

Salas Campos Angela Y. Y Córdova Quinde Yajaira J.

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR CADMIO Y PLOMO EN ARROZ COMERCIALIZADO EN LA CIUDAD DE JAÉ...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3627533782

Fecha de entrega

14 ago 2026, 4:05 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 ago 2026, 4:10 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

ontaminacion_por_cadmio_y_plomo_-_Angela_Yanira_Salas_Campos.pdf

Tamaño del archivo

3.1 MB

93 páginas

19.223 palabras

91.007 caracteres

12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

4%	Fuentes de Internet
0%	Publicaciones
10%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	
	Universidad Nacional de Jaen	9%
2	Internet	
	repositorio.unj.edu.pe	1%
3	Internet	
	kipdf.com	<1%
4	Internet	
	repositorio.ucsm.edu.pe	<1%
5	Internet	
	repositorio.monterrico.edu.pe	<1%
6	Internet	
	repositorio.untrm.edu.pe	<1%
7	Internet	
	revistas.up.ac.pa	<1%

1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR CADMIO
Y PLOMO EN ARROZ COMERCIALIZADO EN LA
CIUDAD DE JAÉN, PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTOR (ES): **Bach. ANGELA YANIRA SALAS CAMPOS**
Bach. YAJAIRA JHOSELIN CÓRDOVA QUINDE

ASESOR : **Dr. JAMES TIRADO LARA**

COASESOR : **Dr. SEGUNDO ALIPIO CRUZ HOYOS**

Área de investigación: Investigación Alimentaria No Experimental

Línea de investigación: Inocuidad y Gestión Alimentaria

ÍNDICE

6	Índice de tablas	iv
	Índice de figuras	v
	RESUMEN	xii
	ABSTRACT	xiii
	I. INTRODUCCIÓN	1
	II. MATERIALES Y METODOS	4
	2.1. Metodología	4
	2.1.1. Población, muestra y muestreo	4
	2.1.2. Materiales	4
	2.1.3. Métodos	5
2	III. RESULTADOS	11
	Contenido de cadmio	11
	Contenido de plomo	15
	IV. DISCUSIONES	28
	V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN	30
	VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	31
	AGRADECIMIENTO	35
	DEDICATORIA	36
	ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Concentración de cadmio en diferentes tipos de arroz comercializado	11
Tabla 2	Concentración de plomo (ppm) de tipos de arroz comercializado en Jaén	16
Tabla 3	Prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov de la concentración de cadmio	21
Tabla 4	Prueba de Kruskal Wallis ($p=0.05$) de la concentración de cadmio	21
Tabla 5	Prueba post hoc no paramétrico de Dunn ($p=0.05$) de la concentración de cadmio	21
Tabla 6	Prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov de la concentración de plomo	23
Tabla 7	Prueba de Kruskal Wallis ($p=0.05$) de la concentración de plomo	23
Tabla 8	Prueba post hoc de Dunn ($p=0.05$) para la concentración de plomo	24
Tabla 9	Prueba de hipótesis ($p=0.05$) de la concentración de cadmio (ppm)	26
Tabla 10	Prueba de hipótesis ($p=0.05$) de la concentración de plomo (ppm)	26
Tabla 11	Prueba de hipótesis ($p=0.05$) de la concentración de cadmio y plomo en tipos de arroz comercializados en Jaén	27
Tabla 12	Tipos de arroz comercializados en diferentes supermercados de Jaén	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Procedimiento para cuantificación de cadmio y plomo en arroz comercializado en Jaén</i>	6
Figura 2	<i>Diseño experimental completamente al azar (DCA), en arreglo factorial 15A x 3B</i>	9
Figura 3	<i>Concentración de cadmio (ppm) en tipos de arroz comercializado en Jaén</i>	12
Figura 4	<i>Mediana de la concentración de cadmio (ppm) en tipos de arroz comercializado en Jaén</i>	12
Figura 5	<i>Media de la concentración de cadmio (ppm) en diferentes tipos de arroz comercializadas en Jaén</i>	13
Figura 6	<i>Desviación estándar de la concentración de cadmio (ppm) en arroz sin lavar de diferentes tipos comercializados en Jaén</i>	14
Figura 7	<i>Desviación estándar de la concentración de cadmio en arroz lavado de diferentes tipos comercializadas en Jaén</i>	14
Figura 8	<i>Desviación estándar de la concentración de cadmio en agua de lavado de diferentes tipos comercializados en Jaén.....</i>	15
Figura 9	<i>Concentración de plomo (ppm) en tipos de arroz comercializado en Jaén</i>	17
Figura 10	<i>Mediana de la concentración de plomo (ppm) en tipos de arroz comercializado en Jaén</i>	17
Figura 11	<i>Media de la concentración de plomo (ppm) en tipos de arroz comercializado en Jaén</i>	18
Figura 12	<i>Desviación estándar de la concentración de plomo (ppm) en arroz sin lavar de diferentes tipos comercializado en Jaén</i>	19
Figura 13	<i>Desviación estándar de la concentración de plomo (ppm) en arroz lavado de diferentes tipos comercializado en Jaén</i>	19
Figura 14	<i>Desviación estándar de la concentración de plomo (ppm) en agua de lavado de diferentes tipos comercializado en Jaén</i>	20

Figura 15	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz integral</i>	56
Figura 16	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Bell's arroz integral</i>	56
Figura 17	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Bell's arroz integral</i>	56
Figura 18	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz superior</i>	56
Figura 19	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Bell's arroz superior</i>	57
Figura 20	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Bell's arroz superior</i>	57
Figura 21	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Cosecha nortea</i>	57
Figura 22	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Cosecha nortea</i>	57
Figura 23	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Cosecha nortea</i>	58
Figura 24	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Costeño arborio</i>	58
Figura 25	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo, Costeño arborio</i>	58
Figura 26	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Costeño arborio</i>	58
Figura 27	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Costeño integral</i>	59
Figura 28	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Costeño integral</i>	59
Figura 29	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Costeño integral</i>	59
Figura 30	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Faraón Nir añejo</i>	59

Figura 31	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Faraón Nir añejo</i>	60
Figura 32	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Faraón Nir añejo</i>	60
Figura 33	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Gran chalan extra</i>	60
Figura 34	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Gran chalan extra</i>	60
Figura 35	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Gran chalan extra</i>	61
Figura 36	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Gran chalan superior</i>	61
Figura 37	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Gran chalan superior</i>	61
Figura 38	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Gran chalan superior</i>	61
Figura 39	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Paisana integral</i>	62
Figura 40	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Paisana integral</i>	62
Figura 41	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Paisana integral</i>	62
Figura 42	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte añejo superior</i>	62
Figura 43	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte añejo superior</i>	63
Figura 44	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte añejo superior</i>	63
Figura 45	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte superior</i>	63
Figura 46	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte superior</i>	63

2

Figura 47	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte superior</i>	64
Figura 48	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte gran reserva extra</i>	64
Figura 49	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra</i>	64
Figura 50	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra</i>	64
Figura 51	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte integral</i>	65
Figura 52	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte integral</i>	65
Figura 53	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte integral</i>	65
Figura 54	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Combo blanco</i>	65
Figura 55	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Combo blanco</i>	66
Figura 56	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Combo blanco</i>	66
Figura 57	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Campero extra</i>	66
Figura 58	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Campero extra</i>	66
Figura 59	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Campero extra</i>	67
Figura 60	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz integral</i>	67
Figura 61	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Bell's arroz integral</i>	67
Figura 62	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Bell's arroz integral</i>	67

Figura 63	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz superior</i>	68
Figura 64	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Bell's arroz superior</i>	68
Figura 65	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Bell's arroz superior</i>	68
Figura 66	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Cosecha nortea</i>	68
Figura 67	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Cosecha nortea</i>	69
Figura 68	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Cosecha nortea</i>	69
Figura 69	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Costeño arborio</i>	69
Figura 70	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Costeño arborio</i>	69
Figura 71	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Costeño arborio</i>	70
Figura 72	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Costeño integral</i>	70
Figura 73	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Costeño integral</i>	70
Figura 74	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Costeño integral</i>	70
Figura 75	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Faraón Nir añejo</i>	71
Figura 76	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Faraón Nir añejo</i>	71
Figura 77	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Faraón Nir añejo</i>	71
Figura 78	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Gran chalan extra</i>	71

Figura 79	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Gran chalan extra</i>	72
Figura 80	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Gran chalan extra</i>	72
Figura 81	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Gran chalan superior</i>	72
Figura 82	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Gran chalan superior</i>	72
Figura 83	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Gran chalan superior</i>	73
Figura 84	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Paisana integral</i>	73
Figura 85	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Paisana integral</i>	73
Figura 86	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Paisana integral</i>	73
Figura 87	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte añejo superior</i>	74
Figura 88	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte añejo superior</i>	74
Figura 89	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte añejo superior</i>	74
Figura 90	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte superior</i>	74
Figura 91	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte superior</i>	75
Figura 92	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte superior</i>	75
Figura 93	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte gran reserva extra</i>	75
Figura 94	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra</i>	75

Figura 95	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra</i>	76
Figura 96	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte integral</i>	76
Figura 97	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte integral</i>	76
Figura 98	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte integral</i>	76
Figura 99	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Combo blanco</i>	77
Figura 100	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavad, tipo Combo blanco</i>	77
Figura 101	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Combo blanco</i>	77
Figura 102	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Campero extra</i>	77
Figura 103	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Campero extra</i>	78
Figura 104	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Campero extra</i>	78
Figura 105	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar de tipos de arroz comerciales</i>	78
Figura 106	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado de tipos comerciales</i>	78
Figura 107	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado de tipos comerciales</i>	79
Figura 108	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar de tipos comerciales</i>	79
Figura 109	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado de tipos comerciales</i>	79
Figura 110	<i>Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado de tipos comerciales</i>	79

RESUMEN

El arroz constituye uno de los principales alimentos de la dieta diaria, aunque este alimento puede verse afectado por metales pesados. Los objetivos del estudio fueron determinar el contenido de cadmio y plomo en granos de arroz comercializado en la ciudad de Jaén y verificar si el contenido de cadmio y plomo en arroz superan los límites máximos permisibles establecidos en el Codex Alimentarius (0.4 $\mu\text{g/kg}$ de cadmio y 0.20 $\mu\text{g/kg}$ de plomo). Se seleccionaron arroces comercializados de diversos supermercados en la ciudad de Jaén. Los granos fueron analizados mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. El cadmio presentó niveles de 0.001 a 0.010 ppm en arroz sin lavar, 0.000 a 0.010 ppm en arroz lavado, mientras que el plomo presentó niveles de 0.011 a 0.125 ppm en arroz sin lavar y 0.000 a 0.127 ppm en arroz lavado. En agua de lavado el cadmio y plomo fueron nulos. El Test de Dunn mostró que el contenido de cadmio y plomo en arroz lavado y sin lavar no tienen diferencias y la prueba de hipótesis de t-Student ($p=0.05$) determinó que los niveles de cadmio y plomo no superaron los límites máximos permisibles dados por el Codex Alimentarius.

Palabras claves: Arroz sin lavar, arroz lavado, agua de lavado, cadmio, plomo, límites máximos permisibles.

ABSTRACT

Rice is one of the main foods in the daily diet, although this food can be affected by heavy metals. The objectives of the study were to determine the cadmium and lead content in rice grains marketed in the city of Jaén and to verify whether the cadmium and lead content in rice exceed the maximum permissible limits established in the Codex Alimentarius (0.4 µg/kg of cadmium and 0.20 µg/kg of lead). Rice products sold from various supermarkets in the city of Jaén were selected. The grains were analyzed using the atomic absorption spectrophotometry method. Cadmium presented levels of 0.001 to 0.010 ppm in unwashed rice, 0.000 to 0.010 ppm in washed rice, while lead presented levels of 0.011 to 0.125 ppm in unwashed rice and 0.000 to 0.127 ppm in washed rice. In washing water, cadmium and lead were zero. The Dunn's Test showed that the content of cadmium and lead in washed and unwashed rice have no differences and the t-Student hypothesis test ($p=0.05$) determined that the levels of cadmium and lead did not exceed the maximum permissible limits given by the Codex Alimentarius.

Keywords: Unwashed rice, washed rice, washing water, cadmium, lead, maximum permissible limits.

I. INTRODUCCION

El arroz es considerado como uno de los alimentos principales en la dieta alimenticia diaria, en 17 países de Asia y del Pacífico, de ocho países de África, de siete países de América Latina y del Caribe (MIDAGRI, 2024). Es fuente de energía y nutrientes, como proteínas, vitaminas como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), B6, tocoferol (E), entre otros, y minerales (fósforo, zinc, hierro, calcio) (Paredes et al., 2021).

Su comercialización es significativa, incluso entre enero y junio del 2023 el Perú importó 56.122.987 kilos de arroz por un valor CIF de US\$ 39.219.255, siendo el principal proveedor de este producto el país de Uruguay, que logró colocaciones en nuestro país por US\$ 19.632.419 (50% del total de importaciones), seguido por Brasil con US\$ 17.148.326, Tailandia con US\$ 2.129.893 y otros con montos menores que juntos sumaron US\$ 308.617 (Ramos, 2023).

El arroz peruano cuya comercialización es rentable y requerido por el mercado de EEUU (Huacollo, 2022), también se comercializa arroz envasado en supermercados como Plaza Vea, Súper Market El Centro, Minorte Express, bajo diferentes presentaciones como arroz Extra Costeño, arroz Superior Costeño, arroz Integral Costeño, arroz Parbolizado Costeño, arroz Parborio Costeño (Plaza Vea, s.f.), arroz Extra Mejorado Campero, arroz Paisana Integral, arroz Combo blanco, arroz Valle Norte (Minorte, 2024).

Los granos pueden ser contaminados en los mismos campos de cultivo, pues el cultivo requiere de la aplicación de pesticidas y fertilizantes que contribuyen a la acumulación significativa de metales pesados (Torrente et al., 2020) y que, al comercializarse en supermercados o mercados de abastos, es posible que los granos estén contaminados por metales pesados, tóxicos en la cadena alimentaria, como el Cd, Pb, As (Dueñas-Ruiz et al., 2022).

Al consumir, estos granos contaminados, la exposición a largo plazo causa disfunción renal o conducir a obstruir la función del pulmón e hígado (Torres et al., 2021). En caso del plomo, una vez que entra al organismo puede permanecer en el organismo entre 10 y 20 años y afectar todos los sistemas y todos los órganos (Aristeguinoticias, 2024). El arroz (*Oryza sativa*) es un alimento básico para más de la mitad de la población mundial y reportes recientes datan de la presencia de metales pesados como plomo, cadmio, mercurio y arsénico en el arroz (Al-Saleh y Abduljabbar, 2020).

Aunque algunas investigaciones indican que los granos de arroz no contienen cadmio en cantidades que afecten la salud del consumidor (Iglesias et al., 2023), hay la posibilidad que el monóxido de carbono expulsado por los vehículos motorizados genere mayor acumulación de metales pesados (Zafra et al., 2013); asimismo las actividades humanas como la minería y la

incineración pueden contribuir con la acumulación de metales pesados en la cadena alimentaria y provocar efectos adversos en la salud provocando enfermedades neurológicas, gastrointestinales, renales, así como promover la mutagénesis y la carcinogénesis por lo cual es importante reducir los niveles de estos contaminantes ya que va a repercutir tanto en la salud como en lo social y económico (Robles, 2024).

Naser et al. (2014). reportaron contenido de plomo (0.71) y cadmio (0.41) en arroz importado por encima de los LMP, que podrían generar riesgos a la salud.

Lemos et al. (2012). indicaron contenido de plomo (7.8) en diferentes tratamientos de arroz importado por encima de los LMP, que podrá afectar a la ingesta diaria del consumidor.

1 Talaverano (2015), reporto que las muestras analizadas difieren significativamente en el contenido de Cadmio siendo el valor promedio hallado superior al valor límite establecido por la normativa del Codex Alimentario y el Reglamento Técnico de Mercosur. Asimismo, manifiesta que el contenido de Cadmio en el arroz se ve afectado por el tratamiento previo de las tierras de cultivo, el proceso de selección, acondicionamiento y envasado, ya que durante este periodo está expuesto a una posible contaminación con este metal.

1 Cucufate (2017) reportó que el contenido de cadmio en las muestras analizadas no sobrepasa el valor establecido por la Unión Europea (0.20 mg/kg), sin embargo, en el arroz integral se encontró un valor bastante cercano (0.18 mg/kg).

1 Flores y Novoa (2022) indicaron que el 100 % de muestras de arroz a granel analizadas se encuentran dentro de la concentración máxima permitida de Cd (0.400 mg/kg), según el Codex Alimentarius y el MERCOSUR.

Caicedo (2024) evaluó las concentraciones de los metales pesados como plomo (4.33 mg/kg) y cadmio (1.06 mg/kg) que no significaron riesgos para el consumidor.

1 Villegas y Jara (2024) señalo que los niveles de cadmio y plomo no superaron los LMP establecidos en el Codex Alimentarius.

1 Islam et al. (2024) reporto que el contenido de Cr (0,99 mg/kg), Fe (8,35 mg/kg), Pb (0,49 mg/kg) y Co (0,02 mg/kg) superan los límites máximos permisibles establecidos. Además, el Índice de Riesgo (IR) superó 1 en todas las variedades de arroz, lo que implica que el consumo de estos granos de arroz seleccionados puede tener un impacto sustancial en la calidad general de los alimentos y sus posibles consecuencias para la salud. Se encontró que tanto el riesgo carcinogénico como el riesgo probabilístico para As, Ni, Cd, Cr y Pb superaron los niveles umbral y los límites de seguridad, respectivamente. Esto sugiere que las personas que han consumido regularmente estas variedades de arroz pueden enfrentar una mayor probabilidad de desarrollar cáncer en el futuro, como se predijo. Según el análisis de sensibilidad, la

concentración de metales y la tasa de ingestión de alimentos (TIA) son los componentes más relevantes que contribuyen al impacto significativo de los riesgos cancerígenos para la salud. Finalmente, el estudio concluyó que la ingesta de metales pesados a través de los alimentos representa un riesgo para la salud humana, lo que requiere un monitoreo efectivo en cada ubicación geográfica e identificar la fuente de este metal pesado para limitar su exposición.

1

Por lo antedicho, la presente investigación tuvo los siguientes objetivos: determinar el contenido de cadmio en granos de arroz comercializado en la ciudad de Jaén, determinar el contenido de plomo en granos de arroz comercializado en la ciudad de Jaén y verificar si el contenido de cadmio y plomo en arroz comercializado en la ciudad de Jaén superan los límites máximos permisibles establecidos en el Codex Alimentarius (0.4 µg/kg de cadmio y 0.20 µg/kg de plomo)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Metodología

2.1.1. Población, muestra y muestreo

Población

Correspondió a diferentes tipos arroz envasado (Bell's Arroz Integral, Bell's Arroz Superior, Cosecha Norteña, Costeño Arborio, Costeño Integral, Faraón NIR Añejo, Gran Chalan Extra, Gran Chalan Superior, Paisana Integral, Vallenorte Añejo Superior, Vallenorte Superior, Vallenorte Gran reserva Extra, Vallenorte Integral, Combo blanco, Campero extra) que se comercializa en la ciudad de Jaén.

Muestra

El tamaño de muestra correspondió a tipos de arroz envasado (Bell's Arroz Integral, Bell's Arroz Superior, Cosecha Norteña, Costeño Arborio, Costeño Integral, Faraón NIR Añejo, Gran Chalan Extra, Gran Chalan Superior, Paisana Integral, Vallenorte Añejo Superior, Vallenorte Superior, Vallenorte Gran reserva Extra, Vallenorte Integral, Combo blanco, Campero extra) que se comercializa en la ciudad de Jaén.

Muestreo

Consistió en seleccionar, de cada establecimiento, al azar dos bolsas envasadas de cada tipo expendida en los diferentes supermercados como Plaza Veá, Súper Market El Centro, Minorte Express de la ciudad de Jaén

2.1.2. Materiales

A) Material biológico

- 500 g de arroz envasado de cada tipo de arroz (Anexo 2).

B) Materiales para laboratorio

Fiola, tubos de ensayo, placas Petri, matraz Erlenmeyer, pinzas, vasos de precipitación de 100 ml.

C) Equipos

- Balanza analítica, modelo PX224/E, marca OHAUS CORPORATION USA
- Espectrofotómetro de absorción atómica, marca Agilent Technologies y modelo 4100 MP-AES, equipado con una antorcha estándar, un nebulizador

Inert OneNeb y cámara de pulverización ciclónica de vidrio de doble paso Agilent Technologies.

- Digestor por Microondas, modelo Multiwave Pro, marca Antón Para, incluye Cabina de Seguridad Biológica modelo FH-180-PP-ACT, marca COPIAR.
- Molino de granos

D) Insumos

- Agua destilada
- Ácido nítrico (HNO_3) 65%
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) 30 %
- Solución estándar de plomo y cadmio

2.1.3. Métodos

a) Fase de campo

Se realizó la obtención de muestras en los diferentes establecimientos de la ciudad de Jaén.

b) Fase de Laboratorio

Correspondió al análisis de cadmio y plomo que se realizó en el Centro de Análisis Espectrofotométrico del Centro de Producción de Bienes y Servicios de la Universidad Nacional de Jaén.

c) Metodología del experimento (Figura 1)

c.1. Obtención de muestras

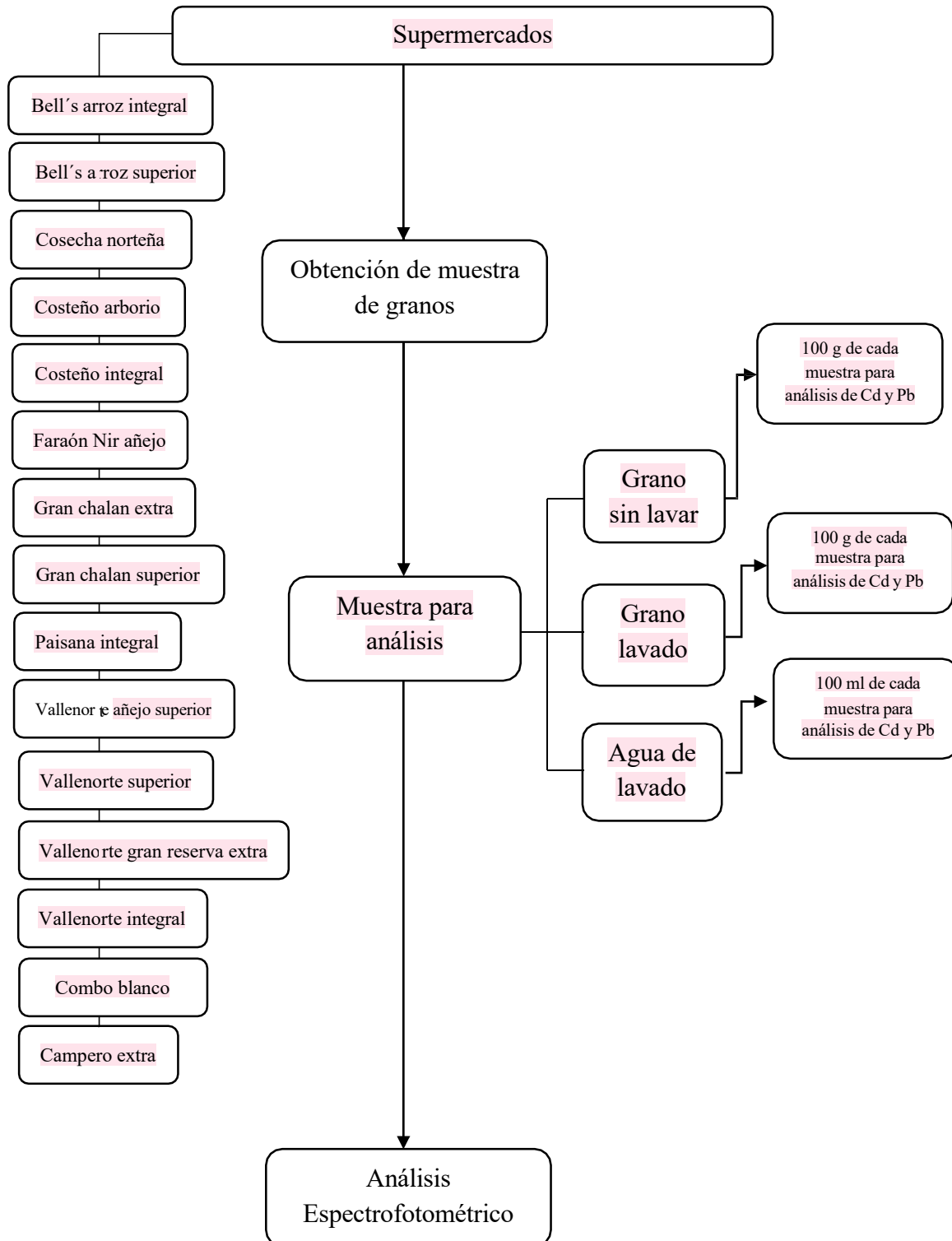
Se seleccionaron de los establecimientos de la ciudad de Jaén, dos envases de cada tipo de arroz comercializado para consumo humano.

Las muestras a analizar consistieron en:

Granos de arroz envasado: muestras de 500 gramos de arroz envasado de cada tipo.

Figura 1

Procedimiento para cuantificación de cadmio y plomo en arroz comercializado en Jaén.



c.2. Conservación de las muestras

Las muestras fueron cuidadosamente custodiadas y codificadas para su adecuada identificación. Cada envase fue debidamente etiquetado, consignando los siguientes datos:

- Fecha de muestreo:
- Nombre del Supermercado:
- Marca:
- Procedencia:
- Precio:

c.3. Traslado de muestras al laboratorio

Las muestras, debidamente identificadas, fueron empacadas en cajas de cartón y luego trasladadas al laboratorio para su análisis espectrofotométrico.

c.4. Obtención de muestras para análisis

Granos de arroz sin lavado

Con ayuda de un molino manual y con sumo cuidado, las muestras fueron molidas hasta obtener harina con partículas muy finas. Entre muestra y muestra, se realizó la limpieza de la tolva, el barreno y placas molidoras, a fin de evitar el efecto de borde.

El arroz pulverizado, fue cuidadosamente colocado en tapers de plástico de 100 g de capacidad, los cuales fueron debidamente identificados con plumón indeleble.

Granos de arroz lavado

Los granos de cada tipo de arroz fueron cuidadosamente lavados, simulando un lavado antes de la cocción. El arroz lavado fue colocado en tápers de plástico resistentes al calor, de una capacidad de 100 g. Estas muestras, después de haberse secado en estufa, fueron molidas siguiendo lo descrito en el molido de granos sin lavado.

