



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL



“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR CADMIO EN EL CULTIVO DE ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis*) cv. UC 57-F1- EN CAMPO DE PEQUEÑOS AGRICULTORES EN LA ZONA DE SANTIAGO- LA VENTA CON ÉNFASIS EN EL CADMIO EN TURIONES”

TESIS:

PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Ing. MAG. JAIME GARCILAZO CORNEJO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIAS NATURALES

ÁREA ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD

Ciencias e ingeniería

ICA – PERU

2021

DEDICATORIA

A mi Madre Matilde Cornejo Navea de Garcilazo

(+) Por su dedicación de toda la Vida

A Mi Sra. y mis Hijos: Milagros, Carla y Renzo

Garcilazo Plaza

AGRADECIMIENTO

A Los Agricultores Esparragueros de la zona
baja de la Venta Distrito de Santiago

A Mis Asesores de la Universidad San Luis
Gonzaga de Tesis por su dedicación

INDICE

RESUMEN.....	x
- Español.....	x
- Abstract.....	xi
CONTRACARATULA.....	xii
Doctorado (mención).....	xii
Título del trabajo.....	xii
Autor.....	xii
Asesor.....	xii
INTRODUCCION.....	01
CAPITULO I – MARCO TEORICO.....	02
1.1 Antecedentes.....	02
1.1.1 Antecedentes Internacionales	02
1.1.2 Antecedentes Nacionales.....	04
1.1.3 Antecedentes Locales.....	05
1.2 Bases teóricas.....	05
1.2.1 Metales pesados y su efecto contaminante.....	05
1.2.2 Contaminación del suelo.....	07
1.2.3 Movilidad de los metales pesados en el suelo.....	07
1.2.4 Toxicidad de los metales pesados en el suelo.....	07
1.2.5 Fitotoxicidad de los metales pesados.....	08
1.2.6 Mecanismos de adsorción de metales pesados por las plantas....	09
1.2.7 Toxicología del cadmio.....	09
1.3. Marco conceptual.....	11

1.3.1 Metales pesados.....	11
1.3.2 Cadmio.....	12
1.3.3 Generalidades del cultivo de espárrago.....	12
1.3.3.1 Asparagus officinalis L.....	12
1.3.3.2 Importancia del cultivo.....	13
1.3.3.3 Taxonomía.....	13
1.3.3.4 Características morfológicas.....	14
1.3.3.5 Etapas de desarrollo.....	15
1.3.3.6. Manejo del cultivo.....	16
1.3.3.6.1 Clima.....	16
1.3.3.6.2 Suelo.....	16
1.3.3.6.3 Siembra.....	17
1.3.3.6.4 Riego.....	17
1.3.3.6.5 Fertilización.....	17
1.3.3.6.6 Cosecha.....	18
2.3.3.5 Plomo.....	18
1.4. Marco Filosófico.....	18
CAPITULO II - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
2.1 Situación problemática.....	20
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
a) Problema General.....	21
b) Problema Específico.....	21
2.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION	21
2.3.1 Justificación.....	21

2.3.2	Importancia.....	22
2.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	23
a)	Objetivo General.....	23
b)	Objetivo Especifico.....	23
2.5	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	23
a)	Hipótesis General.....	23
b)	Hipótesis Específicos.....	24
2.6	VARIABLES DE LA INVESTIGACION.....	24
a)	Identificación de Variables.....	24
b)	Operacionalización de Variables.....	24
CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....		25
3.1	TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.1.1	Tipo de investigación.....	25
3.1.2	Nivel de investigación.....	25
3.1.3	Diseño de investigación.....	25
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	25
3.2.1	Población de estudio.....	25
3.2.2	Muestra.....	26
CAPITULO IV. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION.....		27
4.1	Técnica de Recolección de Datos	27
4.2	Instrumentos de Recolección de Datos.....	28
4.3	Técnica de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Resultados.....	29
CAPITULO V – CONTRASTACION DE HIPOTESIS.....		31
5.1	Contrastación de la hipótesis general.....	31

5.2 Contrastación de la hipótesis específica.....	31
---	----

CAPITULO VI – PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE

RESULTADOS.....	32
------------------------	-----------

• CONCLUSIONES.....	57
----------------------------	-----------

• RECOMENDACIONES.....	58
-------------------------------	-----------

• FUENTES DE INFORMACION.....	59
--------------------------------------	-----------

• ANEXOS.....	64
----------------------	-----------

ÍNDICE DE TABLAS

- TABLA N° 01: Contenido de cadmio en el suelo, zona baja de Ica – 2019.....	32
---	----

- TABLA N° 02: Contenido de cadmio en el follaje, zona baja de Ica - 2019.....	33
---	----

- TABLA N° 03: contenido de cadmio en turiones, zona baja de Ica - 2019.....	34
---	----

- TABLA N° 04: Contenido de cadmio en el suelo, zona baja de Ica - 2019....	35
--	----

- TABLA N° 05: Contenido de cadmio en el follaje. zona baja de Ica – 2019...	36
---	----

- TABLA N° 06: Contenido de cadmio en los turiones, zona baja de Ica - 2019.	37
---	----

- TABLA N° 07: Contenido de cadmio en suelo agrícola, zona baja de Ica - 2019	38
---	----

- TABLA N° 08: Contenido de cadmio en el follaje, zona baja de Ica - 2019...	39
---	----

- TABLA N° 09: Contenido de cadmio en los turiones, zona baja de Ica - 2019..	40
--	----

- TABLA N° 10: Contenido de cadmio en el suelo, zona baja de Ica - 2019.....	41
---	----

- TABLA N° 11: Contenido de cadmio en el follaje, zona baja de Ica - 2019....	42
--	----

- TABLA N° 12: Contenido de cadmio en turiones, zona baja de Ica - 2019....	43
--	----

- TABLA N° 13: Contenido de cadmio en suelo agrícola, zona baja de Ica - 2019	44
---	----

- TABLA N° 14: Contenido de cadmio en el follaje, zona baja de Ica - 2019....	45
--	----

- TABLA N° 15: Contenido de cadmio en turiones, zona baja de Ica – 2019...	46
- TABLA N° 16: Contenido de cadmio en suelo agrícola, zona baja de Ica - 2019	47
- TABLA N° 17: Contenido de cadmio en el follaje, zona baja de Ica – 2019....	48
- TABLA N° 18: Contenido de cadmio en los turiones, zona baja de Ica- 2019..	49
- TABLA N° 19: Contenido de cadmio en suelo agrícola, zona baja de Ica - 2019	50
- TABLA N° 20: Contenido de cadmio en el follaje, zona baja de Ica – 2019.....	51
- TABLA N° 21: Contenido de cadmio en los turiones, zona baja de Ica - 2019.	52
- TABLA N° 22: Contenido de cadmio en el agua de riego, zona baja de Ica - 2019.....	53
- TABLA N° 23: Contenido de cadmio en agua de riego, zona baja de Ica - 2019	54

ÍNDICE DE GRAFICOS

- Gráfico 01: Muestra de suelo agrícola.....	32
- Gráfico 02: Muestra de Follaje.....	33
- Gráfico 03: Muestra de Turiones.....	34
- Gráfico 04: Muestra de suelo según informe de análisis.....	35
- Gráfico 05: Muestra de Follaje según análisis.....	36
- Gráfico 06: Muestra de Turiones según análisis.....	37
- Gráfico 07: Muestra de Suelo Agrícola según análisis.....	38
- Gráfico 08: Muestra de Follaje según análisis.....	39
- Gráfico 09: Muestra Turiones según análisis.....	40

- Gráfico N° 10: Muestra de suelo según informe de análisis	41
- Gráfico N° 11: Muestra de Follaje según informe de análisis.....	42
- Gráfico N° 12: Muestra de Turiones según informe de análisis.....	43
- Gráfico N° 13: Muestra de Suelo Agrícola, según informe de análisis.....	44
- Gráfico N° 14: Muestra de Follaje según informe de análisis.....	45
- Gráfico N° 15: Muestra de Turiones según informe de análisis.....	46
- Gráfico N° 16: Muestra de suelo según informe de análisis.....	47
- Gráfico N° 17: Muestra Follaje según informe de análisis.....	48
- Gráfico N° 18: Muestra de Turiones según informe de análisis.....	49
- Gráfico N° 19: Muestra de suelo según informe de análisis.....	50
- Gráfico N° 20: Muestra de Follaje según informe de análisis.....	51
- Gráfico N° 21: Muestra de Turiones según informe de análisis.....	52
- Gráfico N° 22: Muestra Agua de Riego según informe de análisis.....	53
- Gráfico N° 23: Muestra Agua de Riego según informe de análisis.....	54

RESUMEN

La Investigación se realizó, tomando en cuenta las regulaciones que están poniendo los países como E.E.U.U, la Comunidad Europea, entre otros, para metales pesados, pesticidas y microbiológicos.

Los resultados del Análisis del Suelo Agrícola de las 07 parcelas evaluadas, muestran contaminación por Cadmio, los valores encontrados fueron de: 1,882, 2,265, 2,765, 1,998, 2,016, 3,830 y 3,510 mg/kg, superando ampliamente los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud, el límite que establece la norma es un valor de 1,4 mg/kg.

Al Análisis el Follaje o Hojas modificadas, se aprecia que las muestras no tiene los niveles de contaminación de Cadmio, no superando los Límites Máximos Permisibles de la Normas.

Los resultados del análisis de los turiones de esparrago al iniciarse la cosecha, se aprecia que el Cadmio está presente en 02 parcelas, con valores de 0,0727 y 0,0875 mg/kg, si bien no llegan al límite que es de 0,1 mg/kg, nos expresa que están contaminados con trazas de cadmio. En las 05 parcelas evaluadas el nivel de concentración supera ampliamente la norma con niveles de: 0,1183, 0,1183, 0,200, 0,1394 y 0,143 mg/kg, mostrando contaminación de los turiones.

En relación al análisis del agua de riego, el Parámetro para Cadmio es de 0,01 mg/L, se evaluó el agua subterránea extraída de los pozos; Santa Dominguita IRHS 23, que tiene un valor de 0,00125 mg/L y El Redentor IRHS 455, un valor de 0,00117 mg/L, no están contaminadas por Cadmio, pero si tienen trazas de este metal.

ABSTRACT

The investigation was carried out, taking into account the regulations that countries such as the United States, the European Community, among others, are putting in place for heavy metals, pesticides and microbiologicals.

The results of the Agricultural Soil Analysis of the 07 evaluated plots show contamination by Cadmium, the values found were: 1,882, 2,265, 2,765, 1,998, 2,016, 3,830 and 3,510 mg / kg, widely exceeding the Maximum Permissible Limits of the Standard ECA of the Ministry of the Environment MINAN 2017, the FAO Standard and the World Health Organization, the limit established by the standard is a value of 1.4 mg / kg.

When analyzing the foliage or modified leaves, it is appreciated that the samples do not have the levels of cadmium contamination, not exceeding the Maximum Permissible Limits of the Standards.

The results of the analysis of the asparagus shoots at the beginning of the harvest, it is appreciated that Cadmium is present in 02 plots, with values of 0.0727 and 0.0875 mg / kg, although they do not reach the limit of 0, 1 mg / kg, tells us that they are contaminated with traces of cadmium. In the 05 plots evaluated, the concentration level far exceeds the norm with levels of: 0.1183, 0.1183, 0.200, 0.1394 and 0.143 mg / kg, showing contamination of the shoots.

In relation to the irrigation water analysis, the Parameter for Cadmium is 0.01 mg / L, the underground water extracted from the wells was evaluated; Santa Dominguita IRHS 23, which has a value of 0.00125 mg / L and El Redentor IRHS 455, a value of 0.00117 mg / L, are not contaminated by Cadmium, but do have traces of this metal.

DOCTORADO:

GESTION AMBIENTAL

TITULO:

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DEL CULTIVO
DE ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.) EN CV. UC 157- F1 EN CAMPO DE
AGRICULTORES EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA CON ÉNFASIS EN EL
CADMIO EN TURIONES”**

AUTOR:

Ing. MAG. JAIME GARCILAZO CORNEJO

ASESOR:

Dr. LUIS FELIPE BENDEZU DIAZ

INTRODUCCIÓN

La situación de la contaminación de los alimentos es un tema en la agenda de todos los países, siendo cada vez más supervisada, tal es así que, en el mes de agosto del 2021, la Comisión Europea redujo los niveles máximos de cadmio y de plomo, para limitar la presencia de estos contaminantes cancerígenos en los alimentos. Entonces decimos que, los metales pesados; son elementos propios de la hábitat, con alto peso molecular, muy conocidos y útiles, pero a su vez son dañinos porque afectan la salud y diversos órganos.

Pero, su peligrosidad radica en que no se degradan (químicamente, ni biológica) y tienden a bioacumularse y a biomagnificarse, y dentro de los metales considerados más tóxicos, están el cadmio y el plomo, materia de estudio en la investigación doctoral. El cadmio, está presente en las frutas, verduras, cereales y semillas oleaginosas, depende de su concentración puede llegar a cambiar la alcalinidad del suelo. Además, contamina los ríos, lagos, la fauna y los cultivos. El plomo, en cantidades elevadas puede producir cambios en las plantas, degradan los suelos, disminuyendo su producción y si es excesiva la contaminación, puede producir la desertificación.

En la investigación, evaluamos la contaminación por metales pesados en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en CV. UC 115- F1 en los campos de los agricultores en la zona baja del valle de Ica, con énfasis en el cadmio. Por la importancia que tiene este cultivo para la agricultura de exportación de la región Ica y por ser los turiones el producto de consumo en fresco, su consumo puede alterar la salud de los consumidores y su comercialización.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

11.1 Antecedentes Internacionales

Shugulí, O. (2018). En su estudio indica que al analizar los metales pesados cadmio y plomo en dos hortalizas de consumo directo como el brócoli y la cebolla blanca, al evaluar ocho muestras al azar obtuvo que en el caso de la hortaliza brócoli ésta sobrepasa el límite 5×10^{-2} mg/kg para cadmio encontrando pérdidas pos cosecha desde el 10% hasta el 30% para el brócoli mientras que para la cebolla blanca no presenta pérdidas.

Hernández, F. (2014). Al estudiar el cultivo de alfalfa, para la determinación de cadmio en el suelo y su concentración, manifiesta que tuvo una concentración mayor de 11.88 mg/kg a la profundidad de (30-60 cm) y una concentración menor de 11.76 mg/kg en la profundidad de (60-90 cm), siendo los valores encontrados dentro de los límites máximos permisibles según la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que es de 37 mg/kg de cadmio en el suelo.

Granizo, M. y Márquez, A. (2007). En sus ensayos, establecieron la concentración de metales pesados en ciertos componentes del ecosistema con la finalidad de poder conocer la posible incidencia en la red trófica y sus peligros potenciales del Cd y Cr, que exceden los límites permisibles en el suelo, así mismo del Hg y Cd, que exceden en agua y lixiviados. Además, encontraron Cu y Zn en plantas, con niveles permitidos.

Peris, M. (2006). indica, la existencia de procesos de contaminación, principalmente en campos que rebasan los niveles de referencia del Cd, Cr, Cu, Pb y Zn y que, comprobada la contaminación antrópica es pertinente efectuar

el análisis de riesgos, y que estos resultados permitirán fijar prioridades, para ejecutar acciones precisas en la recuperación y descontaminación de los suelos o realizar un rastreo y monitoreo de las parcelas. Además, observa que hay correlación, positiva o negativa, de un metal en la planta, con respecto a su absorción, la cual aumenta o disminuye cuando hay otros metales en el suelo. Entonces, hay que conocer las interacciones que se pueden producir entre estos elementos, para aprender sobre la potencial acumulación y concentración de los contaminantes en las plantas y en el suelo.

Miranda, D. y et. al (2008). Realiza su investigación en hortalizas de mayor consumo, como apio, repollo, lechuga y brócoli, encontrando en el agua de riego concentraciones de Cd muy cerca a los límites establecidos por las norma nacional e internacional, al evaluar el suelo, los niveles de las hortalizas estaban en los rangos normales. Con respecto a la concentración de Pb, este rebaso la concentración máxima permitida para alimentos de niños y lactantes de corta edad, que establece la Unión Europea, para las 04 hortalizas investigadas. Finalmente resalta que la lechuga, es la que más altos niveles de metales pesados acumula, en comparación con las otras hortalizas.

1.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Cárdenas, A. (2012). Investiga, en el cultivo de cacao, la presencia de cadmio y que, según los análisis realizados, el potasio presenta deficiencia en algunas parcelas en el suelo y el análisis foliar presenta deficiencias generales para el N, P, K y Cu; y que, al analizar las almendras, estas no presentan deficiencias para los mencionados, pero si presenta deficiencias de Fe y Zn.

A nivel de almendras y cascarillas los valores promedio de cadmio total fueron de 1.55 ppm y 2.04 ppm correspondientemente y al evaluar la actividad microbiana del suelo el valor medio fue de 1.47 mg/100 g de suelo.

