



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/>



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"



ESCUELA DE POSGRADO

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **BORRADOR DE TESIS** cuyo título es:

"ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ AMILACEO (Zea mays L.) IRRIGADO CON AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR DE SAN PEDRO - CACHICHE"

Presentado por:

CABRERA VIGIL CARLOS EUSEBIO

Del **DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL**.

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 11%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 24 de marzo de 2023

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. ROBERTO H. CASTAÑEDA TERRONES
DIRECTOR (e) DE LA ESCUELA DE POSGRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL



TESIS

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN
EL CULTIVO DE MAÍZ AMILACEO (*Zea mays L.*) IRRIGADO CON
AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR DE SAN PEDRO -
CACHICHE”**

PRESENTADO POR:

Ing. MAG. CARLOS EUSEBIO CABRERA VIGIL

PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN GESTIÓN AMBIENTAL

ICA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres que en paz descansen, por su desvelado esfuerzo por haberme brindado la educación con cariño, amor y por sus consejos que siempre estarán vivos en mí.

A mi esposa Blanca, a mis hijos Carlos, Kyara y Gerardo, quienes me han dado la fuerza para el cumplimiento de los objetivos trazados en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar siempre conmigo guiándome en la vida para hacer siempre el bien cada día y por brindarme esa fortaleza cargada de energía, para culminar con éxito mi anhelado trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de San Luis Gonzaga, Escuela de Posgrado y a su plana selecta de Docentes, porque gracias a ella he podido conocer a tantos amigos brillantes con quienes compartí sus amistades y enseñanzas.

Mi especial reconocimiento al Dr. Luis Felipe Bendezú Díaz, por su constancia y perseverancia en la dinámica de innovación permanente y por haberme guiado por el camino de la excelencia profesional.

A los profesionales miembros del Jurado calificador, por el espacio dispuesto para efectuar las correcciones y observaciones realizadas, con el fin de lograr resultados esperados de calidad en el presente trabajo de investigación.

INDICE

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
Español	ix
Abstract	x
CONTRACARATULA	0
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. MARCO TEORICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.1.1 Antecedentes Internacionales	3
1.1.2 Antecedentes Nacionales	3
1.1.3 Antecedentes Locales	4
1.2 Bases teóricas	5
1.2.1 Efecto de los metales pesados	5
1.2.2 Contaminación del suelo por metales pesados	5
1.2.3 Fitotoxicidad de los metales pesados	6
1.2.4 Adsorción de metales pesados por las plantas	6
1.3. Marco conceptual	7
1.3.1 Metales pesados	7
1.3.2 Cadmio, Plomo, Cromo	8
1.3.3 Generalidades del cultivo de maíz	8
1.3.3.1 <i>Zea mays</i> L	8
1.3.3.2 Importancia del cultivo	8
1.3.3.3 Taxonomía	9
1.3.3.4 Fenología del cultivo	9
1.3.3.5. Manejo del cultivo	10
1.3.3.5.1 Preparación de terreno	10

1.3.3.5.2 Siembra	10
1.3.3.5.3 Fertilización	10
1.3.3.5.4 Desahije	11
1.3.3.5.5 Riego	11
1.3.3.5.6 Aporque	11
1.3.3.5.7 Control fitosanitario	11
1.3.3.5.8 Control de malezas	12
1.3.3.5.9 Cosecha	12
1.4. Marco filosófico	12
CAPITULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2.1 Situación problemática	14
2.2 Formulación del problema	14
2.2.1 Problema General	14
2.2.2 Problema Específico	14
2.3 Justificación e importancia de la investigación	15
2.3.1 Justificación	15
2.3.2 Importancia	15
2.4 Objetivos de la investigación	16
2.4.1 Objetivo General	16
2.4.2 Objetivo Especifico	16
2.5 Hipótesis de la investigación	16
2.5.1 Hipótesis General	16
2.5.2 Hipótesis Específicos	16
2.6 Variables de la investigación	16
2.6.1 Identificación de Variables	16
2.6.2 Operacionalización de Variables	17
CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación	18
3.1.1 Tipo de investigación	18
3.1.2 Nivel de investigación	18
3.1.3 Diseño de investigación	18
3.2 Población y muestra	18
3.2.1 Población de estudio	18
3.2.2 Muestra	18

CAPITULO IV. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	20
4.1 Técnica de Recolección de Datos	20
4.2 Instrumentos de Recolección de Datos	20
4.3 Técnica de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Resultados	21
CAPITULO V. CONTRASTACION DE HIPÓTESIS	22
5.1 Contrastación de la hipótesis general	22
5.2 Contrastación de la hipótesis específica	22
CAPITULO VI. PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
VII CONCLUSIONES	56
VIII RECOMENDACIONES	58
IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
X ANEXOS Y GALERIA FOTOGRAFICA	62

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Peso de materia seca/planta (gr) de raíz, tallo y hojas en maíz	25
TABLA N° 2: Producción de materia seca (kg/ha) de raíz, tallo y hojas en maíz	26
TABLA N° 3: Concentración de NPK (%) en raíz de maíz	28
TABLA N° 4: Concentración de Ca y Mg (%) en raíz de maíz	29
TABLA N° 5: Concentración de Pb - Cr - Cd en raíz de maíz	30
TABLA N° 6: Concentración de NPK (%) en tallo de maíz	32
TABLA N° 7: Concentración de Ca y Mg (%) en tallo de maíz	34
TABLA N° 8: Concentración de Pb - Cr - Cd en tallos de maíz	35
TABLA N° 9: Concentración de NPK (%) en hojas de maíz	36
TABLA N° 10: Concentración de Ca y Mg (%) en hojas de maíz	38
TABLA N° 11: Concentración de Pb - Cr - Cd en hojas de maíz	39
TABLA N° 12: Absorción de NPK en raíz en el maíz	41
TABLA N° 13: Absorción de Ca y Mg en raíz en el maíz	42
TABLA N° 14: Absorción de metales pesados en raíz de maíz	44
TABLA N° 15: Absorción de NPK (%) en tallos de maíz	46
TABLA N° 16: Absorción de Ca y Mg (%) en tallos de maíz	48
TABLA N° 17: Absorción de metales pesados en tallos de maíz	49
TABLA N° 18: Absorción de NPK (%) en hojas de maíz	51
TABLA N° 19: Absorción de Ca y Mg (%) en hojas de maíz	52
TABLA N° 20: Absorción de metales pesados en hojas de maíz	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Peso de materia seca/planta (gr) de raíz, tallo y hojas en maíz	25
FIGURA N° 2: Producción de materia seca (kg/ha) de raíz, tallo y hojas en maíz	26
FIGURA N° 3: Concentración de NPK (%) en raíz de maíz	28
FIGURA N° 4: Concentración de Ca y Mg (%) en raíz de maíz	29
FIGURA N° 5: Concentración de Pb - Cr - Cd en raíz de maíz	30
FIGURA N° 6: Concentración de NPK (%) en tallo de maíz	33
FIGURA N° 7: Concentración de Ca y Mg (%) en tallo de maíz	34
FIGURA N° 8: Concentración de Pb - Cr - Cd en tallos de maíz	35
FIGURA N° 9: Concentración de NPK (%) en hojas de maíz	37
FIGURA N° 10: Concentración de Ca y Mg (%) en hojas de maíz	38
FIGURA N° 11: Concentración de Pb - Cr - Cd en hojas de maíz	40
FIGURA N° 12: Absorción de NPK en raíz en el maíz	41
FIGURA N° 13: Absorción de Ca y Mg en raíz en el maíz	43
FIGURA N° 14: Absorción de metales pesados en raíz de maíz	45
FIGURA N° 15: Absorción de NPK (%) en tallos de maíz	47
FIGURA N° 16: Absorción de Ca y Mg (%) en tallos de maíz	48
FIGURA N° 17: Absorción de metales pesados en tallos de maíz	49
FIGURA N° 18: Absorción de NPK (%) en hojas de maíz	51
FIGURA N° 19: Absorción de Ca y Mg (%) en hojas de maíz	52
FIGURA N° 20: Absorción de metales pesados en hojas de maíz	53

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en el sector de Cachiche en un suelo de textura franco arenoso irrigado por muchos años con aguas servidas provenientes de las lagunas de oxidación de la ciudad de Ica. En esta ocasión hemos trabajado con un maíz blanco amiláceo que fue sembrado en diciembre del 2021 y se cosecho en abril del 2022, bajo condiciones de verano con altas temperaturas y una baja humedad relativa. Se hicieron las evaluaciones de producción de biomasa aérea y radicular durante el transcurso del cultivo con muestreos secuenciales los cinco meses que duro el cultivo en campo y cuyos resultados analíticos fueron reforzados por el laboratorio de análisis de suelos, agua y planta de la Universidad Nacional Agraria la Molina de los elementos esenciales como N, P, K, Ca, Mg, y metales pesados como el Cr, Cd, Pb. En cada uno de los órganos como las raíces, tallos, y hojas y al final de la cosecha se analizó Cr, Cd y Pb. Los resultados demuestran claramente que el cadmio es un elemento altamente contaminante y se encontró en valores muy altos a nivel de raíces, tallos y hojas, no así el plomo y cromo que están por debajo de valores permisibles y a nivel de granos los tres elementos están por debajo, inclusive el cadmio no fue detectado. Sobre la concentración de nutrientes esenciales todos están por debajo de los niveles adecuados causados por la presencia de los elementos metálicos que reducen su absorción. Finalmente, la absorción del cultivo de maíz fue mejor para el calcio a nivel de raíces, el potasio a nivel de los tallos, mientras que el nitrógeno fue más absorbido por las hojas.