Agua de lavado

El agua procedente del lavado de granos, fueron vertidos en frascos de vidrio de 200 ml, debidamente identificados, en una cantidad de 100 ml por cada marca.

c.5. Análisis espectrofotométrico

Las muestras se analizaron siguiendo el método de la Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA 1-994. El kit para metales pesados fue facilitado por el Centro de Análisis Espectrofotométrico del Centro de Producción de Bienes y Servicios de la Universidad Nacional de Jaén,

- El material de vidrio y teflones se lavaron con ácido nítrico al 5 %, agua destilada y agua purificada.
- Se pesaron 0.5 g de arroz, por cada marca. Luego se agregaron a 8 tubos de teflón al que se le añadió 5 ml de Ácido Nítrico 65%, 2 ml de peróxido de hidrogeno 30 %. Se procedió al sellado y trasladado al Digestor de Microondas. La primera rampa de 420 W se programó a un tiempo de 5:30 min, y la segunda rampa de 350W a un tiempo de 9:30 min a una temperatura de 70° C. Se dejó enfriar por 15 minutos y se filtraron en papel filtro Whatman 41 añadiendo agua destilada en fioles de 25 ml quedando listo para la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

d) Tratamiento de datos

d.1. Ordenamiento de datos

Los datos obtenidos fueron ordenados en la siguiente matriz.

Tipos de arroz	Arroz sin lavado	Arroz lavado	Agua de lavado
Bell's Arroz Integral			
Bell's Arroz Superior			
Cosecha Norteña			
Costeño Arborio			
Costeño Integral			
Faraón NIR Añejo			
Gran Chalan Extra			
Gran Chalan Superior			
Paisana Integral			

Vallenorte Añejo Superior
Vallenorte Superior
Vallenorte Gran reserva Extra
Vallenorte Integral
Combo blanco
Campero extra

d.2. Diseño estadístico

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 17 x 3, que correspondió a 15 tipos de arroz envasado y 3 etapas que correspondió a arroz sin lavado, arroz lavado y agua de lavado (Figura 2).

Figura 2

Diseño experimental completamente al azar (DCA), en arreglo factorial 15A x 3B.

Marca 1	Grano sin lavado	Marca 1	Grano sin lavado	Marca 1	Grano sin lavado
	Grano lavado		Grano lavado		Grano lavado
	Agua de lavado		Agua de lavado		Agua de lavado
Marca 2	Grano sin lavado	Marca 2	Grano sin lavado	Marca 2	Grano sin lavado
	Grano lavado		Grano lavado		Grano lavado
	Agua de lavado		Agua de lavado		Agua de lavado
Marca 3	Grano sin lavado	Marca 3	Grano sin lavado	Marca 3	Grano sin lavado
	Grano lavado		Grano lavado		Grano lavado
	Agua de lavado		Agua de lavado		Agua de lavado
Marca 4	Grano sin lavado	Marca 4	Grano sin lavado	Marca 4	Grano sin lavado
	Grano lavado		Grano lavado		Grano lavado
	Agua de lavado		Agua de lavado		Agua de lavado
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
Marca 15	Grano sin lavado	Marca 15	Grano sin lavado	Marca 15	Grano sin lavado
	Grano lavado		Grano lavado		Grano lavado
	Agua de lavado		Agua de lavado		Agua de lavado
R ₁		R ₂		R ₃	

d.3. Análisis estadístico

Con ayuda del paquete Excel, se realizó el análisis de variancia (ANDEVA) al 0.05 de probabilidad (Anexo 1) a finde determinar la significancia entre grupo de tratamientos. Previamente se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas, así como la prueba de normalidad para observar si los datos cumplían con los supuestos del ANDEVA. Al no tener distribución normal se hizo uso del estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis. Al resultar significativo se acudió al uso de la prueba de Dunn ($p=0.05$) a fin de observar en cual etapa hay mayor contenido de metales pesados.

1

Igualmente, con ayuda del paquete Excel, los datos los datos registrados se presentaron en diagramas o tablas para describir la acumulación de metales pesados. Al respecto, las medidas fueron de **Tendencia Central** (Mediana, Promedio), que permitieron conocer la cantidad de metales en cada una de los tipos de arroz y la medida de **Dispersión** (Varianza y Desviación Estándar) para observar la variabilidad de la variable dependiente en estudio para comprender que tan distante están los valores de la variable a un valor central.

1

Asimismo, para predecir las características de la población y muestra se hizo uso de las probabilidades a fin de rechazar o aceptar la hipótesis. Para el efecto, se comprobó la hipótesis mediante el contraste de hipótesis, al 0.05 de confiabilidad, para comprobar si el contenido de metales pesados en la muestra superó o no los límites máximos permisibles dados por el Codex Alimentarius. Para el contraste de hipótesis, se tuvo en cuenta la hipótesis nula (H_0) la cual recogió el supuesto de que el parámetro toma un valor determinado (menor a 0.4 $\mu\text{g/kg}$ de cadmio y 0.20 $\mu\text{g/kg}$ de plomo).

2

Se aplicó la inferencia estadística de la prueba de hipótesis de una muestra, usando la distribución de t-student (a partir de la variancia poblacional calculada y considerando que en esta investigación el número de muestra fue inferior a 30).

III. RESULTADOS

Concentración de cadmio

En la Tabla 1 y Figura 3 se observa que la concentración de cadmio en arroz sin lavar varía entre 0.001 a 0.01, en arroz lavado varía entre 0.00 a 0.02 y en agua de arroz no se encontró cadmio, siendo su valor de cero.

En la figura 4, se observa que la mediana de la concentración de cadmio alcanzó los valores de 0.003 para la etapa de arroz sin lavar y arroz lavado, mientras que en agua de lavado el valor fue de cero.

En la figura 5, se observa que la media aritmética arroz sin lavar y arroz lavado fue de 0.0041 y en agua de lavado correspondió a cero.

Tabla 1

Concentración de cadmio en diferentes tipos de arroz comerciales.

Tipos de arroz	Sin lavar	Lavado	Agua de lavado
Bell's arroz integral	0.007	0.007	0.000
Bell's arroz superior	0.001	0.000	0.000
Cosecha nortea	0.010	0.002	0.000
Costeño arborio	0.007	0.000	0.000
Costeño integral	0.004	0.003	0.000
Faraón Nir ajeo	0.004	0.003	0.000
Gran chalan extra	0.004	0.004	0.000
Gran chalan superior	0.003	0.001	0.000
Paisana integral	0.003	0.003	0.000
Vallenorte ajeo superior	0.003	0.003	0.000
Vallenorte superior	0.001	0.000	0.000
Vallenorte gran reserva extra	0.008	0.010	0.000
Vallenorte integral	0.003	0.004	0.000
Combo blanco	0.001	0.003	0.000
Campero extra	0.003	0.001	0.000
Mediana	0.003	0.003	0.000
Media	0.004	0.004	0.000

Figura 3

Concentración de cadmio (ppm) en diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.

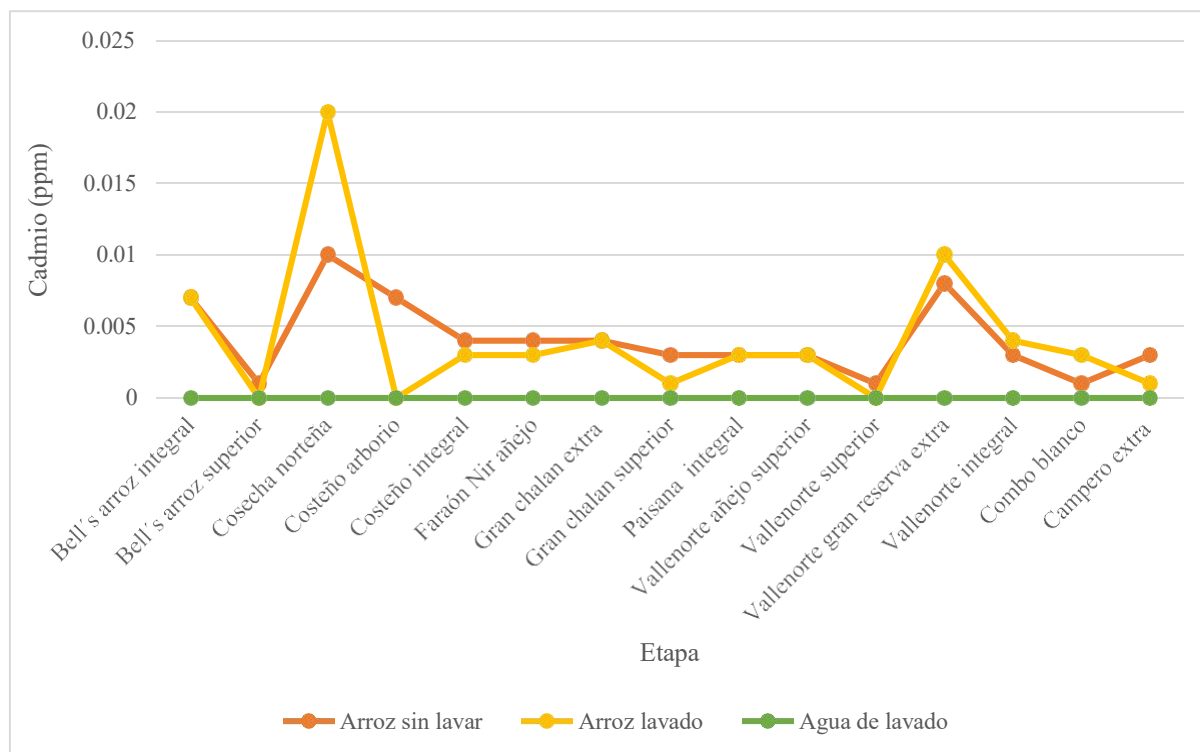


Figura 4

Mediana de la concentración de cadmio (ppm) en diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.

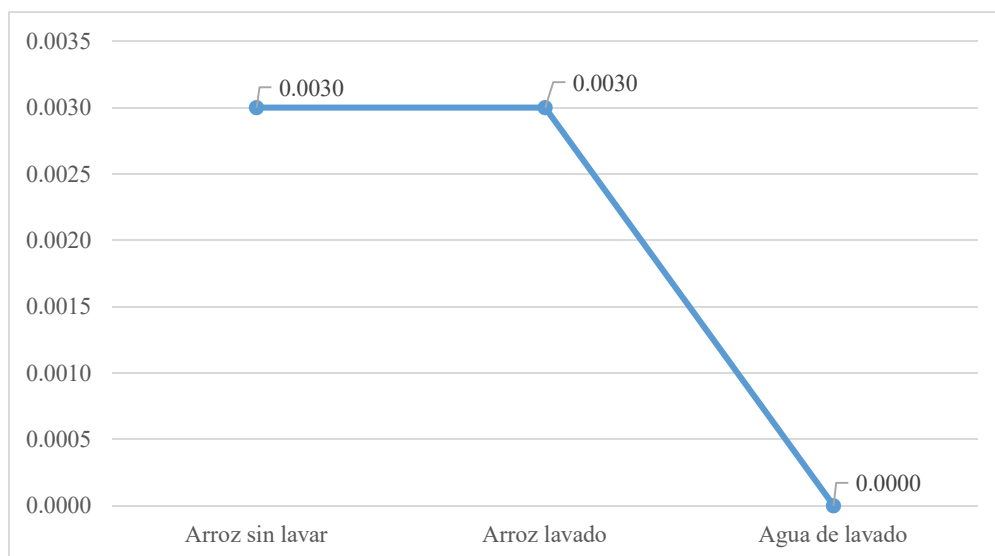
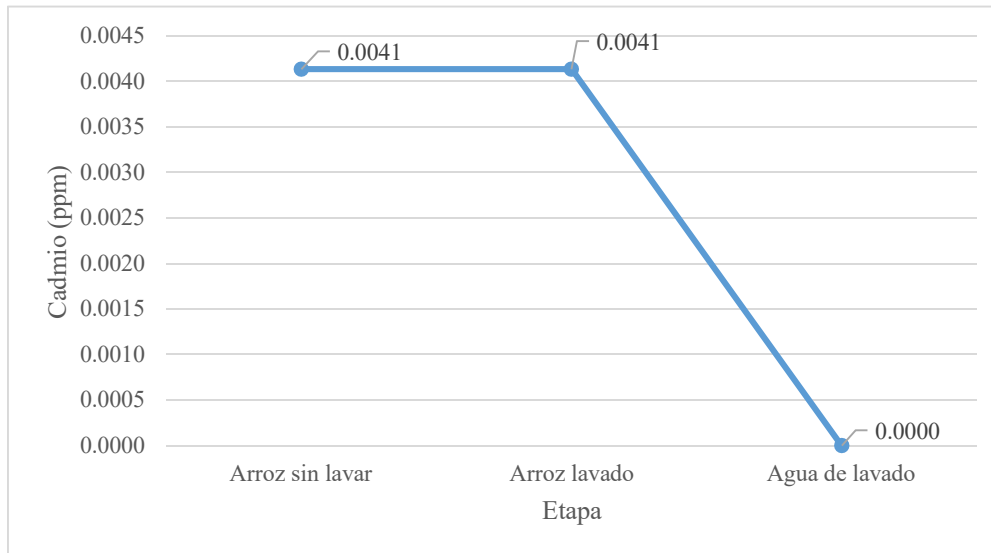


Figura 5

Media de la concentración de cadmio (ppm) de diferentes tipos de arroz comercializadas en Jaén.



En la Figura 6, la desviación estándar para la concentración de cadmio en arroz sin lavar muestra que la mayoría de valores se ubican dentro del rango superior e inferior. Algunos tipos como Bell's arroz integral, Cosecha norteña y Vallenorte gran reserva extra superaron el promedio, mientras que los demás tipos de arroz mostraron valores por debajo de la media. Puede notarse que el contenido de cadmio es disperso con respecto a los tipos de arroz, pero existe cierta homogeneidad con respecto a los rangos superior e inferior.

En la figura 7 se observa que la concentración de cadmio su dispersión fue uniforme en la mayoría de los tipos de arroz y sólo los tipos de Cosecha norteña y Vallenorte gran reserva extra superaron el límite superior con respecto a la media.

La desviación estándar del contenido de cadmio en agua de lavado fue nula debido a que no hubo presencia de cadmio (Figura 8).

Figura 6

Desviación estándar de la concentración de cadmio (ppm) en arroz sin lavar de diferentes tipos comercializadas en Jaén.

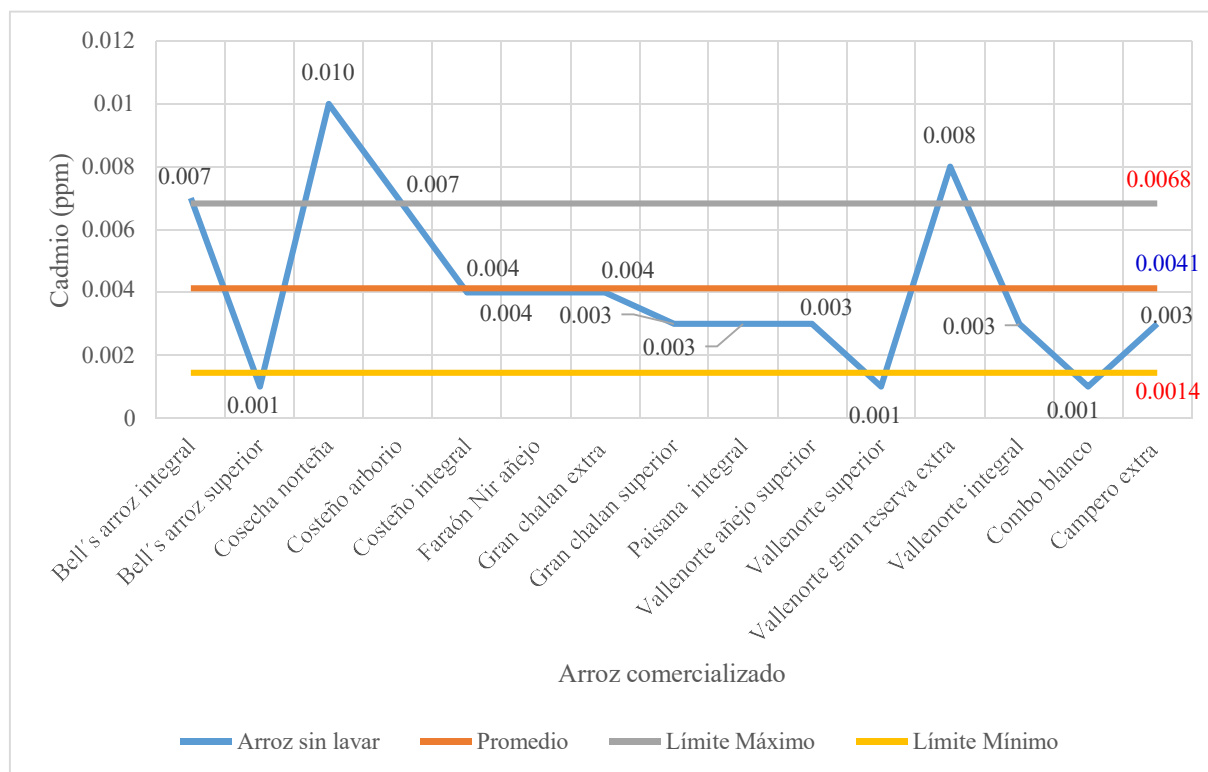


Figura 7

Desviación estándar de la concentración de cadmio en arroz lavado de diferentes tipos comercializadas en Jaén.

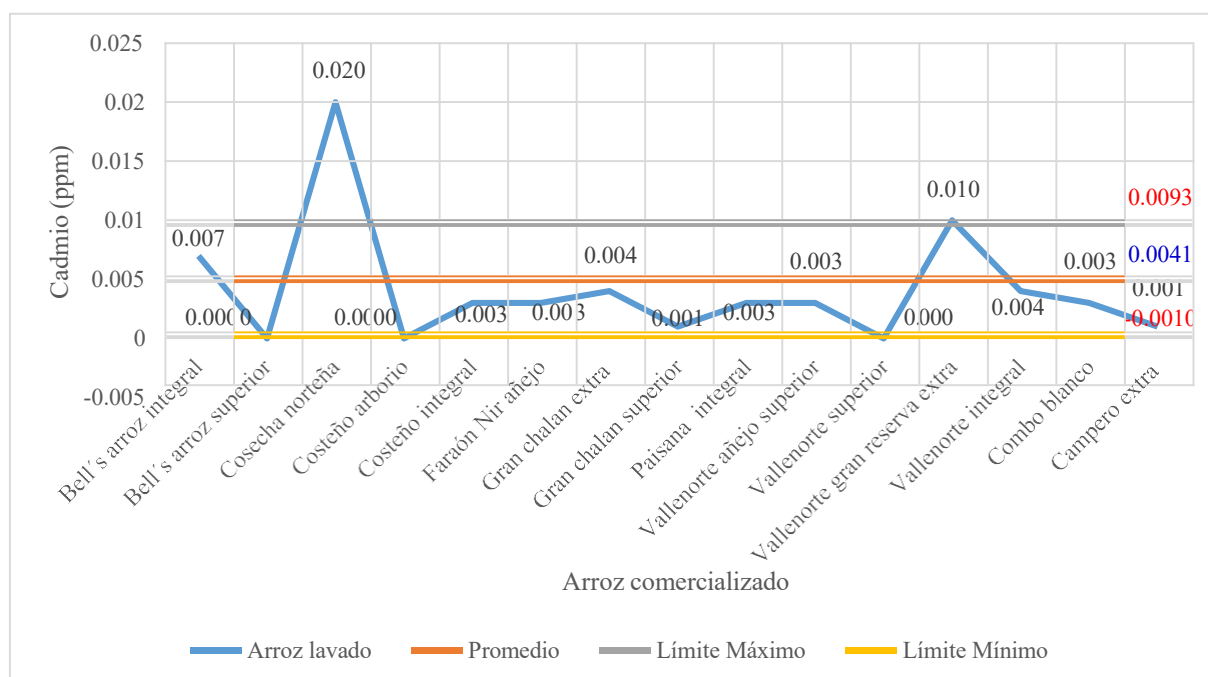
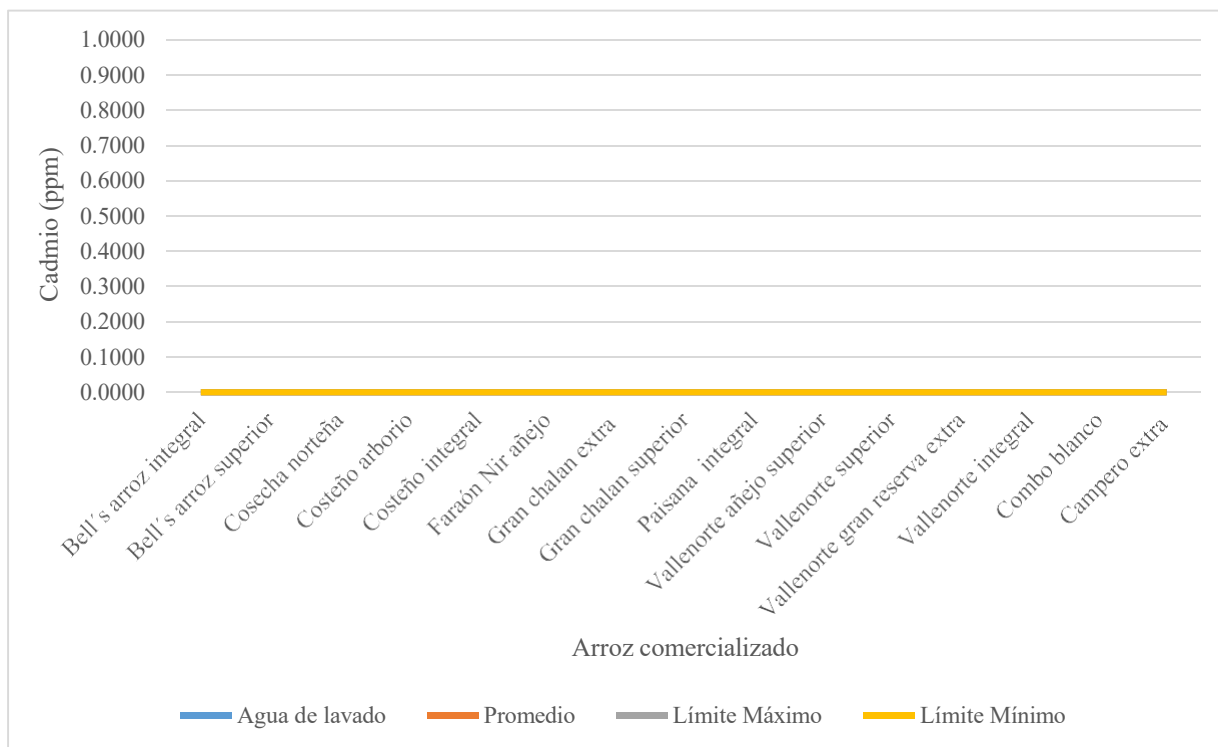


Figura 8

Desviación estándar de la concentración de cadmio en agua de lavado de diferentes tipos comercializadas en Jaén.



Contenido de Plomo

La tabla 2 y figura 9, muestran que la concentración de plomo en los diferentes tipos de arroz presentó valores entre 0.000 ppm (Bell's arroz superior) a 0.125 ppm (Faraón Nir Añejo) en arroz sin lavar. En arroz lavado, los valores resultaron entre 0.000 ppm (Bell's arroz superior) a 0.127 ppm (Paisana integral), mientras que en agua de lavado no hubo presencia de plomo.

La mediana presentó valores de 0.075 ppm, 0.079 ppm en arroz sin lavar y arroz lavado respectivamente. En agua de lavado no se presentó plomo (Figura 10).

La media aritmética de plomo (Figura 11) alcanzó 0.085 ppm en arroz sin lavar y 0.089 ppm en arroz lavado.

Tabla 2
Concentración de plomo (ppm) de diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.

	Tipos de arroz	Arroz sin lavar	Arroz lavado	Agua de lavado
1	Bell's arroz integral	0.050	0.005	0.000
	Bell's arroz superior	0.022	0.000	0.000
	Cosecha norteña	0.090	0.059	0.000
	Costeño arborio	0.053	0.010	0.000
	Costeño integral	0.106	0.113	0.000
	Faraón Nir añejo	0.125	0.123	0.000
	Gran chalan extra	0.084	0.103	0.000
	Gran chalan superior	0.055	0.073	0.000
	Paisana integral	0.092	0.127	0.000
	Vallenorte añejo superior	0.098	0.114	0.000
	Vallenorte superior	0.085	0.089	0.000
	Vallenorte gran reserva extra	0.038	0.076	0.000
	Vallenorte integral	0.011	0.083	0.000
	Combo blanco	0.096	0.093	0.000
	Campero extra	0.124	0.124	0.000
	Mediana	0.085	0.089	0.000
	Media	0.075	0.079	0.000

Figura 9

Concentración de plomo (ppm) en diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.