Calderón, E. y Concha, R. (2017). En su investigación determinó los niveles bajos de concentración de metales pesados, en las frutas de mayor consumo en la ciudad de Piura, encontrando niveles bajos, pero manifiesta. que, hay que tener presente que cuando nos referimos a los metales pesados las cantidades pequeñas, son consideradas como peligrosas por su bioacumulación, sobre todo al referirnos al plomo, arsénico y cadmio, que son los más tóxicos.

Maquerhua, Y. y Valverde, N. (2012). En su trabajo de investigación evaluó la concentración de contaminantes en los suelos y si son convenientes para la agricultura, sobre todo los cultivos de maíz y haba. Los análisis revelaron concentraciones significativas que alcanzaron y superaron los niveles máximos permitidos por las normas de Canadá para As, B, Cd y Zn., teniendo según los resultados del análisis, a través del método analítico de inducción de plasma niveles altos.

Al revisar el arsénico, este contiene 48,3 ppm, con lo cual es 302, 5% mayor al nivel de referencia, la concentración de boro es de 11,4 ppm supera por 470% al límite de referencial, el cadmio presenta 4,28 ppm, superando en 198,6% al límite de referencia y el zinc concentra 777,9 ppm, que es mayor que el nivel de referencia, que es de 288,95%. Los otros elementos analizados, no muestran resultados altos al compararlos con los límites referenciales.

1.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Hay una tesis Doctoral realizado por el Dr. Almeyda V. (2019) sobre el efecto de la aplicación de fertilizantes fosfatados en la Contaminación por el Cadmio de Suelos Agrícolas de la Zona Baja del Valle de Ica – 2018, la revisión bibliográfica indica que no hay información de estudios de contaminación por el cadmio de suelos agrícolas en Santiago - La Venta, siendo la investigación una de las primeras tesis doctoral sobre metales pesados realizados en esta zona.

1.2 Bases teóricas

1.2.1. Metales pesados y su efecto contaminante

En el mundo hay reportes, sobre consumo de alimentos contaminados con metales pesados, como los vegetales, frutas, granos, cereales, pescados y vísceras animales, que dañan la salud, estando presente en el ambiente por vía natural y antropogénica, distribuyéndose principalmente en el aire, agua y suelo. Se registra que el Cadmio, es un metal pesado con más predisposición a acumularse en los cultivos, ocasionando grave inestabilidad en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas (Nava-Ruíz & Méndez-Armenta 2011). (Singh & Tewari, 2003).

El plomo, se absorbe por inhalación, ingestión y a través de la piel y se expande en los diversos órganos, tejidos, huesos y dientes, donde se acumula a través del tiempo (Sanín et. al, 1998). La edad de la persona y su nivel de exposición, determina la intoxicación por plomo (Bayona, 2009).

En los suelos, encontramos a los metales pesados en forma natural, pero con el tiempo se han acumulado, por la industrialización, desarrollo

agrícola y deficiente disposición de residuos sólidos; actividad antropogénica (Giuffré et al., 2005).

El plomo, cadmio, cromo y mercurio, son metales altamente contaminantes, porque no son biodegradables, pudiéndose acumular en algunos órganos del cuerpo humano, afectando la salud e induciendo enfermedades (Queirolo et al., 2000).

Los M.P. entran en la cadena alimenticia por los suelos contaminados donde se realiza agricultura, los cultivos absorben nutrimentos del suelo contaminado, pudiendo ser absorbidos por las plantas, pasar a la atmósfera por evaporación y moverse por las aguas superficiales y subterráneas (Díez et al., 2009).

1.2.2 Contaminación del suelo

Los químicos utilizados o producidos procedentes de las acciones industriales, desechos municipales y domésticos, aguas residuales, agroquímicos y los originarios del petróleo, son las principales fuentes antropogénicas por la que se contaminan los suelos.

Accidentalmente, los químicos mencionados, pueden ser liberados en el ambiente, como, por ejemplo, los originados por los derrames de petróleo o lixiviación a partir de los vertederos, o adrede, por el uso consiente de los fertilizantes y plaguicidas, riegos con aguas residuales no tratadas o aplicaciones de lodos de depuradora a los suelos agrícolas. (Rodríguez, N. et al., 2019).

1.2.3 Movilidad de los metales pesados en el suelo

Una condicionante importante en las características de la bioacumulación, es la movilización de los metales pesados, tanto en el ambiente, en el suelo y en los organismos, así mismo su potencial tóxico y sus efectos de la transferencia hacia otros organismos en la cadena trófica. (Kevin et al., 2001).

1.2.4 Toxicidad de los metales pesados en el suelo

Un nivel importante para la toxicidad en los suelos, es cuando los metales pesados están disponibles en la solución suelo facilitando su transferencia a otros medios, incrementando la concentración de otros elementos que se consideran esenciales para muchos procesos bioquímicos. La toxicidad de estos elementos depende también de la especiación o formas en que están presentan en el suelo, su biodisponibilidad y su ingreso a la cadena trófica. (Holmgren et al., 1993).

El uso de las aguas residuales en suelos agrícolas, pueden agregar sustancias tóxicas, como los metales pesados y residuos orgánicos de baja tasa de degradación, también incrementar la salinidad del suelo y del manto acuífero. (Chang et al., 1992).

La movilidad, hacia las aguas subterráneas, se da por la adsorción y precipitación; interacción del suelo y los metales, precipitándose desde la superficie a las capas inferiores, cuando los metales pesados sobrepasan la capacidad de carga de los suelos. (González et al., 2000).

1.2.5 Fitotoxicidad de los metales pesados

La fitotoxicidad, se produce a consecuencia del grado de toxicidad que produce una sustancia, compuesto o mezclas, que es capaz de causar

desordenes fisiológicos en las plantas, como alteraciones en el crecimiento, vigorosidad, desarrollo y producción de los cultivos. (Moreno A. y Peñaranda, M. 2019).

Las acciones de la industria y la minería, pueden causar contaminación de elementos traza, como arsénico, cadmio y Talio, los cuales son escasos en el agua y el suelo bajo condiciones naturales, pero, pueden pasar a las plantas y animales, causando toxicidad en los humanos, debido a que, se pueden concentrar. (Fergusson, 1990).

1.2.6 Mecanismos de adsorción de metales pesados por las plantas

Las raíces, se encargan de incorporar a través del agua y los minerales, que están disponible en el suelo, los metales pesados ingresando a las plantas; por los pelos radicales aumentando el área de contacto con la capa y permitiendo la absorción más eficaz del agua y los minerales necesarios. (Fitter et al., 1987).

En la célula vegetal, se inmoviliza los metales pesados, por las sustancias orgánicas quelantes (fitoquelatinas), formando iones complejos con el metal, evitando la Fitotoxicidad, otro medio es que los quelatos formados, al pasan por la vacuola y ahí se instalan.

Hay plantas, que tienen la capacidad de desarrollarse en suelos con contenido altos de metales, exceptuando iones con potencial tóxicos de su sistema radículas, y otras plantas los utilizan como micronutrientes, aunque en concentración mínima, pueden saturar a la planta.

Bioacumulación, es la capacidad de las plantas de absorber y almacenar elementos minerales, entre ellos los metales pesados en sus órganos, y esta capacidad se utiliza para monitorear los niveles de contaminación en algunos ecosistemas, pero, estos estándares de bioacumulación son variables; y no continuamente hay una relación extrapolable. (Gadd, 2000).

1.2.7 Toxicología del cadmio

Cuando hablamos, sobre los metales tóxicos referenciamos que estos se hallan en las aguas contaminadas por las acciones humanas, en los alimentos por el uso de pesticidas en las plantas, como los fertilizantes químicos, en el aire y suelo provenientes de diversas fuentes: parque automotor, actividades mineras, metalúrgicas y en forma natural (aguas geotérmicas), entre otras.

El plomo, Cadmio, arsénico y mercurio, se van bioacumulando en concentraciones mayores en el cuerpo humano, llegando, incluso a superar los límites máximos permisibles fijados mundialmente y en muchos países, como resultado del contacto, consumo e inhalación, procesos denominados: toxicinética y toxidinámica en el cuerpo humano.

Estos metales, al afectar los órganos vitales inducen cambios en la organización genética del ADN, ocasionando varios tipos de cáncer.

Es una problemática que implica la seguridad alimentaria y la salud pública a nivel global y local. Los estudios efectuados por varios investigadores en el mundo, respaldado por ensayos clínicos, de patología, biología molecular, contaminación atmosférica, comparativos experimentales en

animales, demuestran la intoxicación elevada en personas expuestas a residuos de la industria metalúrgica, aguas residuales y escorrentía agrícola, con residuos de cadmio, plomo y arsénico.

Demostrándose que, el contacto prolongado de pequeñas dosis de plomo encima de 5 µg/dl está relacionada a efectos subclínicos, tal como, la hipertensión, daño renal, disfunción cognitiva y perturbaciones en la reproducción.

El cadmio, es parte de la corteza terrestre en cantidades muy bajas (<1 mg/kg), en promedio, este elemento se halla con valores de 0.1 a 0.2 mg/kg, fluctuando entre valores menores de 1 a 3 mg/Kg. en los suelos. (C. Polo y L. Sulca 2018).

1.3 MARCO CONCEPTUAL

1.3.1 Metales pesados

En la tabla periódica, son considerados elementos químicos de alta densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20, a los metales pesados, siendo tóxicos en pequeñas concentraciones. Entre ellos se tiene al; cadmio, mercurio, plomo, arsénico, cromo, manganeso, molibdeno, níquel, aluminio, zinc, bario, berilio, cobalto, cobre, estaño, hierro, plata, selenio, talio, vanadio y oro.

Se localizan en forma natural en el ecosistema en cantidades que no perjudican las formas de vida existentes. Son calificados como perjudiciales, aunque varios son indispensables en la dieta y en unos casos, la falta o demasía puede provocar problemas de salud.

El cuerpo, requiere de cualesquiera de ellos, como el hierro, zinc, cobalto, cobre, manganeso, molibdeno, vanadio y estroncio. Otros no son conocidos su función fisiológica, pero alteran la salud.

Los metales pesados, se pueden disolver por agentes físicos y químicos y ser lixiviados, pero no pueden ser destruidos o degradados. Unos forman complejos solubles y son trasladados y distribuidos a los ecosistemas, inclusive se incorporan a la cadena trófica (suelo, agua, plantas, forrajes y semillas), especialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas. (Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P. & Muñoz-García, F. 2016)

1.3.2 Cadmio

Es raro en la naturaleza, no se localiza en estado libre y la greenockita (sulfuro de cadmio) es el único mineral de cadmio, se le asocia al zinc. El cadmio que se produce es subproducto de la fundición y refinado de los minerales de zinc, se usa en pinturas, pilas, baterías, plásticos, abonos, etc. Para los seres vivos el principal origen de exposición al cadmio son los alimentos y el agua, a través de la respiración se absorbe pequeñas partículas de cadmio, en especial el personal que labora en la industria y las personas expuestas al humo del tabaco.

Los vegetales acumulan mayor cantidad de cadmio, en especial los alimentos con mayor contenido de fibras tan cómo, los cereales, verduras y tubérculos, el lapso de exposición, la cantidad y el camino de ingreso del metal, es la severidad del daño.

Cuando hay exposición crónica se observan distintos disturbios, como anemia, disfunción renal, osteoporosis, trastornos respiratorios, hipertensión,

cáncer de próstata y pulmón. En intoxicación aguda hay neumonitis y edema pulmonar, gastroenteritis, dolor abdominal, diarrea, pudiéndose acumular hasta por 30 años y finalmente puede ocurrir errores cromosómicos y congénitos. (Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P. & Muñoz-García, F. 2016).

1.3.3 Generalidades del cultivo de espárrago

1.3.3.1 *Asparagus officinalis* L.

El espárrago, *Asparagus officinalis* L., es una hortaliza perenne con una vida de 12 - 15 años. La planta está conformada por tallos aéreos ramificados y subterráneos formado un rizoma y raíces, parte conocida o se le nombra corona.

Las raíces principales viven de dos a tres años; al morir son reemplazadas por raíces nuevas situándose en la parte superior de las anteriores, aproximándose a la superficie del suelo, conforme pasan los años de plantación. La hortaliza es dioica, teniendo plantas hembra con flores femeninas y plantas macho con flores masculinas (Albalat, 2005).

Es considerado un alimento gourmet, las calorías que aporta es muy baja; rico en fibras y carbohidratos, con contenido alto de riboflavina y vitamina A, bajo en grasa, colesterol y tiene un tolerable nivel de vitamina C. (Ferrucci, 1997).

1.3.3.2 Importancia del cultivo

Al Perú, se le considera el mayor productor de espárrago verde del mundo, ocupando el segundo puesto en la producción mundial; Con 185.000 Tm, exportando el 75 % de su producción a los Estados Unidos y

el 3% a España desde el mes de octubre a febrero, destinando el 40 % de la producción a espárrago verde (Albalat, 2005).

1.3.3.3 Taxonomía

Según (Betancourt y otros, 2004)

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Asparagales

Familia: Asparagaceae

Subfamilia: Asparagoideae

Género: Asparagus

Especie: officinalis L.

1.3.3.4 Características morfológicas

Pose un tallo principal único, subterráneo y modificado en un rizoma. Desarrollándose de manera horizontal en forma de base, desde donde se originan, otros órganos de la planta.

Posee dos tipos de raíces; la raíz principal que nace del tallo subterráneo y son cilíndricas, gruesas y carnosas, se encargan de acumular reservas para la siguiente producción de turiones (espárragos); y las raicillas o pelos absorbentes, que nacen de las raíces principales y tiene por función la absorción de agua y elementos nutritivos.

En la base de la corona se ubican las yemas, de las cuales crecen los turiones, que es la parte comestible, atravesando el suelo, emerge y se ramifica conformando la parte aérea de la planta.

En la cosecha el turión debe tener una longitud de 20 a 25 cm y un peso de 10 y 60 gramos. Al cortar los turiones, se incentiva la producción de nuevos brotes.

Cada planta, conforma un número de turiones de dos a veinte y cada uno muestra muchas ramificaciones primarias y secundarias, que dan lugar a las ramas modificadas que constituye el piso fotosintético de la planta.

Los brotes desarrollados del tallo tienen crecimientos finos en formas de agujas, que son las hojas modificadas.

Las flores, son de forma campánula de color verde amarillento o blancuzco y forman los frutos pequeños. El fruto es una baya redonda de 5 a 8 mm de diámetro, de color verde al inicio y rojo cuando madura. Posee de 3 a 6 semillas negras, globulares y se asemeja a una castaña pequeña (Betancourt y otros, 2004).

1.3.3.5 Etapas de desarrollo

El cultivo en cada período, pasa por las conocidas etapas fenológicas de; brotamiento, rameado, apertura, floración, fructificación, y maduración, luego sigue el agoste y la cosecha.

El tiempo entre el brotamiento, rameado, apertura de filóclados (hojas modificadas) y apertura floral, es de 6 semanas en verano y 9 semanas en invierno. Hay casos, en que se da un segundo ciclo de desarrollo antes del

agoste y la cosecha, al primer ciclo se le llama “primer brote” y al segundo, “segundo brote”.

En cada brotamiento, el follaje maduro produce los fotosintatos que se acumulan en las raíces reservantes y en el rizoma. El material de reserva lo usa la planta para el crecimiento de los turiones, objetivo de la cosecha (Cisneros, 2010).

1.3.3.6. Manejo del cultivo

1.3.3.6.1 Clima

El espárrago tiene una gran adaptabilidad a una gran variedad de climas. Aunque, tiene preferencia por la temperatura media anual entre los 15 y los 20° C, es decir, climas templados a cálidos.

Esta hortaliza, para su germinación requiere de temperaturas óptimas de 15.5 ° C a 30° C, mínimas de 10° C y máximas de 32° C. Las temperaturas, superiores a 25° C; con humedad baja en el suelo, ocasiona que la punta de los turiones, las brácteas se aperturen, induciendo su ramificación a menor altura, perdiendo calidad. (Mortarini y otros, 2010).

1.3.3.6.2 Suelo

Se cultiva en condiciones óptimas en suelos arenosos, aireados y con buena capacidad de calentamiento. El pH del terreno debe ser ligeramente alcalino (7,5 – 7,8).

En suelos pedregosos, los turiones tienden a doblarse, en los muy arcillosos, tienden a enrojecerse, además adquieren un sabor amargo y textura fibrosa. (Pérez y Romagoza, 1992).

1.3.3.6.3 Siembra

Se realiza el trasplante con coronas de 2 a 10 meses o de plántulas, en el caso de coronas para siembra de esparrago verde se requieren de 19,000 a 27,000 coronas por hectárea y cuando es esparrago blanco de 17,000 a 23,000 coronas por hectárea.

En 01 (uno) gramo hay de 45 a 50, semillas por gramo.

La siembra en campo definitivo, los distanciamientos son con los siguientes requerimientos: blanco, de 1.8 a 2 metros entre surcos, 0.20 a 0.30 metros entre planta, 0.25 a 0.35 m de profundidad y 1 hilera de planta por surco, en verde de 1.5 m a 1.8 metros entre surcos, 0.2 a 0.3 metros entre plantas, 0.2 m de profundidad y 1 hilera de planta por surco. (UNALM, 2000).