PALABRAS CLAVES: maíz, contaminación, metales pesados, absorción.

ABSTRACT

This research paper was carried out in the Cachiche sector in a sandy loam soil irrigated for many years with sewage from the oxidation lagoons of the city of Ica. On this occasion, we have worked with a starchy white corn that was planted in December 2021 and harvested in April 2022, under summer conditions with high temperatures and low relative humidity. The evaluations of aerial and root biomass production were made during the course of the crop with sequential samplings during the five months that the crop lasted in the field and whose analytical results were reinforced by the soil, water and plant analysis laboratory of the National Agrarian University - La Molina of essential elements such as N, P, K, Ca, Mg, and heavy metals such as Cr, Cd, Pb. The results clearly show that cadmium is a highly polluting element, and it was found in very high values at the level of roots, stems and leaves, not as lead and chromium, which are below permissible values. On the other hand, at the level of grains, the three elements are above below, even cadmium was not detected. Regarding the concentration of essential nutrients, all are below adequate levels, caused by the presence of metallic elements that reduce their absorption. Finally, the absorption of the corn crop was better for calcium at the root level, potassium at the stem level, while nitrogen was more absorbed by the leaves.

KEYWORDS: corn, contamination, heavy metals, absorption.

**DOCTORADO:
GESTIÓN AMBIENTAL**

TITULO:

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN
EL CULTIVO DE MAÍZ AMILACEO (*Zea mays L.*) IRRIGADO CON
AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR DE SAN PEDRO -
CACHICHE”**

AUTOR:

Ing. MAG. CARLOS EUSEBIO CABRERA VIGIL

ASESOR:

Dr. LUIS FELIPE BENDEZÚ DÍAZ

ICA – PERÚ

2023

INTRODUCCIÓN

Con la llegada de los europeos a las islas de Cuba en el año 1492, encontraron un grano que llamaban Ma-Hiz (vocablo Taíno) cultivo que era cultivado desde Canadá hasta Patagonia, siendo el cultivo de importancia de las civilizaciones Aztecas, Mayas e Inca. Cultivo que cumplía un papel muy importante puesto que predominaba en las creencias y ceremonias religiosas.

El maíz (*Zea mays L.*) es originario de América y representa como el cultivo de más importancia para la seguridad alimentaria mundial, lo que ha significado que muchas instituciones estatales y privadas a nivel mundial sigan realizando estudios con el propósito de incrementar los niveles de rendimiento y producción de diferentes cultivares que sean resistentes al cambio climático y a la adaptación de los diferentes pisos ecológicos.

El maíz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3900 metros de altitud y constituye uno de los cereales más importantes para la alimentación humana y de los animales, asimismo se pueden realizar gran cantidad de preparaciones y/o productos derivados (harinas, aceites, etc.). Cabe destacar que el maíz es altamente utilizado como alimento para el ganado.

Sin embargo, dada la época en que vivimos existe una gran incertidumbre en el mundo por la problemática del alza de los precios y escases de alimentos, la contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minería y el uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados que se incorporan en el suelo, ríos, vegetales, animales y alimentos que alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y la sociedad.

El maíz amiláceo es un alimento energético propio de nuestra región andina y de la costa peruana que contribuye a la seguridad alimentaria, a la economía local, regional y nacional.

La contaminación de los alimentos es un tema importante en la agenda de todos los países, 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. Estos metales son elementos propios del hábitat, con alto peso molecular, muy conocidos y útiles, pero a su vez son dañinos porque afectan la salud y diversos órganos.

Estos metales pesados no se degradan (químicamente, ni biológicamente) y tienden a bioacumularse y a biomagnificarse, los metales considerados más tóxicos son el cadmio, cromo y el plomo, materia de estudio en la investigación doctoral. El cadmio, puede estar 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 el trabajo de investigación se ha evaluado la contaminación por los metales pesados en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) ubicado en el sector de San Pedro – caserío Cachiche en la zona media del valle de Ica, con énfasis en el cadmio, plomo y cromo, por la importancia que tiene este cultivo para la agricultura y por ser un producto de consumo humano y animal.

CAPITULO I

MARCO TEÒRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1 Antecedentes internacionales

Garcilazo, menciona a Rascón et al., en el año 2005 [1], manifiesta que una de las alternativas para tratar de remediar, en parte la falta de agua es aprovechar el agua residual para riego agrícola, generada tanto por la población urbana, como por las industrias. Sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la calidad sanitaria y productividad agrícola de tales recursos hídricos. En México, es escasa la investigación sobre el aprovechamiento de los nutrimentos, la evaluación de la calidad sanitaria en ciertos cultivos, y las propiedades físicas y químicas de suelo debido al riego con aguas residuales.

Shugulí, en el año 2018 [2], en su trabajo de investigación manifiesta que al analizar los metales pesados plomo y cadmio en dos hortalizas de consumo directo como el brócoli y la cebolla blanca, indica que 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 no siendo apto para su consumo, mientras que para la cebolla blanca no presenta pérdidas.

Peris, en el año 2006 [3], encontró la existencia de varios procesos de contaminación, especialmente en los terrenos agrícolas que superan los valores de referencia del Cd, Cr, Cu, Pb y Zn. Además, observa que correlaciones entre los diferentes elementos positivos o negativos que indican que la absorción de un metal por la planta se incrementa o reduce en presencia de otros metales en el suelo manifestando que 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.

1.1.2 Antecedentes nacionales

Caso, en el año 2020 [4], manifiesta que obtuvo una concentración de plomo media de 0.108 ppm, siendo como mínima de 0.031 ppm y máxima de 0.186 ppm en muestras de maíz (*Zea mays L.*) de la cuenca del Río San Juan - Chincha.

El 50% de las muestras analizadas superan los límites máximos permitidos indicado por el CODEX STAN 193-1995 Revisión 2014 (0.1ppm). El promedio estadístico obtenido de las

muestras de maíz (*Zea mays* L) analizadas es de 0.108 ppm, por lo tanto, se concluye que supera los límites máximos permitidos por CODEX STAN 193-1995 Revisión 2014 ppm.

Calderón, y Concha, en el año 2012 [5], en su investigación determinó en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Piura mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica, los niveles bajos de concentración de estos metales. Sin embargo, indica que se debe tener en cuenta que cuando los metales pesados se presentan en pequeñas cantidades pueden ser consideradas como peligrosas, dada la bioacumulabilidad de los mismos, sobre todo si hablamos de los metales pesados tóxicos como el plomo, arsénico y cadmio.

Maquerhua y Valverde, en el año 2012 [6], manifiestan que en el trabajo de investigación se evaluó el nivel de contaminación de los suelos y son apropiados para la agricultura en cultivos de maíz y haba; teniendo según los resultados del análisis instrumental por el método analítico de inducción de plasma acoplada que se detectaron concentraciones importantes que alcanzan y superan los niveles máximos permitidos por las normativas canadienses para los elementos As, B, Cd y Zn. El contenido de arsénico de 48,3 ppm es 302,5% mayor que el nivel referencial, la concentración de boro de 11,4 ppm superando en 470% al límite de referencia, el contenido de cadmio de 4,28 ppm que supera en 198,6% al límite referencial y la concentración de zinc 777,9 ppm que es mayor que el nivel referencial en 288,95%. El resto de los elementos analizados, no mostraron resultados mayores a los límites referenciales.

1.1.3 Antecedentes locales

V. Almeyda en el año 2019 [7], en su tesis Doctoral 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.

J. Garcilazo [1], realizó su trabajo de investigación sobre contaminación de metales pesados como cadmio en el cultivo de espárrago en la zona baja del valle de Ica, según los resultados, realizó análisis en 7 parcelas en el sector de Santa Dominguita, perteneciente al Distrito de Santiago, encontró que en todas las parcelas hay valores altos, por lo tanto no superaron los límites máximos permisibles, pero en relación a los resultados de análisis de turiones se encontró una contaminación de material en 5 de las 7 parcelas en estudio, superando ampliamente la norma ECA que es de 0.1 mg/kg y las otras restantes tienen valores muy cercanos a la norma.

Lovera en año 2019 [8], realizó el estudio de investigación: “Estudio de la Concentración y Absorción de Macroelementos y Metales Pesados en el Cultivo de Algodón Irrigados con

Aguas Servidas en el sector San Pedro Cachiche – Ica”. Manifiesta que los niveles de presencia del plomo eran más abundantes que el cromo, indicando que el cadmio presenta contenidos más bajos.

1.2 Bases teóricas

1.2.1. Efecto de los Metales pesados

John y Levanthal en el año 1995 [9], Indica que la absorción de metales pesados por las plantas es el primer paso para la entrada en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen de (1) movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de la planta. (2) el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz. (3) el transporte de los metales desde las células corticales a la xilema desde donde la solución con los metales se transporta de la raíz a los tallos, y (4) la posible movilización de los metales desde las hojas hacia tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) por el floema. Después de la absorción por los vegetales los metales están disponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria.