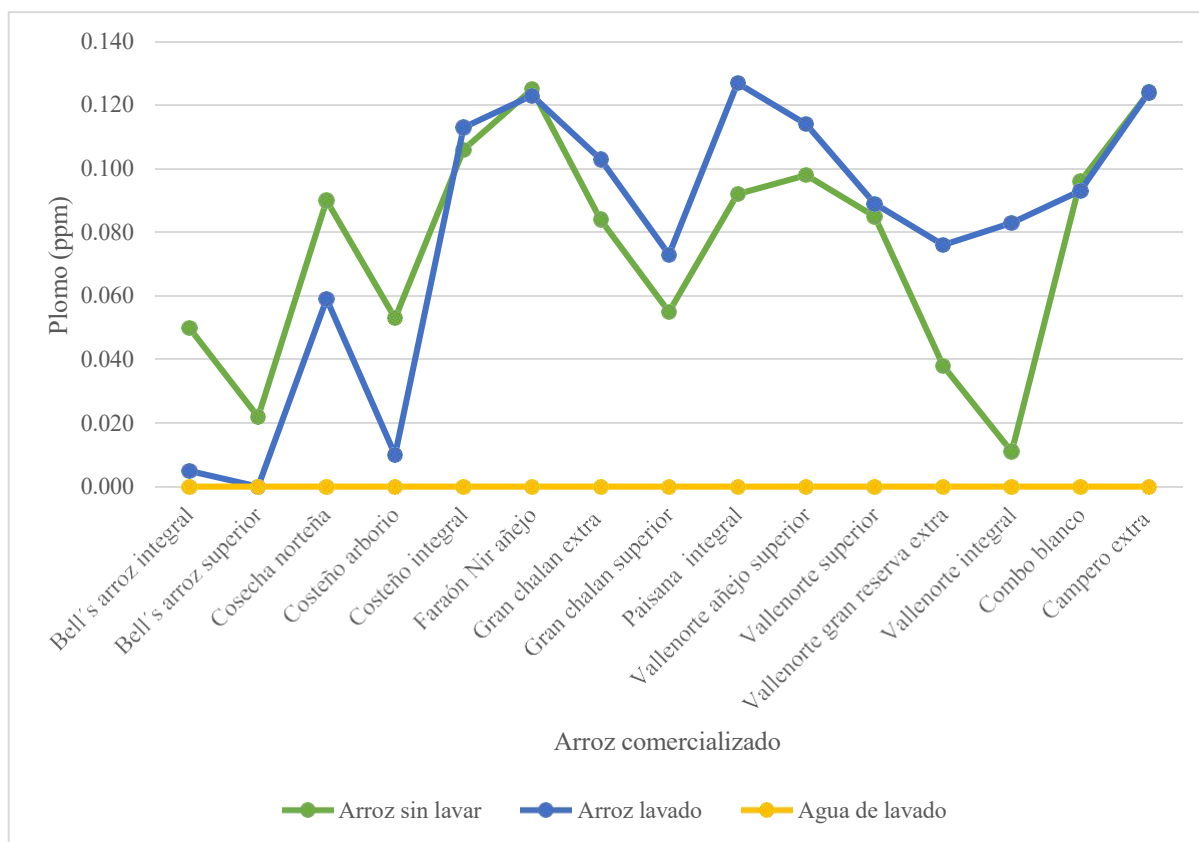


Figura 10

Mediana de la concentración de plomo (ppm) en diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.

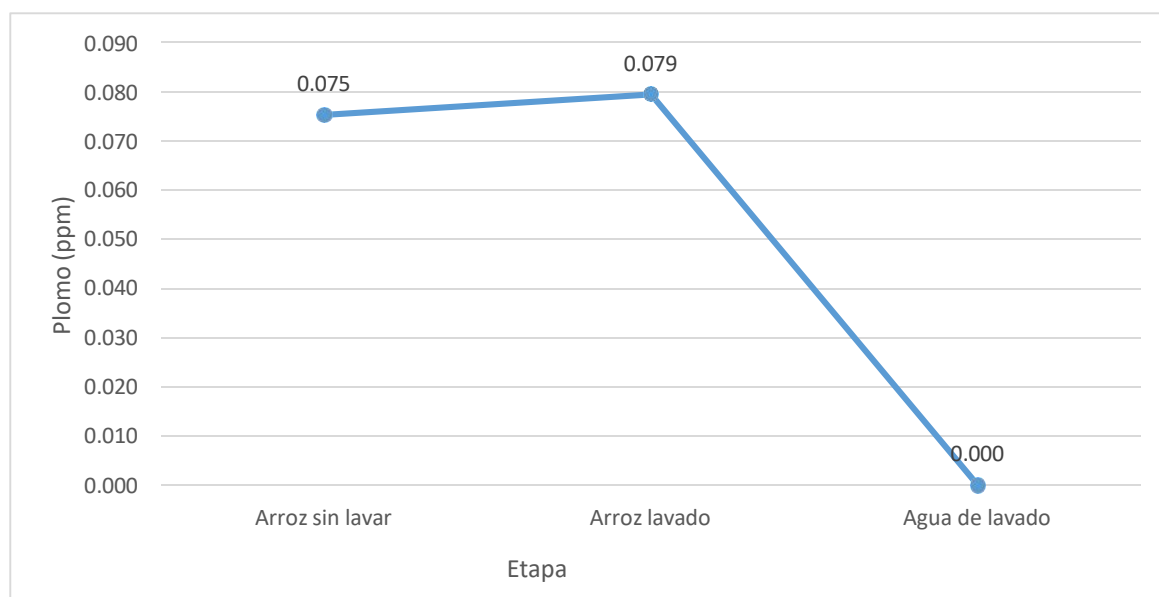
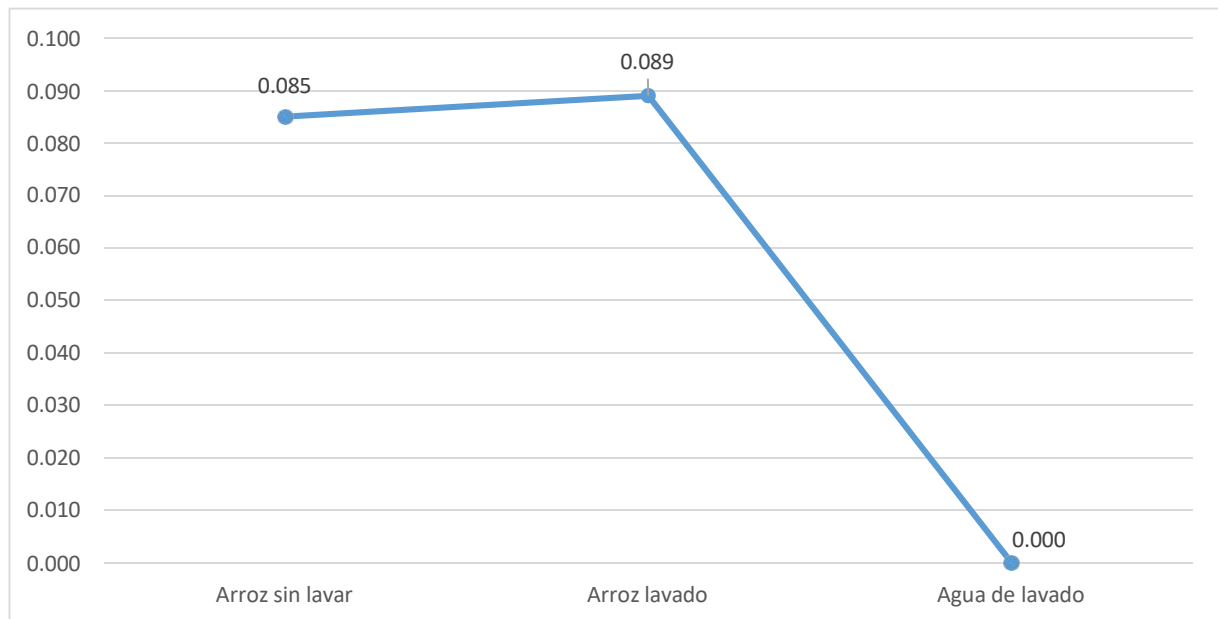


Figura 11

Media de la concentración de plomo (ppm) en diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.



La desviación estándar (Figura 12) indicó que, para el arroz sin lavar, la concentración de plomo es mayormente homogénea ya que la mayoría de los valores se encuentran dentro del margen del límite superior e inferior. Las variedades Faraón Nir Añejo y Campero extra, se ubicaron por encima del límite superior mientras que las variedades Bell's arroz superior y Vallenorte integral se ubicaron por debajo del límite inferior, mostrando valores mínimos con respecto a la media. En la figura 13, la desviación estándar muestra que, en arroz lavado, la mayoría de los tipos de arroz tiene distribución homogénea con respecto a la media de los valores de plomo, ubicándose dentro de los márgenes de los límites superior e inferior.

La figura 14, muestra que la desviación estándar en agua de lavado es nula debido a que en esta etapa no se presentó el plomo.

Figura 12

Desviación estándar de la concentración de plomo (ppm) en arroz sin lavar de diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.

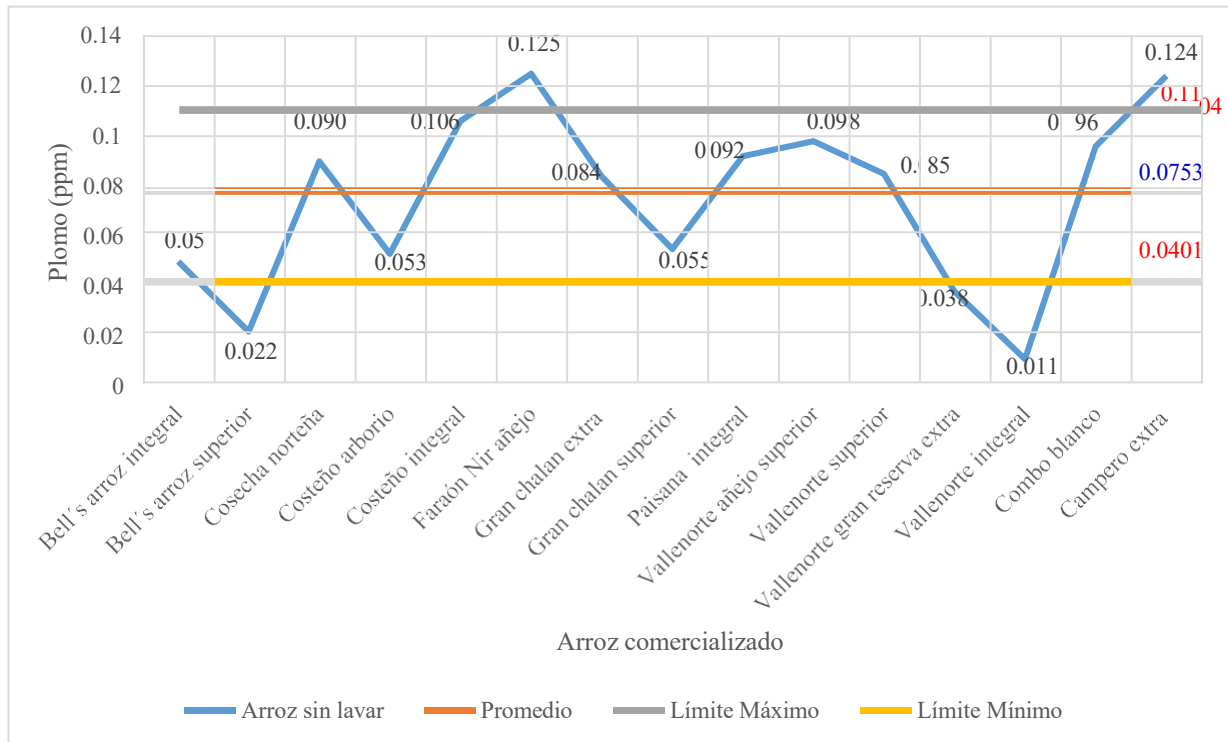


Figura 13

Desviación estándar de la concentración de plomo (ppm) en arroz lavado de diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.

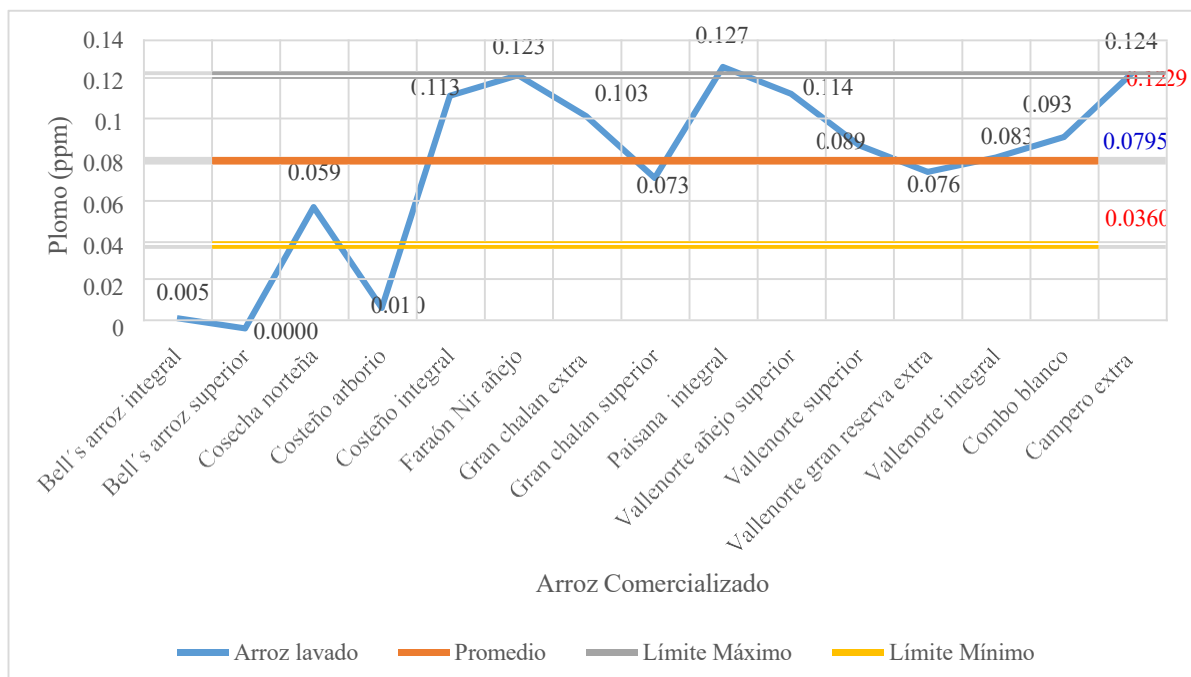
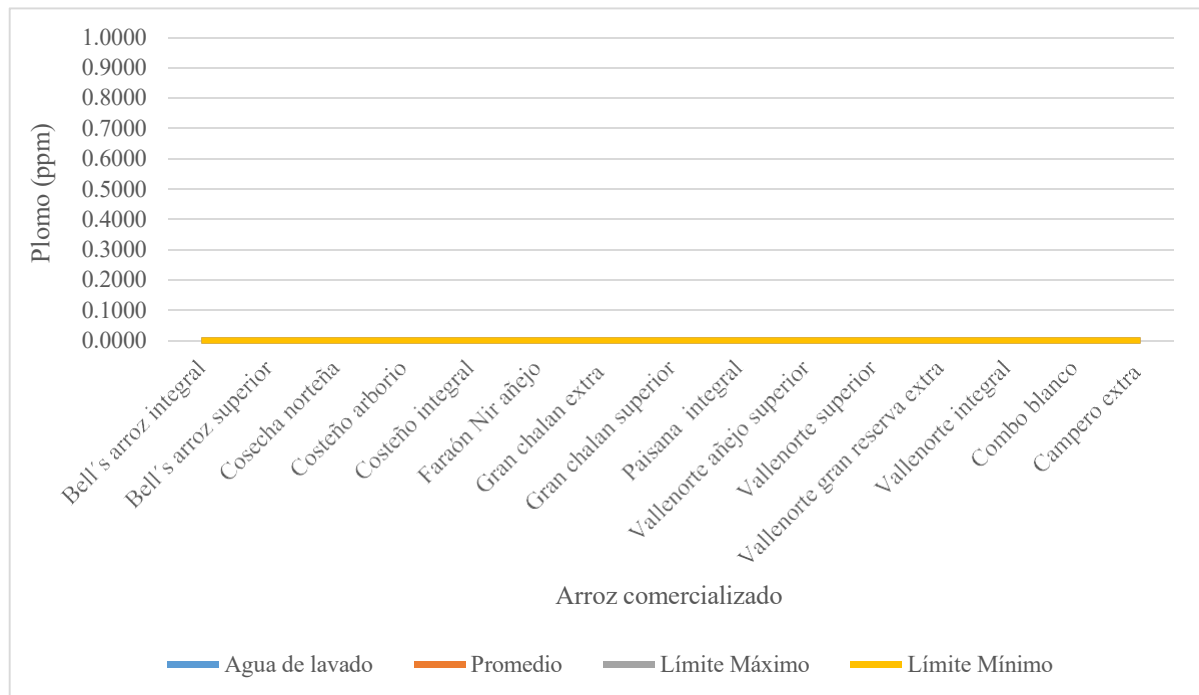


Figura 14

Desviación estándar de la concentración de plomo (ppm) en agua de lavado de diferentes tipos de arroz comercializado en Jaén.



Análisis de variancia y prueba post hoc

La prueba estadística para observar la distribución normal de los datos indicó rechazar la hipótesis nula (Tabla 3) por lo que la variable independiente al ser sometida a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Tabla 4) indicó que hay diferencias estadísticas significativas del contenido de cadmio entre los tipos de arroz y las etapas (arroz sin lavar, arroz lavado y agua de lavado), rechazándose la hipótesis nula; es decir las medias de cada uno de los tratamientos son diferentes entre sí.

Para determinar los grupos que tienen diferencias estadísticas, se procedió a usar el Test de Dunn al 0.05 de probabilidad., tal como se muestra en la Tabla 5. La concentración de cadmio en los tratamientos Cosecha norteña-Sin lavar, Vallenorte gran reserva extra-Lavado, Vallenorte gran reserva extra-Sin lavar, Costeño arborio-Sin lavar, Bell's arroz integral-sin lavar, Bell's arroz integral-Lavado, superaron estadísticamente a los demás tratamientos, pero a la vez el contenido de cadmio no tiene diferencias estadísticas, lo cual da a entender que en estos tipos hay mayor concentración de cadmio en arroz sin someterlo al lavado.

Los demás tipos de arroz no tienen diferencias estadísticas significativas, es decir, la concentración de cadmio en estos tipos es similar.

Tabla 3

Prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov de la concentración de cadmio.

Estadístico de contraste	$p=0.05$	$k(n)$	$KS\ t = C\alpha / k(n)$	p-valor
$D = \sup_{1 \leq i \leq n} \hat{F}_n(x_i) - F_0(x_i) $	$C\alpha$			
0.20279462	0.895	11.6821064	0.0766129	0.20279 > 0.0766 *

Se rechaza la H_0 : La distribución no es normal

Tabla 4

Prueba de Kruskal Wallis ($p=0.05$) de la concentración de cadmio.

Nº muestra (N)	$\sum_{j=1}^k R_j^2$	Prueba H	Valor crítico tabular	Decisión
135	813373.3	123.62	60.48 *	Rechazo de la H_0

Tabla 5

Prueba post hoc no paramétrico de Dunn ($p=0.05$) de la concentración de cadmio.

Tipos de arroz	Etapas	Rango
Cosecha norteña	Arroz sin lavar	398.0 ^a
Vallenorte gran reserva extra	Arroz lavado	397.0 ^a
Vallenorte gran reserva extra	Arroz sin lavar	384.0 ^a
Costeño arborio	Arroz sin lavar	368.0 ^a
Bell's arroz integral	Arroz sin lavar	366.0 ^a
Bell's arroz integral	Arroz lavado	364.0 ^a
Gran chalan extra	Arroz sin lavar	331.0 ^{a b}
Costeño integral	Arroz sin lavar	330.0 ^{a b}
Vallenorte integral	Arroz lavado	330.0 ^{a b}
Faraón Nir añejo	Arroz sin lavar	329.5 ^{a b}
Gran chalan extra	Arroz lavado	329.5 ^{a b}
Combo blanco	Arroz lavado	273.5 ^{a b}
Vallenorte añejo superior	Arroz lavado	265.0 ^{a b}
Vallenorte añejo superior	Arroz sin lavar	263.5 ^{a b}

Costeño integral	Arroz lavado	261.0 ^{a b}
Gran chalan superior	Arroz sin lavar	261.0 ^{a b}
Paisana integral	Arroz lavado	261.0 ^{a b}
Vallenorte integral	Arroz sin lavar	261.0 ^{a b}
Campero extra	Arroz sin lavar	261.0 ^{a b}
Faraón Nir añejo	Arroz lavado	259.0 ^{a b}
Paisana integral	Arroz sin lavar	259.0 ^{a b}
Cosecha norteña	Arroz lavado	213.0 ^{a b}
Combo blanco	Arroz sin lavar	190.0 ^{a b}
Gran chalan superior	Arroz lavado	189.5 ^{a b}
Campero extra	Arroz lavado	189.5 ^{a b}
Vallenorte superior	Arroz sin lavar	187.0 ^{a b}
Bell's arroz superior	Arroz sin lavar	174.0 ^{a b}
Bell's arroz integral	Agua de lavado	82.5 ^b
Bell's arroz superior	Arroz lavado	82.5 ^b
Bell's arroz superior	Agua de lavado	82.5 ^b
Cosecha norteña	Agua de lavado	82.5 ^b
Costeño arborio	Arroz lavado	82.5 ^b
Costeño arborio	Agua de lavado	82.5 ^b
Costeño integral	Agua de lavado	82.5 ^b
Faraón Nir añejo	Agua de lavado	82.5 ^b
Gran chalan extra	Agua de lavado	82.5 ^b
Gran chalan superior	Agua de lavado	82.5 ^b
Paisana integral	Agua de lavado	82.5 ^b
Vallenorte añejo superior	Agua de lavado	82.5 ^b
Vallenorte superior	Arroz lavado	82.5 ^b
Vallenorte superior	Agua de lavado	82.5 ^b
Vallenorte gran reserva extra	Agua de lavado	82.5 ^b
Vallenorte integral	Agua de lavado	82.5 ^b
Combo blanco	Agua de lavado	82.5 ^b
Campero extra	Agua de lavado	82.5 ^b

Para el contenido de plomo la distribución de los datos no sigue una distribución normal, rechazándose la hipótesis nula (Tabla 6). La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis indicó que el contenido de cadmio entre variedades y arroz sin lavar, lavado y agua de lavado el contenido de cadmio entre cada uno de los tratamientos son diferentes ya que no presentaron diferencias estadísticas significativas (Tabla 7).

Para comprobar esas diferencias significativas se realizó el Test de Dunn ($p=0.05$), el cual indicó que en Campero extra-Arroz sin lavar, Vallenorte añejo superior-Arroz lavado, Costeño integral-Arroz sin lavar y Vallenorte añejo superior-Arroz sin lavar el contenido de plomo es similar entre ellos, pero superan estadísticamente al resto de tratamientos, los cuales también contienen plomo en cantidades similares (Tabla 8).

Tabla 6

Prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov de la concentración de plomo.

Estadístico de contraste	$p=0.05$	$k(n)$	KS $t = C\alpha / k(n)$	p-valor
$D = \sup_{1 \leq i \leq n} \hat{F}_n(x_i) - F_0(x_i) $	$C\alpha$			
0.19397299	0.895	11.6821064	0.0766129	0.19397 > 0.0766 *

Se rechaza la H_0 : La distribución no es normal

Tabla 7

Prueba de Kruskal Wallis ($p=0.05$) de la concentración de plomo.

Nº muestra (N)	$\sum_{j=1}^k R_j^2$	Prueba H	Valor crítico tabular	Decisión
135	797237.8	113.07	60.48 *	Rechazo de la H_0

Tabla 8

Prueba post hoc de Dunn ($p=0.05$) para la concentración de plomo.

Tipos de arroz	Etapas	Rango
Campero extra	Arroz sin lavar	369.0 ^a
Vallenorte añejo superior	Arroz lavado	367.0 ^a
Costeño integral	Arroz sin lavar	352.5 ^a
Vallenorte añejo superior	Arroz sin lavar	330.0 ^a
Faraón Nir añejo	Arroz sin lavar	324.0 ^{a b}
Paisana integral	Arroz lavado	322.5 ^{a b}
Campero extra	Arroz lavado	319.5 ^{a b}
Combo blanco	Arroz sin lavar	317.0 ^{a b}
Faraón Nir añejo	Arroz lavado	314.5 ^{a b}
Costeño integral	Arroz lavado	313.0 ^{a b}
Combo blanco	Arroz lavado	299.0 ^{a b}
Cosecha norteña	Arroz sin lavar	297.0 ^{a b}
Gran chalan extra	Arroz lavado	296.5 ^{a b}
Vallenorte superior	Arroz lavado	293.0 ^{a b}
Paisana integral	Arroz sin lavar	292.5 ^{a b}
Vallenorte superior	Arroz sin lavar	286.0 ^{a b}
Vallenorte integral	Arroz lavado	278.0 ^{a b}
Gran chalan extra	Arroz sin lavar	277.0 ^{a b}
Vallenorte gran reserva extra	Arroz lavado	271.0 ^{a b}
Gran chalan superior	Arroz lavado	259.5 ^{a b}
Gran chalan superior	Arroz sin lavar	246.0 ^{a b}
Cosecha norteña	Arroz lavado	237.0 ^{a b}
Costeño arborio	Arroz sin lavar	228.5 ^{a b}
Bell's arroz integral	Arroz sin lavar	222.0 ^{a b}
Vallenorte gran reserva extra	Arroz sin lavar	209.5 ^{a b}
Bell's arroz superior	Arroz sin lavar	193.0 ^{a b}
Vallenorte integral	Arroz sin lavar	169.5 ^{a b}

Costeño arborio	Arroz lavado	166.0 ^{a b}
Bell's arroz integral	Arroz lavado	154.0 ^{a b}
Bell's arroz integral	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Bell's arroz superior	Arroz lavado	73.5 ^{a b}
Bell's arroz superior	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Cosecha norteña	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Costeño arborio	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Costeño integral	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Faraón Nir añejo	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Gran chalan extra	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Gran chalan superior	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Paisana integral	Agua de lavado	73.5 ^{a b}
Vallenorte añejo superior	Agua de lavado	73.5 ^b
Vallenorte superior	Agua de lavado	73.5 ^b
Vallenorte gran reserva extra	Agua de lavado	73.5 ^b
Vallenorte integral	Agua de lavado	73.5 ^b
Combo blanco	Agua de lavado	73.5 ^b
Campero extra	Agua de lavado	73.5 ^b

Prueba de hipótesis-Contrastación del contenido de cadmio con los LMP

La prueba de hipótesis ($p=0.05$) (Tabla 9), se observa que en todos los tipos de arroz la concentración de cadmio no superó al límite máximo permisible (LMP=0.40 ppm). En este caso se acepta la hipótesis nula, lo cual podría indicar que los diferentes tipos de arroz que se comercializa en diferentes supermercados de Jaén no contienen cadmio que genere daños al consumidor.

Lo mismo sucede con el contenido de plomo en los diferentes tipos de arroz estudiadas, ya que la concentración de este metal pesado se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles (LMR=0.2 ppm) por lo que se acepta la hipótesis nula (Tabla 10).

La prueba de hipótesis para las etapas de arroz sin lavar, arroz lavado y agua de lavado en cada una de los tipos de arroz determinaron rechazar la hipótesis nula, pues la concentración de cadmio y plomo no superaron los límites máximos permisibles (Tabla 11).

Tabla 9
Prueba de hipótesis ($p=0.05$) de la concentración de cadmio (ppm).