1.3.3.6.4 Riego

Necesita una lámina de agua que, varíe entre 270 cm y 310 cm; mientras que 4,2 cm de lámina de agua aplicada dos veces por semana, durante toda una campaña en un suelo arenoso para una buena cosecha, con lo cual se acumula una lámina de agua de 336 cm (Fimbre y otros, 2011).

1.3.3.6.5 Fertilización

Algunos autores, manifiestan que, para lograr un rendimiento de 5 Tm/hectárea, las cantidades de aplicaciones tentativas para el nitrógeno oscilan de 100 y 250 kg, para fósforo de 30 y 100 kg y para potasio de 150 a 250 kg por hectárea.

Sin embargo, en el ámbito internacional las recomendaciones para el espárrago son diversas. (Ramírez y Sadhegian, 2009).

1.3.3.6.6 Cosecha

En el Perú, algunos productores cosechan dos veces al año, por lo que la época de cosecha no está en relación con el clima, pero si con el precio. La época y duración del periodo de cosecha de la esparraguera varía según la edad, vigor y clima. Cuando hay un largo período de cosecha, excediendo los días, se puede afectar las reservas de la corona, ya que se reduce los contenidos de carbohidratos en las raíces y el número de yemas en el rizoma, reduciendo el follaje en verano.

Hay que tener presente que las altas temperaturas en verano no permiten la acumulación de reserva, acortándose el período de recuperación de la planta (Poza, 2010).

2.3.3.5 Plomo

Este metal tiene una densidad relativa o gravedad específica 11.4 a 16°C, de color azulado.

La valencia química normal son 2 y 4, es dúctil, inelástico y se funde fácilmente.

Resistente la agresión del ácido clorhídrico y ácido sulfúrico, pero se disuelve lentamente en ácido nítrico y en las bases nitrogenadas. También es anfótero, porque forma sales de plomo en los ácidos y sales metálicas de ácido plúmbico. Es capaz de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

1.4 MARCO FILOSÓFICO

Los seres humanos, de alguna manera investiga, si bien muchas veces no tiene conciencia de este hecho. Así mismo todos piensan, aunque no se preocupan por averiguar cómo se desenvuelve en su entendimiento las leyes de la lógica.

Para comenzar una labor investigativa se acepta iniciar de determinadas premisas filosóficas y epistemológicas que proporcionen la justa comprensión de la labor que se establece con los riesgos que supone, como las potencialidades, dificultades, méritos, beneficios, etc.

Los suelos de todo el mundo; que sean cultivables, se ven afectados por las aguas de los ríos, lagunas, acequias, etc. que luego afecta a los cultivados y estos alimentos al ser consumidos altera la salud de los seres humanos, afectando también a animales, otras especies como peces, flora, fauna, es por eso que la investigación tiene como finalidad comprobar el impacto ambiental, evaluando el nivel de contaminación por cadmio en los Suelos Agrícolas en la zona de Santiago-La Venta.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Situación problemática

El Ministerio de Salud del Perú o MINSA del Perú indica que uno de los mayores problemas ambientales sumamente importante que perturba al mundo, manifestándose cuando se ocasiona un desequilibrio, procedente de los diversos procesos productivos producidos por el hombre (fuentes antropogénicas) y por las acciones de la vida diaria, ocasionando efectos adversos en la flora, fauna y el hombre; es la contaminación por cadmio, problema que no es ajeno al Perú.

Señala que, en Perú se han identificado como principales agentes contaminantes: al plomo, mercurio, aluminio, arsénico, magnesio, manganeso, hierro, cobre y cianuro. Incorporándose, el dióxido de azufre y el ácido sulfúrico (R.M. N° R.M. N° 525-2005/MINSA).

En este proceso de contaminación, es parte las actividades industriales, el uso frecuente de fertilizantes y plaguicidas, el tratamiento y depósito/vertido de residuos, etc. (Weber y Karczewska, 2004).

En Ica, ha aumentado la exposición y biodisponibilidad de los metales pesados en los suelos, agua y aire. Entre ellos el plomo y el cadmio, materia de estudio es el cadmio, considerado peligroso, siendo considerado un metal emergente, el cual afecta la salud a largo plazo.

También se manifiesta la transferencia de los metales desde el sistema suelo-planta a los seres humanos, lo que ocasiona daños, a la salud humana y puede afectar de manera directa, observándose actualmente la contaminación por metales pesados en los suelos.

Algunos vegetales, tienden a desarrollar mecanismos específicos cuando realizan la absorción, translocación y acumulación de metales pesados del suelo, así mismo esta, es la forma que ingresan en la cadena trófica. Madueño, F. (2017).

La investigación, se enfoca en evaluar los niveles de concentración de los metales pesados, cadmio y plomo en los turiones de espárrago, de consumo directo.

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema General

¿De qué manera afecta fisicoquímicamente la contaminación de suelos por efecto de los metales pesados?

2.2.2 Problema específico

P.E.1. ¿Cómo afecta los niveles de concentración y absorción de cadmio a los tejidos de espárrago?

P.E.2. ¿De qué manera se comporta el suelo por contaminación de metales pesados?

P.E.3. ¿Cómo se ven afectados los recursos de suelo, agua y planta por efecto de la contaminación por metales pesados?

2.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

2.3.1 Justificación

La investigación, se realizó en base a la problemática de contaminación de los suelos, planificándose verificar si efectivamente los niveles de metales pesados en los suelos, superan los límites máximos permisibles de la normas internacionales y nacionales, en especial el cadmio, tomando como referencia los encontrado en las exportaciones de los productos no tradicionales, como es

el caso del cacao, el café y hace poco están investigados el esparrago, pero también se verían supervisadas las uvas, la palta, la granada y el arándano.

El cadmio, es reconocido por ser el metal más tóxico, toda vez ensayos realizados han demostrado que, al afectar a las plantas inhibe algunos procesos fisiológicos, como reducción del crecimiento, la transpiración, afecta la actividad fotosintética, induce clorosis, estrés oxidativo, desequilibrios nutrimentales y cambia la actividad de enzimas, implicadas en el metabolismo de los ácidos orgánicos y en el ciclo de Krebs.

El cadmio por ser toxico, puede llevar a la muerte de la planta, así mismo se manifiesta la transmisión de los metales desde el sistema suelo-planta a los consumidores. Ante lo indicado, podemos decir que los metales pesados al contaminar los suelos afectan de manera directa la salud de los consumidores. (Nriagu, 1990).

2.3.2 Importancia

Teniendo en cuenta los fines que persigue la investigación y tomando en consideración los antecedentes y las normas internacionales y nacionales con respecto a los metales pesados, es ineludible realizar los análisis respectivos para cuantificar y estar al tanto del ritmo de absorción por las raíces de las plantas de estos elementos tóxicos y cuanto de estos metales pesados pueden permanecer en el suelo, pasar a los cultivos y subsiguientemente a los animales y a los seres humanos.

El conocer los niveles de contaminación por cadmio, nos permitirá plantear las medidas necesarias para formular un plan a largo plazo para que se realicen las remediaciones de los suelos, se tomen mejores acciones en la

utilización de los productos contaminantes, como, por ejemplo, los fertilizantes, plaguicidas, etc., cuidado del agroecosistema para su sostenibilidad. Chambi, L. y et. al (2017).

2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

2.4.1 Objetivo general

Evaluar fisicoquímicamente la contaminación de suelos por efecto de metales pesados.

2.4.2 Objetivos específicos

O.E.1. Determinación de los niveles de concentración y absorción de cadmio en el tejido de espárrago.

O.E.2. Estudiar el comportamiento del suelo por contaminación de metales pesados.

O.E.3. Evaluar los recursos suelo, agua y planta por efecto de la contaminación por metales pesados.

2.5 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

2.5.1 Hipótesis General

Existen parámetros que determinan fisicoquímicamente la contaminación de suelos por efecto de metales pesados.

2.5.2 Hipótesis Específicos

H.E.1. Se analizo los niveles de concentración de cadmio en el suelo, follaje, cosecha y Agua.

H.E.2. Se determino el comportamiento del suelo follaje, cosecha y agua. por contaminación de metales pesados.

H.E.3. Mediante análisis se evaluó el recurso suelo, follaje, cosecha y agua por efecto de la contaminación por metales pesados.

2.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACION

2.6.1 Identificación de Variables

- Variables independientes

- a) Concentración de metales pesados
- b) Características fisicoquímicas del suelo, agua y planta.

- Variables dependientes

- a) Suelo, follaje, cosecha y agua contaminado por los metales pesados

2.6.2 Operacionalización de las variables

VARIABLES	CORRELACIONAR	INDICADORES
VARIABLES INDEPENDIENTES	Concentración de metales pesados. Características fisicoquímicas del suelo follaje, cosecha y agua.	Porcentaje Análisis
VARIABLES DEPENDIENTES	Suelo follaje, cosecha y agua, contaminado por metales pesados	Porcentaje

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación, consideró el tipo no experimental, porque no se manipularon de manera intencional una o más variables independientes (causas)

para analizar los resultados de la manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos), acerca del cadmio.

3.1.1 Tipo de investigación

Es una Investigación descriptiva

3.1.2 Nivel de investigación

Es del Nivel descriptivo

3.1.3 Diseño de investigación

Es un Diseño no experimental

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población de estudio

Se considero como población, 07 parcelas con un área de suelos cultivados de 36 hectáreas en la zona baja de Ica, Santiago, los productores del cultivo de esparrago, en especial la Ex Cooperativa Santa Dominguita.

Agricultores que su producto es destinado a la exportación, en este caso los turiones de esparrago verde, los cuales son consumidos por los poblados de los mercados locales, nacional y del exterior.

3.2.2 Muestra

La muestra de este estudio no experimental, estuvo representada por un 5% del área total de suelos cultivados con esparrago de la Ex Cooperativa Santa Dominguita producto agrícola comestible, como son los turiones de esparrago.

CAPITULO IV

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

4.1 Técnica de Recolección de Datos

En la presente Tesis de Investigación se tuvo en cuenta las siguientes técnicas de recolección de datos:

a) Fase Descriptiva

En las parcelas seleccionadas, se hicieron las calicatas al azar por medio de la lampa, sacando muestras de suelo agrícola a una profundidad de 0.00 a 0.30 m. respetivamente. Estas muestras de suelo de 1 kg aproximadamente fueron analizadas en el laboratorio de la Empresa AGRQUEN, la que determino el nivel de contaminación de los suelos por el metal pesado cadmio.

También se tuvo en cuenta las investigaciones que existen en los registros del Ministerio de Agricultura, MINSA con respecto a la contaminación de los alimentos de consumo directo y de los suelos agrícolas.

b) Fase Cuantitativa

Consistió en la cuantificación del impacto del cadmio en la contaminación de los suelos, según los resultados de los límites máximos permisibles según las normas.

Sobre Agricultura Sostenible

La presente investigación se planteó como consecuencia de la preocupación de los países, sobre el deterioro del ambiente y las restricciones a los alimentos. En la actualidad los espárragos tienen restricciones para Europa, debido a la presencia de residuos de plaguicidas, metales pesados y plagas.

En enero del 2019 empezó a regir el Reglamento UE de la Comisión No. 488 / 2014 que modifica el Reglamento CE No. 1881/2006, el cual tiene por objetivo regular el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, pero este ha sido modificado según el reglamento (UE) 2021/1323 de la comisión de 10 de agosto de 2021. Ante la vigencia de este reglamento los productores de esparrago deben cumplir con los estándares sanitarios y fitosanitarios exigidos por estos países.

4.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Se tuvo en cuenta en la investigación, como instrumentos de recolección de datos la libreta de apuntes, registrándose los datos obtenidos y observados durante el transcurso de la investigación y de los análisis de las muestras realizadas.

También se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica, información de internet, consulta a profesionales asesores y docentes que han realizado trabajos de investigación en este campo, etc., lo que ayudó en la realización del informe final de la investigación de Doctorado y nos permitió conocer la realidad de la zona de estudio.

Materiales de recolección de datos:

- Lampas
- Bolsas plásticas
- Botellas
- Calculadora
- Computadora personal
- Balanza
- Carretilla
- Material de Escritorio
- Análisis de Agua
- Análisis Físicos Químicos de Suelo
- Análisis Químico del Cadmio en el Suelo
- Etiquetas.

4.3 Técnica de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Resultados

Teniendo en cuenta las observaciones, las evaluaciones y otros parámetros predictivos estos se realizaron de acuerdo a los resultados que nos dieron los laboratorios, sobre los análisis de suelo, planta y agua.

Los nos brindaron y proporcionaron los resultados de los análisis realizados con el equipo de Espectrofotómetro de Absorción Atómica, y para la interpretación de resultados, según los límites máximos permisibles según la O.M.S. del Ministerio del Ambiente del Perú, los cuales se llevaron en tablas y gráficos según los datos del estudio realizado.

En la investigación se siguió las siguientes técnicas de procesamiento y análisis:

- ✓ Muestras de suelo de las parcelas en estudio, para conocer la cantidad de metal pesado Cadmio o las trazas de este metal.
- ✓ Muestras de follaje o hojas modificas obtenidas de 50 plantas por parcela al azar de todo el campo de esparrago.
- ✓ Muestras de turiones obtenidas al azar de todo el campo en la cosecha.
- ✓ Las muestras se enviaron al laboratorio AGQ – Lab. y del Instituto Rural Valle Grande y los resultados obtenidos se ordenaron en tablas y graficas para realizar su interpretación en función a los valores y a los Estándares de Calidad Ambiental internacionales y nacionales para esparrago/hortalizas y de la literatura consultada.

CAPITULO V

CONTRASTACION DE HIPOTESIS

5.1 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Los resultados obtenidos de la absorción del metal pesado, cadmio, en el suelo agrícola con el cultivo de espárrago, híbrido UC 157 F1, en el ensayo, muestran contaminación de las parcelas por cadmio, donde se tomaron las muestras.

Se ha cumplido la hipótesis general planteada en la investigación, que consistió en evaluar la contaminación por metales pesados del cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en CV. UC 115- F1, en campo de agricultores en la zona

de Santiago, Ica, con énfasis en cadmio en los turiones, demostrándose que los suelos agrícolas superficiales de 0.00 cm a 0.30 cm de la zona baja del valle de Ica, se encuentran contaminadas con cadmio.

5.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

También se ha cumplido con la hipótesis específica plantada en el presente trabajo de investigación pues se ha demostrado que los suelos de la zona baja del valle de Ica, en campo de agricultores han superado los niveles máximos permisibles de contaminación por el cadmio.

CAPITULO VI

6.1 PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

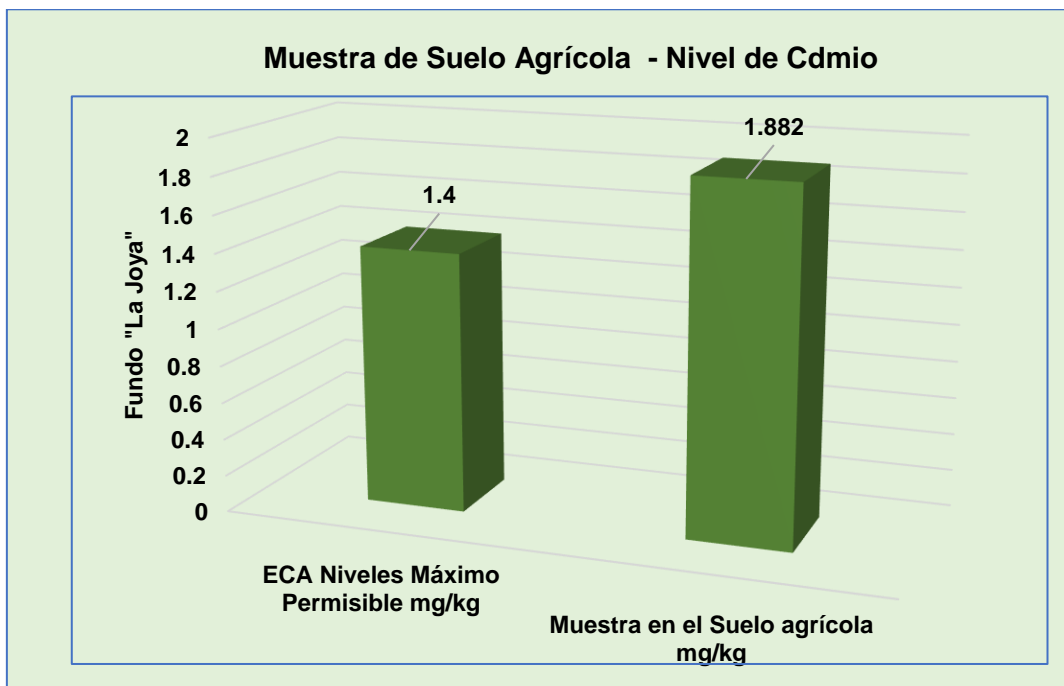
Se evaluó las concentraciones de cadmio en el suelo agrícola, por el alto grado de toxicidad de este metal y por ser los turiones uno de las hortalizas más consumidas por la población internacional.