Existe una contaminación por metales pesados cuando el contenido de estos en el suelo excede considerablemente, los valores habituales. Estas anomalías geoquímicas pueden alcanzar valores que causan un grave peligro para las plantas y animales que habitan el suelo y para los consumidores de esta vegetación que se inicia en los herbívoros.

1.2.2 Contaminación del suelo por metales pesados

Cuando se dice “Metal pesado” termino que se ha utilizado durante muchos años como una referencia al grupo de los metales y metaloides de relativamente alta masa atómica, sobre todo los metales de transición, tales como Pb, Cd y Hg, que pueden causar graves problemas de toxicidad. Los metales pesados también son esenciales para las plantas y / o animales y necesitan estar presentes en cantidades adecuadas según dicho por Alloway en el año 2013 [10],

Los metales pesados participan en varios procesos desde que son incorporados en el suelo principalmente por actividades antropogénicas; se pueden incorporar al ciclo del agua o acumularse en tejidos vegetales o en el suelo por el resultado de diversas transformaciones químicas, vía proceso de adsorción, solubilización, precipitación y cambios en el estado de oxidación.

1.2.3 Fitotoxicidad de los metales pesados

McGrath y McCormack, en el año 1999 [11], dice que el término Fitotoxicidad ha sido asociado con el fenómeno causado por una sustancia potencialmente dañina en el tejido vegetal que afecta su óptimo crecimiento y el desarrollo de la misma; la Fitotoxicidad en las plantas se establece según su comportamiento y los signos que presentan a lo largo de su crecimiento, además de tomar en cuenta las características ambientales y de manejo del área donde estén cultivadas

Los elementos traza, como el arsénico (As), cadmio (Cd) o Talio (Tl), son poco abundantes en el agua y el suelo en condiciones naturales, sin embargo, las actividades industriales y mineras pueden originar una contaminación por estos elementos, que pasarían a las plantas y animales donde se pueden concentrar y causar efectos tóxicos al humano, de acuerdo con Fergusson, en el año 1990 [12]

1.2.4 Adsorción de metales pesados por las plantas

Las plantas han desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber, translocar y acumular nutrientes, sin embargo, algunos metales y metaloides no esenciales para los vegetales son absorbidos, translocados y acumulados en la planta debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos, según estudios de Lasat, en el año 2000 [13]

El agua y los minerales disponibles en el suelo se incorporan a las plantas a través de las raíces; en éstas existen unos pelos radicales que son extensiones unicelulares de las células epidérmicas y que poseen una pared muy fina con vida efímera (1-3 días); estas raíces aumentan el área de contacto con el estrato y permite una absorción más eficiente del agua y los minerales necesarios como menciona Fitter et al., en el año 1987 [14]

Cuando un metal pesado entra en una célula vegetal es inmovilizado por sustancias orgánicas quelantes (fitoquelatinas) que forman iones complejos con el metal y evitan la Fitotoxicidad de estos; otro camino es que al formar los quelatos estos pasan por la vacuola y ahí se alojan. Las sustancias quelantes pueden ser producidas por la propia planta y liberadas al suelo a través de las raíces, o pueden ser añadidas directamente por el hombre, empleando insumos químicos para descontaminarlos.

Las plantas capaces de crecer en suelos con altos contenidos metales lo hacen excluyendo iones potencialmente tóxicos de sus sistemas de raíces. En otras plantas, los metales son

utilizados como micronutrientes, aunque a menudo aun en concentraciones mínimas, saturan a la planta. La capacidad de las plantas de absorber y almacenar elementos minerales, como los metales pesados en sus órganos, se denomina bioacumulación y ha sido utilizada para monitorear el índice de contaminación de algunos ecosistemas, sin embargo, los patrones de bioacumulación son muy variables; y no siempre existe una relación extrapolable.

1.3 Marco conceptual

1.3.1 Metales pesados

Los metales pesados son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud, por ejemplo, el organismo requiere de hierro, cobalto, cobre, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc. Otros en cambio no cumplen una función fisiológica conocida, alteran la salud y es mejor evitarlos siempre. ROBARDS, K. and WORSFOLD, P. Cadmium: toxicology and analysis – a review. *Analyst*, 3(1), 2011, p. 549-568 [15]

1.3.2 Cadmio

Cárdenas, en el año 2011[16], indica que la presencia de cadmio en el cultivo de cacao según los análisis de suelo, que en el caso del potasio se presentan en algunas parcelas deficiencias mientras que en el análisis foliar se presentan deficiencias generalizadas en los contenidos de N, P, K y Cu; y a nivel de almendras no se presentan deficiencias a excepción de Fe y Zn. A nivel de almendras y cascarillas los valores promedio de cadmio total fueron 1.55 ppm y 2.04 ppm respectivamente y que al evaluar la actividad microbiana del suelo el valor promedio fue de 1.47 mg/100 g de suelo.

El cadmio es un elemento de naturaleza química muy similar al Zn ambos pertenecen al grupo II de la tabla periódica y es sustituto de este en forma de impureza en los minerales del Zn, por esto el Cd es un subproducto de las fundiciones de Zn y otros metales. El Cd también se presenta como sustituto del Ca en la apatita y la calcita, pudiendo aumentar sus impurezas en los fertilizantes fosfatados. El hecho de que el Cd sea un metal pesado toxico y Zn sea un elemento esencial hace que de esta asociación se puedan prevenir los posibles efectos tóxicos del Cd mediante un tratamiento preventivo con Zn, según estudios de **Das et al.**, en el año 1998 [17]

Plomo

Es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11.4 a 16°C, de color azulado. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su fusión se produce a 327.4°C y hierve a 1725°C. Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

Cromo

La mayoría de los suelos contienen cantidades significativas de Cr, pero su disponibilidad para las plantas es limitada. Los suelos ricos en serpentina y los desechos de curtiembre tienen una concentración alta de Cr (III), sin embargo, el Cr (VI) es la forma más biodisponible (pero inestable) para las plantas en el suelo. Los cambios de Ph y los exudados radicales pueden influenciar el estado de oxidación del Cr y con esto aumentar o disminuir la cantidad de Cr disponible para las plantas.

1.3.3 Generalidades del cultivo de maíz

1.3.3.1 *Zea mays L.*

El maíz amiláceo, (*Zea mays L.*), ssp amilácea, se caracteriza por presentar granos con endospermo blando suave amiláceo de color blanco, pericarpio de color blanco, coloreado o variegado.

1.3.3.2 Importancia del cultivo

El maíz amiláceo (*Zea mays L.*) es uno de los cultivos de mayor importancia en el Perú, es originario de América, siendo el cultivo más importante para la seguridad alimentaria mundial; junto con el arroz y el trigo es considerada una de las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. Hoy en día existen diversas instituciones mundiales, estatales y privadas que vienen realizando estudios de investigación con el objetivo principal de incrementar los niveles de rendimiento y de producción de diferentes cultivares, resistentes a los cambios climáticos que afectan al normal crecimiento y desarrollo de la planta. El maíz amiláceo se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3900 metros de altitud y constituye uno de los tres cereales más importantes que el hombre utiliza para su

alimentación o la de los animales, ya sea en forma directa o transformada. El maíz constituye parte de los productos más importantes en la dieta alimentaria nacional y de mayor arraigo en la cultura productiva de la población rural de los andes peruanos, según Huamanchumo, en el año 2013 [18]

1.3.3.3 Taxonomía

Según: (Doebley, 1983, citado por MINAM, 2018).

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Sub-división: Angiospermas.

Clase: Monocotyledoneae

Sub clase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Subtribu: Tripsacinae.

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

1.3.3.4 Fenología del cultivo

- a) **La emergencia.** - sembrado el maíz desarrolla la emergencia de las plántulas, periodo que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo cuya duración aproximada es de 6 a 8 días en costa, en la sierra esto varía de 10 a 15 días en condiciones óptimas.
- b) **La germinación.** - es un estado crítico en la vida de la planta, una germinación lenta producida por condiciones desfavorables, puede dar lugar a la incidencia de agentes patógenos que comprometen el futuro del cultivo.
- c) **Crecimiento.** – luego de la emergencia del maíz aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15 a 20 días siguientes a la emergencia, la planta debe tener 5 o 6 hojas y en las primeras 4 o 5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas.

- d) Floración.** - Después de 25 a 30 días de efectuada la siembra, se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de este, después de 4 a 6 semanas se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos.
- e) Fructificación.** - Con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la fructificación, los estilos de la mazorca a un color castaño. Después de la tercera semana de polinización, la mazorca toma el tamaño definitivo, se forman los granos y aparece el embrión, los granos se llenan de una sustancia lechosa, rica en azúcares, transformándose al final de la quinta semana.
- f) Maduración y secado.** - Al término de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza a ser materia seca, llegando a su madurez fisiológica con un 35% de humedad.