Tipos de arroz	Valor Observado			Valor tabular	LMP Cd (ppm)
	Arroz sin lavar	Arroz lavado	Agua de lavado		
Bell's arroz integral	-1939.08	-714.4711	∞	4.303	0.4
Bell's arroz superior	-13735.80	∞	∞		
Cosecha norteña	-11699.00	-11941.00	∞		
Costeño arborio	-1236.03	∞	∞		
Costeño integral	-3429.46	-3438.12	∞		
Faraón Nir añejo	-6858.92	-6876.24	∞		
Gran chalan extra	-3960.00	-6858.92	∞		
Gran chalan superior	-3438.12	-6910.88	∞		
Paisana integral	-6876.24	-3970.00	∞		
Vallenorte añejo superior	-2598.97	-4501.17	∞		
Vallenorte superior	-2303.62	∞	∞		
Vallenorte gran reserva extra	-1357.92	-1350.99	∞		
Vallenorte integral	-3438.12	-3429.46	∞		
Combo blanco	-3990.00	-2138.73	∞		
Campero extra	-3438.12	-6910.88	∞		

Tabla 10
Prueba de hipótesis ($p=0.05$) de la concentración de plomo (ppm).

Tipos de arroz	Valor Observado			Valor tabular	LMP Pb (ppm)
	Arroz sin lavar	Arroz lavado	Agua de lavado		
Bell's arroz integral	-451.00	-146.18	∞	4.303	0.2
Bell's arroz superior	-102.76	∞	∞		
Cosecha norteña	-19.05	-67.73	∞		
Costeño arborio	-19.55	-107.90	∞		
Costeño integral	-81.40	-1.48	∞		
Faraón Nir añejo	-1.32	-1.30	∞		
Gran chalan extra	-18.04	-1.67	∞		
Gran chalan superior	-6.53	-11.26	∞		
Paisana integral	-187.06	-1.25	∞		
Vallenorte añejo superior	-102.00	-74.47	∞		
Vallenorte superior	-17.27	-19.22	∞		
Vallenorte gran reserva extra	-26.63	-11.89	∞		
Vallenorte integral	-566.00	-19.23	∞		
Combo blanco	-104.00	-107.00	∞		
Campero extra	-131.63	-229.00	∞		

Tabla 11

Prueba de hipótesis ($p=0.05$) de la concentración de cadmio y plomo en diferentes tipos de arroz comercializados en Jaén.

	Valor Observado			Valor Tabular	LMP (ppm)
	Arroz sin lavar	Arroz lavado	Agua de lavado		
Cadmio	-568.7572	-297.5383	∞	2.145	0.4
Plomo	-151.6627	-102.4964	-379.2202	2.145	0.3

IV. DISCUSIONES

El contenido de cadmio presentó valores entre 0.001 a 0.010 ppm (arroz sin lavar) y de 0.00 a 0.010 (arroz lavado) lo cual coincide con los reportes de Villegas y Jara (2024) que reportaron niveles de 0.00888 ppm a 0.01308 ppm en cuatro sectores del distrito de Bellavista de Jaén. La baja concentración de cadmio entre los tipos de arroz puede deberse probablemente a que los suelos de las zonas donde se produce los diferentes tipos de arroz tienen bajas concentraciones de este metal, pues al contener alto contenido de cadmio en suelo podrían aumentar el contenido en los granos

(Ochoa et al., 2020), así como posiblemente los suelos contienen altos niveles de Fe y Zn que disminuyen la biodisponibilidad (Bayona-Penagos, 2020). Los resultados también indican que el mayor contenido de cadmio se presenta en arroz sin lavar, debiéndose posiblemente a que este metal después de ser absorbido por las raíces ha sido translocado hasta el grano (Bayona-Penagos, 2020). En arroz lavado, se presenta mayormente una concentración más baja en comparación al arroz sin lavar, dando a entender que al lavarse el grano antes de someterse a la cocción, el cadmio podría disminuir en el grano (García et al; citado por Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 2022); aunque el cadmio posiblemente está fuertemente adherido a esta materia orgánica y permanece inmóvil (ATSDR, 2026) que se almacena en la pared celular (Bayona-Penagos, 2020) de las células parenquimatosas del endospermo amiláceo (Bienvenido, 2019) por lo que no se puede eliminar del alimento (Elika Seguridad Alimentaria, 2026); lo cual es corroborando por la presente investigación ya que en agua de lavado no se encontró presencia de este metal.

El contenido de plomo que fue entre 0.011 ppm a 0.127 ppm coinciden con el estudio de Villegas y Jara (2024) quienes reportaron niveles de 0.00 ppm en arroz pilado. Los resultados son coincidentes con el reporte de Huiracocha (2018) quien reportó plomo en arroz blanco con contenidos por debajo de los límites máximos permisibles, pero a la vez reportó valores que superaron los LMP en arroz integral, comercializado en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Asimismo, los resultados indican que son menores al contenido de plomo en granos de arroz colectado directamente en campos arroceros, con valores de 0.222 ppm a 0.366 ppm (Huamán, 2025)

Al igual que el cadmio, según los resultados, indican que existe presencia de plomo en arroz sin lavar y arroz lavado, pero muestran valores nulos en el agua de lavado, dando a entender que los metales pesados no son posibles de ser eliminados con el agua de lavado, permaneciendo

adherido en los tejidos del grano, pudiendo contaminarse en las diferentes etapas de su envasado (Salas-Marcial et al 2019); sin embargo, los resultados muestran que el envasado de las diferentes tipos de arroz comercializado en diferentes supermercados de Jaén, posiblemente han sido envasados con prácticas que no perjudiquen a la calidad de los granos.

Las diferencias de contenido de cadmio y plomo en cada uno de los tipos y cada una de las etapas del proceso alimenticio (arroz sin lavar, arroz lavado y agua de lavado) son diferentes, lo cual es demostrado por las diferencias estadísticas arrojadas por la prueba de Kruskall Wallis. Al someter los datos al Test de Dunn, se observó que el contenido de cadmio y plomo se concentran en el arroz sin lavar y arroz lavado y que no muestran diferencias estadísticas significativas del contenido de metales pesados entre cada una de estas dos etapas.

El contenido de cadmio y plomo, al indicar que no superaron los límites máximos permisibles, según la prueba de hipótesis de t-Student ($p=0.05$), es un indicativo que los diferentes tipos de arroz en estudio comercializadas en Jaén, son inocuas y no generan ningún peligro al organismo del consumidor (COMEXPERÚ, 2025) y, posiblemente, su envasado se realiza usando buenas prácticas de control en la gestión de materiales en contacto con alimentos (Ramírez, 2025).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- El cadmio presentó valores que varían entre 0.001 a 0.010 en arroz sin lavar, mientras que en arroz lavado el contenido fue entre 0.00 a 0.010.
- El contenido de plomo fue entre 0.011 a 0.125 en arroz sin lavar, mientras que en arroz lavado fue de 0.000 a 0.127 ppm.
- En agua de lavado no se evidenció presencia de cadmio y plomo.
- El contenido de cadmio y plomo en todos los tipos de arroz estudiadas no superaron los límites máximos permisibles dados por el Codex Alimentarius.

Recomendaciones:

- Continuar con estudios de inocuidad en arroz y otros alimentos de importancia económica y alimenticia.
- Estudiar si el lavado en arroz disminuye la concentración de metales pesados, debido a la controversia de investigaciones.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Saleh, I. and Abduljabbar, M. (2017). Heavy metals (lead, cadmium, methylmercury, arsenic) in commonly imported rice grains (*Oryza sativa*) sold in Saudi Arabia and their potential health risk. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 220 (7), 1168-1178. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.07.007>
- Aristeguinoticias (2024, 23 de febrero). Detectan altos niveles de plomo en productos de la canasta básica. <https://aristeguinoticias.com/2302/mexico/detectan-altos-niveles-de-plomo-en-productos-de-la-canasta-basica/>
- ATSDR. (2026, 16 de enero). Resúmenes de Salud Pública – Cadmio (Cadmium). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html
- Bayona-Penagos, L.V. (2020). Efecto y mitigación de la toxicidad por arsénico y cadmio en cultivo de arroz. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 6(2), 49-70. DOI: 10.36436/24223484.327
- Bienvenido, J. and Tuaño, A.P.P (2019). Gross structure and composition of the rice grain. Editor(s): Jinsong Bao, *Rice* (Fourth Edition), AACC International Press, Pages 31-53. DOI:10.1016/B978-0-12-811508-4.00002-2
- Caicedo, G. A. (2022). Evaluación de mercurio, arsénico, plomo y cadmio en alimentos de mayor consumo de la cuenca media del río Atrato, Chocó-Colombia [Tesis de maestría, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/327b6a41-bba8-44cc-95b1-49ed104ea15b/content>
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. (2022, 1 de abril). Lavar el arroz reduce el riesgo de consumo de metales. <https://www.ciad.mx/lavar-el-arroz-reduce-el-riesgo-de-consumo-de-metales/>
- COMEXPERÚ. (14 de noviembre, 2025). Inocuidad alimentaria en el Perú: ¿garantía de salud o más burocracia?. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/inocuidad-alimentaria-en-el-peru-garantia-de-salud-o-mas-burocracia>
- Cucufate, A. (2017). Cuantificación de la ingesta de cadmio a través del consumo de *Oryza sativa* L. (arroz pulido) comercial cocido por los habitantes de Lima moderna 2015. [tesis postgrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/20.500.14005/2636>

- Dueñas-Ruiz, A., Ruiz, M., Coco, M.B., y Dueñas-Laita, A. (2022). Tóxicos en la cadena alimentaria. *Nutrición Clínica en Medicina*, XVI (3), 2028-226. <https://nutricionclinicaenmedicina.com/wp-content/uploads/2022/12/5116.pdf>
- Elika Seguridad Alimentaria (2026, 15 de enero). Cadmio. <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/cadmio/>
- Flores, A.G. y Novoa, L. M. (2022). Determinación de las concentraciones de plomo y cadmio en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga – Puente Piedra durante el periodo noviembre- diciembre 2021. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18916/Flores_ma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 1 Huacollo, D.G. (2022). Exportación de arroz Extra Superior a los Estados Unidos. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio Institucional. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/12398/Tesis_exportaci%3%b3n_arroz_extra_superior_Estados%20Unidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huamán, C.N. (2025). Evaluación del riesgo ecológico y para la salud por exposición a metales pesados en arroz producidos en las regiones Amazonas y Cajamarca. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. Repositorio institucional. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/4986/Camila%20Nicole%20Huam%3%a1n%20Cotrina%20-%20FIABE.pdf?sequence=1&isAllowed=yBach>
- 7 Huiracocha, J.F. (2018). Evaluación del riesgo toxicológico por cadmio y plomo en granos de arroz (*Oryza sativa*) comercializados en la ciudad de Cuenca. [Tesis de posgrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional. <https://dspace-test.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31265/4/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>
- 1 Iglesias-León N, García-Díaz G, García-Calzadilla C, García-Pino C. (2023). Riesgo toxicológico por ingestión de cadmio a través del arroz y la harina de trigo. *Rev. Cubana Tecnol. Salud* 14 (3): e4005. <http://www.revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/view/4005>
- Islam, S., Akbor, M.A., Noshin, F., Hasan, M., Nahar, A., Bakar, M.A., Moniruzzaman, M., Selim, M., Iftakharul, M. and Mostafizur, M. (2024). Heavy metals in commonly consumed rice grains in Bangladesh and associated probabilistic human health risks. *Heliyon* 10, e39561. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39561>
- Lemos, B. B., Nacano, R. L., Freitas, R., Sousa, V., and Barbosa, F. (2012). Determination of essential (Ca, Fe, I, K, Mo) and toxic elements (Hg, Pb) in brazilian rice grains and

- estimation of reference daili intake. Food an Nutrition Sciencies 3 (1), 129-134.
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=17090>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2024). Consultado el 19 de diciembre de 2024.
<https://www.midagri.gob.pe/portal/26-sector-agrario/arroz/217-generalidades-del-producto>.
- Minorte (2024). Arroz extra y superior. Consultado el 19 de diciembre de 2024.
<https://minorte.com.pe/c/abarotes/arroz-extra-y-superior>
- Naser, M., Vazirzadeh, A., Kazemi, R., & Zaheri, F. (2014). Concentración de algunos metales pesados en los tipos de arroz disponibles en el mercado de Shiraz y evaluación de riesgos para la salud humana. 26, 6.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461401838X?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=9469db20bflab42a
- Ochoa, M., Tierra, W., Tupuna-Yerovo, D.S., Guanoluisa, D., Otero, X.L. and Ruales, J. (2020). Assessment of cadmium and lead contamination in rice farming soils and rice (*Oryza sativa* L.) from Guayas province in Ecuador. Environmental Pollution, 260, 114050.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114050>
- Paredes, M., Becerra, V. y Donoso, G. (2021). 100 años del cultivo del arroz en Chile en un contexto internacional 1920-2020. Tomo I. Libro INIA N° 40, 388p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Plaza Vea (2025.). Arroz. Consultado el 20 de enero de 2025.
<https://www.plazavea.com.pe/abarotes/arroz/costeno?srsId=AfmBOooTNREjxUoMtNz4BZmnmPoLV2NFfkIGBnzHMJ1T2LAbbKB7oCVg>.
- Ramírez, A. (2025, 09 de enero). Control de riesgos en materiales de envasado para alimentos.
<https://escuelaalimentaria.com/control-de-riesgos-en-materiales-de-ensado/>
- Ramos, E. (2023, 14 de julio). Perú importó arroz por US\$ 39 millones en el primer semestre de 2023. <https://agraria.pe/noticias/peru-importo-arroz-por-us-39-millones-en-el-primer-semestre> 32518.
- Robles, M. (2024). Seguridad alimentaria: Riesgo asociados metales pesados sobre la salud humana. Journal of American Health, 7 (2). <https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/204/402>
- Roy-García, Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M. y Palacios-Cruz, L. (2020). Correlación: no toda correlación implica causalidad. Revista alergia México 66 (3), 354-360.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902019000300354

- Salas-Marcial, C., Garduño-Ayala, M.A., Mendiola-Ortiz, P., Vences-García, J.H., Zetina-Román, V.C., Martínez-Ramírez, O.C. y Ramos-García, M.D.L. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 20, 1. <https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/html/>
- Sánchez, M.I., Frias, M. y Luxán, M.P. (2012). La espectrofotometría de emisión con fuente de plasma de acoplamiento inductivo. *Revista de Materiales de Construcción*, 31-45. <https://www.researchgate.net/publication/274778706>
- Talaverano, E.S. (2015). Determinación cuantitativa de cadmio en 20 marcas diferentes de arroz (*Oryza sativa*) expendidas en los supermercados de Lima Metropolitana 2015. [tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio Institucional. https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/1068/Tesis_determinaci%C3%B3n%20cuantitativa%20Cadmio_20%20marcas%20arroz_expendidas_supermercados%20Lima_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torrente, A., Calderón, L.V. y Joven, E.M. (2020). Metales en suelos productores de arroz del distrito Juncal, Huila-Colombia. *Suelos Ecuatoriales* 50 (1 y 2), 1-12. http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/121/111
- Torres, J., Franco, M.O. y Cabrera, R. (2021). Efecto del antimonio y cadmio en el organismo humano. *Humanidades, Tecnología y Ciencia*, del Instituto Politécnico Nacional. https://www.revistaelectronica-ipn.org/ResourcesFiles/Contenido/25/CIENCIA_25_000981.pdf
- Villegas, A.J. y Jara, V. (2024). Evaluación de la concentración de cadmio y plomo en granos de arroz (*Oryza sativa* L.) en el distrito de bellavista –Jaén, 2023. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/761>
- Zafra, C.A., Luengas, E.C. y Temprano, J. (2013). Influencia del tráfico en la acumulación de metales pesados sobre vías urbanas: Torrelavega (España)-Soacha (Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 67, 146-160. <https://www.redalyc.org/pdf/430/43029146013.pdf>

AGRADECIMIENTO

- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias por sus enseñanzas.
- A nuestro asesor, Dr. James Tirado Lara por su guía, orientación y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo, los cuales fueron fundamentales para alcanzar este objetivo académico.
- Al Centro de Producción de Bienes y Servicios de la Universidad Nacional de Jaén por brindar las facilidades del uso del laboratorio y el espectrofotómetro de absorción atómica.
- A los diversos supermercados por facilitar el estudio de los diferentes tipos de arroz.
- A todos quienes apoyaron en la culminación de la presente investigación.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante, mi fortaleza en los momentos de dificultad y la luz que orientó cada paso de este camino académico y personal.

De manera muy especial, dedico este trabajo a mi madre, *Dorila*, por ser mi soporte incondicional, mi mayor ejemplo de perseverancia y la voz de aliento que nunca me faltó. Gracias por tu amor, sacrificio y confianza, que hicieron posible la culminación de este logro.

Ángela Yanira Salas Campos

A Dios por su misericordia

A mis queridos padres y hermanos que siempre estuvieron en todo momento para lograr culminar mi carrera profesional

Yajaira Jhoselin Córdova Quinde

ANEXOS

ANEXO 1: Tipos de arroz estudiadas

Tabla 12

Tipos de arroz comercializadas en los diferentes supermercados de Jaén.

Nº	Tipos de arroz	Procedencia
Tipo 1	Bell's Arroz Integral	Induamerica internacional S.A.C-Lambayeque
Tipo 2	Bell's Arroz Superior	Induamerica internacional S.A.C-Lambayeque
Tipo 3	Cosecha Norteña	Comercial Molinera San Luis S.A.C-Lambayeque
Tipo 4	Costeño Arborio	Costeño alimentos S.A.C-Callao
Tipo 5	Costeño Integral	Costeño alimentos S.A.C-Callao
Tipo 6	Faraón NIR Añejo	Molinera tropical S.A.C-Panamericana norte
Tipo 7	Gran Chalan Extra	Induamerica internacional S.A.C-Lambayeque
Tipo 8	Gran Chalan Superior	Induamerica internacional S.A.C-Lambayeque
Tipo 9	Paisana Integral	Alimentos S.A.C-Lima
Tipo 10	Vallenorte Añejo Superior	Comercial Molinera San Luis S.A.C-Lambayeque
Tipo 11	Vallenorte Superior	Comercial Molinera San Luis S.A.C-Lambayeque
Tipo 12	Vallenorte Gran reserva Extra	Comercial Molinera San Luis S.A.C-Lambayeque
Tipo 13	Vallenorte Integral	Comercial Molinera San Luis S.A.C-Lambayeque
Tipo 14	Combo blanco	Agronegocios & cia S.A.C-Jaén/Cajamarca
Tipo 15	Campero extra	Comercial Molinera San Luis S.A.C-Lambayeque

ANEXO 2: Prueba de Kolmogorov Smirnov de cadmio

l	xi	pl	Zl	P(Zl)	P(zi)-pl	p(zi)-pl-1
1	0.0000	0.00740741	-0.85164573	0.19720538	0.18979797	0.19720538
2	0.0000	0.01481481	-0.85164573	0.19720538	0.18239056	0.18979797
3	0.0000	0.02222222	-0.85164573	0.19720538	0.17498315	0.18239056
4	0.0000	0.02962963	-0.85164573	0.19720538	0.16757575	0.17498315
5	0.0000	0.03703704	-0.85164573	0.19720538	0.16016834	0.16757575
6	0.0000	0.04444444	-0.85164573	0.19720538	0.15276093	0.16016834
7	0.0000	0.05185185	-0.85164573	0.19720538	0.14535352	0.15276093
8	0.0000	0.05925926	-0.85164573	0.19720538	0.13794612	0.14535352
9	0.0000	0.06666667	-0.85164573	0.19720538	0.13053871	0.13794612
10	0.0000	0.07407407	-0.85164573	0.19720538	0.1231313	0.13053871
11	0.0000	0.08148148	-0.85164573	0.19720538	0.11572389	0.1231313
12	0.0000	0.08888889	-0.85164573	0.19720538	0.10831649	0.11572389
13	0.0000	0.0962963	-0.85164573	0.19720538	0.10090908	0.10831649
14	0.0000	0.1037037	-0.85164573	0.19720538	0.09350167	0.10090908
15	0.0000	0.11111111	-0.85164573	0.19720538	0.08609426	0.09350167
16	0.0000	0.11851852	-0.85164573	0.19720538	0.07868686	0.08609426
17	0.0000	0.12592593	-0.85164573	0.19720538	0.07127945	0.07868686
18	0.0000	0.13333333	-0.85164573	0.19720538	0.06387204	0.07127945
19	0.0000	0.14074074	-0.85164573	0.19720538	0.05646463	0.06387204
20	0.0000	0.14814815	-0.85164573	0.19720538	0.04905723	0.05646463
21	0.0000	0.15555556	-0.85164573	0.19720538	0.04164982	0.04905723
22	0.0000	0.16296296	-0.85164573	0.19720538	0.03424241	0.04164982
23	0.0000	0.17037037	-0.85164573	0.19720538	0.026835	0.03424241
24	0.0000	0.17777778	-0.85164573	0.19720538	0.0194276	0.026835
25	0.0000	0.18518519	-0.85164573	0.19720538	0.01202019	0.0194276
26	0.0000	0.19259259	-0.85164573	0.19720538	0.00461278	0.01202019
27	0.0000	0.2000000	-0.85164573	0.19720538	0.00279462	0.00461278
28	0.0000	0.20740741	-0.85164573	0.19720538	0.01020203	0.00279462
29	0.0000	0.21481481	-0.85164573	0.19720538	0.01760944	0.01020203
30	0.0000	0.22222222	-0.85164573	0.19720538	0.02501685	0.01760944
31	0.0000	0.22962963	-0.85164573	0.19720538	0.03242425	0.02501685
32	0.0000	0.23703704	-0.85164573	0.19720538	0.03983166	0.03242425
33	0.0000	0.24444444	-0.85164573	0.19720538	0.04723907	0.03983166
34	0.0000	0.25185185	-0.85164573	0.19720538	0.05464648	0.04723907
35	0.0000	0.25925926	-0.85164573	0.19720538	0.06205388	0.05464648
36	0.0000	0.26666667	-0.85164573	0.19720538	0.06946129	0.06205388

37	0.0000	0.27407407	-0.85164573	0.19720538	0.0768687	0.06946129
38	0.0000	0.28148148	-0.85164573	0.19720538	0.08427611	0.0768687
39	0.0000	0.28888889	-0.85164573	0.19720538	0.09168351	0.08427611
40	0.0000	0.2962963	-0.85164573	0.19720538	0.09909092	0.09168351
41	0.0000	0.3037037	-0.85164573	0.19720538	0.10649833	0.09909092
42	0.0000	0.31111111	-0.85164573	0.19720538	0.11390574	0.10649833
43	0.0000	0.31851852	-0.85164573	0.19720538	0.12131314	0.11390574
44	0.0000	0.32592593	-0.85164573	0.19720538	0.12872055	0.12131314
45	0.0000	0.33333333	-0.85164573	0.19720538	0.13612796	0.12872055
46	0.0000	0.34074074	-0.85164573	0.19720538	0.14353537	0.13612796
47	0.0000	0.34814815	-0.85164573	0.19720538	0.15094277	0.14353537
48	0.0000	0.35555556	-0.85164573	0.19720538	0.15835018	0.15094277
49	0.0000	0.36296296	-0.85164573	0.19720538	0.16575759	0.15835018
50	0.0000	0.37037037	-0.85164573	0.19720538	0.173165	0.16575759
51	0.0000	0.37777778	-0.85164573	0.19720538	0.1805724	0.173165
52	0.0000	0.38518519	-0.85164573	0.19720538	0.18797981	0.1805724
53	0.0000	0.39259259	-0.85164573	0.19720538	0.19538722	0.18797981
54	0.0000	0.4	-0.85164573	0.19720538	0.20279462	0.19538722
55	0.0007	0.40740741	-0.59675081	0.27533688	0.13207053	0.12466312
56	0.0008	0.41481481	-0.56033725	0.28762471	0.1271901	0.1197827
57	0.0008	0.42222222	-0.56033725	0.28762471	0.13459751	0.1271901
58	0.0008	0.42962963	-0.54577183	0.2926114	0.13701823	0.12961083
59	0.0009	0.43703704	-0.52392369	0.30016581	0.13687123	0.12946382
60	0.0009	0.44444444	-0.52392369	0.30016581	0.14427864	0.13687123
61	0.0009	0.45185185	-0.52392369	0.30016581	0.15168604	0.14427864
62	0.0010	0.45925926	-0.48751013	0.31294843	0.14631083	0.13890342
63	0.0010	0.46666667	-0.48751013	0.31294843	0.15371823	0.14631083
64	0.0010	0.47407407	-0.48751013	0.31294843	0.16112564	0.15371823
65	0.0011	0.48148148	-0.45109657	0.32595997	0.15552151	0.1481141
66	0.0011	0.48888889	-0.45109657	0.32595997	0.16292891	0.15552151
67	0.0011	0.4962963	-0.45109657	0.32595997	0.17033632	0.16292891
68	0.0011	0.5037037	-0.45109657	0.32595997	0.17774373	0.17033632
69	0.0013	0.51111111	-0.37826945	0.35261522	0.15849589	0.15108849
70	0.0019	0.51851852	-0.15978809	0.436524	0.08199452	0.07458711
71	0.0020	0.52592593	-0.12337453	0.45090526	0.07502067	0.06761326
72	0.0020	0.53333333	-0.12337453	0.45090526	0.08242807	0.07502067
73	0.0027	0.54074074	0.13152038	0.55231817	0.01157743	0.01898484
74	0.0027	0.54814815	0.13152038	0.55231817	0.00417002	0.01157743
75	0.0028	0.55555556	0.16793394	0.56668238	0.01112682	0.01853423
76	0.0028	0.56296296	0.16793394	0.56668238	0.00371941	0.01112682