TABLA N° 01
CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO, ZONA
BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "La Joya"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permissible mg/kg	1.4

Muestra en el Suelo agrícola mg/kg	1.882
------------------------------------	-------

Gráfico 01: Muestra de suelo agrícola según análisis

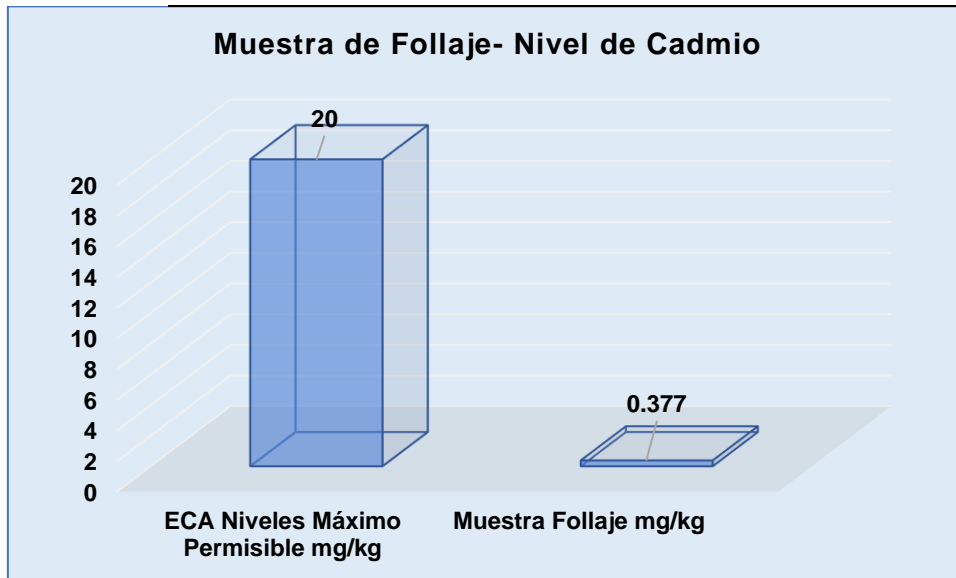


Según los resultados del Análisis del Suelo Agrícola del Fundo “La Joya” del Sector La Venta Baja, sobre Metales Pesados en el cultivo de esparrago, con N.º de Referencia: S-19/030280 Registrada en: AGQ Perú, se llega a la conclusión que presenta contaminación por el Cadmio (Cd) superando los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud, con el valor de 1,882 mg/kg, siendo la norma de 1,4 mg/kg, este valor hay que tenerlo presente para las aplicaciones de los fertilizantes sobre todo los fosfatados, en el plan de fertirriego.

TABLA N° 02
CONTENIDO DE CADMIO EN EL FOLLAJE, ZONA
BAJA DE ICA – 2019.

Gráfico 02: Muestra de Follaje según análisis

Fundo "La Joya"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permissible mg/kg	20
Muestra Follaje mg/kg	0.377



Los resultados del Análisis del Follaje o Hojas modificadas, con N.º de Referencia: V-19/059783 Registrada en: AGQ Perú, se aprecia que la muestra no tiene los niveles de

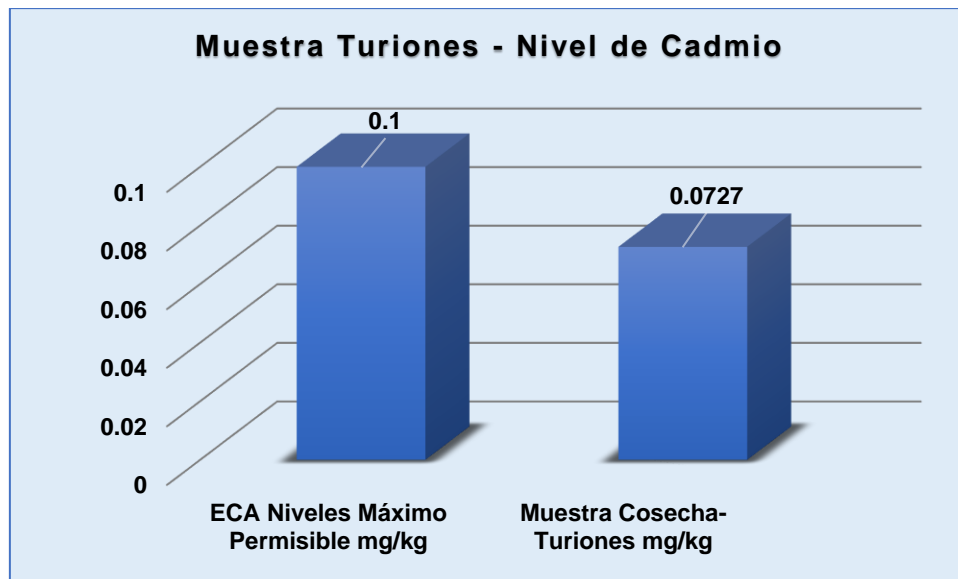
contaminación de Cadmio (Cd), no supera los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

Nota: Se han tomado los límites máximos de residuos, debido a que no hay información con respecto a contenido de metales pesados en el follaje del cultivo de esparrago. El NM no es aplicable al follaje (seca), por no ser parte comestible del cultivo. NC= No hay contaminación.

TABLA N° 03
CONTENIDO DE CADMIO EN TURIONES, ZONA
BAJA DE ICA, 2019

Fundo "La Joya"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permissible mg/kg	0.1
Muestra Cosecha-Turiones mg/kg	0.0727

Gráfico 03: Muestra de Turiones según análisis



Los resultados del análisis de los turiones de esparrago al iniciarse la cosecha del Fundo “La Joya”, con N.º de Referencia: AL-19/131612 Registrada en: AGQ Perú, se aprecia que el Cadmio (Cd), está presente en los turiones, pero si bien no supera los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, la Norma FAO y la

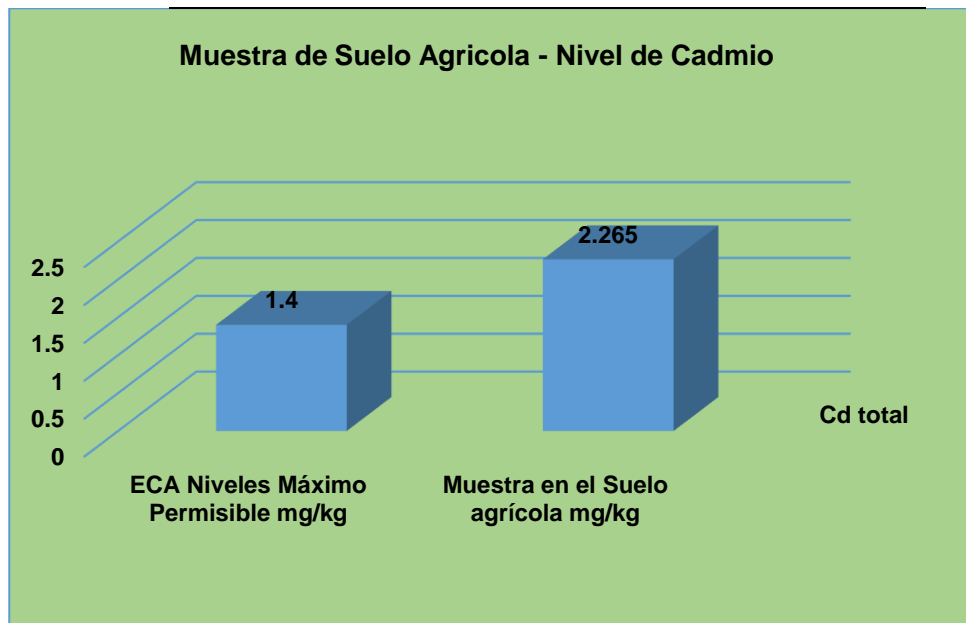
Organización Mundial de la salud, que es de 0,1 mg/kg, está cerca de llegar al límite pues tiene una concentración de 0,0727 mg/kg, lo que nos dice que los turiones absorben el metal pesado, estando estos contaminados con trazas de cadmio.

TABLA N° 04
CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO, ZONA
BAJA DE ICA, 2019

Gráfico 04:
de suelo según
de análisis

Fundo "Parcela N° 35"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permissible mg/kg	1.4
Muestra en el Suelo agrícola mg/kg	2.265

Muestra
informe



Se puede observar que el suelo supera el límite máximo permisible de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud

que es de 1,4 mg/kg MS llegando a 2,265 mg/kg, con un valor de casi el doble de contaminación por cadmio en el suelo agrícola.

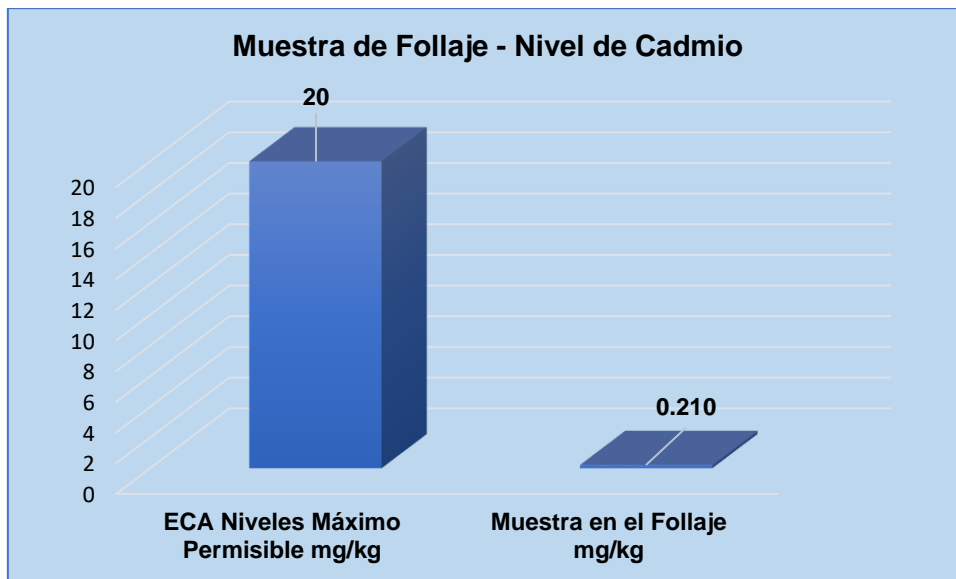
TABLA N° 05
CONTENIDO DE CADMIO EN EL FOLLAJE DE LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "Parcela N° 35"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	20
Muestra en el Follaje mg/kg	0.210

Gráfico

05:

Muestra de Follaje según análisis



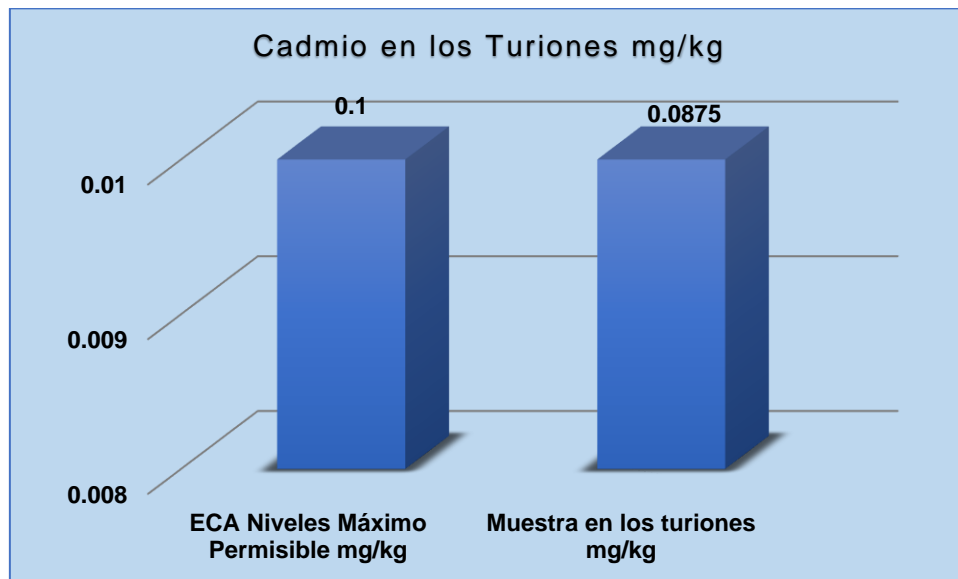
Según los resultados del Análisis del follaje, u hojas modificadas en el cultivo de esparrago, sobre Metales Pesados, se llega a la conclusión que las muestras de follaje no tienen los niveles de Cadmio, que contaminen el follaje, no superan los Límites Máximos Permisibles

de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

TABLA N° 06
CONTENIDO DE CADMIO EN LOS TURIONES EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Parcela N° 35"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	20
Muestra en los Turiones mg/kg	0.210

Gráfico 06: Muestra de Turiones según análisis



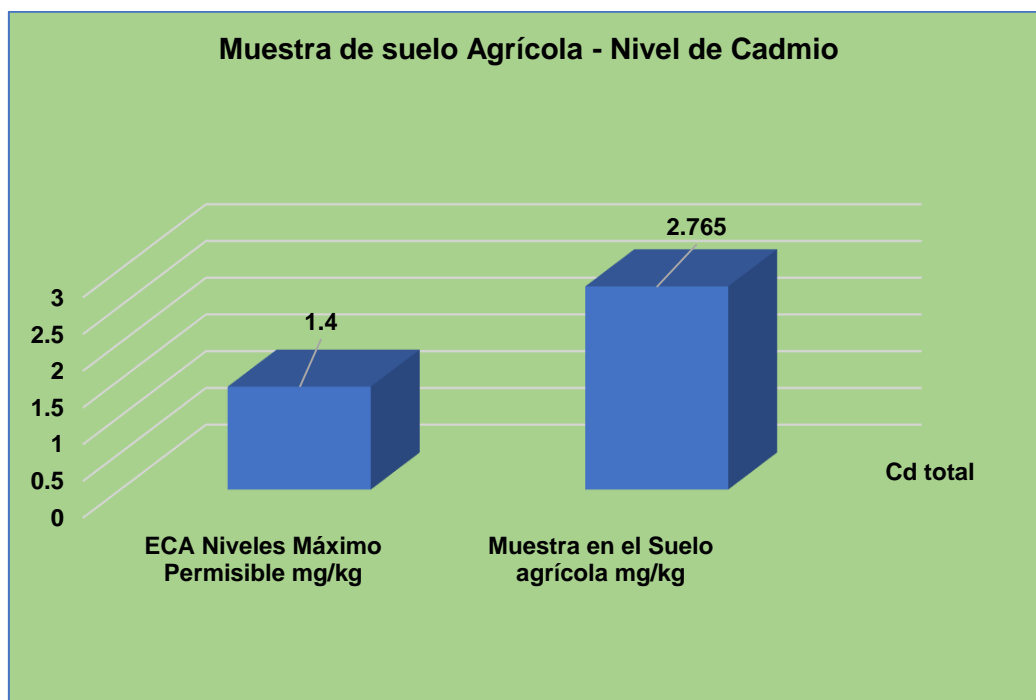
En referencia a los turiones, el nivel inicial de concentración de cadmio en la cosecha; tomada a los 8 días de iniciada esta, el valor de la concentración fue de 0,0875 mg/kg de cadmio, estando por encima de la norma que establece un valor de 0,1 mg/kg. lo que nos indica que los

turiones están contaminados con trazas de cadmio, y muy cerca a rebasar el límite de las normas ECA.

TABLA N° 07
CONTENIDO DE CADMIO EN SUELO AGRICOLA EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Fundo Don Paco"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	1.4
Muestra de Suelo Agrícola mg/kg	2.765

Gráfico 07: Muestra de Suelo Agrícola según análisis



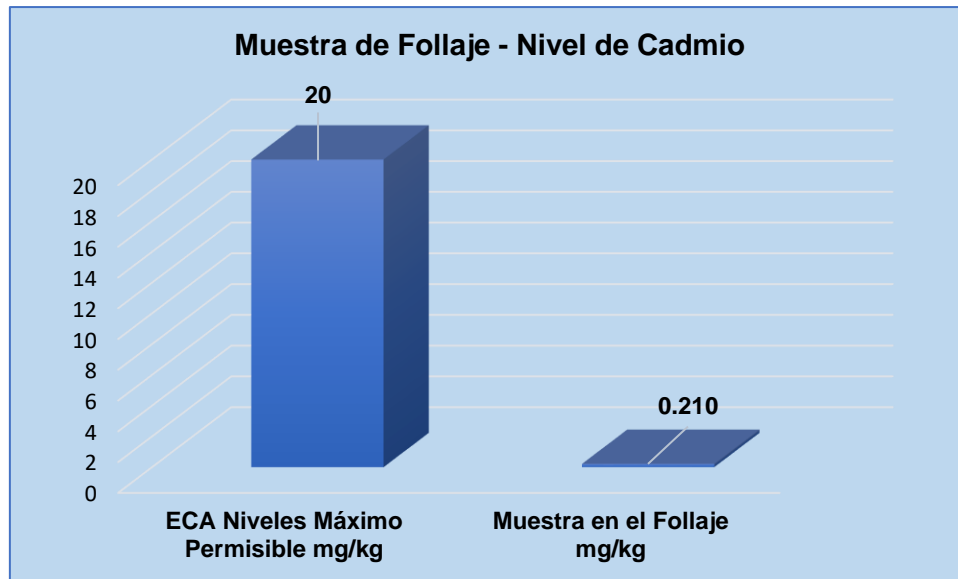
Según los resultados del Análisis del Suelo Agrícola del Fundo "Don Paco" del Sector Santa Matilde sobre Metales Pesados con N.º de Referencia: S-19/037205 Registrada en: AGQ Perú, se evalúa que la muestra de suelo el Cadmio (Cd) supera por casi el doble con un valor de 2,765 mg/kg de lo permitido en los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio

del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud, por lo que hay que tenerlo presente para las aplicaciones de los fertilizantes sobre todo el fosforo.