1.3.3.5. Manejo del cultivo

1.3.3.5.1 Preparación del terreno

El 30 de noviembre del 2021 se realizó arada en seco con el propósito de airear el terreno y controlar las pupas y gusanos de tierra, posteriormente el 2 de diciembre se realizó el riego de machaco con la finalidad de seguir controlando la presencia de larvas, pupas y malezas que pudieran estar en el terreno, luego de cuatro días se precedió al arado en húmedo, pasada de rastra, nivelado y surcado quedando el terreno a punto listo para la siembra.

1.3.3.5.2 Siembra

La siembra se realizó el 7 de diciembre del 2021, dejando 3 a 4 semilla por golpe a una profundidad de 4 cm, el distanciamiento entre surco fue de 0.80 m y el distanciamiento entre golpe fue de 0.40 m aproximadamente.

1.3.3.5.3 Fertilización

En el presente trabajo de investigación se fertilizo el cultivo con la formula de 200 – 60 – 50 unidades de N-P-K utilizando urea agrícola, fosfato di amónico y sulfato de potasio, insumos que fueron aplicados en dos momentos, el primer abonamiento fue realizado en el momento de la siembra utilizando todo el fósforo, todo el potasio y el 50% del nitrógeno, el segundo abonamiento se realizó al momento del aporque aplicándose el 50% del restante de nitrógeno en forma de urea.

1.3.3.5.4 Desahíje

Luego de la emergencia de las plantas de maíz se procedió a seleccionar las tres mejores plantas con mayor vigor labor que se realizó a los 25 días de la emergencia, quedando 93,750 plantas/ha. Considerando 125 surcos a un distanciamiento entre surco de 0.80 cm y entre golpe a 0.40 cm.

1.3.3.5.5 Riego

El cultivo de maíz es una planta rustica que requiere riegos constantes de agua, en esta ocasión se contó con riegos de aguas servidas que es parte del estudio de investigación para evaluar los posibles efectos de contaminación de los metales pesados presentes en estas aguas que pueden afectar el desarrollo y absorción de elementos esenciales por el cultivo del maíz, los riegos se realizaron con una frecuencia de 10 a 12 días, riegos que ha permitido que la planta obtenga los nutrientes, lo que ha permitido el desarrollo del cultivo del maíz durante el periodo de diciembre a abril cuyos rendimientos están muy por debajo de promedio de la región llegando a los 6200 kg/ha.

1.3.3.5.6 Aporque

Esta labor cultural se realizó cuando las plantas tenían una altura promedio de 40 cm, labor que se realizó a lampa, con la finalidad de darle un buen sostenimiento de las plantas, lograr una mejor aireación a las raíces y la eliminación de las malezas.

1.3.3.5.7 Control fitosanitario

De acuerdo a las evaluaciones técnicas se realizaron aplicaciones de prevención para la desinfección de semillas, para ello se utilizó Benlate (Benomil) fungicida sistémico que actúa como defensa contra los agentes causales de la pudrición de raíces, asimismo se aplicó el insecticida Orthene 75 PS para proteger a las plantas del ataque de gusanos de tierra, como *Feltia sp*, *Agrotis ypsilum* y *Elamospalpus lignocellus* a una dosis de 100g/kg de semilla, insectos que se alimentan cortando las plántulas recién germinadas.

Otras plagas que se presentaron fueron la *Spodoptera frugiperda* que causa daños en el cogollo de las plantas, también se presentó la cigarrita (*peregrinus maidis*) insecto transmisor de virus, para el control se aplicó clorpirifos a una dosis

de 0.5 lt/ha. Teniendo un buen control para el cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*).

1.3.3.5.8 Control de malezas

La presencia de malezas la tuvimos antes de la preparación de terreno, para su control se realizaron labores culturales como la pasada de rastra, el deshierbo manual que fueron en dos momentos cada 20 días después de la siembra, las malezas controladas fueron Liccha (*Chenopodium álbum L*) Verdolaga (*Portulaca olareacea*), Kikuyo (*Penisetum claqndestinum*).

1.3.3.5.9 Cosecha

La cosecha se realizó cuando las plantas llegaron a su madurez fisiológica, mostrando un 80% de hojas secas, también cuando los granos presentaban un 25 % de humedad labor que se realizó con el corte del maíz y después el tendido en campo para el secado de los frutos.

1.4 Marco filosófico

El ambiente tiene mayor relevancia por todos los servicios ambientales que nos da y que tienen un valor de vida de los seres vivos, pero de ello depende la calidad de los componentes necesarios para mantener los ecosistemas que nos den una calidad de agua, aire y suelo que ofrezcan el desarrollo de una diversidad de flora y fauna y salud humana logrando el desarrollo de las actividades productivas.

A nivel académico y científico se ha empezado a discutir sobre el desarrollo de la ciencia ambiental y de la tecnología de la sostenibilidad para poder dar soluciones a una serie de problemas desarrollados por las actividades económicas, el crecimiento poblacional y el cambio climático que es otro ejemplo de la destrucción de la naturaleza por las actividades humanas y que provocan una serie de efectos a nivel global sobre la tierra afectando los ecosistemas de nuestro planeta.

La importancia del conocimiento se basa en buscar soluciones válidas y sostenibles para todos los problemas que se presentan por el desarrollo productivo.

A esto podemos sumar el crecimiento demográfico acelerado de los últimos veinte años, lo que demanda un mayor consumo de energía, materias primas, la producción y la presencia de residuos

que altera la calidad del aire, agua y suelo, y que su producción supera la capacidad de carga del suelo.

Existen una serie de esfuerzos para dar solución a los espacios degradados por las actividades humanas, buscando alternativas de solución viables y el desarrollo de la investigación científica que nos permita recuperar extensas áreas afectadas del suelo ocasionado por inadecuadas practicas realizadas en la actividad agrícola de nuestra región en especial el uso de Aguas Servidas para riego de áreas agrícolas en la zona de Cachiche –Ica.

La necesidad de mejorar el conocimiento como parte de una actividad agrícola en un país exportador como el nuestro, debe contar con una serie de alternativas para mitigar los efectos negativos al entorno y a la problemática de los pasivos ambientales o áreas afectadas por las aguas negras servidas, donde el recurso suelo que es un recurso semi renovable puede convertirse en un depósito contaminante de metales pesados y su dispersión o reacción en el suelo puede distribuirse formando otros compuestos con los componentes ambientales y afectando la producción de los cultivos alimenticios en nuestra región.

De lo expuesto, existe la necesidad científica de desarrollar diferentes trabajos de análisis de investigación con el objetivo de resolver los efectos negativos del uso de aguas servidas, para riego en los cultivos alimenticios de la zona de Cachiche y en el entorno natural, bajo un enfoque del desarrollo sostenible con el uso de los recursos naturales de la región Ica.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Situación problemática

El maíz es uno de los cultivos que se siembran desde la costa hasta los 3900 metros sobre el nivel del mar, es uno de los alimentos más importantes a nivel mundial, en el Perú es un alimento de alta importancia ya que en torno a él se pueden realizar gran cantidad de preparaciones alimenticias y de transformación, (Chicha, tostado de maíz, harinas, aceites, etc.). Es también un alimento muy consumido por los animales, especialmente las aves, ganados, etc.

Actualmente vemos como es afectada la agricultura por el uso indiscriminado de pesticidas, el uso de fertilizantes químicos que se aplican al suelo, los riegos a los cultivos con aguas servidas que son fuentes de contaminación con metales pesados que son incorporados al suelo y al medio ambiente, asimismo afecta la contaminación de los ríos, los vegetales, animales y alimentos que alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y la sociedad generando problemas en la salud humana y animal.

La presencia de metales pesados como el plomo, mercurio, cadmio, arsénico entre otros, en el ambiente contribuye a aumentar los índices de la problemática mencionada, según Caso en el año 2020 [4].

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema general

¿Cómo afecta la contaminación por metales pesados al cultivo de maíz irrigados con aguas residuales?

2.2.2 Problema específico

P.E.1. ¿Cómo afecta los niveles de concentración de los metales pesados en el cultivo de maíz?

P.E.2. ¿En qué medida afecta la absorción de los metales pesados al cultivo de maíz?

P.E.3. ¿Cómo son afectados los niveles de concentración en las diferentes fases fenológicas del cultivo del maíz por los metales pesados?

2.3 Justificación e importancia de la investigación

2.3.1 Justificación

Los riegos a los cultivos con aguas servidas son perjudiciales para los suelos y plantas; los metales pesados se acumulan en grandes concentraciones y pueden ser absorbidos por las plantas, pudiendo causar grandes riesgos para la salud humana y los animales.

También hay otros factores indirectos como: el cambio climático, la quema de cultivos en campo, la aplicación de fertilizantes químicos, los insecticidas, etc. Son factores que determinan que los metales pesados aumenten en los suelos. (Cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), cobre (Cu), entre otros).

Para la mayoría de los seres vivos la principal fuente de exposición al cadmio son los alimentos y el agua según Londoño-Franco, en el año 2016 [19]

Por otro lado, Yllanes, en el año 2006 [20], nos indican que pequeñas partículas de cadmio son absorbidas por el aparato respiratorio, especialmente en trabajadores de la industria y en personas expuestas al humo del tabaco.