77	0.0028	0.57037037	0.16793394	0.56668238	0.00368799	0.00371941
78	0.0028	0.57777778	0.16793394	0.56668238	0.0110954	0.00368799
79	0.0028	0.58518519	0.16793394	0.56668238	0.01850281	0.0110954
80	0.0029	0.59259259	0.2043475	0.58095902	0.01163357	0.00422616
81	0.0029	0.60000000	0.2043475	0.58095902	0.01904098	0.01163357
82	0.0029	0.60740741	0.2043475	0.58095902	0.02644838	0.01904098
83	0.0030	0.61481481	0.24076106	0.59512985	0.01968497	0.01227756
84	0.0030	0.62222222	0.24076106	0.59512985	0.02709238	0.01968497
85	0.0030	0.62962963	0.24076106	0.59512985	0.03449978	0.02709238
86	0.0030	0.63703704	0.24076106	0.59512985	0.04190719	0.03449978
87	0.0030	0.64444444	0.24076106	0.59512985	0.0493146	0.04190719
88	0.0030	0.65185185	0.24076106	0.59512985	0.05672201	0.0493146
89	0.003	0.65925926	0.24076106	0.59512985	0.06412941	0.05672201
90	0.0031	0.66666667	0.27717462	0.60917699	0.05748968	0.05008227
91	0.0031	0.67407407	0.27717462	0.60917699	0.06489709	0.05748968
92	0.0031	0.68148148	0.27717462	0.60917699	0.07230449	0.06489709
93	0.0031	0.68888889	0.27717462	0.60917699	0.0797119	0.07230449
94	0.0031	0.6962963	0.27717462	0.60917699	0.08711931	0.0797119
95	0.0032	0.7037037	0.31358818	0.62308308	0.08062062	0.07321321
96	0.0032	0.71111111	0.31358818	0.62308308	0.08802803	0.08062062
97	0.0032	0.71851852	0.31358818	0.62308308	0.09543544	0.08802803
98	0.0032	0.72592593	0.31358818	0.62308308	0.10284284	0.09543544
99	0.0032	0.73333333	0.31358818	0.62308308	0.11025025	0.10284284
100	0.0032	0.74074074	0.31358818	0.62308308	0.11765766	0.11025025
101	0.0032	0.74814815	0.31358818	0.62308308	0.12506507	0.11765766
102	0.0033	0.75555556	0.35000174	0.6368313	0.11872425	0.11131684
103	0.0038	0.76296296	0.53206954	0.70266108	0.06030188	0.05289447
104	0.0038	0.77037037	0.53206954	0.70266108	0.06770929	0.06030188
105	0.0038	0.77777778	0.53206954	0.70266108	0.07511669	0.06770929
106	0.0039	0.78518519	0.5684831	0.71514651	0.07003867	0.06263127
107	0.0039	0.79259259	0.5684831	0.71514651	0.07744608	0.07003867
108	0.0040	0.80000000	0.60489666	0.72737617	0.07262383	0.06521642
109	0.0040	0.80740741	0.60489666	0.72737617	0.08003124	0.07262383
110	0.0040	0.81481481	0.60489666	0.72737617	0.08743865	0.08003124
111	0.0040	0.82222222	0.60489666	0.72737617	0.09484605	0.08743865
112	0.0041	0.82962963	0.64131022	0.73933942	0.09029021	0.0828828
113	0.0041	0.83703704	0.64131022	0.73933942	0.09769761	0.09029021
114	0.0041	0.84444444	0.64131022	0.73933942	0.10510502	0.09769761
115	0.0041	0.85185185	0.64131022	0.73933942	0.11251243	0.10510502
116	0.0042	0.85925926	0.67772378	0.75102658	0.10823268	0.10082528

117	0.0042	0.86666667	0.67772378	0.75102658	0.11564009	0.10823268
118	0.0055	0.87407407	1.15110006	0.87515446	0.00108039	0.0084878
119	0.0064	0.88148148	1.47882209	0.93040607	0.04892458	0.05633199
120	0.0065	0.88888889	1.51523565	0.93514363	0.04625474	0.05366215
121	0.0066	0.8962963	1.55164921	0.93962691	0.04333061	0.05073802
122	0.0068	0.9037037	1.62447633	0.94786291	0.0441592	0.05156661
123	0.0070	0.91111111	1.69730345	0.95518035	0.04406924	0.05147664
124	0.0072	0.91851852	1.77013057	0.9616473	0.04312879	0.05053619
125	0.0074	0.92592593	1.84295769	0.96733241	0.04140648	0.04881389
126	0.008	0.93333333	1.87937125	0.96990309	0.03656976	0.04397716
127	0.0075	0.94074074	1.87937125	0.96990309	0.02916235	0.03656976
128	0.0080	0.94814815	2.06143905	0.98036941	0.03222127	0.03962867
129	0.0085	0.95555556	2.24350685	0.98756793	0.03201237	0.03941978
130	0.0095	0.96296296	2.60764244	0.99544159	0.03247863	0.03988604
131	0.0100	0.97037037	2.78971024	0.99736224	0.02699187	0.03439928
132	0.0100	0.97777778	2.78971024	0.99736224	0.01958446	0.02699187
133	0.0100	0.98518519	2.78971024	0.99736224	0.01217705	0.01958446
134	0.0101	0.99259259	2.8261238	0.99764425	0.00505165	0.01245906
135	0.0105	1.00000000	2.97177804	0.9985196	0.0014804	0.005927

$\bar{y}$ 0.0023

s 0.00274623

KSc 0.20279462

α 0.05

$c\alpha$ 0.895

$k(n)$ $K(n) = \sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}$
11.6821064

KS t 0.0766129

p-value >0.05

0.2028 > 0.077

Se acepta H1: La distribución no es normal

ANEXO 3: Prueba de Kolmogorov Smirnov para la concentración de plomo.

l	xi	pl	Zl	P(Zl)	P(zl)-pl	p(zi)-pl-1
1	0.0000	0.00740741	-0.89985878	0.18409771	0.1766903	0.18409771
2	0.0000	0.01481481	-0.89985878	0.18409771	0.16928289	0.1766903
3	0.0000	0.02222222	-0.89985878	0.18409771	0.16187548	0.16928289
4	0.0000	0.02962963	-0.89985878	0.18409771	0.15446808	0.16187548
5	0.0000	0.03703704	-0.89985878	0.18409771	0.14706067	0.15446808
6	0.0000	0.04444444	-0.89985878	0.18409771	0.13965326	0.14706067
7	0.0000	0.05185185	-0.89985878	0.18409771	0.13224585	0.13965326
8	0.0000	0.05925926	-0.89985878	0.18409771	0.12483845	0.13224585
9	0.0000	0.06666667	-0.89985878	0.18409771	0.11743104	0.12483845
10	0.0000	0.07407407	-0.89985878	0.18409771	0.11002363	0.11743104
11	0.0000	0.08148148	-0.89985878	0.18409771	0.10261622	0.11002363
12	0.0000	0.08888889	-0.89985878	0.18409771	0.09520882	0.10261622
13	0.0000	0.0962963	-0.89985878	0.18409771	0.08780141	0.09520882
14	0.0000	0.1037037	-0.89985878	0.18409771	0.080394	0.08780141
15	0.0000	0.11111111	-0.89985878	0.18409771	0.07298659	0.080394
16	0.0000	0.11851852	-0.89985878	0.18409771	0.06557919	0.07298659
17	0.0000	0.12592593	-0.89985878	0.18409771	0.05817178	0.06557919
18	0.0000	0.13333333	-0.89985878	0.18409771	0.05076437	0.05817178
19	0.0000	0.14074074	-0.89985878	0.18409771	0.04335696	0.05076437
20	0.0000	0.14814815	-0.89985878	0.18409771	0.03594956	0.04335696
21	0.0000	0.15555556	-0.89985878	0.18409771	0.02854215	0.03594956
22	0.0000	0.16296296	-0.89985878	0.18409771	0.02113474	0.02854215
23	0.0000	0.17037037	-0.89985878	0.18409771	0.01372733	0.02113474
24	0.0000	0.17777778	-0.89985878	0.18409771	0.00631993	0.01372733
25	0.0000	0.18518519	-0.89985878	0.18409771	0.00108748	0.00631993
26	0.0000	0.19259259	-0.89985878	0.18409771	0.00849489	0.00108748
27	0.0000	0.2	-0.89985878	0.18409771	0.01590229	0.00849489
28	0.0000	0.20740741	-0.89985878	0.18409771	0.0233097	0.01590229
29	0.0000	0.21481481	-0.89985878	0.18409771	0.03071711	0.0233097
30	0.0000	0.22222222	-0.89985878	0.18409771	0.03812452	0.03071711
31	0.0000	0.22962963	-0.89985878	0.18409771	0.04553192	0.03812452
32	0.0000	0.23703704	-0.89985878	0.18409771	0.05293933	0.04553192
33	0.0000	0.24444444	-0.89985878	0.18409771	0.06034674	0.05293933
34	0.0000	0.25185185	-0.89985878	0.18409771	0.06775415	0.06034674
35	0.0000	0.25925926	-0.89985878	0.18409771	0.07516155	0.06775415

36	0.0000	0.26666667	-0.89985878	0.18409771	0.08256896	0.07516155
37	0.0000	0.27407407	-0.89985878	0.18409771	0.08997637	0.08256896
38	0.0000	0.28148148	-0.89985878	0.18409771	0.09738378	0.08997637
39	0.0000	0.28888889	-0.89985878	0.18409771	0.10479118	0.09738378
40	0.0000	0.2962963	-0.89985878	0.18409771	0.11219859	0.10479118
41	0.0000	0.3037037	-0.89985878	0.18409771	0.119606	0.11219859
42	0.0000	0.31111111	-0.89985878	0.18409771	0.12701341	0.119606
43	0.0000	0.31851852	-0.89985878	0.18409771	0.13442081	0.12701341
44	0.0000	0.32592593	-0.89985878	0.18409771	0.14182822	0.13442081
45	0.0000	0.33333333	-0.89985878	0.18409771	0.14923563	0.14182822
46	0.0000	0.34074074	-0.89985878	0.18409771	0.15664304	0.14923563
47	0.0000	0.34814815	-0.89985878	0.18409771	0.16405044	0.15664304
48	0.0000	0.35555556	-0.89985878	0.18409771	0.17145785	0.16405044
49	0.001	0.36296296	-0.88240863	0.18877794	0.17418503	0.16677762
50	0.0026	0.37037037	-0.8544884	0.19641722	0.17395315	0.16654575
51	0.0039	0.37777778	-0.83180321	0.20276002	0.17501776	0.16761035
52	0.007	0.38518519	-0.77770776	0.21837066	0.16681453	0.15940712
53	0.0071	0.39259259	-0.77596274	0.21888549	0.1737071	0.16629969
54	0.009	0.4	-0.74280746	0.22879913	0.17120087	0.16379346
55	0.011	0.40740741	-0.70790717	0.23950145	0.16790595	0.16049855
56	0.011	0.41481481	-0.70790717	0.23950145	0.17531336	0.16790595
57	0.011	0.42222222	-0.70790717	0.23950145	0.18272077	0.17531336
58	0.011	0.42962963	-0.70790717	0.23950145	0.19012818	0.18272077
59	0.012	0.43703704	-0.69045703	0.24495341	0.19208362	0.18467622
60	0.013	0.44444444	-0.67300688	0.25047146	0.19397299	0.18656558
61	0.018	0.45185185	-0.58575615	0.2790197	0.17283216	0.16542475
62	0.019	0.45925926	-0.56830601	0.2849136	0.17434566	0.16693825
63	0.019	0.46666667	-0.56830601	0.2849136	0.18175307	0.17434566
64	0.022	0.47407407	-0.51595557	0.30294272	0.17113135	0.16372395
65	0.023	0.48148148	-0.49850542	0.30906392	0.17241756	0.16501015
66	0.024	0.48888889	-0.48105528	0.31523861	0.17365028	0.16624288
67	0.025	0.4962963	-0.46360513	0.32146534	0.17483096	0.16742355
68	0.027	0.5037037	-0.42870484	0.33406902	0.16963468	0.16222728
69	0.039	0.51111111	-0.21930309	0.41320698	0.09790413	0.09049673
70	0.039	0.51851852	-0.21930309	0.41320698	0.10531154	0.09790413
71	0.043	0.52592593	-0.14950251	0.44057857	0.08534736	0.07793995
72	0.048	0.53333333	-0.06225178	0.47518116	0.05815217	0.05074476
73	0.049	0.54074074	-0.04480163	0.48213271	0.05860803	0.05120062
74	0.050	0.54814815	-0.02735149	0.4890897	0.05905845	0.05165105
75	0.050	0.55555556	-0.02735149	0.4890897	0.06646586	0.05905845

76	0.053	0.56296296	0.02499895	0.5099721	0.05299086	0.04558346
77	0.054	0.57037037	0.0424491	0.51692965	0.05344072	0.04603331
78	0.056	0.57777778	0.07734939	0.5308272	0.04695058	0.03954317
79	0.058	0.58518519	0.11224968	0.54468728	0.04049791	0.0330905
80	0.063	0.59259259	0.19950041	0.57906434	0.01352826	0.00612085
81	0.064	0.6	0.21695055	0.58587656	0.01412344	0.00671603
82	0.065	0.60740741	0.2344007	0.59266304	0.01474437	0.00733696
83	0.068	0.61481481	0.28675114	0.61284856	0.00196625	0.00544115
84	0.072	0.62222222	0.35655172	0.63928629	0.01706406	0.02447147
85	0.073	0.62962963	0.37400186	0.64579854	0.01616891	0.02357631
86	0.074	0.63703704	0.39145201	0.65226842	0.01523139	0.02263879
87	0.076	0.64444444	0.4263523	0.66507442	0.02062998	0.02803739
88	0.079	0.65185185	0.47870274	0.68392494	0.03207309	0.0394805
89	0.080	0.65925926	0.49615289	0.69010673	0.03084747	0.03825487
90	0.081	0.66666667	0.51360303	0.69623522	0.02956855	0.03697596
91	0.082	0.67407407	0.53105318	0.70230904	0.02823496	0.03564237
92	0.086	0.68148148	0.60085376	0.7260313	0.04454982	0.05195723
93	0.089	0.68888889	0.6532042	0.74318768	0.05429879	0.0617062
94	0.090	0.6962963	0.67065434	0.74877962	0.05248333	0.05989073
95	0.091	0.7037037	0.68810449	0.75430651	0.0506028	0.05801021
96	0.092	0.71111111	0.70555463	0.75976743	0.04865632	0.05606372
97	0.092	0.71851852	0.70555463	0.75976743	0.04124891	0.04865632
98	0.092	0.72592593	0.70555463	0.75976743	0.0338415	0.04124891
99	0.092	0.73333333	0.70555463	0.75976743	0.02643409	0.0338415
100	0.093	0.74074074	0.72300478	0.76516153	0.02442079	0.03182819
101	0.094	0.74814815	0.74045493	0.770488	0.02233985	0.02974726
102	0.094	0.75555556	0.74045493	0.770488	0.01493244	0.02233985
103	0.095	0.76296296	0.75790507	0.77574609	0.01278313	0.02019054
104	0.095	0.77037037	0.75790507	0.77574609	0.00537572	0.01278313
105	0.095	0.77777778	0.75790507	0.77574609	0.00203168	0.00537572
106	0.096	0.78518519	0.77535522	0.78093511	0.00425008	0.00315733
107	0.097	0.79259259	0.79280536	0.78605438	0.00653821	0.0008692
108	0.098	0.8	0.81025551	0.79110333	0.00889667	0.00148926
109	0.098	0.80740741	0.81025551	0.79110333	0.01630408	0.00889667
110	0.098	0.81481481	0.81025551	0.79110333	0.02371148	0.01630408
111	0.099	0.82222222	0.82770565	0.79608139	0.02614083	0.01873342
112	0.099	0.82962963	0.82770565	0.79608139	0.03354824	0.02614083
113	0.099	0.83703704	0.82770565	0.79608139	0.04095564	0.03354824
114	0.100	0.84444444	0.8451558	0.80098807	0.04345637	0.03604897
115	0.101	0.85185185	0.86260595	0.80582292	0.04602893	0.03862152

116	0.104	0.85925926	0.91495638	0.81989274	0.03936652	0.03195912
117	0.106	0.86666667	0.94985668	0.82890746	0.03775921	0.0303518
118	0.106	0.87407407	0.94985668	0.82890746	0.04516662	0.03775921
119	0.108	0.88148148	0.98475697	0.83762827	0.04385321	0.03644581
120	0.112	0.88888889	1.05455755	0.85418614	0.03470275	0.02729535
121	0.112	0.8962963	1.05455755	0.85418614	0.04211016	0.03470275
122	0.114	0.9037037	1.08945784	0.86202398	0.04167972	0.03427231
123	0.114	0.91111111	1.08945784	0.86202398	0.04908713	0.04167972
124	0.116	0.91851852	1.12435813	0.86956944	0.04894908	0.04154167
125	0.134	0.92592593	1.43846076	0.92484832	0.00107761	0.0063298
126	0.146	0.93333333	1.64786251	0.95030956	0.01697622	0.02438363
127	0.148	0.94074074	1.6827628	0.95378949	0.01304875	0.02045616
128	0.149	0.94814815	1.70021294	0.95545456	0.00730641	0.01471382
129	0.149	0.95555556	1.70021294	0.95545456	0.00010099	0.00730641
130	0.202	0.96296296	2.62507067	0.99566845	0.03270549	0.0401129
131	0.210	0.97037037	2.76467183	0.997151	0.02678063	0.03418803
132	0.211	0.97777778	2.78212198	0.99729976	0.01952199	0.02692939
133	0.215	0.98518519	2.85192256	0.99782722	0.01264203	0.02004944
134	0.218	0.99259259	2.904273	0.99815946	0.00556687	0.01297428
135	0.220	1	2.93917329	0.99835455	0.00164545	0.00576196

$\bar{y}$ 0.0516

s 0.05730611

KSc 0.19397299

α 0.05

$c\alpha$ 0.895

$k(n)$ $K(n) = \sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}$
11.6821064

KS t 0.0766129

p-value >0.05

0.1939 > 0.077

Se acepta H1: La distribución no es normal

ANEXO 4: Prueba de Kruskal Wallis de la concentración de cadmio

Etapas	Cadmio	Rango	Ranking
3	0.0000	1	27.5
3	0.0000	2	27.5
3	0.0000	3	27.5
5	0.0000	4	27.5
5	0.0000	5	27.5
5	0.0000	6	27.5
6	0.0000	7	27.5
6	0.0000	8	27.5
6	0.0000	9	27.5
9	0.0000	10	27.5
9	0.0000	11	27.5
9	0.0000	12	27.5
11	0.0000	13	27.5
11	0.0000	14	27.5
11	0.0000	15	27.5
12	0.0000	16	27.5
12	0.0000	17	27.5
12	0.0000	18	27.5
15	0.0000	19	27.5
15	0.0000	20	27.5
15	0.0000	21	27.5
18	0.0000	22	27.5
18	0.0000	23	27.5
18	0.0000	24	27.5
21	0.0000	25	27.5
21	0.0000	26	27.5
21	0.0000	27	27.5

$$H = \left(\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} \right) - 3(N+1)$$

$$H = 123.62$$

$$123.62 > 60.48$$

Se rechaza la hipótesis nula

24	0.0000	28	27.5
24	0.0000	29	27.5
24	0.0000	30	27.5
27	0.0000	31	27.5
27	0.0000	32	27.5
27	0.0000	33	27.5
30	0.0000	34	27.5
30	0.0000	35	27.5
30	0.0000	36	27.5
32	0.0000	37	27.5
32	0.0000	38	27.5
32	0.0000	39	27.5
33	0.0000	40	27.5
33	0.0000	41	27.5
33	0.0000	42	27.5
36	0.0000	43	27.5
36	0.0000	44	27.5
36	0.0000	45	27.5
39	0.0000	46	27.5
39	0.0000	47	27.5
39	0.0000	48	27.5
42	0.0000	49	27.5
42	0.0000	50	27.5
42	0.0000	51	27.5
45	0.0000	52	27.5
45	0.0000	53	27.5
45	0.0000	54	27.5
31	0.0007	55	55
4	0.0008	56	57
40	0.0008	57	57
4	0.0008	58	57
4	0.0009	59	60
23	0.0009	60	60

44	0.0009	61	60
23	0.0010	62	63
31	0.0010	63	63
44	0.0010	64	63
23	0.0011	65	66.5
40	0.0011	66	66.5
40	0.0011	67	66.5
44	0.0011	68	66.5
31	0.0013	69	69
8	0.0019	70	70
8	0.0020	71	71.5
8	0.0020	72	71.5
28	0.0027	73	73.5
41	0.0027	74	73.5
14	0.0028	75	77
22	0.0028	76	77
26	0.0028	77	77
37	0.0028	78	77
43	0.0028	79	77
17	0.0029	80	81
25	0.0029	81	81
29	0.0029	82	81
14	0.0030	83	86
17	0.0030	84	86
22	0.0030	85	86
25	0.0030	86	86
29	0.0030	87	86
37	0.0030	88	86
43	0.003	89	86
17	0.0031	90	92
25	0.0031	91	92
26	0.0031	92	92
26	0.0031	93	92

28	0.0031	94	92
14	0.0032	95	98
22	0.0032	96	98
28	0.0032	97	98
29	0.0032	98	98
37	0.0032	99	98
41	0.0032	100	98
43	0.0032	101	98
41	0.0033	102	102
13	0.0038	103	104
19	0.0038	104	104
38	0.0038	105	104
16	0.0039	106	106.5
20	0.0039	107	106.5
13	0.0040	108	109.5
16	0.0040	109	109.5
20	0.0040	110	109.5
38	0.0040	111	109.5
16	0.0041	112	113.5
19	0.0041	113	113.5
19	0.0041	114	113.5
20	0.0041	115	113.5
13	0.0042	116	116.5
38	0.0042	117	116.5
2	0.0055	118	118
10	0.0064	119	119
1	0.0065	120	120
2	0.0066	121	121
1	0.0068	122	122
10	0.0070	123	123
1	0.0072	124	124
2	0.0074	125	125
10	0.008	126	126

34	0.0075	127	127
34	0.0080	128	128
34	0.0085	129	129
35	0.0095	130	130
7	0.0100	131	132
7	0.0100	132	132
35	0.0100	133	132
7	0.0101	134	134
35	0.0105	135	135

ANEXO 5: Prueba de Kruskal Wallis para la concentración de plomo

Etapas	Plomo	Rango	Ranking
3	0.0000	1	24.5
3	0.0000	2	24.5
3	0.0000	3	24.5
5	0.0000	4	24.5
5	0.0000	5	24.5
5	0.0000	6	24.5
6	0.0000	7	24.5
6	0.0000	8	24.5
6	0.0000	9	24.5
9	0.0000	10	24.5
9	0.0000	11	24.5
9	0.0000	12	24.5
12	0.0000	13	24.5
12	0.0000	14	24.5
12	0.0000	15	24.5
15	0.0000	16	24.5
15	0.0000	17	24.5
15	0.0000	18	24.5
18	0.0000	19	24.5

$$H = \left(\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} \right) - 3(N+1)$$

$$H = 113.07$$

$$113.07 > 60.48$$

Se rechaza la hipótesis nula

18	0.0000	20	24.5
18	0.0000	21	24.5
21	0.0000	22	24.5
21	0.0000	23	24.5
21	0.0000	24	24.5
24	0.0000	25	24.5
24	0.0000	26	24.5
24	0.0000	27	24.5
27	0.0000	28	24.5
27	0.0000	29	24.5
27	0.0000	30	24.5
30	0.0000	31	24.5
30	0.0000	32	24.5
30	0.0000	33	24.5
33	0.0000	34	24.5
33	0.0000	35	24.5
33	0.0000	36	24.5
36	0.0000	37	24.5
36	0.0000	38	24.5
36	0.0000	39	24.5
39	0.0000	40	24.5
39	0.0000	41	24.5
39	0.0000	42	24.5
42	0.0000	43	24.5
42	0.0000	44	24.5
42	0.0000	45	24.5
45	0.0000	46	24.5
45	0.0000	47	24.5
45	0.0000	48	24.5
20	0.001	49	49
2	0.0026	50	50
2	0.0039	51	51
11	0.007	52	52

2	0.0071	53	53
11	0.009	54	54
17	0.011	55	56.5
37	0.011	56	56.5
37	0.011	57	56.5
37	0.011	58	56.5
44	0.012	59	59
11	0.013	60	60
26	0.018	61	61
4	0.019	62	62
14	0.019	63	63
4	0.022	64	64
16	0.023	65	65
22	0.024	66	66
4	0.025	67	67
34	0.027	68	68
10	0.039	69	69.5
34	0.039	70	69.5
22	0.043	71	71
34	0.048	72	72
1	0.049	73	73
1	0.050	74	74.5
1	0.050	75	74.5
23	0.053	76	76
10	0.054	77	77
8	0.056	78	78
8	0.058	79	79
8	0.063	80	80
35	0.064	81	81
10	0.065	82	82
35	0.068	83	83
19	0.072	84	84
38	0.073	85	85

23	0.074	86	86
31	0.076	87	87
32	0.079	88	88
7	0.080	89	89
31	0.081	90	90
38	0.082	91	91
19	0.086	92	92
32	0.089	93	93
7	0.090	94	94
25	0.091	95	95
23	0.092	96	97.5
25	0.092	97	97.5
41	0.092	98	97.5
41	0.092	99	97.5
25	0.093	100	100
19	0.094	101	101
38	0.094	102	102
40	0.095	103	104
40	0.095	104	104
41	0.095	105	104
28	0.096	106	106
35	0.097	107	107
22	0.098	108	109
31	0.098	109	109
40	0.098	110	109
28	0.099	111	112
28	0.099	112	112
32	0.099	113	112
7	0.100	114	114
14	0.101	115	115
13	0.104	116	116
13	0.106	117	117.5
20	0.106	118	117.5

13	0.108	119	119
29	0.112	120	120.5
43	0.112	121	120.5
29	0.114	122	122.5
43	0.114	123	122.5
29	0.116	124	124
16	0.134	125	125
43	0.146	126	126
17	0.148	127	127
26	0.149	128	128.5
44	0.149	129	128.5
20	0.202	130	130
17	0.210	131	131
44	0.211	132	132
26	0.215	133	133
16	0.218	134	134
14	0.220	135	135

ANEXO 6: Prueba de hipótesis

Figura 15

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz integral.

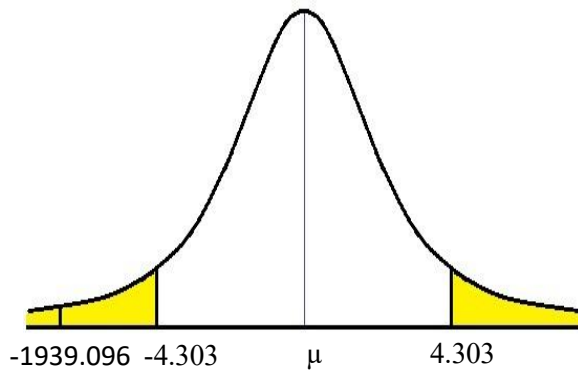


Figura 16

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Bell's arroz integral.