TABLA N° 08
CONTENIDO DE CADMIO EN EL FOLLAJE EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Fundo "Don Paco"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	20
Muestra en el Follaje mg/kg	0.210

Gráfico 08: Muestra de Follaje según análisis

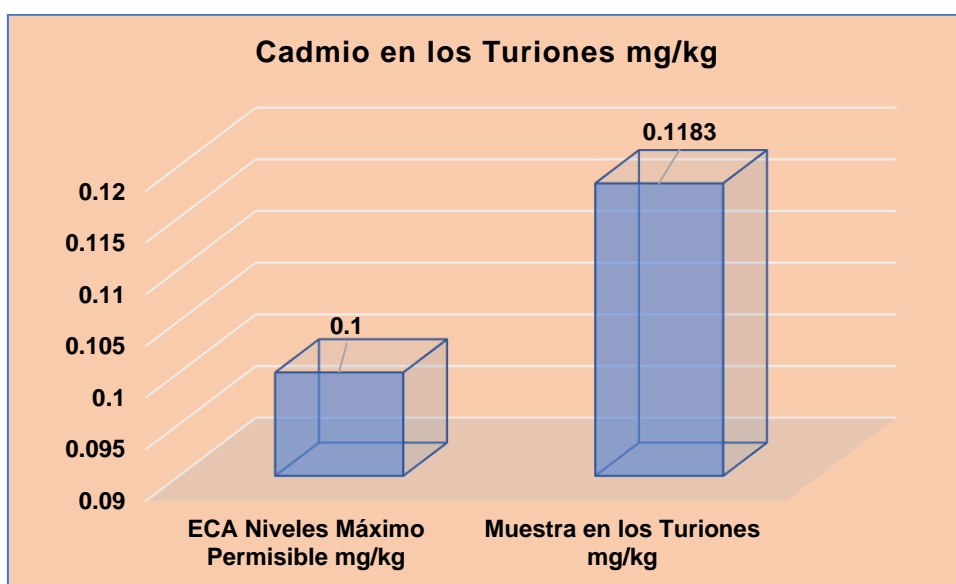


Según los resultados del Análisis del follaje; hojas modificadas, en el cultivo de esparrago, sobre Metales Pesados, se llega a la conclusión que la muestra de follaje tiene un valor de 0,210 mg/kg no tiene el nivel de Cadmio (Cd), que contamine el follaje, no superan los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

TABLA N° 09
CONTENIDO DE CADMIO EN LOS TURIONES EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Fundo "Don Paco"	Cadmio
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	0.1
Muestra en los Turiones mg/kg	0.1183

Gráfico 09: Muestra Turiones según análisis

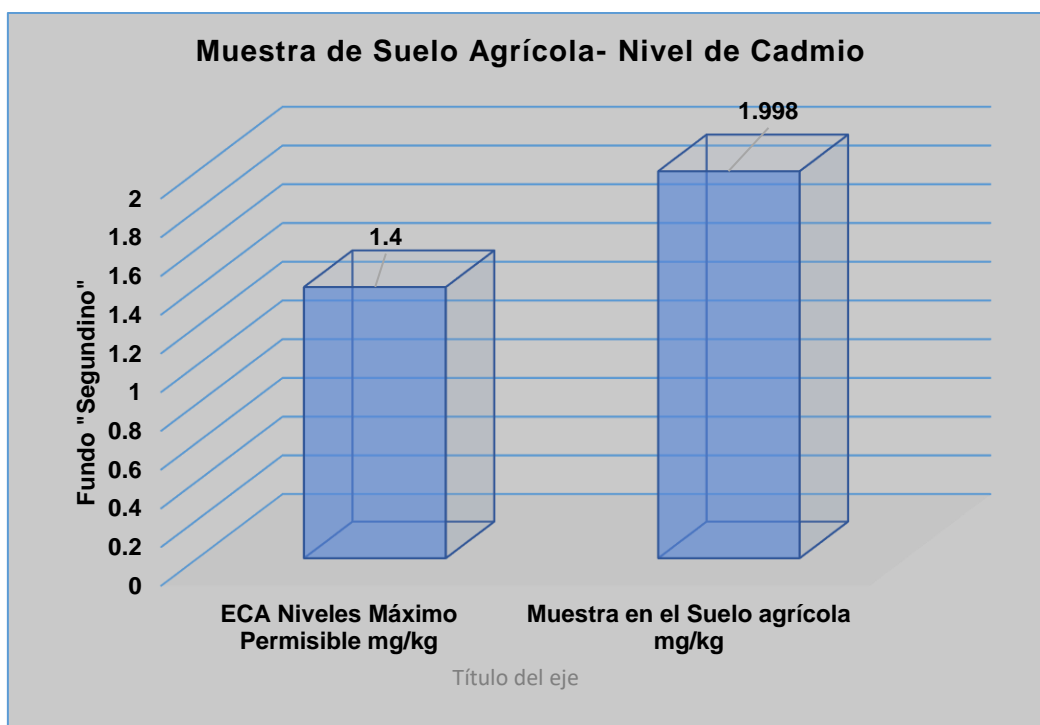


En referencia a los turiones, el nivel inicial de concentración de cadmio al inicio de la cosecha; tomada como muestra inicial, el valor de la concentración estaba en 0,1183 mg/kg de cadmio, estando por encima de la norma que establece un valor de 0,1 mg/kg.

TABLA N° 10
CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO DE LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "Segundino"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	1.4
Muestra en el Suelo agrícola mg/kg	1.998

Gráfico N° 10: Muestra de suelo según informe de análisis

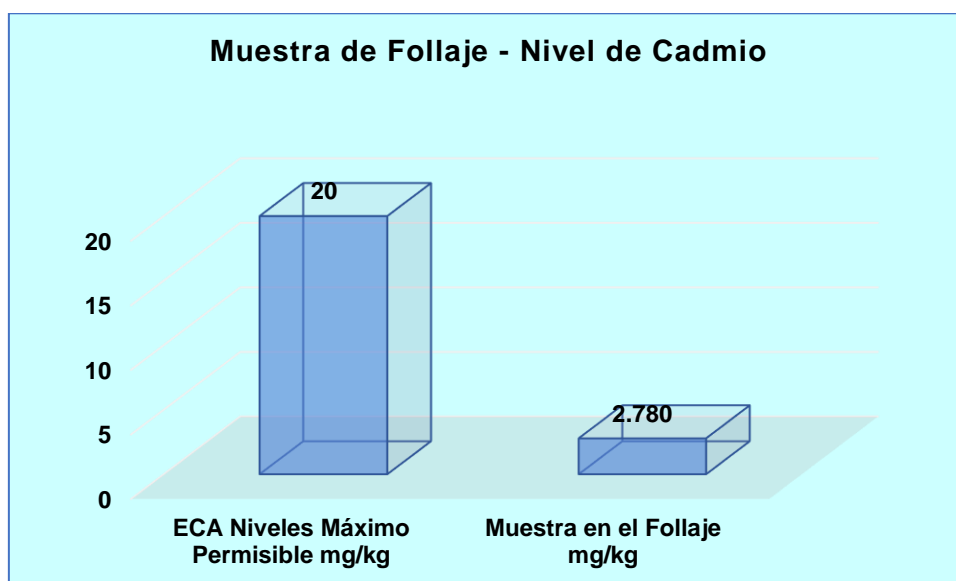


Realizado el análisis al suelo, este presenta un nivel de 1,998 mg/kg estando por encima de la norma que fija en 1,4 mg/kg en suelo agrícola, lo que nos indica que el suelo está contaminado por cadmio. señalados por la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

TABLA N° 11
CONTENIDO DE CADMIO EN EL FOLLAJE EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Segundino"	Cd total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	20
Muestra en el Follaje mg/kg	2.780

Gráfico N° 11: Muestra de Follaje según informe de análisis



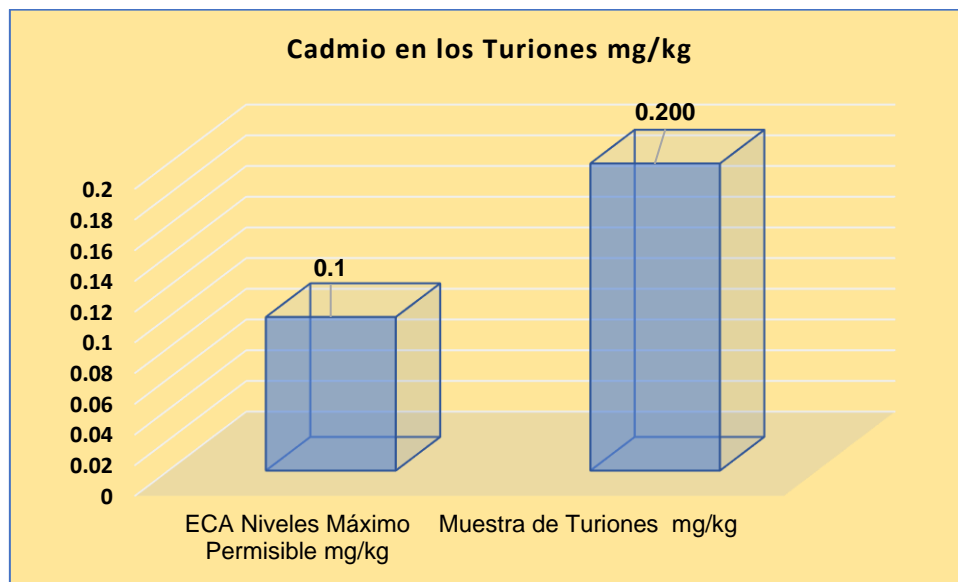
Según los resultados del Análisis del follaje; hojas modificadas, en el cultivo de esparrago, sobre Metales Pesados con N.º de Referencia: Registrada en: AGQ Perú, encontramos que la muestra tiene un valor de 2,780 mg/kg no tiene el nivel de Cadmio (Cd), que contamine el follaje, no superan los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

TABLA N° 12

**CONTENIDO DE CADMIO EN LOS TURIONES DE LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019.**

Fundo "Segundino"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	0.1
Muestra de Turiones mg/kg	0.200

Gráfico N° 12: Muestra de Turiones según informe de análisis



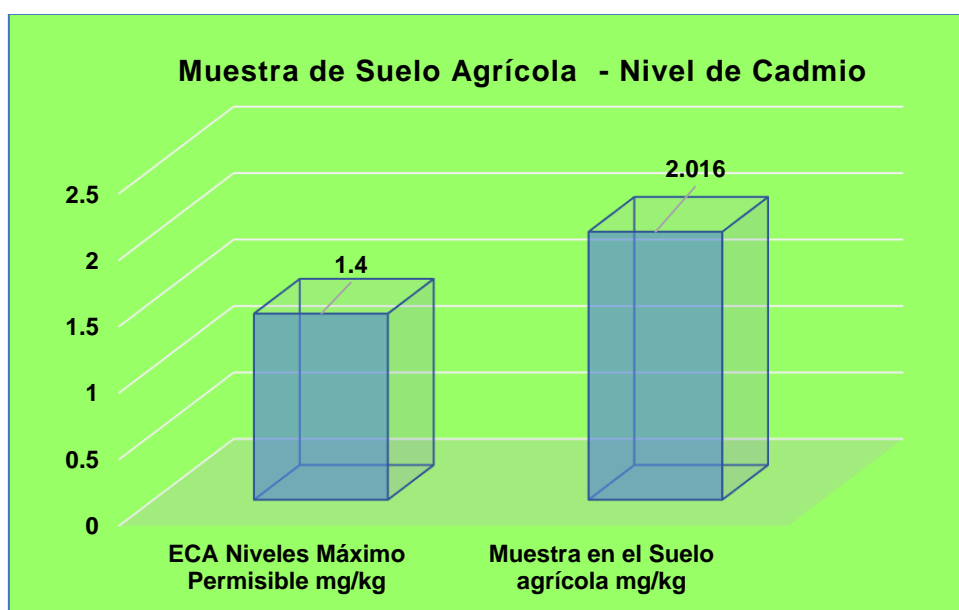
En referencia a los turiones, el nivel de concentración de cadmio al inicio de la cosecha; presenta un valor de concentración de 0,200 mg/kg de cadmio, estando por encima de la norma que establece un valor de 0,1 mg/kg. y la muestra arroja un valor de 0.200 mg/kg el doble.

**TABLA N° 13
CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO AGRICOLA EN LA ZONA**

BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Vera"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	1.4
Muestra de Suelo Agrícola mg/kg	2.016

Gráfico N° 13: Muestra de Suelo Agrícola, según informe de análisis



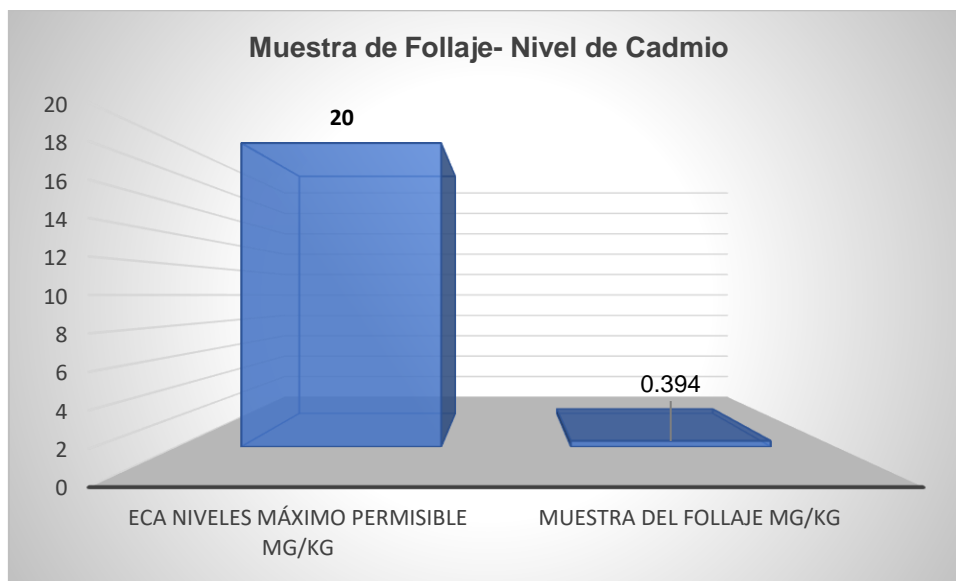
Según los resultados del análisis del Suelo Agrícola del Fundo "Vera", del Sector Santa Dominguita, se puede apreciar que el Cadmio (Cd) muestra una concentración de 2,016 mg/kg, superando la norma que establece un valor de 1,4 mg/kg de este metal. Este valor hay que tenerlo presente cuando se realice las aplicaciones de los fertilizantes; sobre todo el fosforo que puede tener niveles altos de cadmio en su concentración, para no contribuir con más contaminación del suelo.

