA-25-LB-000068-01**  
Lab-ID: GYE-24/5542

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn.Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

Matriz de la muestra: Granos de Arroz  
Descripción de la muestra: Granos de Arroz  
Lote N°: T9  
Productor: Fabiola Espinoza Velez  
Cultivo: Arroz  
Fecha/Hora/ de toma de muestra: 2024-12-14  
Lugar de toma de muestra: Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía  
Muestra tomada por: Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

**DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO**

Fecha de Recepción: 2024-12-20  
Cantidad de muestra: ~ 964 g  
Tipo de envase: Funda Plástica  
Temperatura de Recepción: Ambiente

Fecha inicio: 2025-01-10  
Fecha fin análisis: 2025-01-10

Elaborado por: La autora, 2025

Figura 39.

**Resultados de análisis de arsénico T10**

RESULTADOS DE ANALISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
<b>Fisicoquímicos</b>			
Arsénico*	mg/Kg	-0,037	ME-LB-245, Horno grafito

**Informe Analítico: IA-25-LB-000069-01**  
Lab-ID: GYE-24/5543

**FABIOLA ESPINOZA VELEZ**  
attn.Fabiola Espinoza Velez  
fabiolaespinozavelez@gmail.com  
Santa Lucía - Rcto "Barrio Lindo"  
Santa Lucía - Ecuador

**Lugar de ejecución del ensayo:**  
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)  
info@agrorum.net  
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste  
Guayaquil - Ecuador

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

Matriz de la muestra: Granos de Arroz  
Descripción de la muestra: Granos de Arroz  
Lote N°: T10  
Productor: Fabiola Espinoza Velez  
Cultivo: Arroz  
Fecha/Hora/ de toma de muestra: 2024-12-14  
Lugar de toma de muestra: Recinto "Barrio Lindo" Cantón Santa Lucía; Cantón Santa Lucía  
Muestra tomada por: Fabiola Espinoza Velez (Cliente)

**DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO**

Fecha de Recepción: 2024-12-20  
Cantidad de muestra: ~ 964 g  
Tipo de envase: Funda Plástica  
Temperatura de Recepción: Ambiente

Fecha inicio: 2025-01-10  
Fecha fin análisis: 2025-01-10

Elaborado por: La autora, 2025