En animales, los rangos de absorción son muy diversos, pero más bajos que en humanos. Las especies con dieta vegetal son los de mayor acumulación de cadmio, debido a que los alimentos ricos en fibra como cereales, vegetales y papas contribuyen a una mayor exposición.

2.3.2 Importancia

El uso de aguas servidas en la agricultura es cada vez más utilizado debido a la escases de agua de avenida y de pozo tubular, el riego con estas aguas contaminada es muy peligroso para el hombre, animales, plantas y suelo. El uso de estas aguas también puede incorporar materia orgánica y nutrientes a los suelos, pero puede causar efectos contaminantes con la presencia de metales pesados, constituyendo un riesgo para la salud humana y los animales.

La presencia de metales pesados como el plomo, cadmio, arsénico, cromo etc., contribuye a aumentar los índices de contaminación al suelo y medio ambiente.

El cadmio se encuentra relacionado con enfermedades y alteraciones en diferentes órganos, como disfunciones hepáticas, enfisema, anemia, osteomalacia, deterioro neurológico y daño en testículos, páncreas y glándulas suprarrenales.

Las plantas expuestas a altos niveles de Cd causan la reducción en la fotosíntesis, la absorción de agua y la absorción de nutrientes y, en consecuencia, se observa clorosis, inhibición del crecimiento, pardeamiento de las puntas de las raíces y finalmente la muerte. Es por lo que se

hace de suma importancia determinar la concentración de Plomo en el maíz de nuestra ciudad, ya que, al ser un alimento altamente consumido, puede afectar a un gran número de personas.

2.4 Objetivos de la investigación

2.4.1 Objetivo general

Evaluar la contaminación del cultivo de maíz por metales pesados presentes en las aguas residuales para el riego en el sector de San Pedro – Cachiche, Ica.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles de concentración y absorción de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en los diferentes órganos del cultivo de maíz con énfasis en granos.
- Evaluar los niveles de concentración de nutrientes N, P, K, Ca, Mg en los diferentes órganos del cultivo de maíz.
- Determinar los niveles de Absorción de nutrientes N, P, K, Ca, Mg en los diferentes órganos del cultivo de maíz.

2.5 Hipótesis de la investigación

2.5.1 Hipótesis general

Existen parámetros que determinan la contaminación del cultivo de maíz por efecto de la irrigación con aguas residuales con metales pesados.

2.5.2 Hipótesis específicos

H.E.1. Se analizó los niveles de concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en plantas de maíz.

H.E.2. Se evaluaron los niveles de absorción por contaminación de metales pesados.

H.E.3. Se evaluaron los niveles de concentración de metales pesados del cultivo de maíz en cada etapa fenológica del cultivo.

2.6 Variables de la investigación

2.6.1 Identificación de variables

- Variables independientes

- a) Concentración de metales pesados en el cultivo de maíz
- b) Características fisicoquímico del agua de riego contaminado por metales pesados.

- Variables dependientes

- a) Niveles de concentración de metales pesados en el cultivo de maíz, cadmio, plomo y cromo.
- b) Determinación de metales pesados en el suelo antes y después del experimento.

2.6.2 Operacionalización de las variables

VARIABLES	CORRELACIONAR	INDICADORES
VARIABLES INDEPENDIENTES	<ul style="list-style-type: none">- Concentración de metales pesados en el cultivo de maíz.- Características fisicoquímico del agua de riego contaminado por metales pesados	Partes por millón, Cd, Pb, Cr Partes por millón en aguas de riego
VARIABLES DEPENDIENTES	<ul style="list-style-type: none">- Niveles de concentración de metales pesados en el cultivo de maíz. (cd, pb, cr).- Determinación de metales pesados en el suelo antes y después del experimento	Partes por millón en el suelo

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación

La investigación es de aplicación práctica, no paramétrica, sin diseño experimental, pero tiene carácter exploratorio, por lo tanto no presentan la elaboración de parcelas o unidades experimentales en el que se aplican tratamientos, sino más bien es explorar la causa y efectos de contaminación de suelos y cultivos con el uso de aguas negras o servidas de la ciudad de Ica para regar campos de cultivos en el distrito de Ica, comprensión del caserío de Cachiche – Sector San Pedro en el periodo de diciembre del 2021 a abril del presente año 2022.

3.1.1 Tipo de investigación

Es una investigación aplicada

3.1.2 Nivel de investigación

Es del nivel exploratorio y descriptivo

3.1.3 Diseño de investigación

Diseño no experimental exploratorio y descriptivo.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población de estudio

Se considera como población a una parcela de 3.5 has. Sembradas con maíz amarillo duro, dentro del cual se sembró 0.25 has de maíz amiláceo en el sector de San Pedro – Caserío Cachiche, de propiedad del señor Martin Cajo, que antiguamente perteneció a la ex cooperativa de Usuarios Huacachina. Todos ellos siembran mayormente el cultivo de maíz amarillo híbrido, así como algodón, frutales y otros como el esparrago.

3.2.2 Muestra

Las muestras correspondieron a partes de las plantas de maíz amiláceo que fueron tomados en su totalidad en cuatro ocasiones y que corresponden a los meses que estuvo el cultivo instalado en campo. Estas muestras corresponden a cinco plantas tomadas al azar en cada muestreo de los

meses de enero, febrero, marzo y abril, las que se secaron y pesaron para determinar la materia seca de las raíces, tallos, hojas y al final también se tomó cinco mazorcas al final de la cosecha en el mes de abril y luego todas estas muestras se enviaron para los análisis respectivos al laboratorio de Análisis de suelos agua y plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina para la determinaciones de elementos mayores como N, P, K, Ca, Mg, y metales pesados como el Pb, Cd, Cr, en cada una de las muestras de raíz, tallos y hojas. Como complemento las muestras de mazorcas de maíz fueron enviadas para los análisis solo de metales pesados, toda esta información sirvió para elaborar el informe final de la presente Tesis.

CAPITULO IV

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1 Técnica de recolección de datos

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

4.1.1 Muestreo de suelos

Los suelos fueron muestreados y extraídas las muestras en dos periodos, antes de la siembra del experimento de maíz en el mes de diciembre del 2021, y la segunda muestra fue hecha al finalizar la cosecha o término del experimento, las dos muestras fueron enviadas para su análisis físico – químico en el laboratorio de Análisis de Suelos – Aguas y plantas de la Facultad de Agronomía de la UNA la Molina en bolsas de plástico de 1 kilo cada uno con tarjetas de identificación.

4.1.2 Muestreo de aguas servidas

Aguas que fueron usadas para el riego del cultivo de maíz, en el periodo de siembra a cosecha se tomaron las muestras de la acequia de riego en envases de vidrio previamente lavado y desinfectado, luego se taparon herméticamente y fueron enviadas al laboratorio BIOS LAB EIRL, ubicada en la Calle Fermín Tangüis 150 Urbanización San Miguel Ica, para los análisis microbiológicos respectivos.

4.1.3 Muestreo foliar de plantas

Esta labor se hizo en cuatro ocasiones en fechas puntuales de enero, febrero, marzo y abril, colectándose en cada ocasión 5 plantas completas del campo en estudio, luego seccionándose las raíces, tallos y hojas, para ser secados en estufa a una temperatura de 75 °C por 48 horas para conocer el peso de materia seca por planta en cada etapa del cultivo, estas mismas muestras fueron enviadas al laboratorio de Análisis de la UNA – La Molina, para los análisis químicos de NPK , Ca, Mg y Metales Pesados.

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.

Para el muestreo de suelos tomamos muestras a una profundidad de 0 a 30 cm antes y después del experimento, muestras que fueron enviadas al laboratorio de suelos de la UNA la Molina, quienes realizaron los análisis completos de caracterización y metales pesados. En el caso de agua de riego se tomó una muestra con los parámetros requeridos por el laboratorio de BIOSLAB de Ica.

Las muestras de materia seca del cultivo de maíz, tanto de raíz, tallos, hojas y mazorca se enviaron al laboratorio de la UNA la Molina.

Materiales de recolección de datos:

- Lampas
- Bolsas plásticas
- Balanza digital
- Carretilla
- Computadora personal
- Material de escritorio
- Análisis de agua
- Análisis físicos químicos de Suelo
- Análisis químico del cadmio, plomo y cromo

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. En esta ocasión no se realizó ningún análisis estadístico porque se trata de una investigación aplicada cualitativa y exploratoria.

CAPITULO V

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

5.1 Contrastación de la hipótesis general

Los resultados obtenidos de la absorción de los metales cadmio, plomo y cromo, en el suelo y plantas del cultivo de Maíz, muestran contaminación.

Se ha cumplido la hipótesis general planteada en la investigación, que consistió en evaluar la contaminación por metales pesados del cultivo de Maíz amiláceo (*Zea mays L.*) en campo del agricultor en la zona de San Pedro Cachiche, con énfasis en cadmio, plomo y cromo en plantas de maíz, raíz, tallo, hojas y mazorca, demostrándose la presencia de estos metales pesados en el suelo y plantas.

Los análisis de materia seca del cultivo se trabajaron a nivel de gabinete, mientras que los análisis de suelo y planta fueron realizados en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la UNA la Molina, dando los resultados e interpretación de toda la información asimismo el análisis de agua lo realizó el laboratorio BIOSLAB, quien nos brindó la información y la interpretación de los resultados, posteriormente se realizó el trabajo en gabinete.