TABLA N° 14
CONTENIDO DE CADMIO EN EL FOLLAJE EN LA ZONA

BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "Vera"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	20
Muestra de Follaje mg/kg	0.394

Gráfico N° 14: Muestra de Follaje según informe de análisis

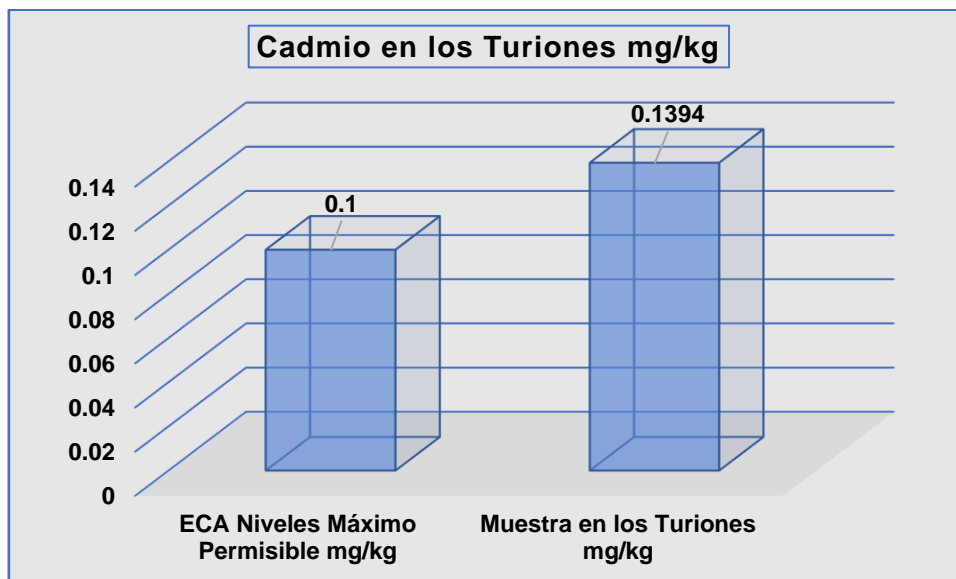


Según los resultados del Análisis del follaje, en el cultivo de esparrago, sobre Metales Pesados, encontramos que la muestra tiene un valor de 0,394 mg/kg no tiene el nivel de Cadmio (Cd), que contamine el follaje, no superan los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

TABLA N° 15
CONTENIDO DE CADMIO EN LOS TURIONES DE LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Vera"	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	0.1
Muestra en los Turiones mg/kg	0.1394

Gráfico N° 15: Muestra de Turiones según informe de análisis

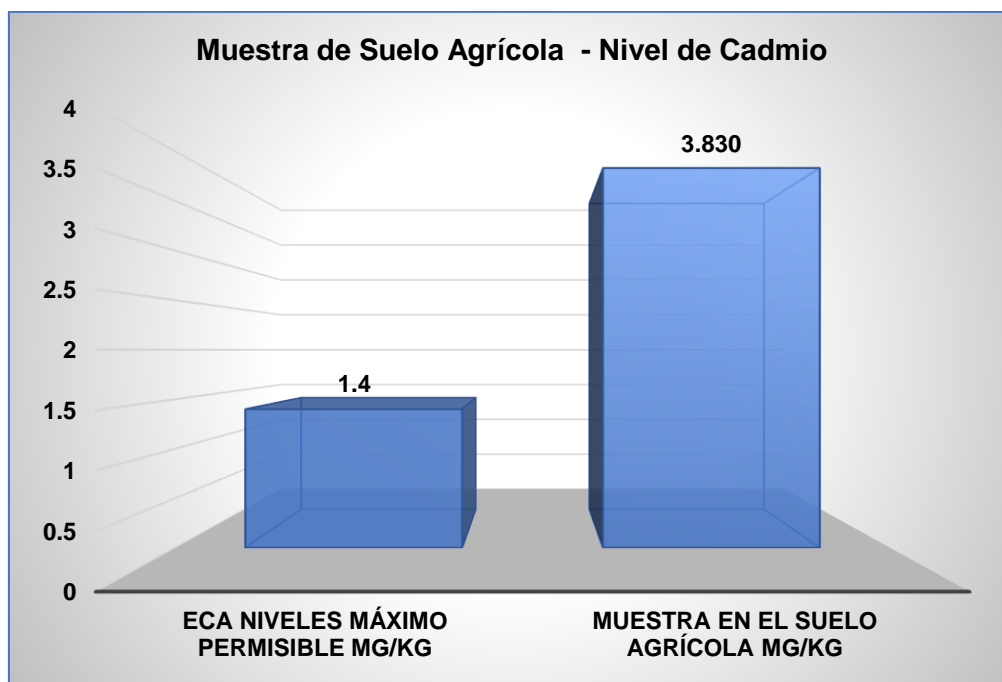


En la evaluación de los niveles del Cadmio (Cd) en los turiones, se muestra una concentración de 0,1394 mg/kg, que supera la norma, que establece un valor de 0,1 mg/kg de este metal. Este valor hay que tenerlo presente cuando se realice las aplicaciones de los fertilizantes; sobre todo el fosforo que puede tener niveles altos de cadmio en su concentración, para no contribuir con más contaminación del suelo.

TABLA N° 16
CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO DE LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "Miguel"	Cd total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	1.4
Muestra en el Suelo agrícola mg/kg	3.830

Gráfico N° 16: Muestra de suelo según informe de análisis

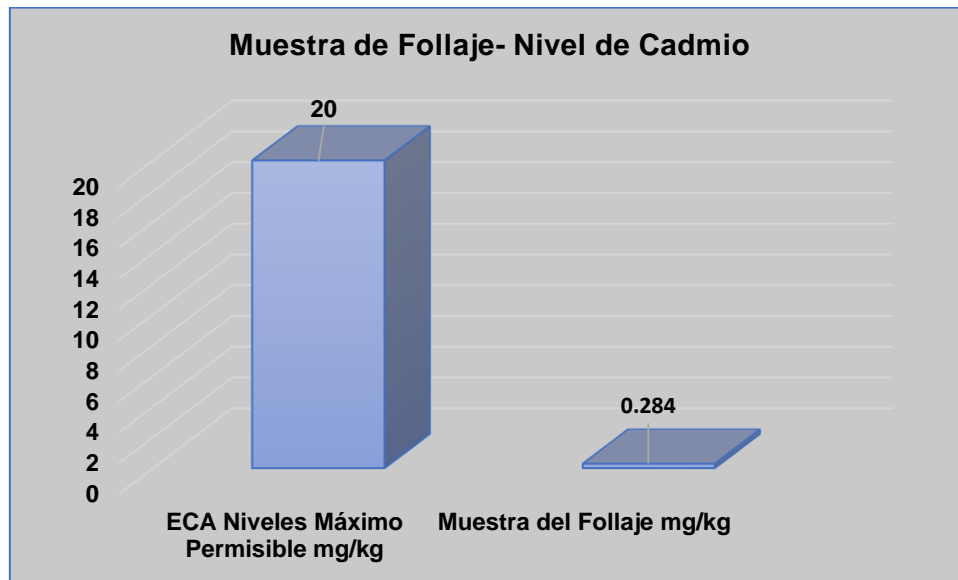


Como se aprecia, el Cadmio (Cd) muestra una concentración de 3,830 mg/kg, rebasando ampliamente el límite que establece la norma, y como sabemos la norma establece un valor de 1,4 mg/kg. Considerar estos valores encontrados en los suelos para a futuro realizar la remediación ya que como sabemos los metales pesados y en especial el Cadmio, que esta demostrado que es cancerígeno, se acumula en el suelo y de difícil su erradicación, por lo que las investigaciones que se desarrollen para la remediación deben ser a largo plazo.

TABLA N° 17
CONTENIDO DE CADMIO EN EL FOLLAJE EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "Miguel"	Cd total
ECA Niveles Máximo Permissible mg/kg	20
Muestra de Follaje mg/kg	0.284

Gráfico N° 17: Muestra Follaje según informe de análisis

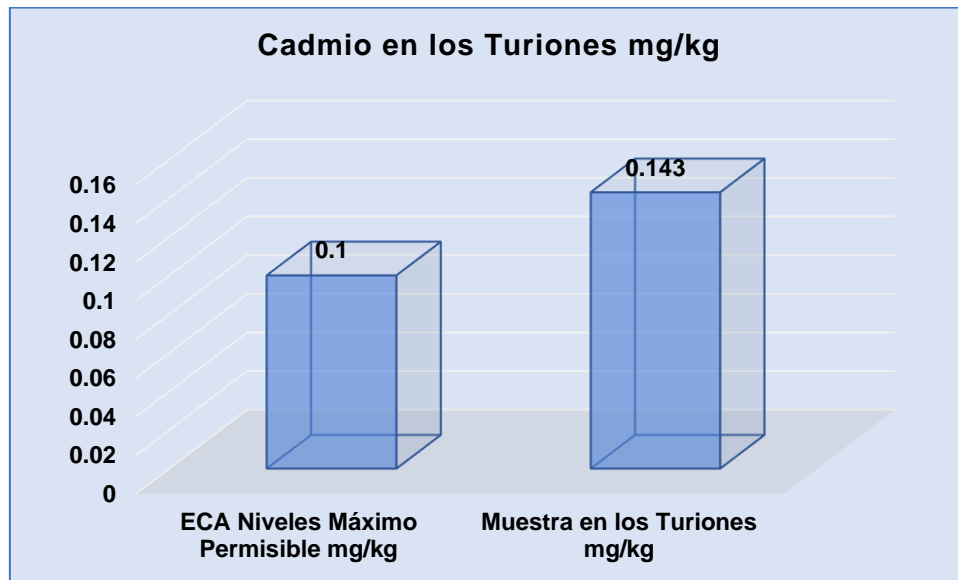


Según los resultados del Análisis del follaje, en el cultivo de esparrago, sobre Metales Pesados, encontramos que la muestra está en 0,284 mg/kg, no tiene el nivel de Cadmio (Cd), que contamine el follaje, no superan los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

TABLA N° 18
CONTENIDO DE CADMIO EN LOS TURIONES EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Miguel"	Cd total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	0.1
Muestra en los Turiones mg/kg	0.143

Gráfico N° 18: Muestra de Turiones según informe de análisis



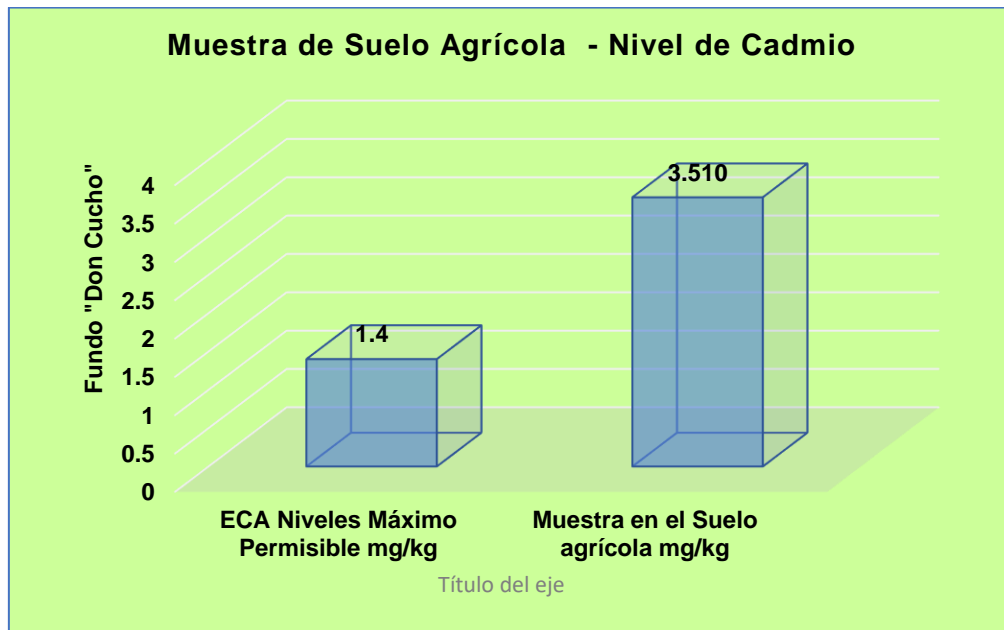
En la evaluación de los niveles del Cadmio (Cd) en los turiones, se muestra una concentración de 0,143 mg/kg, que supera la norma, que establece un valor de 0,1 mg/kg de este metal.

Este valor hay que tenerlo presente cuando se realice las aplicaciones de los fertilizantes y pesticidas, para no contribuir con más contaminación del suelo.

TABLA N° 19
CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO AGRICOLA EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Fundo "Don Cucho"	Cd total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	1.4
Muestra en el Suelo agrícola mg/kg	3.510

Gráfico N° 19: Muestra de suelo según informe de análisis



Como se aprecia, el Cadmio (Cd) muestra una concentración de 3,510 mg/kg, rebasando ampliamente el límite que establece la norma, de un valor de 1,4 mg/kg.

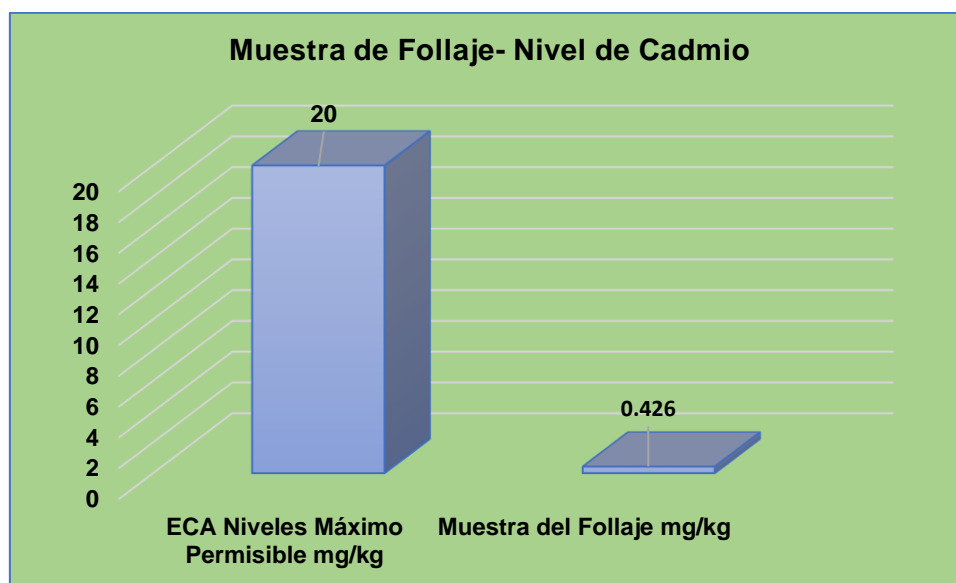
Este valor hay que tenerlo presente cuando se realice las aplicaciones de los fertilizantes y pesticidas, que pueden contaminación el suelo.

TABLA N° 20
CONTENIDO DE CADMIO EN EL FOLLAJE EN LA ZONA

BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "Don Cucho"	Cd total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	20
Muestra en el Follaje mg/kg	0.426

Gráfico N° 20: Muestra de Follaje según informe de análisis

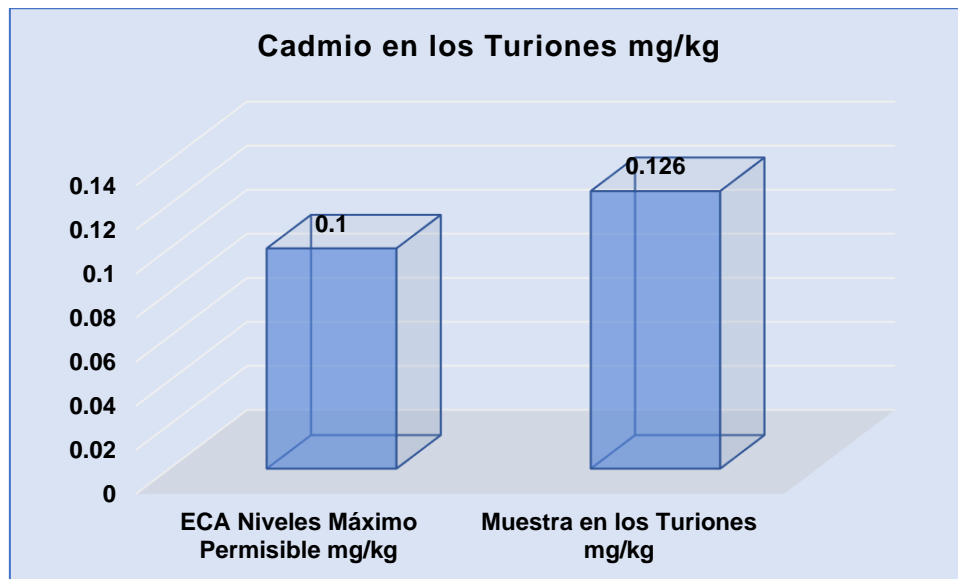


Según los resultados del Análisis del follaje, en el cultivo de esparrago, sobre Metales Pesados, encontramos que la muestra no tiene el nivel de Cadmio (Cd), de 0.0428 mg/kg que contamine el follaje, no superan los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

TABLA N° 21
CONTENIDO DE CADMIO EN LOS TURIONES EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019.

Fundo "Don Iván"	Cd total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/kg	0.1
Muestra en los Turiones mg/kg	0.126

Gráfico N° 21: Muestra de Turiones según informe de análisis



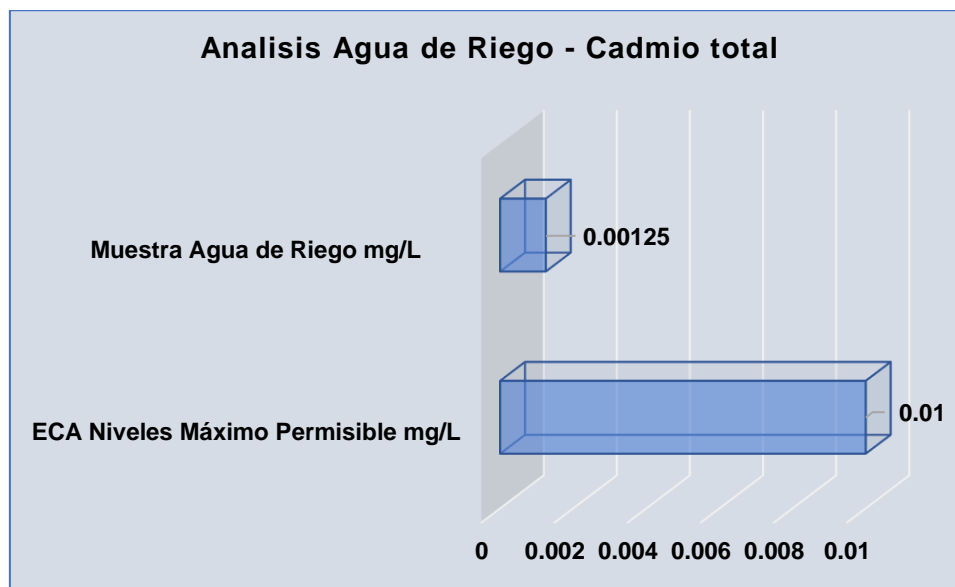
En la evaluación de los niveles del Cadmio (Cd) en los turiones, nos muestra una concentración de 0,126 mg/kg, que supera la norma, que establece un valor de 0,1 mg/kg de este metal.