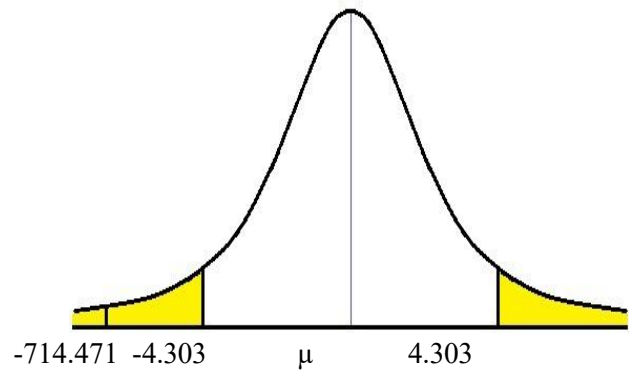


Figura 17

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Bell's arroz integral.

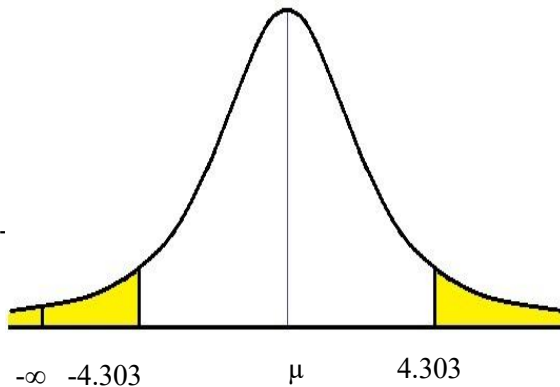


Figura 18

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz superior.

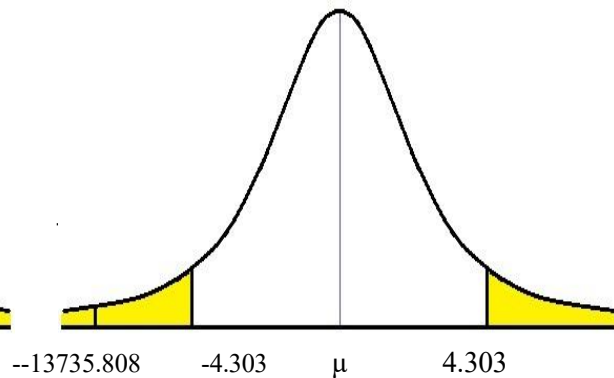


Figura 19

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Bell's arroz superior.

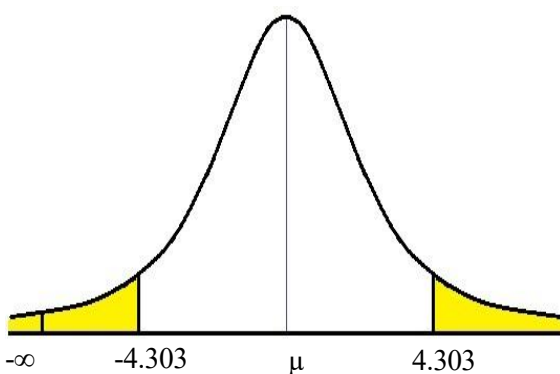


Figura 20

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Bell's arroz superior.

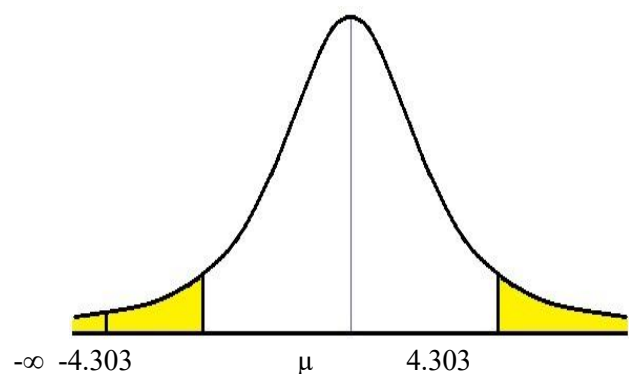


Figura 21

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Cosecha nortea.

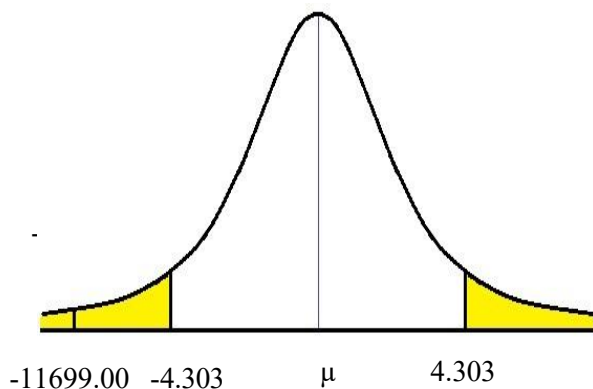


Figura 22

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Cosecha nortea.

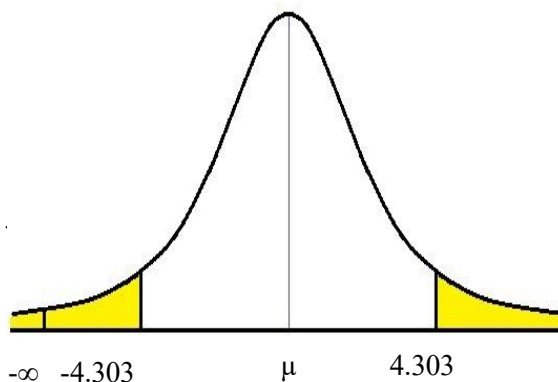


Figura 23

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Cosecha nortea.

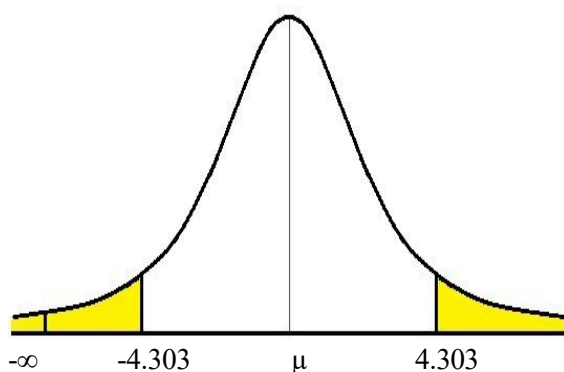


Figura 24

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Costeño arborio.

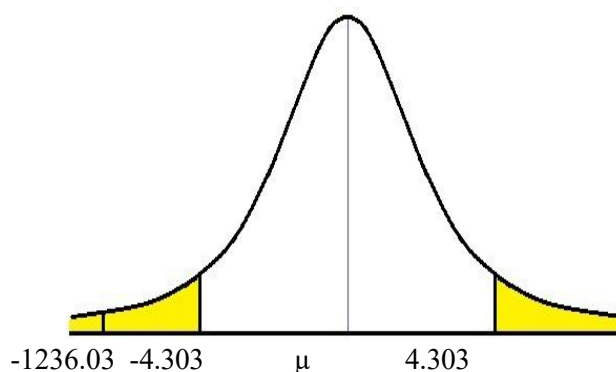


Figura 25

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Costeño arborio.

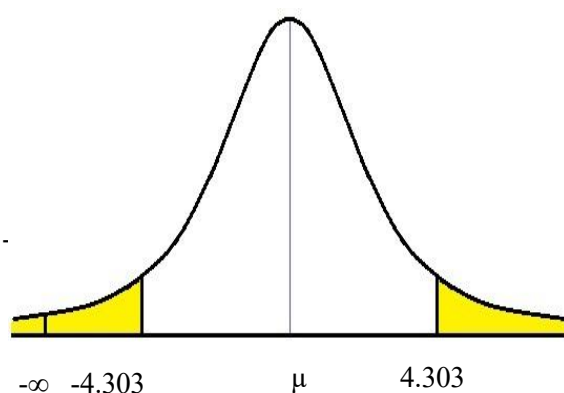


Figura 26

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Costeño arborio.

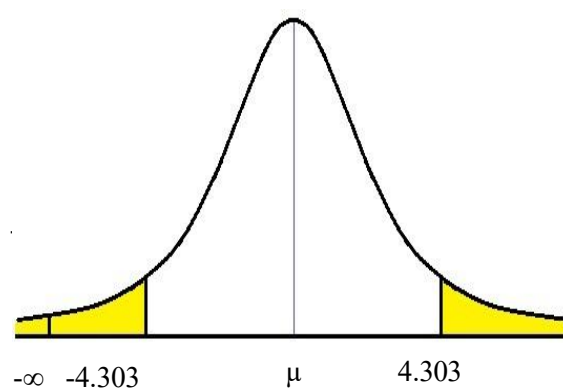


Figura 27

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Costeño integral.

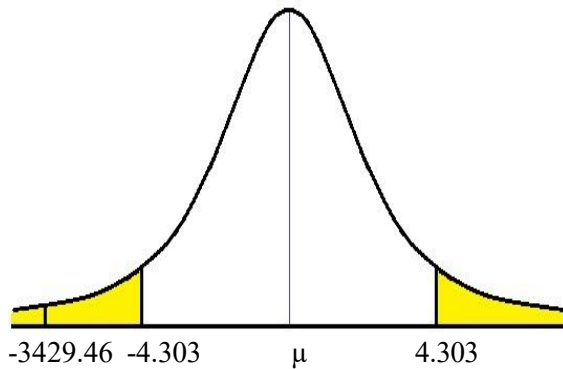


Figura 28

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Costeño integral.

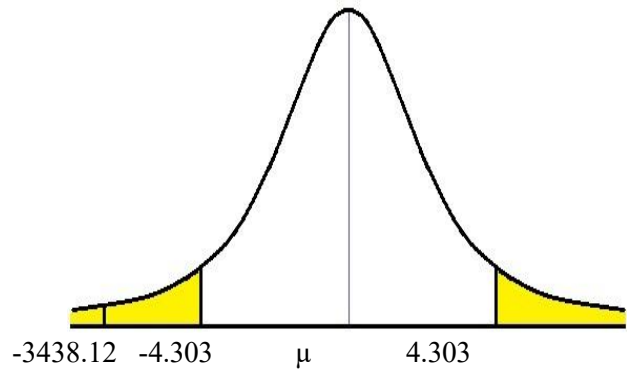


Figura 29

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Costeño integral.

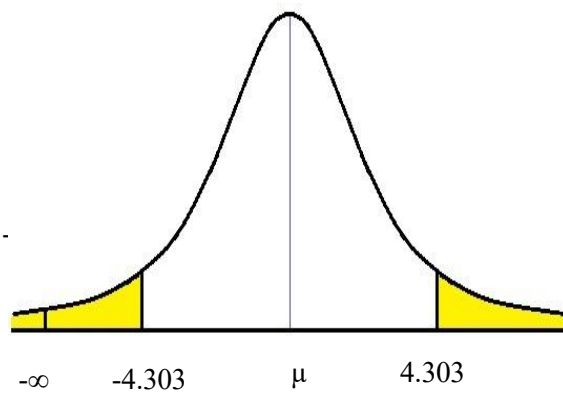


Figura 30

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Faraón Nir añejo.

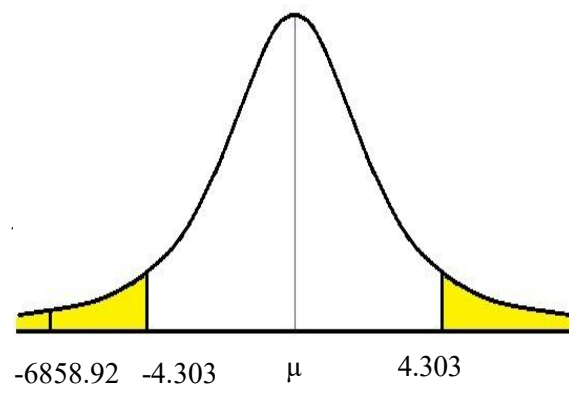


Figura 31

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Faraón Nir añejo.

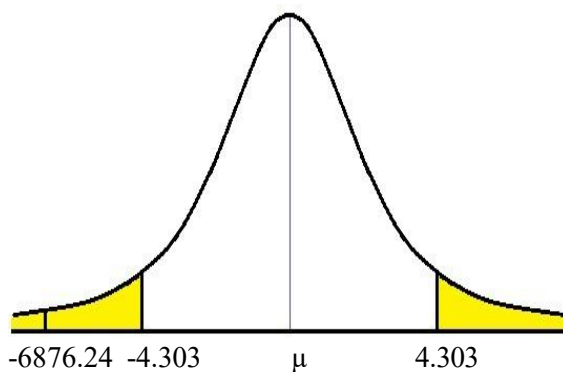


Figura 32

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Faraón Nir añejo.

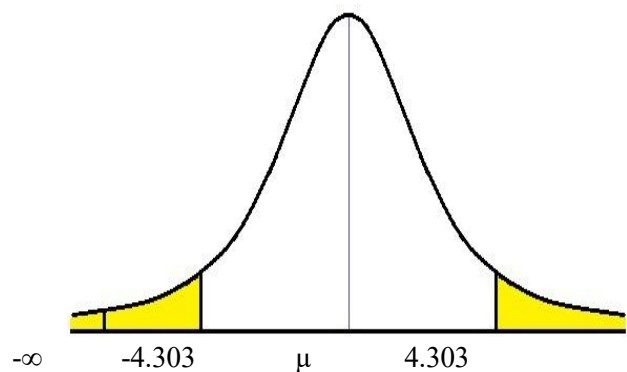


Figura 33

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Gran chalan extra.

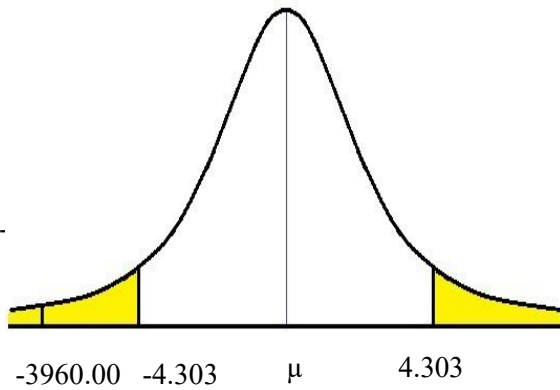


Figura 34

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Gran chalan extra.

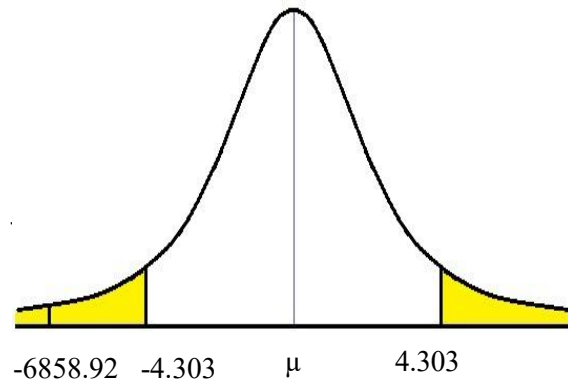


Figura 35

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Gran chalan extra.

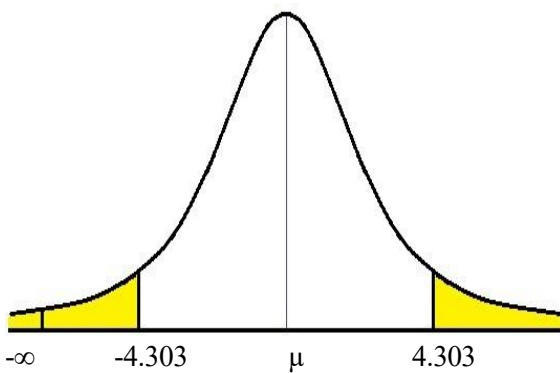


Figura 36

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Gran chalan superior.

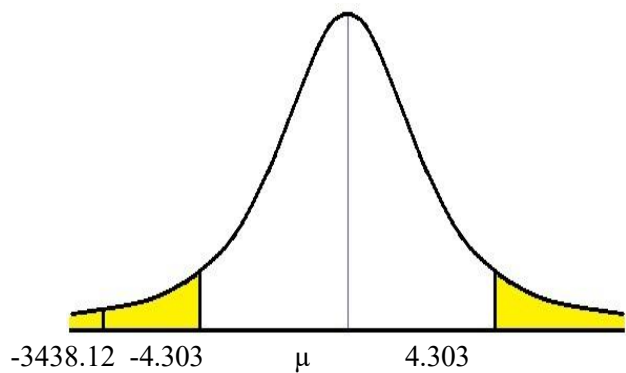


Figura 37

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Gran chalan superior.

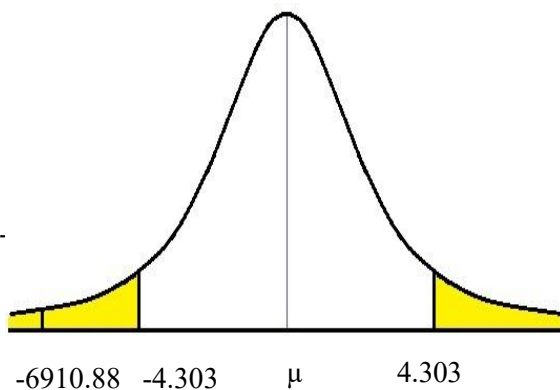


Figura 38

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Gran chalan superior.

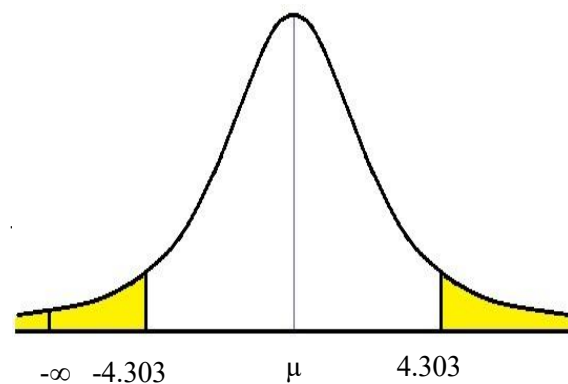


Figura 39

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Paisana integral.

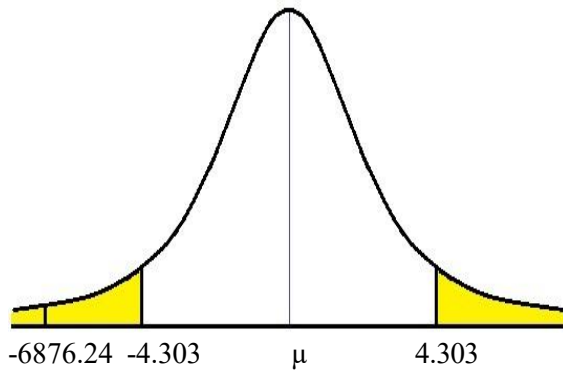


Figura 40

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Paisana integral.

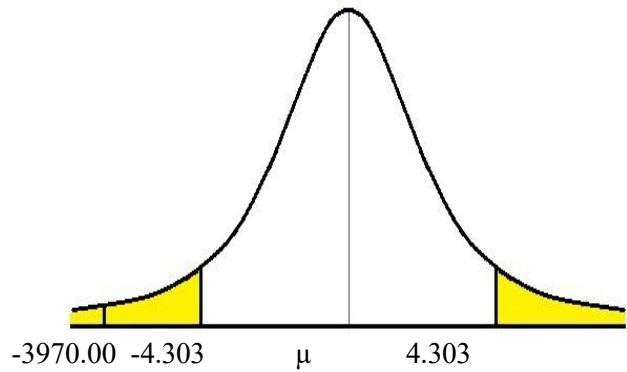


Figura 41

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Paisana integral.

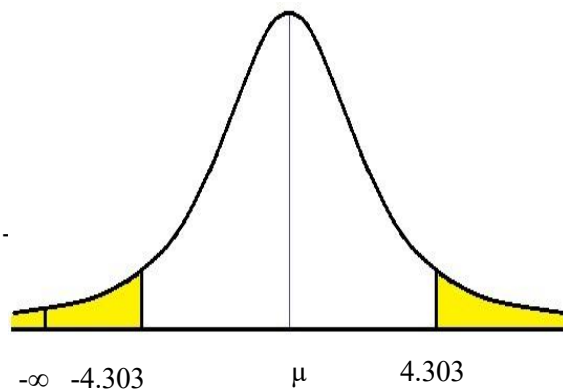


Figura 42

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte añejo superior.

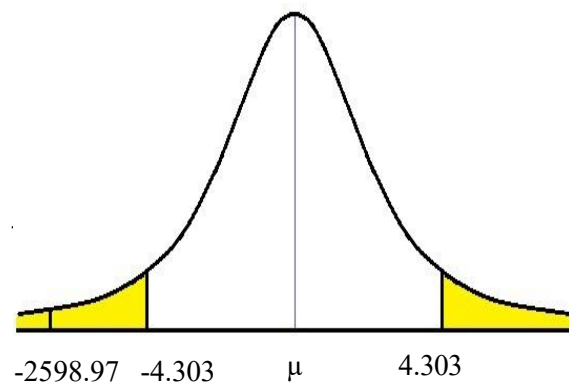


Figura 43

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte añejo superior.

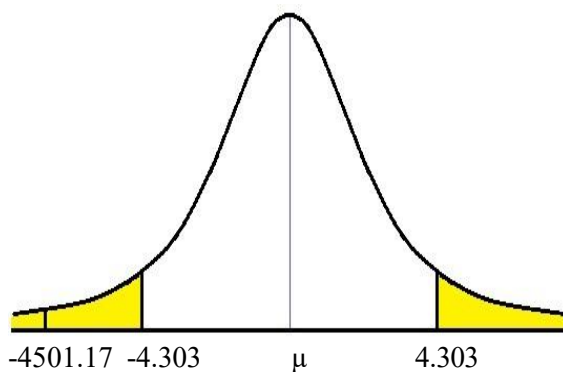


Figura 44

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte añejo superior.

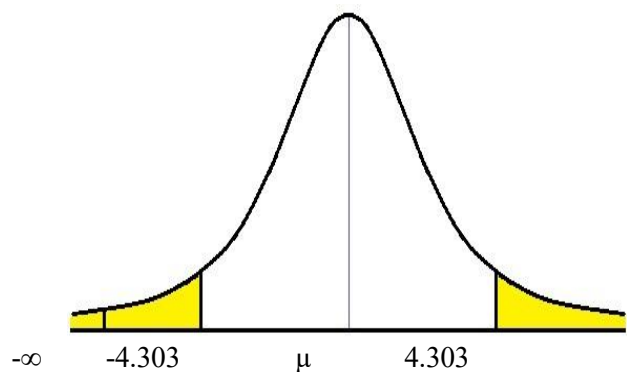


Figura 45

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte superior.

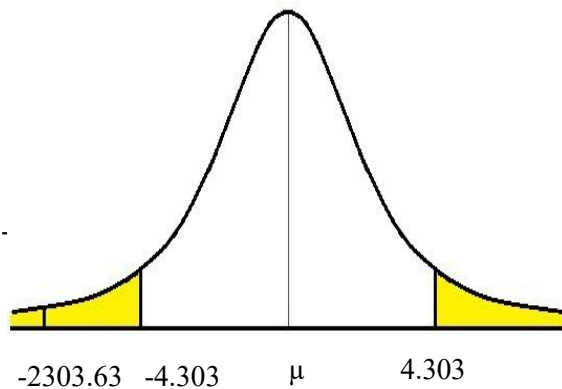


Figura 46

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte superior.

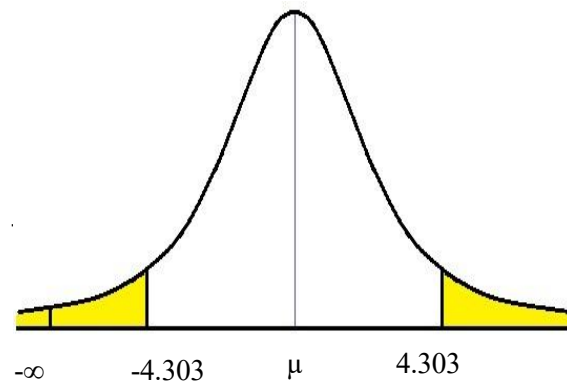


Figura 47

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte superior.

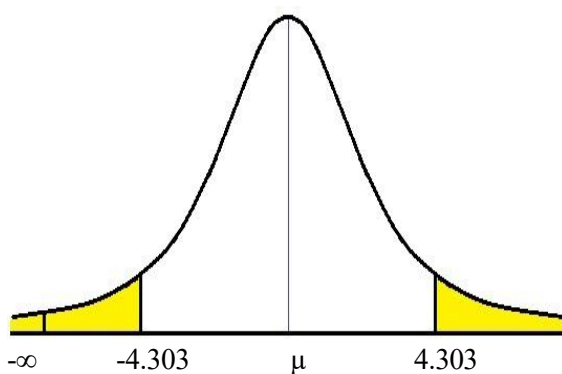


Figura 48

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte gran reserva extra.

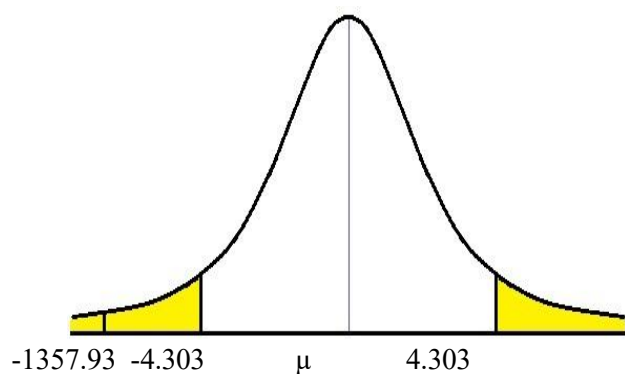


Figura 49

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra.

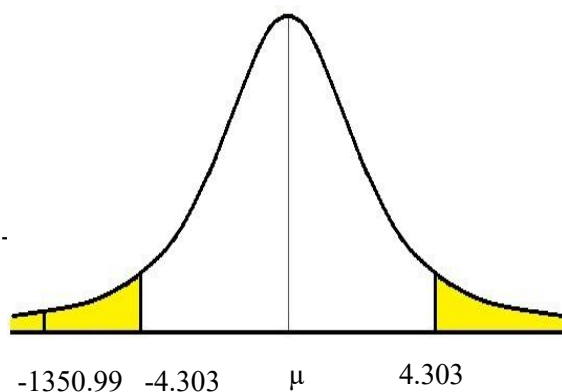


Figura 50

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra.

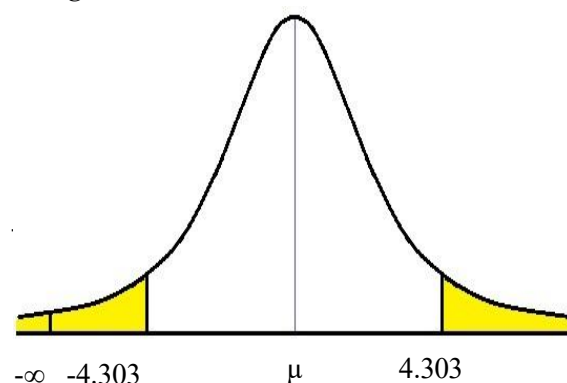


Figura 51

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Vallenorte integral.