5.2 Contrastación de la hipótesis específica

También se ha cumplido con la hipótesis específica planteada en el presente trabajo de investigación pues se ha demostrado que en los suelos de la zona de San Pedro - Cachiche y en las plantas de maíz han superado los niveles máximos permisibles de contaminación por el cadmio, plomo y cromo.

CAPITULO VI

PRESENTACION, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de los análisis químicos de tejidos de raíz, tallos y hojas de maíz amiláceo sembrado en terreno del sector de San Pedro – Caserío Cachiche, comprensión de Ica Cercado.

Características del terreno experimental

El terreno en el que se desarrolló la presente investigación es de textura media a franco, con mejor incidencia de limo aluvial de reacción alcalina medio en carbonatos, sin problemas de salinidad, tiene bajos contenidos de materia orgánica, pero niveles altos de fosforo y potasio disponible que de seguro se debe al riego con aguas servidas.

La fertilidad natural es pobre por un bajo contenido de calcio intercambiable y un incremento de sodio que convierte al suelo en ligero neutro sódico, recomendándose incrementar calcio en cualquiera de sus formas.

Al analizarse el suelo en pasta de saturación se observó una reducción ligera de pH, pero un aumento del contenido de sales solubles.

A nivel de cationes el calcio es predominante, pero le sigue el sodio que se ve incrementado, lo cual es negativo para las propiedades físicas del suelo, finalmente sobre los aniones solubles vemos un alto contenido de sulfatos por encima de los cloruros.

Sobre los metales pesados vemos que el elemento sobrepasa de lejos los umbrales máximos permisibles, el cadmio el cual tiene contenidos de 0.22 y 0.25 ppm cuando el umbral es 0.01 ppm, aunque otras normativas más antiguas permitían de 0.01 hasta 2.4 ppm, en cambio para el plomo y cobre los rangos son más amplios para suelos agrícolas, es así que para el plomo es de 5 – 7 ppm y para el cromo es de 2 – 300 ppm. (los resultados se muestran en el anexo N° 6).

Características microbiológicas de las aguas servidas

Los resultados de los análisis microbiológicos realizados a las aguas residuales o aguas servidas, arrojó contenidos extremadamente elevados de coliformes totales (NMP) número más probable de 7'900,000 lo mismo sucede para bacterias coliformes termo tolerantes (NMP/100 ml) y la *Escherichia coli* que indica que es cuerpo de agua de alta contaminación biológica y sobrepasa de lejos los límites permisibles, haciendo de esta agua un recurso que debe ser tratado físico-químico y

biológicamente se pretende utilizar estas aguas para el riego de cultivos industriales o alimenticios de consumo directo como es el caso del maíz blanco amiláceo (Bios Lab EIRL 2022). Ver anexo N° 3

Resultado de los análisis foliares

Los análisis requeridos al laboratorio de análisis de agua y suelo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina corresponden a la determinación de los elementos mayores, nitrógeno, fósforo y potasio, calcio y magnesio en cada uno de los órganos muestreados que son las raíces, tallos y hojas, como materia de estudio se analizaron los contenidos de metales pesados que son el plomo, cadmio y cromo que fue realizado en el mismo laboratorio de la Universidad, entidad de mucho prestigio en nuestro país y a nivel de América Latina, de allí que los resultados son muy serios y confiables.

Producción de materia seca en gramos/planta y kg/ha de los tres órganos de plantas de maíz amiláceo Cachiche – 2022

Según los datos obtenidos en la tabla N° 01 vemos claramente que hay un incremento gradual y progresivo de los pesos de las raíces las que van ascendiendo desde 2 gr, al mes de edad y fue muestreado en enero, pero rápidamente van aumentando a 16 gr en febrero y sube en un 100% en marzo con 32 gr finalizando en abril con otro incremento del 100% en 67 gramos/planta.

El tejido que más incremento son los tallos los que crecen desde 10 gr en enero, subió un 450 % para febrero y luego creció a 62 gr en marzo y terminó con 104 gramos al final de abril. Finalmente, las hojas tuvieron un comportamiento mucho más parejo porque de los 7 gramos al primer mes subió más del 300% en febrero, mientras que en marzo y abril tuvieron incrementos más modestos porque de 35 gramos solo terminó con 39 gramos por planta en el mes de abril.

PRODUCCION DE MATERIA SECA EN EL CULTIVO DE MAIZ AMILACEO -2022

Tabla 1. Peso de materia seca/planta (gr/planta) de raíz, tallo y hojas en maíz

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
RAIZ	2	16	32	67
TALLO	10	45	62	104
HOJA	7	24	35	39

Fuente: Elaboración propia

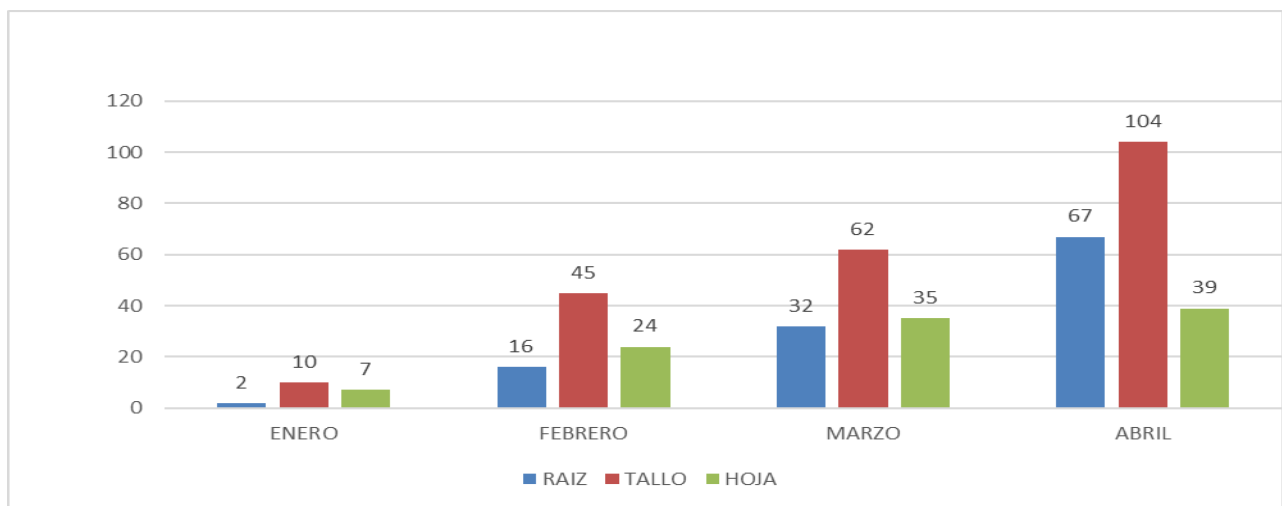


Figura 1. Peso de materia Seca/planta (gr) de raíz, tallo y hojas de maíz

Fuente: Elaboración propia

Revisando la tabla N° 02 y la figura N° 02 podemos mencionar que la producción de materia seca en plantas de maíz amiláceo irrigado con aguas negras muestran que las raíces de maíz tuvieron incrementos graduales y progresivos en la producción de materia seca y vemos claramente que en el mes de enero las raíces tienen un peso total de 125 kg/Ha luego ascienden en un 700% llegando a 1000 kg/ha en febrero, luego se duplica en marzo hasta en 2000 kg/ha, y termina con un incremento mayor al 100% de peso llegando a pesarse 4,187.5 kg/ha de raíces.

En todos los meses que trascendió el experimento, los tallos son los más abundantes y por lo tanto presentan los mayores pesos de materia seca, es así como en enero tenemos 625 kg/ha, este valor sube a 2,812.5 kg/ha en febrero, mientras que en marzo se obtuvo un peso promedio de 3,875 kg/ha lo que representa un aumento del 72% con respecto al mes anterior y finalmente en abril se logró un peso final de 6,500 kg/ha, es en este mes que claramente las raíces y tallos son más abundantes que las hojas.

Sobre las hojas vemos que al inicio tuvieron un buen peso de 437.5 kg/ha en enero y subió más de un 300% en febrero porque se logró pesos de 1500 kg/ha. Luego para los meses de marzo y abril tuvieron un incremento de 68.5 % y de 61.53% en los meses de marzo y abril.