Este valor hay que tenerlo presente cuando se realice las aplicaciones de los fertilizantes y pesticidas, para no contribuir con más contaminación del suelo

TABLA N° 22
CONTENIDO DE CADMIO EN EL AGUA DE RIEGO EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Pozo Santa Dominguita IRHS 238	Cadmio total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/L	0.005
Muestra Agua de Riego mg/L	0.00125

Gráfico N° 22: Muestra Agua de Riego según informe de análisis



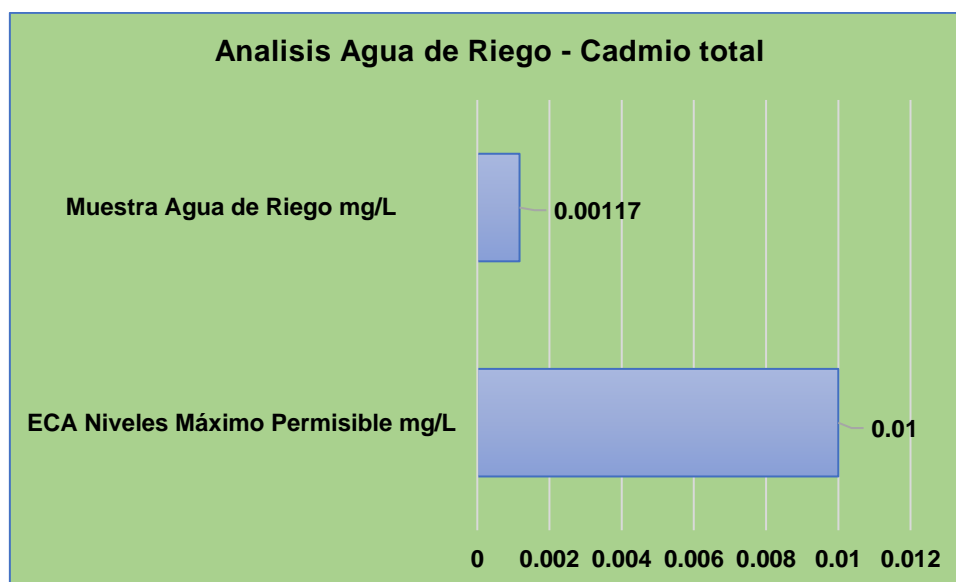
En este punto, para el análisis del agua de riego para los cultivos, se ha tomado el último D.S.-004-2017-MINAM, D.S. que deroga las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo D.S.-004-2017-MINAM.

Este último D.S. es el que está en vigencia y el parámetro en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales y D1: Riego de vegetales - Agua para riego no restringido (c), fija el Parámetro para Cadmio de 0,01 mg/L con lo cual podemos que el agua subterránea extraída del pozo Santa Dominguita IRHS 23, tiene un valor de 0,00125 mg/L no estando contaminada por Cadmio, pero si tiene trazas de este metal, por lo que hay que realizar el análisis del agua de riego, al menos una vez cada dos años.

TABLA N° 23
CONTENIDO DE CADMIO EN EL AGUA DE RIEGO EN LA ZONA
BAJA DE ICA – 2019

Pozo El Redentor IRHS 455 - Sector Santa Matilde	Cd total
ECA Niveles Máximo Permisible mg/L	0,01
Muestra Agua de Riego mg/L	0,00117

Gráfico N° 23: Muestra Agua de Riego según informe de análisis



El Parámetro para Cadmio es de 0,01 mg/L y el agua subterránea extraída del pozo El Redentor IRHS 455 - Sector Santa Matilde, tiene un valor de 0,00117 mg/L no estando contaminada por Cadmio, pero si tiene trazas de este metal, por lo que hay que tenerlo en cuenta.

6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- ✓ Teniendo en consideración los resultados obtenidos del contenido de cadmio en los suelos agrícolas en la zona baja de Ica, se puede afirmar que los suelos evaluados,

superan los niveles de contaminación del ECA 2017 del MINAM, de la OMS, FAO y el Codex Alimentarius.

- ✓ Que, para la profundidad de suelo realizada de 0.00 – 0.30 cm, los contenidos de cadmio en el suelo agrícola, para la zona baja del Valle de Ica, sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo agrícolas, según el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM y las normas de la OMS.
- ✓ Si bien es cierto, que el follaje o hojas modificadas no es un órgano de consumo, si es importante saber el contenido de cadmio en el follaje del esparrago, pues este se acumula en las hojas y puede estresar a la planta afectando su normal desarrollo y se distribuye al resto de órganos de la planta, los niveles encontrados no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para órganos de las plantas, según el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.
- ✓ Asimismo, el contenido de cadmio en el agua de riego de los pozos de agua subterránea en la zona baja de Ica, con el cual se riega los cultivos evaluados, no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el uso de agua agrícola, según el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.
- ✓ Que, el contenido de cadmio en los turiones, órgano de consumo directo del esparrago en la zona baja de Ica, sobrepasan los Límites Máximos Permisibles de la norma FAO, OMS, del Codex Alimentarius y los Estándar de Calidad Ambiental (ECA) MINAM, demostrándose con los análisis y evaluaciones realizadas su contaminación.
- ✓ Finalmente podemos decir que, los cultivos de esparrago instalados en estos suelos, están absorbiendo las concentraciones de cadmio del suelo, teniendo un problema de contaminación del producto explotable, en este caso los turiones de

esparrago, que se consumen en estado fresco, pudiendo afectar la salud de los consumidores internacionales y nacionales, más aún si se tiene en cuenta, las restricciones a la que esta afecta esta hortaliza por las Comunidad Económica Europea, en cuanto a Límites Máximos Permisible de metales pesados, lo que afectaría, su exportación, también el aspecto económico y social de los exportadores y productores de este producto.

CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos y de los objetivos planteados en la investigación se concluye:

1. Que, los suelos agrícolas evaluados de la zona baja de Ica; sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo Agrícola del Perú, ECA 2017 – MINAN, de la OMS y de la FAO, que es de 1,4 mg/kg de Cadmio.

2. Asimismo que, los suelos agrícolas de la zona baja de Ica, han alcanzado niveles de contaminación por el cadmio, en la superficie del suelo de 0.00 a los 0.30 cm, y que sobrepasa el Limite Máximo Permisible de contaminación y que, estos pueden incrementarse al utilizar los fertilizantes fosfatados y pesticidas con alto porcentaje de cadmio en su composición aumentando la contaminación.

Es importante que se empiecen a tomar medidas sobre la contaminación de los suelos por metales pesados, en especial el cadmio, promoviendo investigaciones para remediar los suelos, labor que es a largo plazo.

También, tener presente que la agricultura en la Región Ica es una de las principales actividades, por lo cual a verse limitada las exportaciones, afectaría las exportaciones creando un caos, económico y social.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones en relación a los metales pesados, en el suelo, planta y agua, con énfasis en el cadmio por ser uno de los metales más dañinos para el ambiente y muestrear otros campos en las demás zonas del Valle de Ica.
2. Promover el análisis químico, como el medio que nos ayude a determinar el contenido de metales pesados en los suelos, planta y agua y realizar otros análisis con relación a los perfiles de suelo tomando, muestras de 0.30 cm a 0.60 cm, así mismo analizar

otros cultivos y en especial aquellos que son alimentos de consumo en fresco, como las hortaliza, verduras y frutas como la palta, la uva, la mandarina, entre otros, cuidando la salud de los consumidores y el ambiente.

3. El cadmio no es el único metal que debe tenerse como referencia, debiendo realizar investigaciones, sobre otros metales pesados que puedan estar presentes en los cultivos, análisis microbiológicos, etc., considerando los nuevos estándares Internacionales y Nacionales que han modificado sus valores de calidad ambiental para los alimentos y el agua.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Albalat, B. (2005). El Esparrago Verde. Informaciones Técnicas, No. 151. del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón). Recuperado el 15 de marzo de 2017. <https://www.fitocuaiaranagricola.com/files/el-esparrago-verde.pdf>

Almeyda, V. (2019). “Efecto de la Aplicación de Fertilizantes, Fosfatados en la Contaminación por el Cadmio de Suelos Agrícolas de la Zona Baja del Valle de

Ica – 2018”. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Escuela de Posgrado de la UNICA.

Betancourt, A., Betancourt, V., Salazar, R. & Cuellar, O. (2004). Diseño de la cadena sostenible del esparrago verde fresco, como alternativa de diversificación de la zona cafetera de las subregiones centro sur y bajo occidente del departamento de caldas. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Colombia.

Calderón E, Concha R. (2012). Evaluación de concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la Ciudad de Piura. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú;

Cárdenas, A. (2012). "Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico en la cooperativa agraria industrial Naranjillo - Tingo María - Perú." universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Agronomía Departamento Académico de Ciencias Agrarias. **URI:** <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/153>

Chambi, L. Orsag, V., & Niura, A. (2017). Evaluación de la presencia de metales pesados en suelos agrícolas y cultivos en tres microcuencas del municipio de Poopó-Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(1), 67-73.

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000100009&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000100009&lng=es&tlng=es)

Cisneros, F. (2010). Control de plagas: MIP. Programa MIP de Espárrago en CHAVIMOCHIC, Perú. [En línea]. Recuperado el 21 de enero del 2016 de https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/Caso_5_MIP_esparrago_Chavimochic.pdf.

- Departamento De Agricultura y Alimentación Del Gobierno De Aragón (2005). El espárrago verde: Resultados del seguimiento de su cultivo en la comarca del Bajo Aragón. Informe Técnico. Zaragoza: Antonio Abalat.
- Ferrucci, F. (1997). Estudio global para identificar oportunidades de mercado de frutas y hortalizas de la región andina. [En línea]. Recuperado el 20 de enero del 2016 de <https://books.google.com.pe/books?id=8-AOQAIAAJ>
- Fimbres, A., Rivas, A. & Navarro, C. (2011). Efecto de la fertigación nitrogenada y potásica en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en la región de Caborca. Sonora. Revista biotecnia. 13(2).
- Granizo, M. y Márquez, A. (2007). Análisis de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn en el antiguo botadero de “El Valle”. Universidad de Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología. Cuenca Ecuador 2007. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/126>
- Hernández, F. (2014). Determinación de cadmio (cd) en suelos agrícolas dedicados a la producción de alfalfa *Medicago sativa* irrigado con aguas residuales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
URI. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/101>
- Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P. & Muñoz-García, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 14 No. 2 (145-153) Julio - diciembre 2016.
DOI:10.18684/BSAA(14)145-153
- Madueño, F. (2017). Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Farmacia

Y Bioquímica E.A.P. de Toxicología. Lima - Perú 2017. URI:
<https://hdl.handle.net/20.500.12672/7349>

Maquerhua, Y. y Valverde, N. (2012). Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito “El Mantaro” provincia de Jauja. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Química. Huancayo - Perú 2012.
URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3703>

Miranda, D., Carranza, C., Rojas, C. A., Jerez, C. M., Fischer, G., & Zurita, J. (2011). Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 2(2), 180–191. <https://doi.org/10.17584/rcch.2008v2i2.1186>

Moreno A. y Peñaranda, M. (2019). Fitotoxicidad: Más que un culpable, una mirada a los múltiples factores en interacción. Departamento Técnico Grupo Empresarial SYS.

Mortarini, L., Castagnino, A., Mortarini, M. & Vázquez, P. (2010). Evaluación del crecimiento y producción de turiones de espárrago verde (*Asparagus officinalis* L.) producidos bajo dos sistemas de inicio, arañas y plantines, en azul, Buenos Aires. En Revista de Ciencias Agrarias y Tecnología de los Alimentos 24.

Nriagu, J. 1990. Global metal pollution. Poisoning the biosphere? Environment 32:7-33.

Pérez, M. & Romagoza, C. (1992). Energía en el sustrato, energía en la planta. Prodeasa. Horticultura.

Peris, M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón. Universitat de Valencia Departamento de CIDE 2006.
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9504/peris.pdf?sequence=1>

Polo, C., & Sulca, L. (2019). Metales pesados: Fuentes y su toxicidad sobre la salud humana. Ciencias, 2(1), 20–36. <https://doi.org/10.33326/27066320.2018.1.842>

- Poza, A. (2010). Morfología y funcionamiento de la planta. Chile: Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción.
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. 2019. La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO.
- Ramírez, A. & Sadhegian, S. (2009). Respuesta del esparrago a nitrógeno, fosforo y potasio en la zona cafetera central de Colombia. Cenicafe. [En línea]. Recuperado el 11 de enero del 2016 de [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc060\(03\)269-281.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc060(03)269-281.pdf).
- Shugulí Coronel, Oscar Marcelo (2018). Determinación de metales pesados y pérdidas poscosecha en dos hortalizas de consumo directo brócoli (*Brassica oleracea* Italica) y cebolla blanca (*Allium fistulosum*). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14587>
- UNALM. (2000). Programa de hortalizas: Esparrago. UNA La Molina. Valarezo, O., Canarte, E., Navarrete, B., & Arias, M. (2003). Prodiplosis Longigila. INIAP Archivo Histórico.
- Weber, J. y Karczewska, A. (2004). Procesos biogeoquímicos y el papel de los metales pesados en el medio ambiente del suelo. *Geoderma* , 122 , 105–107.

ANEXOS

- **Instrumentos de recolección**



Testimonios fotográficos











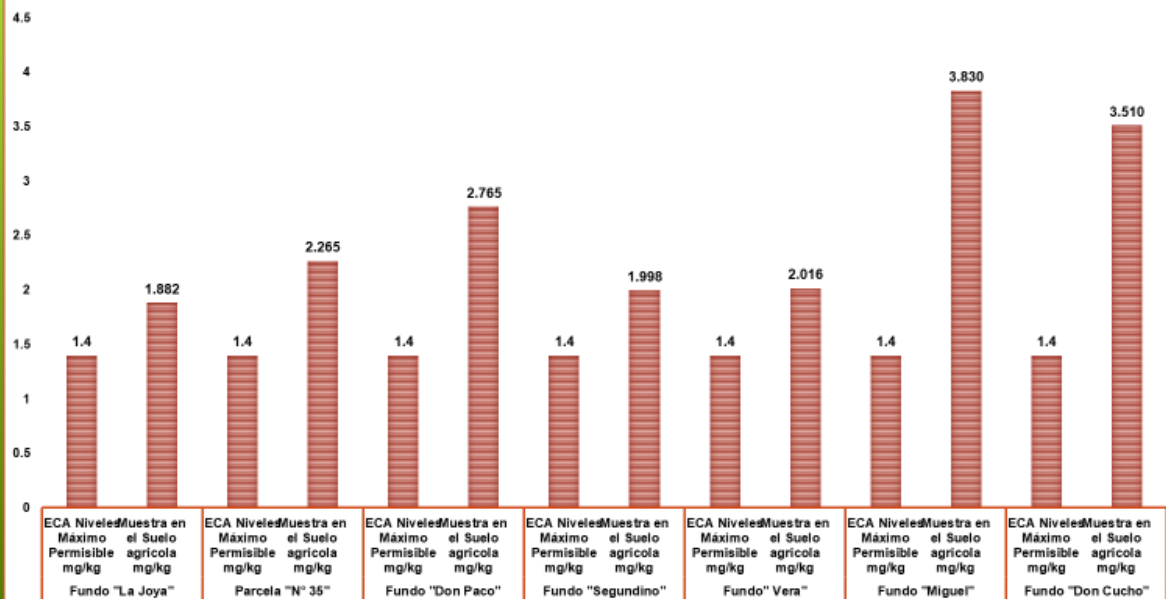


Anexo 1.- Contenido de Cadmio en el Suelo

ANÁLISIS DE SUELO

- ▶ La Investigación se realizó, tomando en cuenta las regulaciones que están poniendo los países como E.E.U.U, la Comunidad Europea, entre otros, para metales pesados, pesticidas y microbiológicos.
- ▶ Los resultados del Análisis del Suelo Agrícola de las 07 parcelas evaluadas, muestran contaminación por Cadmio, los valores encontrados fueron de: 3,830 , 3,510 , 2,765, 2,265, 2,016, 1,998, 1,882 mg/kg, superando ampliamente los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud, el límite que establece la norma es un valor de 1,4 mg/kg.