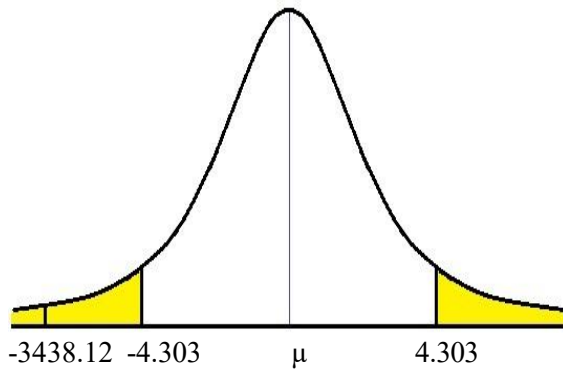


Figura 52

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Vallenorte integral.

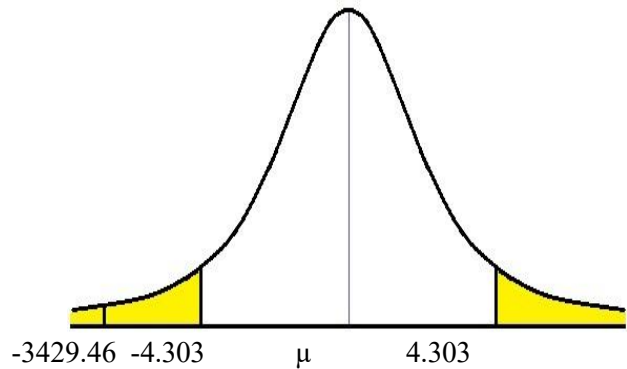


Figura 53

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Vallenorte integral.

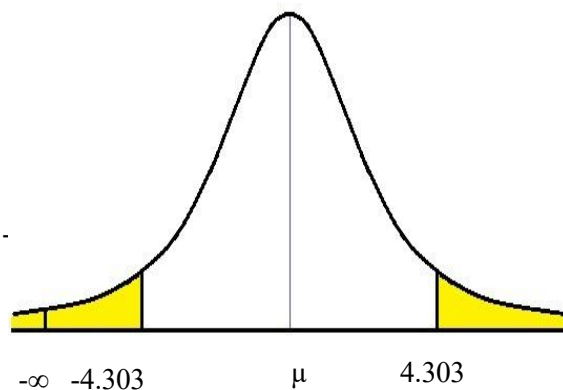


Figura 54

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Combo blanco.

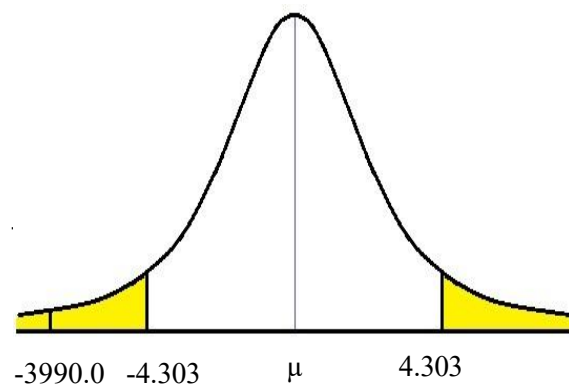


Figura 55

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Combo blanco.

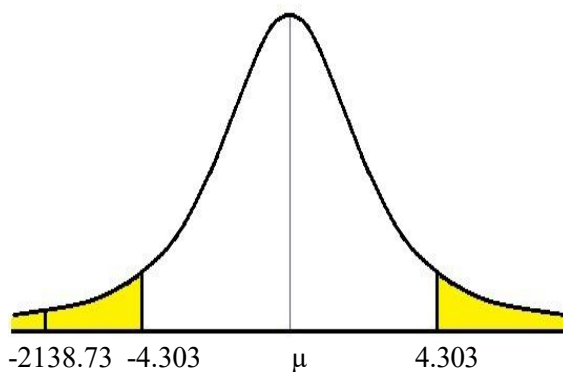


Figura 56

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Combo blanco.

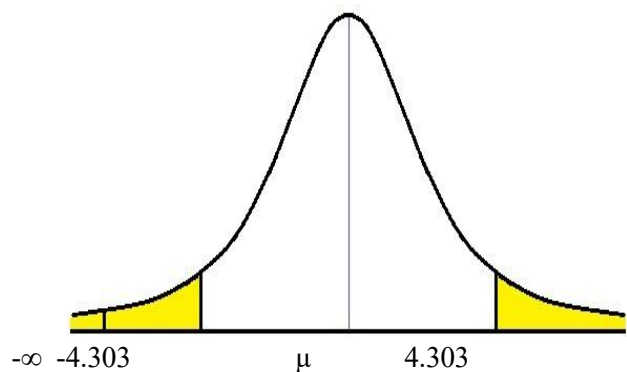


Figura 57

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar, tipo Campero extra.

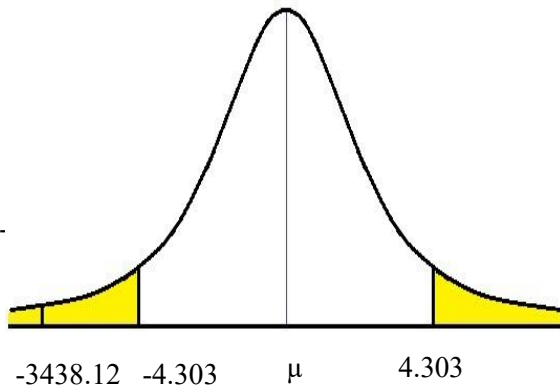


Figura 58

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado, tipo Campero extra.

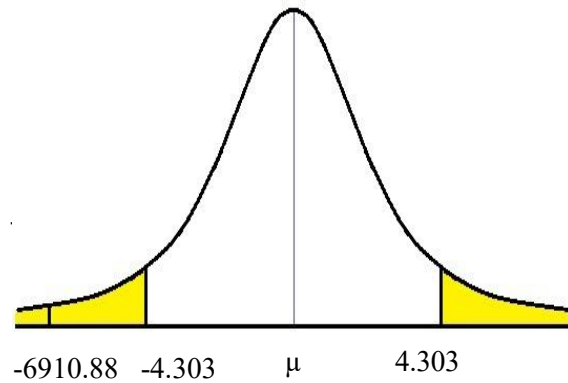


Figura 59

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado, tipo Campero extra.

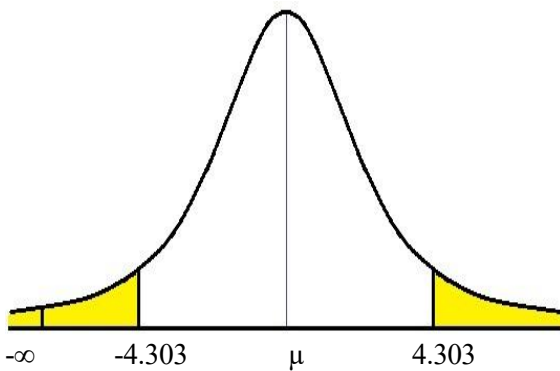


Figura 60

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz integral.

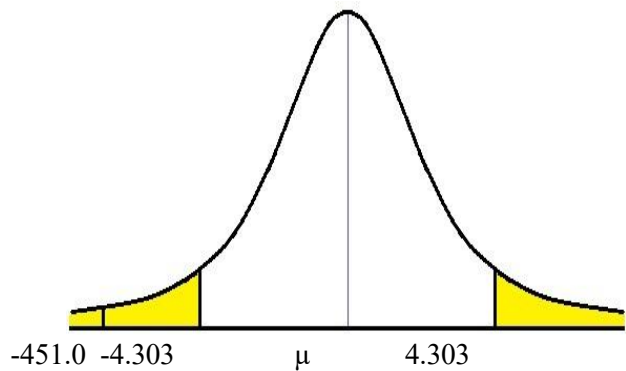


Figura 61

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Bell's arroz integral.

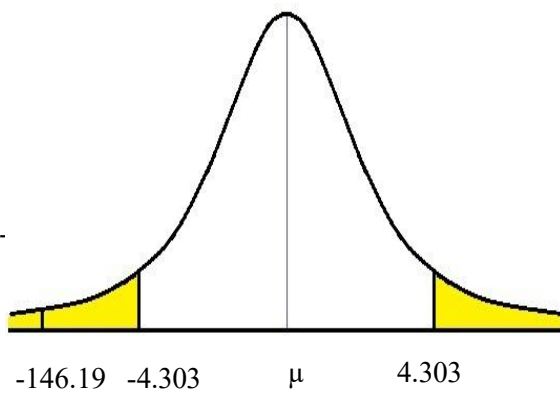


Figura 62

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Bell's arroz integral.

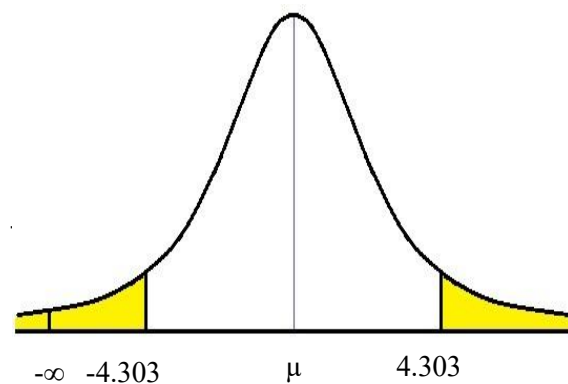


Figura 63

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Bell's arroz superior.

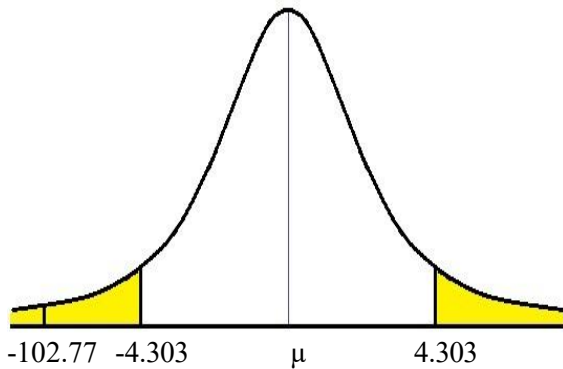


Figura 64

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipos Bell's arroz superior.

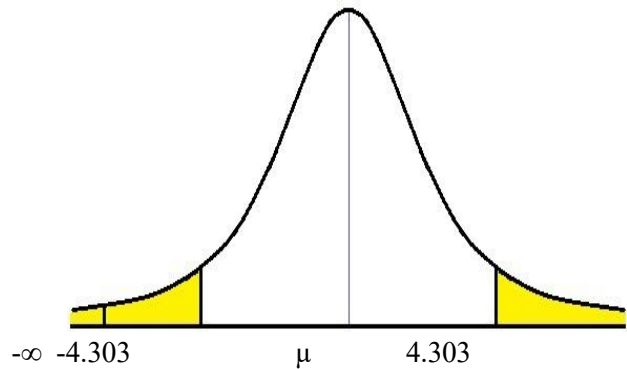


Figura 65

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Bell's arroz superior.

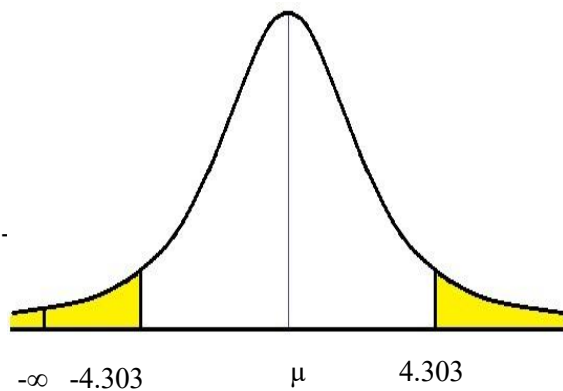


Figura 66

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Cosecha norteña.

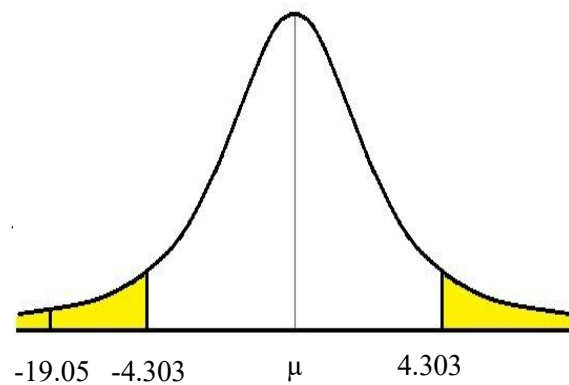


Figura 67

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Cosecha norteña.

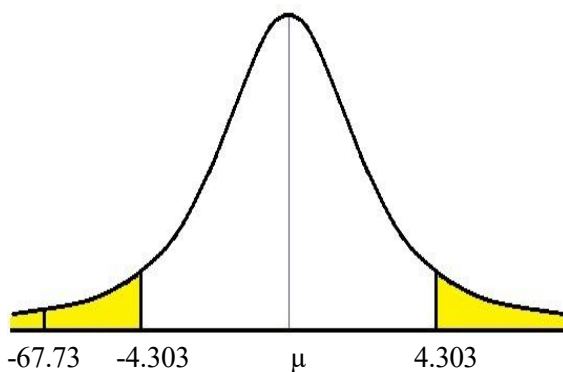


Figura 68

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Cosecha norteña.

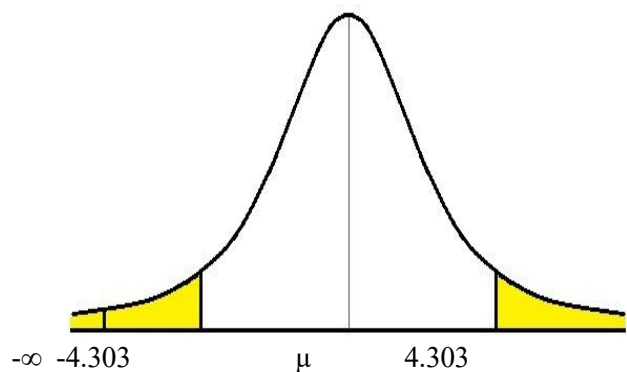


Figura 69

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Costeño arborio.

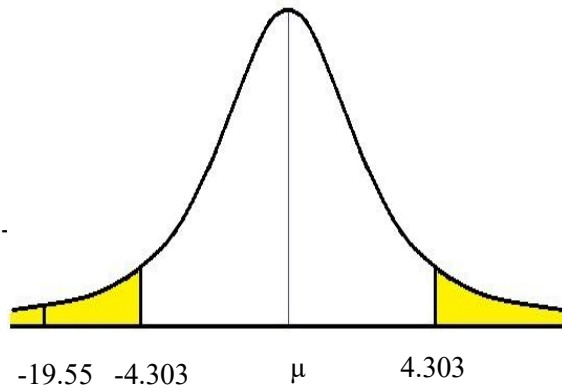


Figura 70

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Costeño arborio.

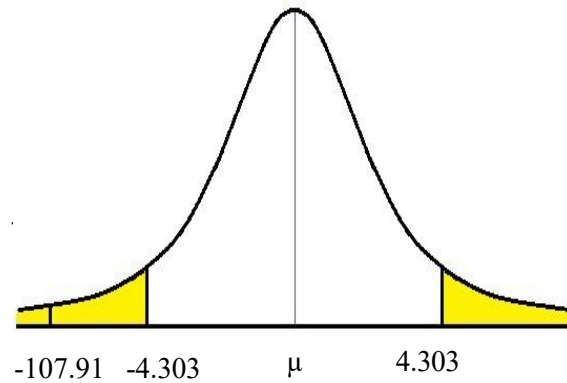


Figura 71

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Costeño arborio.

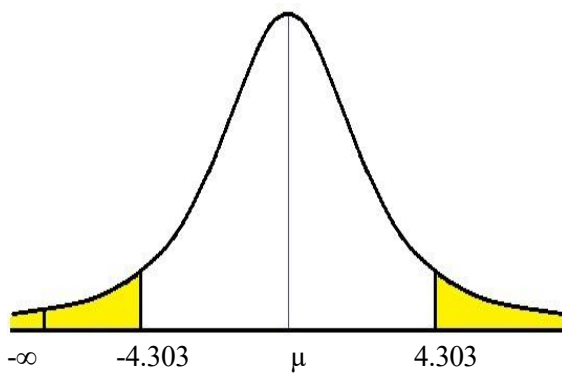


Figura 72

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Costeño integral.

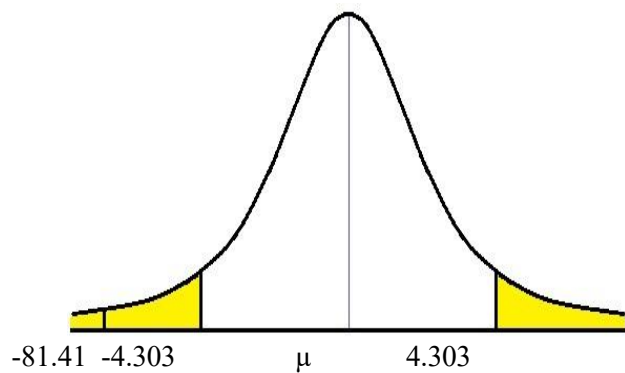


Figura 73

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Costeño integral.

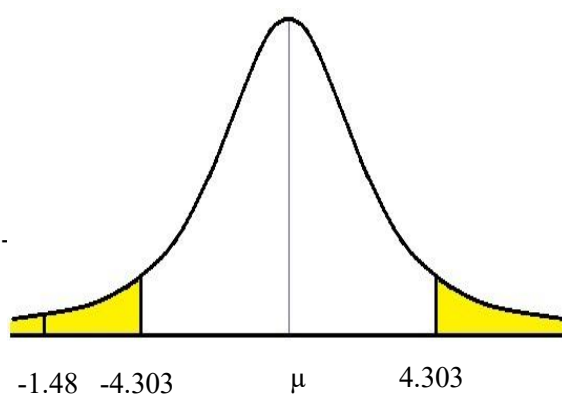


Figura 74

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Costeño integral.

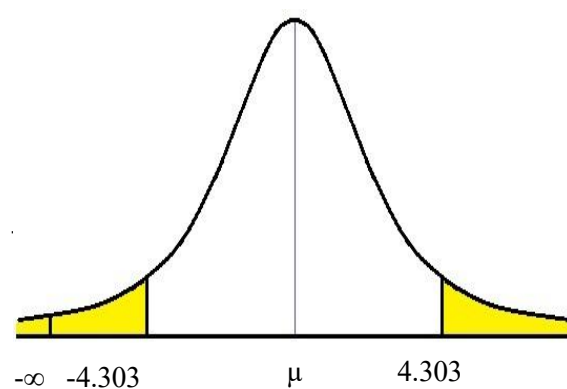


Figura 75

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Faraón Nir añejo.

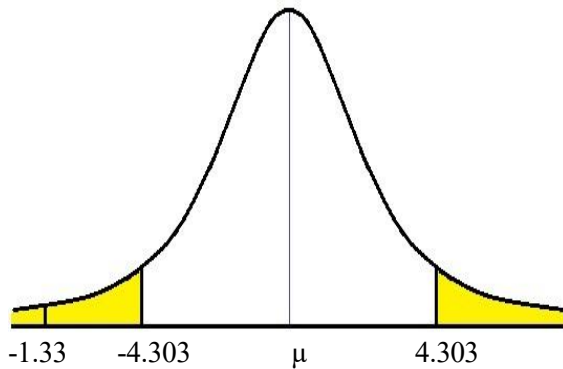


Figura 76

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Faraón Nir añejo.

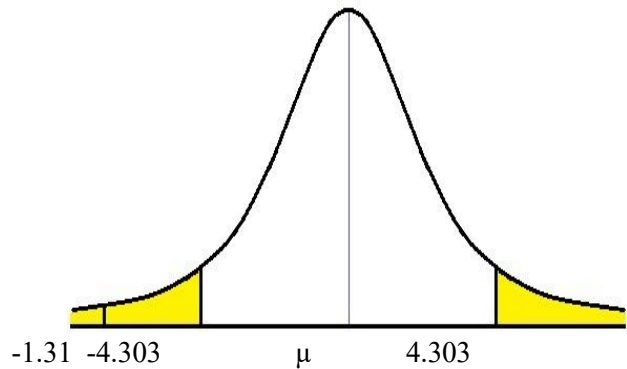


Figura 77

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Faraón Nir añejo.

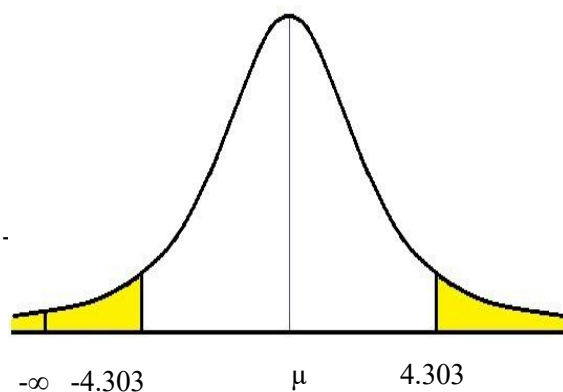


Figura 78

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Gran chalan extra.

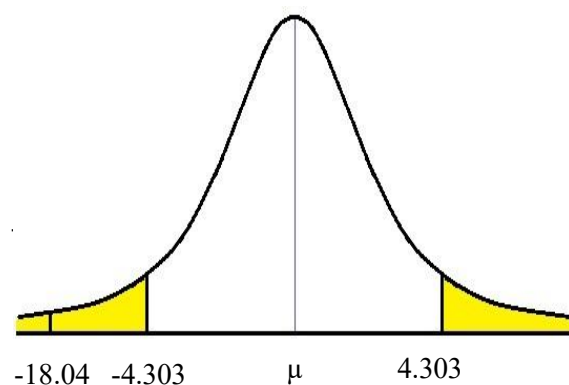


Figura 79

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Gran chalan extra.

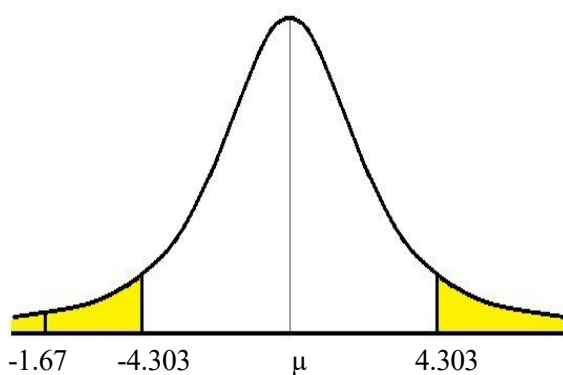


Figura 80

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Gran chalan extra.

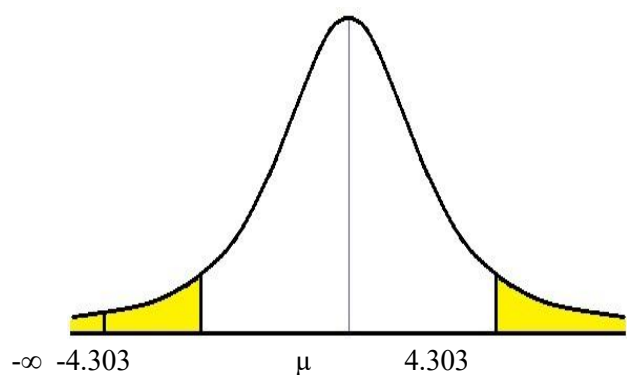


Figura 81

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Gran chalan superior.

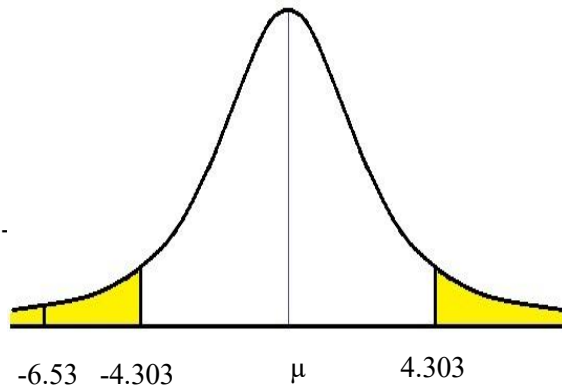


Figura 82

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Gran chalan superior.

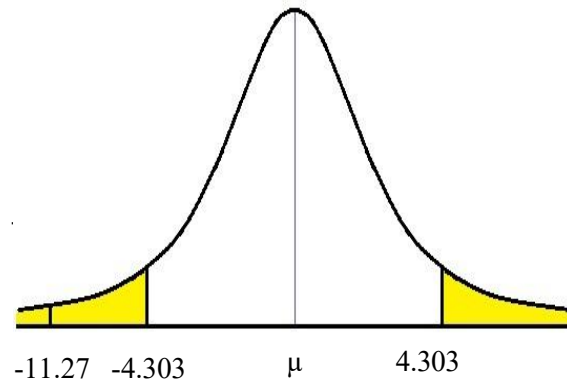


Figura 83

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Gran chalan superior.

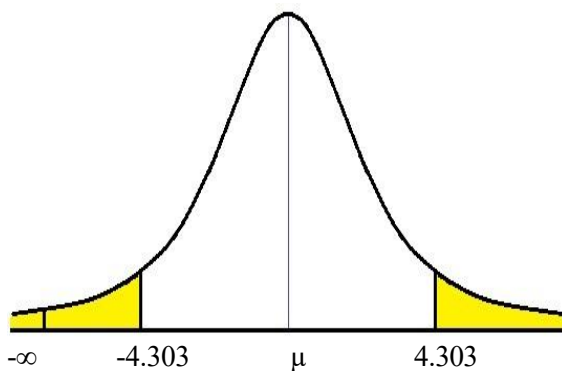


Figura 84

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Paisana integral.

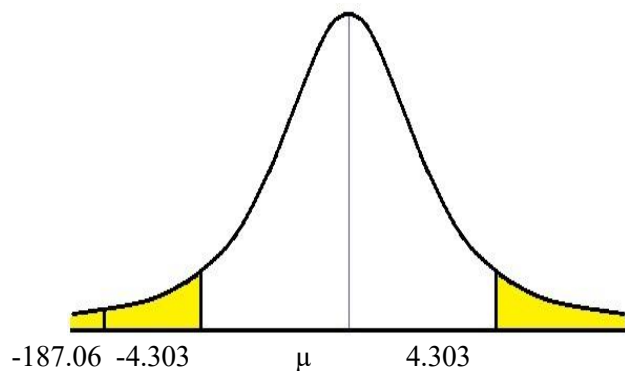


Figura 85

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Paisana integral.