En todas las evaluaciones de materia seca se ve que los órganos que logra obtener los mayores pesos, corresponden a los tallos de maíz que según pasan los días o tengan más edad la planta, logra acumular una mayor producción de materia seca, muy superior a la masa de raíces y hojas como claramente se observan en el tabla N° 02.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
RAIZ	125	1000	2000	4187,5
TALLO	625	2812,5	3875	6500
HOJA	437,5	1500	2187,5	2437,5

Fuente: Elaboración propia

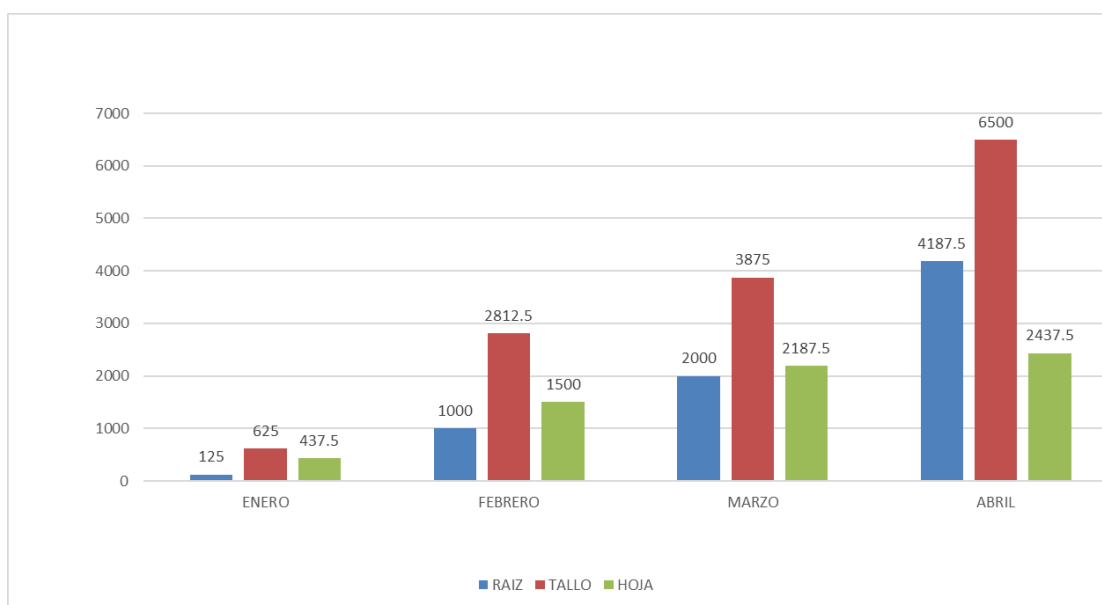


Figura 2. Producción de materia seca kg/ha de raíz tallo y hojas en maíz

Fuente: Elaboración propia

Sobre concentración de nutrientes y metales pesados sobre nitrógeno, fósforo y potasio en raíces.

La concentración de nutrientes y metales pesados expresan la presencia de los elementos esenciales dentro del tejido de las plantas de maíz y según su contenido expresado en porcentaje dentro del tejido foliar (raíces, tallos y hojas), en función de su materia seca y según la tabla N° 03 nos muestra como los elementos mayores que son el NPK , todos tienen contenidos moderados al inicio del muestreo foliar que se realizó a los 30 días del sembrío del maíz, vemos como el nivel del nitrógeno es alto al inicio con 1.09% y a medida que la planta desarrolla en el campo los niveles van descendiendo en forma paulatina y decae hasta un 0.60% en último mes de abril cuando la planta va alcanzando su madurez de cosecha de los granos o mazorca de maíz amiláceo blanco. Para el potasio tiene un comportamiento más lineal, pero en descenso de una concentración que va decayendo desde 1.25% en enero cae fuertemente en los meses subsiguientes hasta llegar a un contenido de 0.64% en abril, periodo final que coincide con la cosecha del campo de maíz.

Sabemos bien que este elemento no es muy bien requerido por el cultivo de maíz, pero si interviene para el llenado uniforme de los granos de maíz dentro de la mazorca.

Finalmente, el fósforo es el elemento menos concentrado en la raíz a pesar que su función es primordial para el desarrollo de este órgano subterráneo, el cual puede verse afectado por la presencia de sales solubles en el suelo y la presencia de los metales pesados como el plomo cadmio y cromo, toda vez que estos pueden formar compuestos con el fósforo, el cual es un anión fosfato y ello perjudica su absorción por la planta de maíz. Es por ello que los valores son de apenas 0.12 y 0.11% que son contenidos que caen en el sector de deficiencia debiendo presentar contenidos mayores de 0.2 – 0.3% a nivel del tejido foliar o radicular.

CONCENTRACION DE NPK EN RAICES DE MAIZ AMILACEO

Tabla 3. Concentración de NPK (%) en raíz de maíz amiláceo				
		N	P	K
		%	%	%
RAIZ	enero	1.09	0.12	1.25
	febrero	0.64	0.12	0.97
	marzo	0.81	0.11	0.85
	abril	0.60	0.11	0.64

Fuente: Elaboración propia

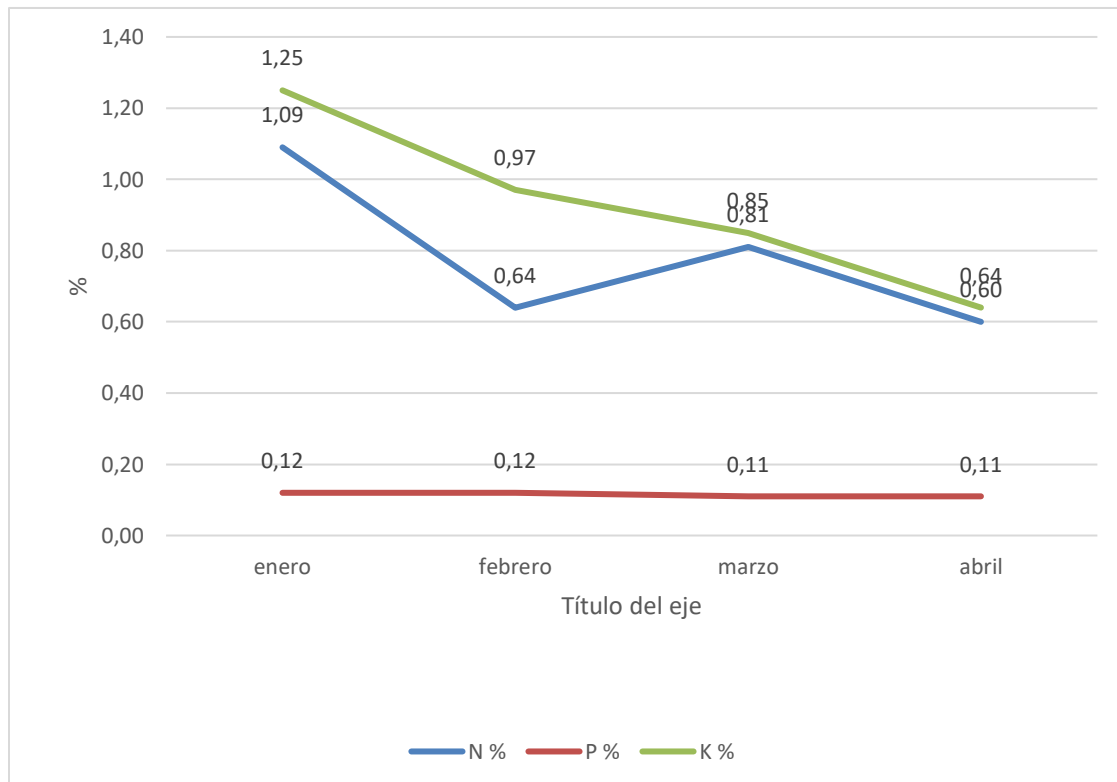


Figura 3. Concentración de NPK (%) en raíz de maíz

Fuente: Elaboración propia

Sobre Calcio y Magnesio en Raíces.

Según la tabla N° 04 y la figura N° 04 vemos como el calcio es el elemento que más se concentra en el tejido radicular, iniciando con 1.03% de calcio al primer mes de enero va decayendo a 0.93% y 0.71% en los meses de febrero y marzo, donde cae fuertemente el contenido de calcio cuando la mazorca y granos está culminando para la formación de la cosecha. En el caso del magnesio, este elemento es fundamental para la formación del aparato foliar sobre todo en el caso de la fotosíntesis

que es más intensa en los dos primeros meses en que la planta está creciendo muy activamente y las concentraciones son altas en enero y febrero con 0.51 y 0.45% en el sistema radicular, al final decaen fuertemente a solo 0.41 en marzo y 0.36 % en abril porque gran parte del magnesio radicular migra hacia el área foliar o todos los tejidos tiernos de la planta del maíz que lo requieren para formar parte de la clorofila que es la base del proceso de fotosíntesis en las plantas superiores.