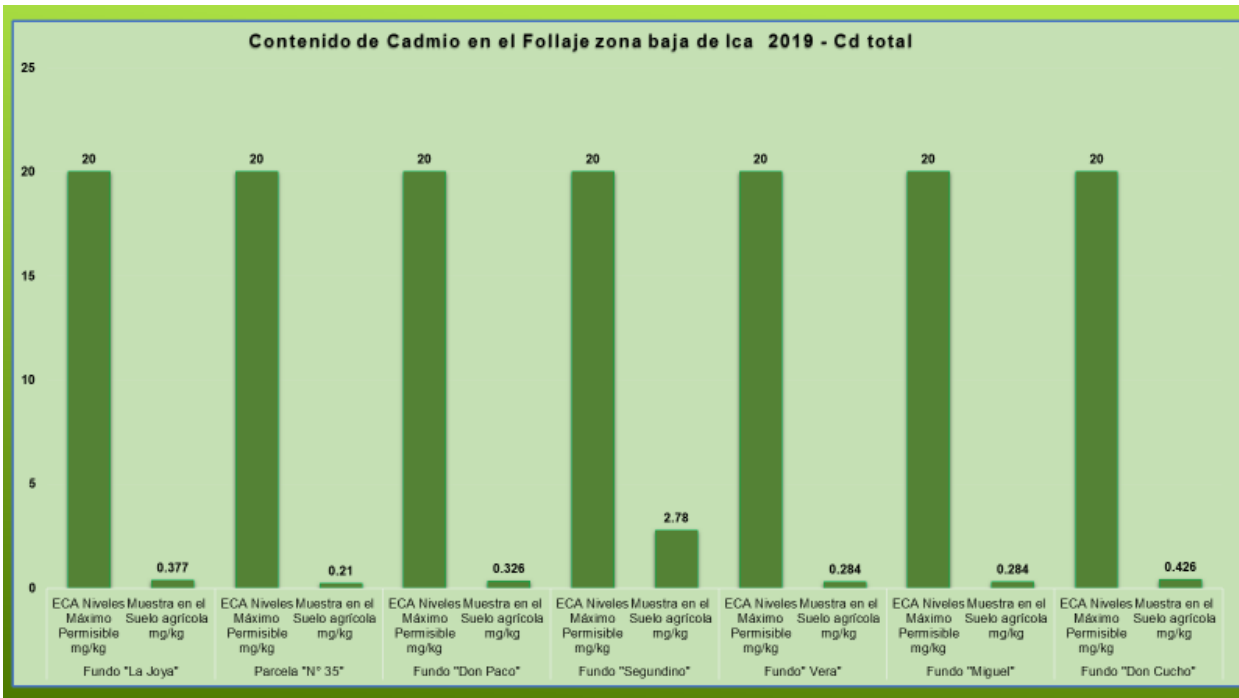
CONSOLIDADO DEL CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO DE LA ZONA BAJA DE ICA
2019



ANEXO N° 2 Contenido de Cadmio en Follaje

FOLLAJE

- ▶ Al Análisis el Follaje o Hojas modificadas, se aprecia que las muestras no tiene los niveles de contaminación de Cadmio, no superando los Límites Máximos Permisibles de la Normas.

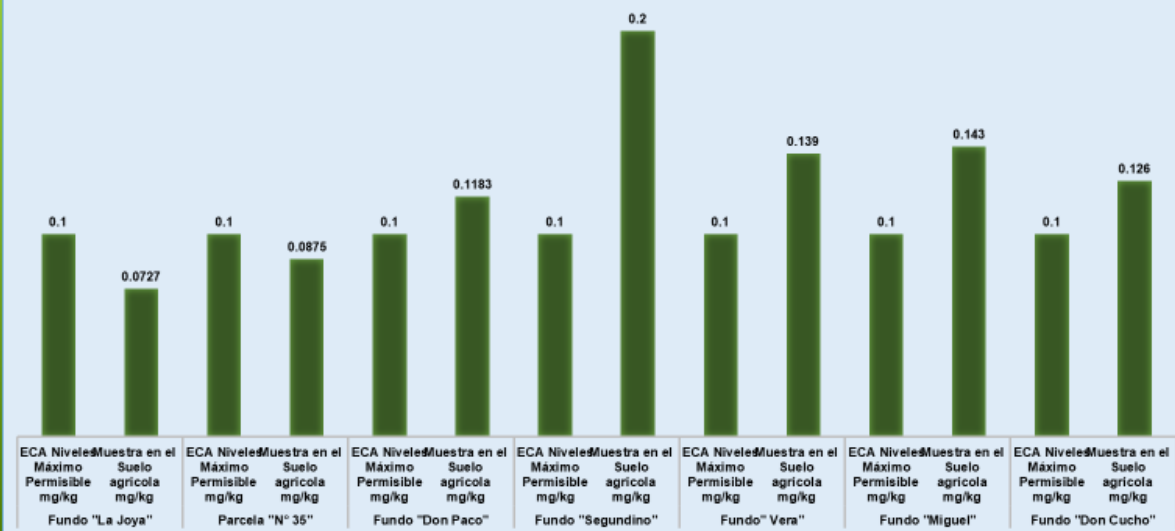


ANEXO N° 3 Contenido de Cadmio en Turiones

TURIONES

- ▶ Los resultados del análisis de los turiones de esparrago al iniciarse la cosecha, se aprecia que el Cadmio está presente en 02 parcelas, con valores de 0,0727 y 0,0875 mg/kg, si bien no llegan al límite que es de 0,1 mg/kg, nos expresa que están contaminados con trazas de cadmio.
- ▶ En las 05 parcelas evaluadas el nivel de concentración supera ampliamente la norma con niveles de: 0,200, y 0,1430, 0,1394, 0,1183 0,1183 mg/kg, mostrando contaminación de los turiones.

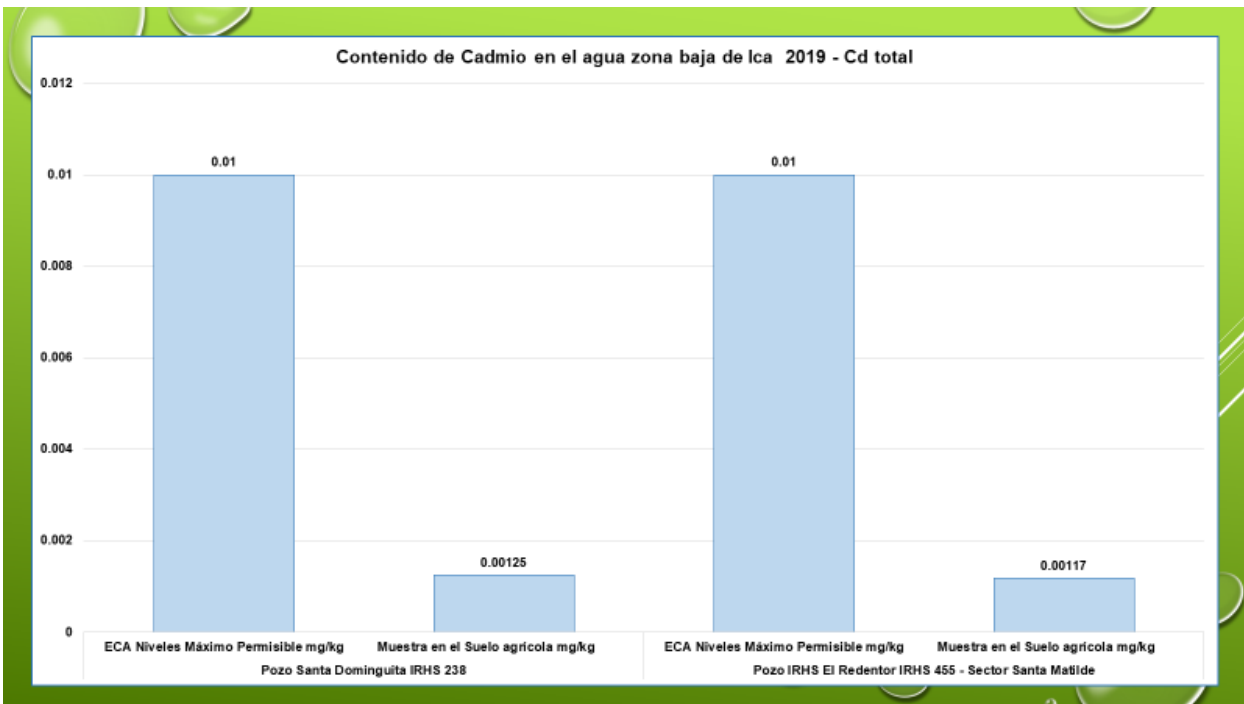
CONTENIDO DE CADMIO EN LOS TURIONES ZONA BAJA DE ICA 2019 - CD TOTAL



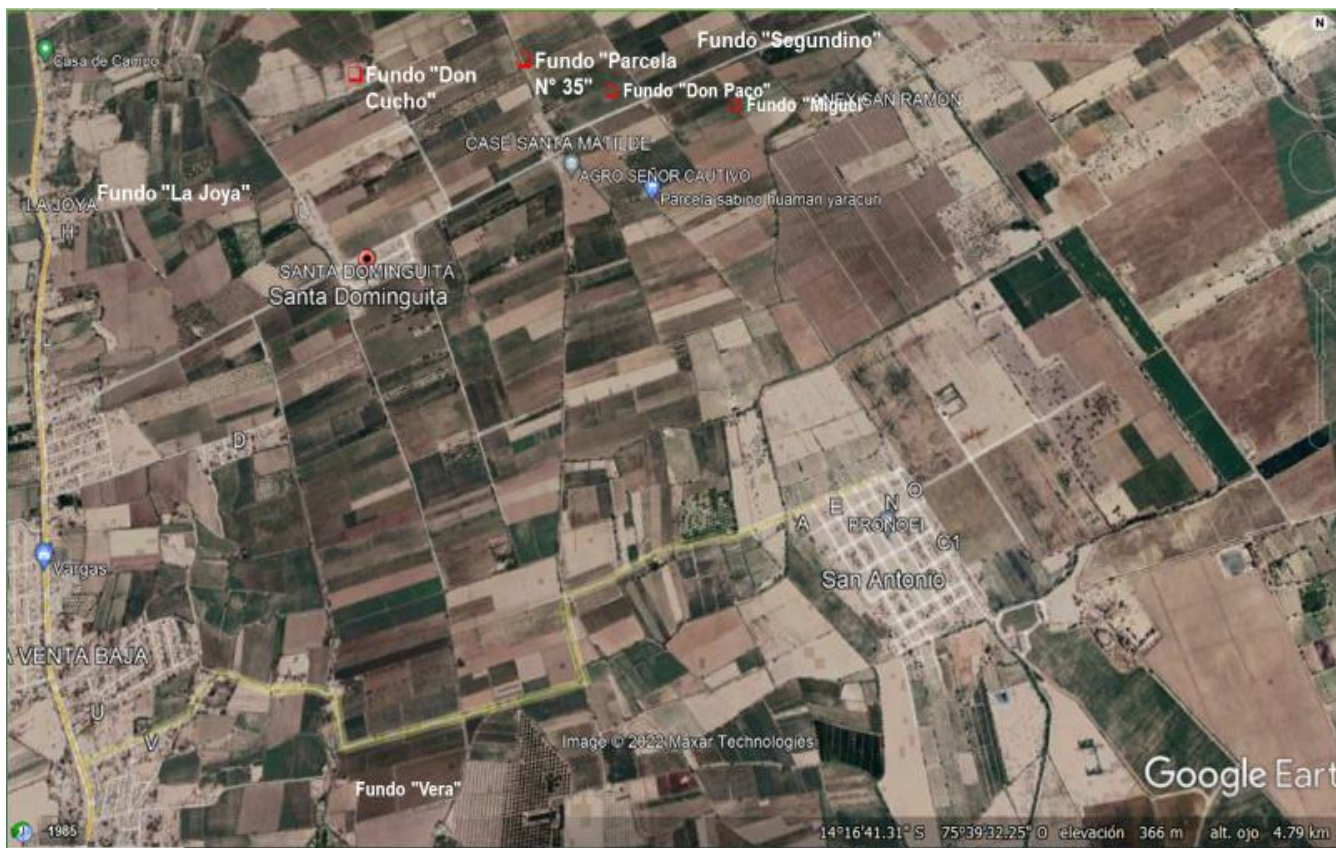
ANEXO N°4 Análisis del Agua de Riego

AGUA DE RIEGO

- ▶ En relación al análisis del agua de riego, el Parámetro para Cadmio es de 0,01 mg/L, se evaluó el agua subterránea extraída de los pozos;
- ▶ Santa Dominguita IRHS 23, que tiene un valor de 0,00125 mg/L
- ▶ y El Redentor IRHS 455, un valor de 0,00117 mg/L, no están contaminadas por Cadmio, pero si tienen trazas de este metal.



ANEXO N° 5.- Fotografía Google Eart



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/037205	Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA
Descripción:	DON PACO - STA MATILDE - SANTIAGO ICA - ESPARRAGOS UC 157 F1	Fecha Fin:	23/10/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totaes				
Arsénico Total	25		-	
Cadmio Total	2,765	mg/kg PS	-	
Mercurio Total	< 0,03	mg/kg PS	-	
Plomo Total	31,2	mg/kg PS	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/037205	Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA
Descripción:	DON PACO - STA MATILDE - SANTIAGO ICA - ESPARRAGOS UC 157 F1	Fecha Fin:	23/10/2019

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
Metales Totales				
Arsénico Total	EPA Method 200.8 Rev. S.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,4 - 2 000
Cadmio Total	EPA Method 200.8 Rev. S.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,0007 - 1 000 mg/kg PS
Mercurio Total	EPA Method 200.8 Rev. S.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,03 - 1 000 mg/kg PS
Plomo Total	EPA Method 200.8 Rev. S.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,006 - 5 000 mg/kg PS



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/030280	Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA
Descripción:	LA JOYA, SANTA DOMINGUITA, LA VENTA BAJA, SANTIAGO	Fecha Fin:	09/09/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Metales Totales				
Arsénico Total	15	-		
Cadmio Total	1,998	-	mg/kg PS	
Mercurio Total	< 0,03	-	mg/kg PS	
Plomo Total	13,5	-	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia:	AL-19/131612	Tipo Muestra:	ESPARRAGOS
Descripción:	NRO. 01 / LA JOYA - TURIONES EN COSECHA - VAR UC 157 F1	Fecha Fin:	28/11/2019

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Rango
Metales Pesados				
Arsénico Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,0100 - 20,00 mg/kg
Cadmio Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,0100 - 20,00 mg/kg
Mercurio Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,0100 - 5,000 mg/kg
Plomo Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,010 - 20,0 mg/kg

Nº de Referencia:	AL-19/096484	Tipo Muestra:	ESPARRAGOS
Descripción:	Híbrido 157 F1, Lote 02, Segundino	Fecha Fin:	04/09/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Metales Pesados				
Arsénico Total	0,0237	±13%	mg/kg	
Cadmio Total	0,200	±13%	mg/kg	
Mercurio Total	< 0,0100	-	mg/kg	
Plomo Total	< 0,010	±12%	mg/kg	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia:	V-19/059783	Tipo Muestra:	HOJAS ESPARRAGOS
Descripción:	LA JOYA - SANTIAGO PAN . SUR KM 327	Fecha Fin:	22/10/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Pesados				
Arsénico Total	0,89	mg/kg	±13%	
Cadmio Total	0,394	mg/kg	±13%	
Mercurio Total	< 0,01	mg/kg	±8%	
Plomo Total	1,83	mg/kg	±12%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia:	V-19/059783	Tipo Muestra:	HOJAS ESPARRAGOS
Descripción:	LA JOYA - SANTIAGO PAN . SUR KM 327	Fecha Fin:	22/10/2019

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
Metales Pesados				
Arsénico Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,01 - 20 mg/kg
Cadmio Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,010 - 20,0 mg/kg
Mercurio Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,01 - 5,0 mg/kg
Plomo Total	PE-324	Espect ICP-MS		0,010 - 20,0 mg/kg

Nº de Referencia: A-20/033227
 Descripción(*): SANTA DOMINGUITA IRHS 238

Tipo Muestra: Agua de Manantial/Pozo
 Fecha Fin: 13/04/2020

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
Arsénico Total	0,00735	mg/L	±0,00095 5	
Cadmio Total	0,00125	mg/L	±0,00016 2	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Plomo Total	< 0,00006	mg/L	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

(&) Ensayo No cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

Nº de Referencia: A-20/033228
 Descripción(*): POZO EL REDENTOR IRHS 455 - SECTOR SANTA MATILDE

Tipo Muestra: Agua de Manantial/Pozo
 Fecha Fin: 13/04/2020

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
Arsénico Total	0,00850	mg/L	±0,00110 5	
Cadmio Total	0,00117	mg/L	±0,00015 2	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Plomo Total	< 0,00006	mg/L	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

(&) Ensayo No cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.