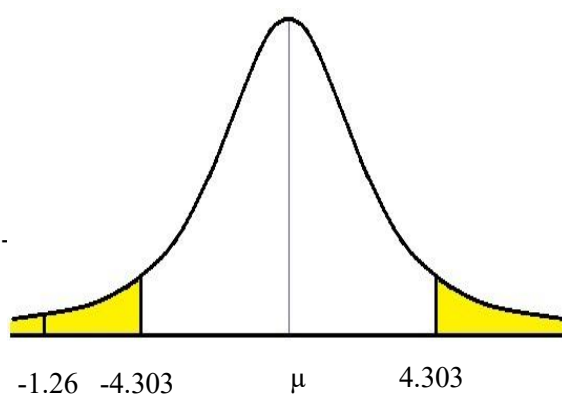


Figura 86

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Paisana integral.

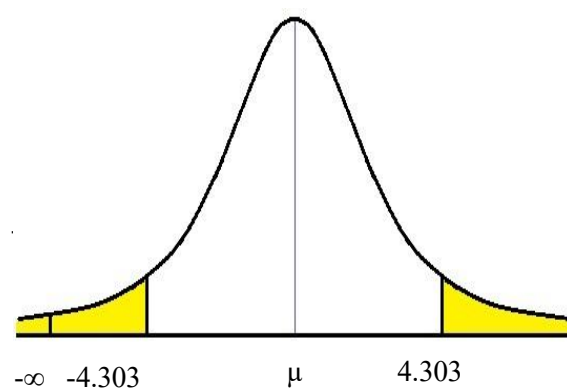


Figura 87

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte añejo superior.

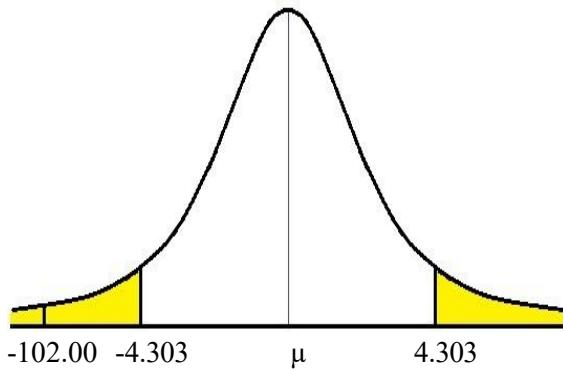


Figura 88

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte añejo superior.

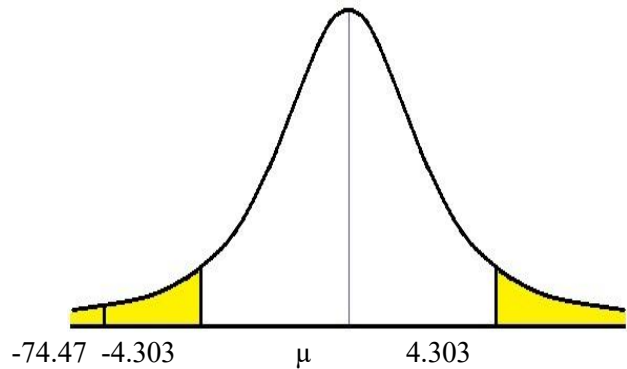


Figura 89

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte añejo superior.

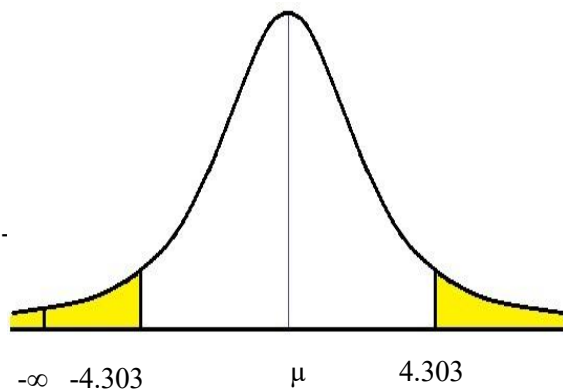


Figura 90

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte superior.

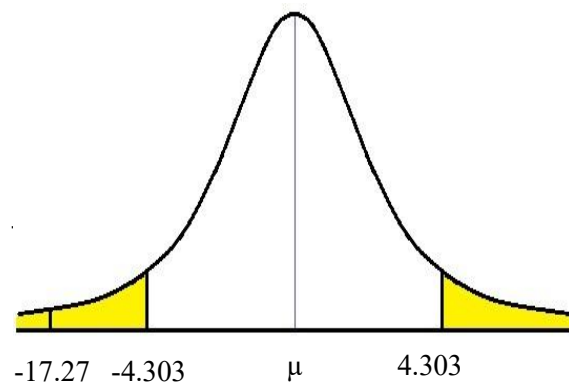


Figura 91

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte superior.

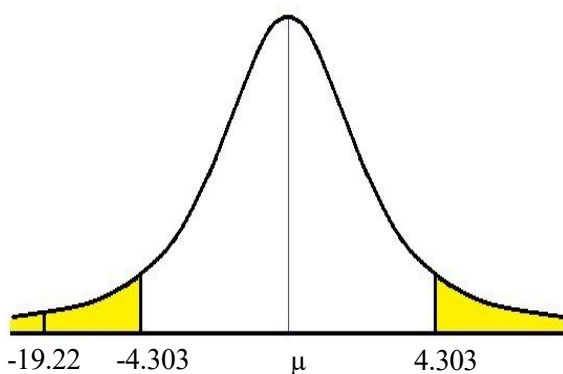


Figura 92

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte superior.

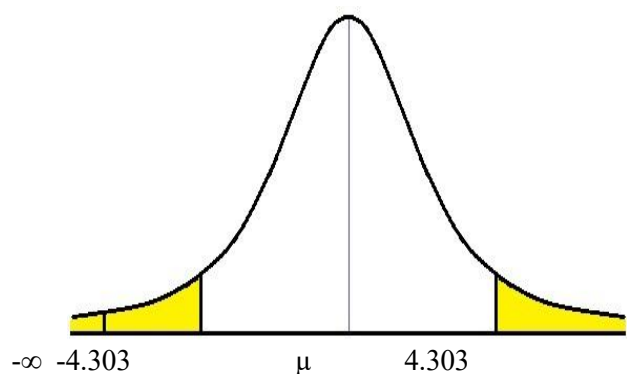


Figura 93

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte gran reserva extra.

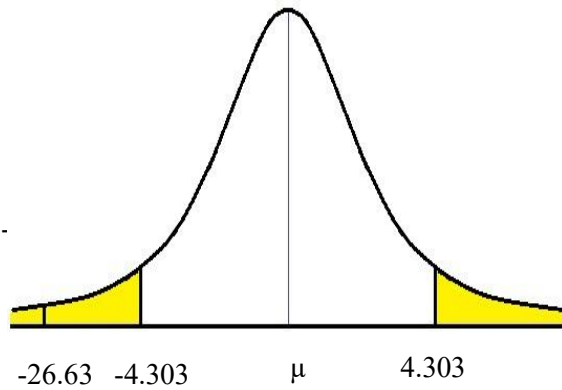


Figura 94

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra.

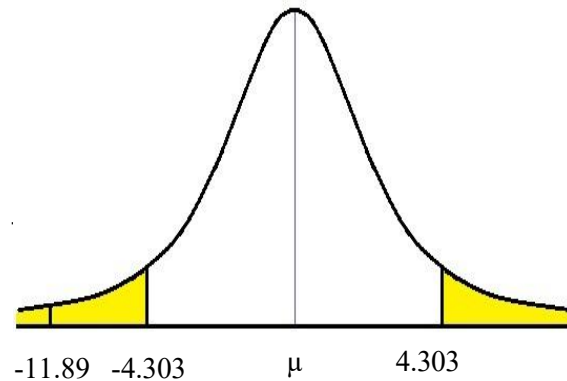


Figura 95

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte gran reserva extra.

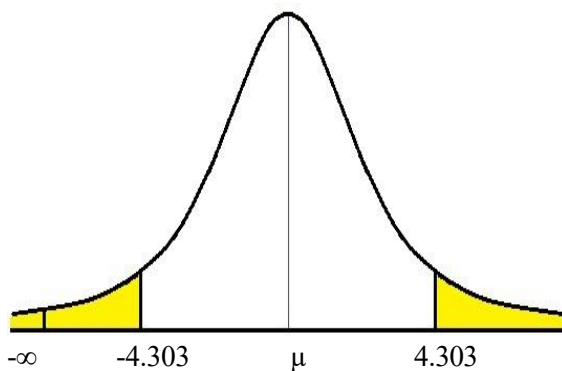


Figura 96

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Vallenorte integral.

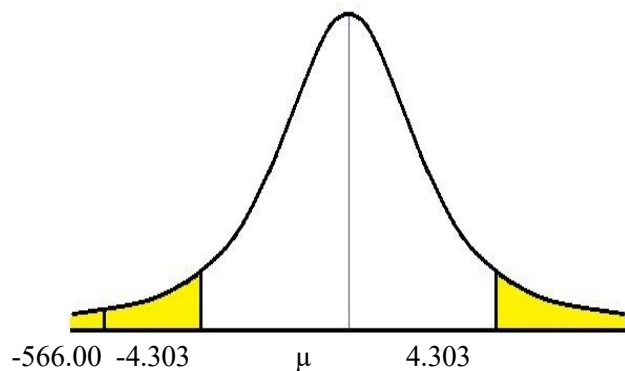


Figura 97

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Vallenorte integral.

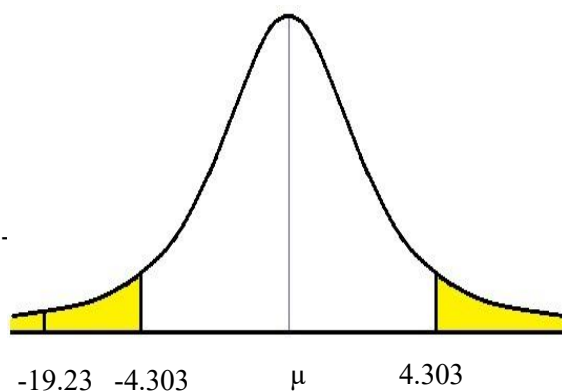


Figura 98

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Vallenorte integral.

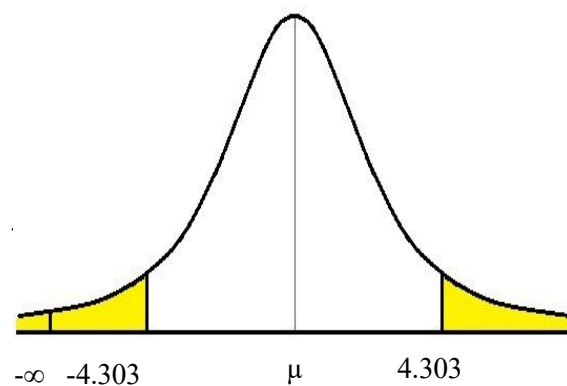


Figura 99

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Combo blanco.

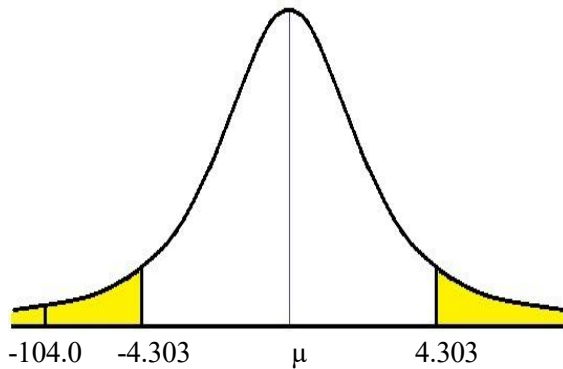


Figura 100

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Combo blanco.

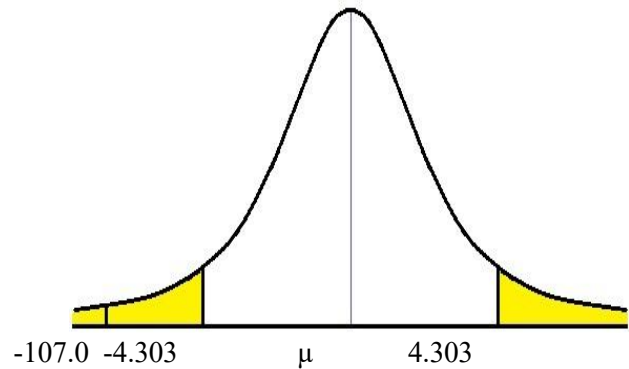


Figura 101

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Combo blanco.

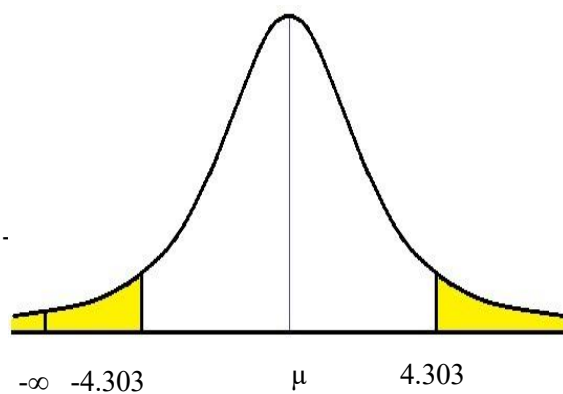


Figura 102

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar, tipo Campero extra.

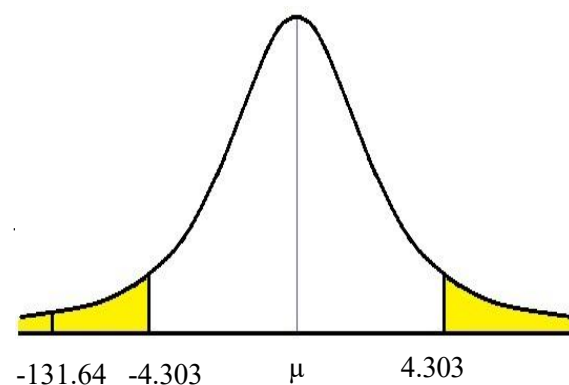


Figura 103

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado, tipo Campero extra.

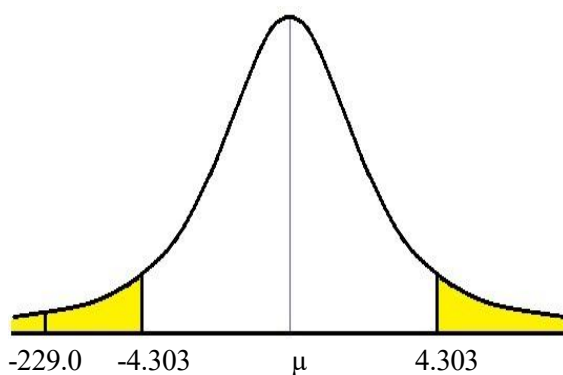
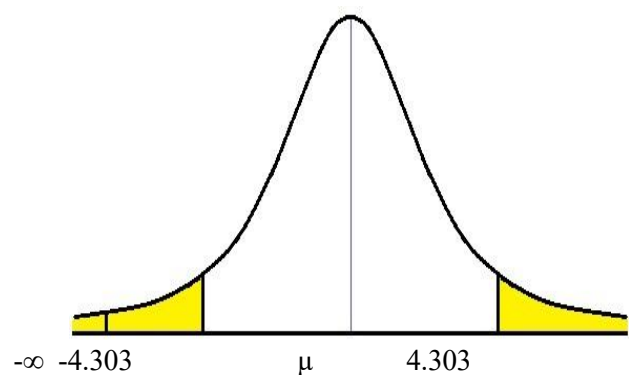


Figura 104

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado, tipo Campero extra.



2

Figura 105

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz sin lavar de diferentes tipos comerciales.

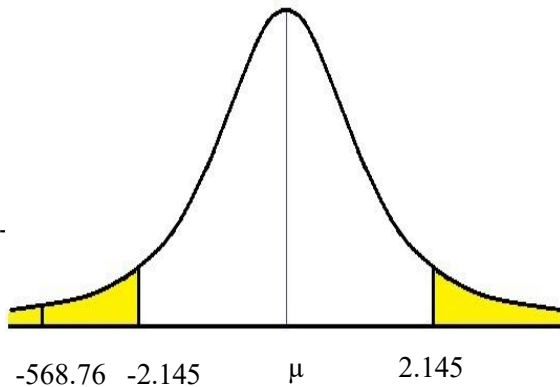


Figura 106

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en arroz lavado de diferentes tipos comerciales.

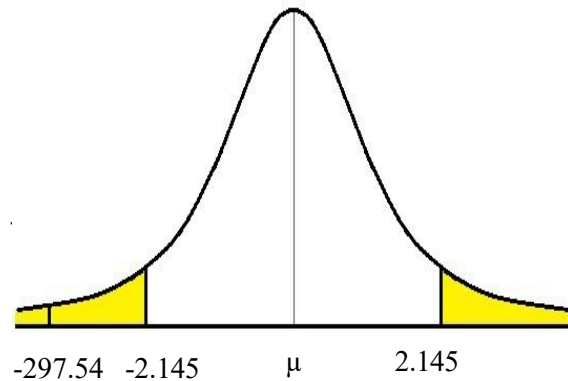


Figura 107

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en agua de lavado de diferentes tipos comerciales.

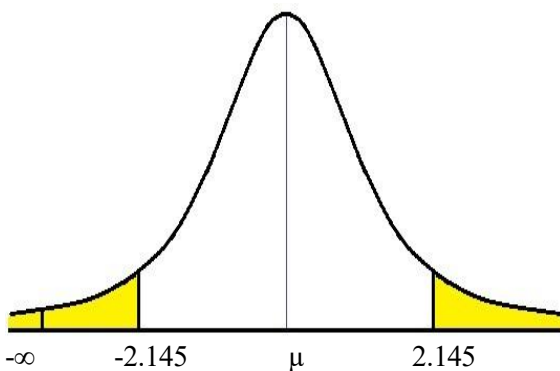


Figura 108

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz sin lavar de diferentes tipos comerciales.

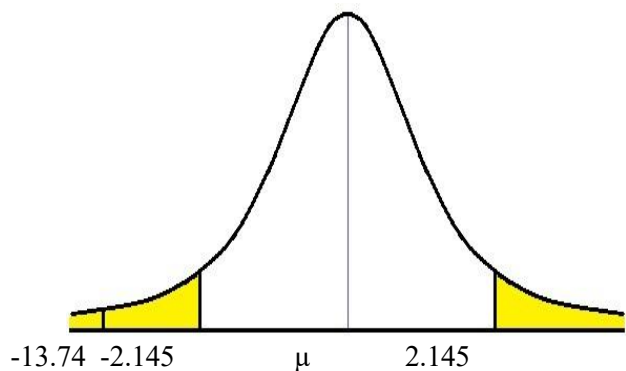


Figura 109

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en arroz lavado de diferentes tipos comerciales.

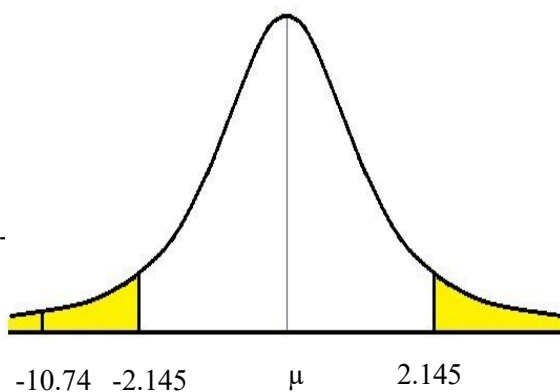
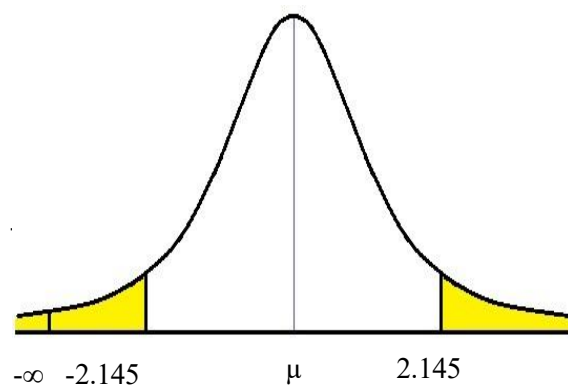


Figura 110

Prueba de hipótesis de la concentración de plomo en agua de lavado de diferentes tipos comerciales.



ANEXO 7: Resultados de laboratorio en arroz sin lavar

Centro de Análisis
Espectrofotométrico - CAE



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN

INFORME DE ENSAYO CAE N°0002512010-AA-03

Emitido en Jaén, el 10 de diciembre de 2025

Nombre del solicitante	: Yajaira Jhoselin Córdova Quinde
Muestreado por	: Solicitante
Número de muestras / Cantidad	: 15 muestras de arroz
Producto declarado	: Arroz
Características	: Empaque de plástico
Servicio solicitado	: Análisis de elementos químicos: Cd y Pb
Condiciones de recepción	: En aparente buen estado
Fecha de inicio de Ensayo	: 21 de noviembre
Fecha de término de Ensayo	: 05 de diciembre

Resultados

CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
01-NO	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.007
	Plomo		mg/L	0.050
02-NO	Cadmio		mg/L	0.001
	Plomo		mg/L	0.022
03-NO	Cadmio		mg/L	0.010
	Plomo		mg/L	0.090
04-NO	Cadmio		mg/L	0.007
	Plomo		mg/L	0.053
05-NO	Cadmio		mg/L	0.004
	Plomo		mg/L	0.106
06-NO	Cadmio		mg/L	0.004
	Plomo		mg/L	0.125
07-NO	Cadmio		mg/L	0.004
	Plomo		mg/L	0.084
08-NO	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.055
09-NO	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.092



 CONTACTO

 EMAIL

 DIRECCIÓN

 REDES SOCIALES

Centro de Análisis
Espectrofotométrico - CAE



Resultados

CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
10-NO	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.098
11-NO	Cadmio		mg/L	0.001
	Plomo		mg/L	0.085
12-NO	Cadmio		mg/L	0.008
	Plomo		mg/L	0.038
13-NO	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.011
14-NO	Cadmio		mg/L	0.001
	Plomo		mg/L	0.096
15-NO	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.124

Acotaciones:

- Los resultados son válidos para la muestra referida en el presente informe
- El informe de ensayo tiene una validez de 365 días.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón
Director de Los Centros de
Producción de Bienes y servicios

CONTACTO

EMAIL

DIRECCIÓN

REDES SOCIALES

ANEXO 8: Análisis de laboratorio en arroz lavado

Centro de Análisis
Espectrofotométrico - CAE



INFORME DE ENSAYO CAE N°0002512010-AA-04

Emitido en Jaén, el 10 de diciembre de 2025

Nombre del solicitante : Yajaira Jhoselin Córdova Quinde
Muestreado por : Solicitante
Número de muestras / Cantidad : 15 muestras de arroz / 1kg
Producto declarado : Arroz lavado
Características : Empaque de plástico
Servicio solicitado : Análisis de elementos químicos: Cd y Pb
Condiciones de recepción : En aparente buen estado
Fecha de inicio de Ensayo : 21 de noviembre
Fecha de término de Ensayo : 05 de diciembre

Resultados

CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
01-LA	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.007
	Plomo		mg/L	0.005
02-LA	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
03-LA	Cadmio		mg/L	0.020
	Plomo		mg/L	0.059
04-LA	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.010
05-LA	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.113
06-LA	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.123
07-LA	Cadmio		mg/L	0.004
	Plomo		mg/L	0.103
08-LA	Cadmio		mg/L	0.001
	Plomo		mg/L	0.073
09-LA	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.127



CONTACTO



EMAIL



DIRECCIÓN



REDES SOCIALES

Centro de Análisis
Espectrofotométrico - CAE



Resultados

CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
10- LA	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.114
11- LA	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.089
12- LA	Cadmio		mg/L	0.010
	Plomo		mg/L	0.076
13- LA	Cadmio		mg/L	0.004
	Plomo		mg/L	0.083
14- LA	Cadmio		mg/L	0.003
	Plomo		mg/L	0.093
15- LA	Cadmio		mg/L	0.001
	Plomo		mg/L	0.124

Acotaciones:

- Los resultados son válidos para la muestra referida en el presente informe
- El informe de ensayo tiene una validez de 365 días.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Mg. Billy Alexis Cagatopa Calderón
Director de Los Centros de
Producción de Bienes y servicios



CONTACTO



EMAIL



DIRECCIÓN



REDES SOCIALES

ANEXO 9: Resultados de laboratorio en agua de lavado

Centro de Análisis
Espectrofotométrico - CAE



INFORME DE ENSAYO CAE N°0002512010-AA-02

Emitido en Jaén, el 10 de diciembre de 2025

Nombre del solicitante : Yajaira Jhoselin Córdova Quinde
Muestreado por : Solicitante
Número de muestras / Cantidad : 15 muestras de arroz
Producto declarado : Agua de arroz
Características : empaque de plástico
Servicio solicitado : Análisis de elementos químicos: Cd y Pb
Condiciones de recepción : En aparente buen estado
Fecha de inicio de Ensayo : 05 de noviembre
Fecha de término de Ensayo : 05 de diciembre

Resultados

CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
01-AG	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
02-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
03-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
04-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
05-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
06-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
07-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
08-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
09-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000



CONTACTO



EMAIL



DIRECCIÓN



REDES SOCIALES

Centro de Análisis
Espectrofotométrico - CAE



Resultados

CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
10-AG	Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
11-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
12-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
13-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
14-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
15-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000
16-AG	Cadmio		mg/L	0.000
	Plomo		mg/L	0.000

Acotaciones:

- Los resultados son válidos para la muestra referida en el presente informe
- El informe de ensayo tiene una validez de 365 días.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Mg. Billy Alexander Cagatopa Calderón
Director de Los Centros de
Producción de Bienes y servicios

CONTACTO

EMAIL

DIRECCIÓN

REDES SOCIALES

ANEXO 10: Material fotográfico



Tipos de arroz



Molido de granos



Muestras pulverizadas de arroz



Muestras de arroz lavado



Muestras de agua de lavado



Secado de muestras de arroz lavado



Preparación de muestras para análisis



Preparación de muestras para digestión



Muestras en digestor



Lectura de resultados del espectrofotómetro de absorción atómica