Tabla 4. Concentración de Ca, Mg (%) en raíz de maíz amiláceo

		Ca	Mg
raiz		%	%
RAIZ	enero	1.03	0.51
	febrero	0.93	0.45
	marzo	0.71	0.41
	abril	0.85	0.36

Fuente: Elaboración propia

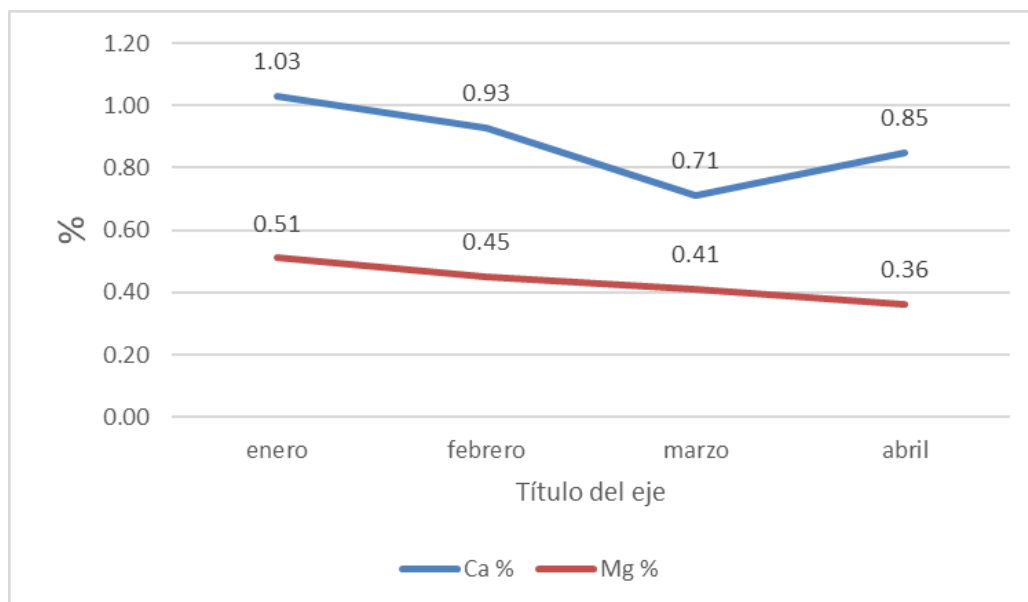


Figura 4. Concentración de Ca, Mg (%) en raíz de maíz amiláceo

Fuente: Elaboración propia

Sobre la Concentración de metales pesados en Raíces.

Sobre el plomo, diremos sus contenidos están por debajo de los umbrales de tolerancia para los tejidos vegetales teniendo un comportamiento muy variable de 12.50 hasta 17.60 ppm en los dos primeros

meses de enero y febrero, decae en marzo con 12.88 y termina con 15.63 ppm al finalizar el periodo de vida de la planta de maíz, cuando se empieza a ajustar los riegos se da un ascenso moderado.

El cromo que es el segundo elemento negativo o un metal pesado no deseable, tiene igual comportamiento que el plomo con bajas y altas entre los meses de enero a abril cuyos niveles de las raíces varían de 6.83 a 9.88 ppm.

Por último el cadmio que es el elemento más nocivo de los estudiados en el presente trabajo de investigación en el cultivo de maíz tiene contenidos muy elevados para los tejidos vegetales de consumo humano directo, la tendencia fue de 1.36 ppm en enero, fue descendiendo a 1.25 en febrero y decayó bastante a 1.03 ppm en marzo que fue el mes donde el contenido de este elemento, lo que coincide con el periodo de máxima expansión foliar del maíz amiláceo y luego asciende a 1.28 ppm en abril debido a un riego suplementario con las aguas servidas de la ciudad de Ica.

Todos estos valores son muy elevados porque el umbral máximo permisible para el cambio en tejidos vegetales es de apenas 0.1 ppm y nosotros vemos como la raíz está completamente contaminado.

		Pb ppm	Cd pmm	Cr ppm
RAIZ	enero	12.50	1.36	7.90
	febrero	17.60	1.25	9.88
	marzo	12.88	1.03	6.83
	abril	15.63	1.28	8.19

Fuente: Elaboración propia

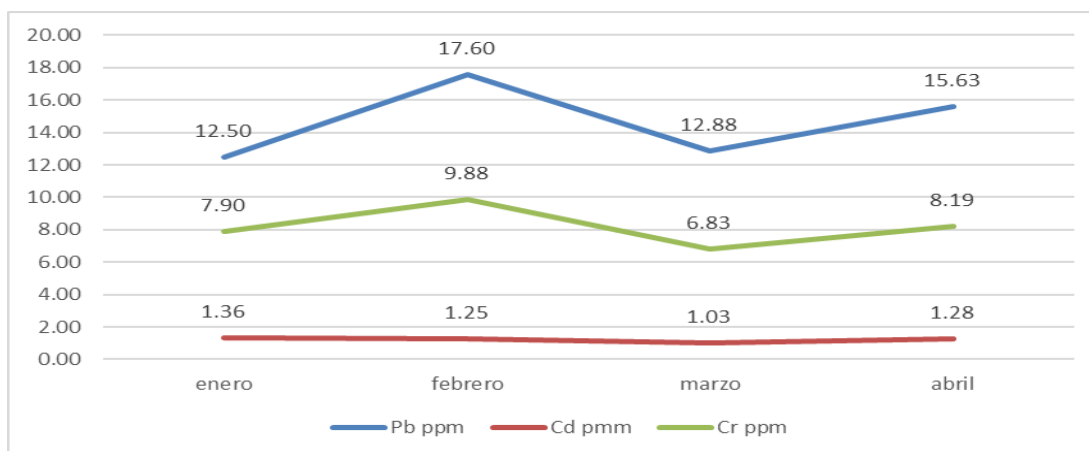


Figura 5. Concentración de Pb, Cd, Cr
Fuente: Elaboración propia

Concentración de NPK en tallos de Maíz

Según la tabla N° 06 sobre la concentración de elementos mayores Nitrógeno, Fosforo y Potasio en los tallos de maíz amiláceo, muestran que el elemento más importante para las gramíneas como el maíz es el nitrógeno el cual es fundamental para producir cosechas de maíz grano.

Según Domínguez [23], refiere que la nutrición del cultivo es óptima cuando los niveles de nitrógeno en la planta es del 3% , para el fosforo es de 0.33% y para el potasio es del 2%, revisando este cuadro no hay niveles óptimos o adecuados de nitrógeno y fosforo en ninguna de las etapas o meses de muestreo foliar, todos son deficientes en especial para nitrógeno y fosforo, el primero empieza bien con 1.65% en enero, luego decae bruscamente para febrero y marzo donde se detecta solo el 0.76% muy lejos del 3% exigido, por ello la cobertura foliar no fue la más adecuada porque el tamaño de las plantas fueron más bajas de lo normal, a todo ello se puede mencionar que los metales pesados como el plomo y el cadmio afectan directamente al crecimiento de las plantas reduciendo el proceso de fotosíntesis del cultivo, en este trabajo se produjeron rendimientos un poco reducidos porque las mazorcas pequeñas con aborto de los granos en el ápice.

Otros autores como Correndo y García, en el año 2012 [21], refieren que el maíz debe tener contenidos medios que van desde 2.75 a 3.25 % en la etapa de floración con ello se asegura una buena producción tomando en cuenta la fuerte dependencia de esta gramínea por este elemento y además una buena dotación de agua de riego en todas las etapas del cultivo, pero los niveles de sales en el suelo a nivel del extracto de suelo arrojó contenidos de 3.97 a 3.25 ds/m ello perjudica al desarrollo del maíz.

Sobre el fosforo podemos decir que sus concentraciones son muy bajas, solo al inicio en el mes de enero se tiene un valor de 0.21% luego disminuyo a 0.14% en febrero y siguió descendiendo a 0.09% en marzo terminando con 0.11% en abril; en todos los meses nunca ascendió a 0.33% que es el nivel óptimo de este elemento encargado del proceso de formación de compuestos energéticos como el ATP , encargados de aportar la energía necesaria para realizar todos los procesos metabólicos y fisiológicos de la planta de maíz.

La función primordial del fosforo es la formación de raíces cuyo proceso se da en el primer mes de desarrollo de la planta, si hay deficiencia en este elemento , como lo fue en el presente estudio , se

vio un desarrollo lento y algunas plantas tenían hojas de color verde oscuro con cierta coloración violácea , y las mazorcas aparecen deformadas y granos irregulares [22], quienes refieren que los niveles de fosforo adecuados para el maíz deben de fluctuar entre 0.20 a 0.50% para una nutrición optima de la planta, tomándose en cuenta su nivel primordial en desarrollar una buena masa radicular y formar parte de los ATPs.

Sobre el potasio en el tallo del maíz vemos claramente que es el elemento que más absorbe el cultivo en cada periodo fenológico y lo que es extraño tiene una mayor asimilación que el nitrógeno, lo cual no es lo común, ya que como toda planta gramínea que es más dependiente del nitrógeno y por ende debería haber una mayor concentración de este elemento que el potasio, según la tabla N° 06 vemos que la concentración de potasio en el primer mes de enero que la más alta con 2.08% que es lo óptimo, pero después tiende a decaer en febrero con 1.7% y en marzo fue el valor más bajo de apenas 1.27%, para abril subió un poco más con 1.60% cuando la cosecha ya estaba en proceso de maduración [23] (3) este elemento permite el alargamiento de los entrenudos y ensancha las hojas, la incidencia en las mazorcas es importante, si hay deficiencia el extremo de las mazorcas es defectuoso y con granos pequeños y sueltos.

Solo el primer mes fue adecuada la concentración del potasio a nivel de los tejidos foliares que deberían estar entre 1.75 a 2.25% en las etapas de floración y cuaja o formación de la mazorca [22]

Tabla 6. Concentracion de NPK (%) en tallo de maiz amilaceo				
		N	P	K
		%	%	%
TALLO	enero	1.65	0.21	2.08
	febrero	0.81	0.14	1.70
	marzo	0.76	0.09	1.27
	abril	0.98	0.11	1.60

Fuente: Elaboración propia

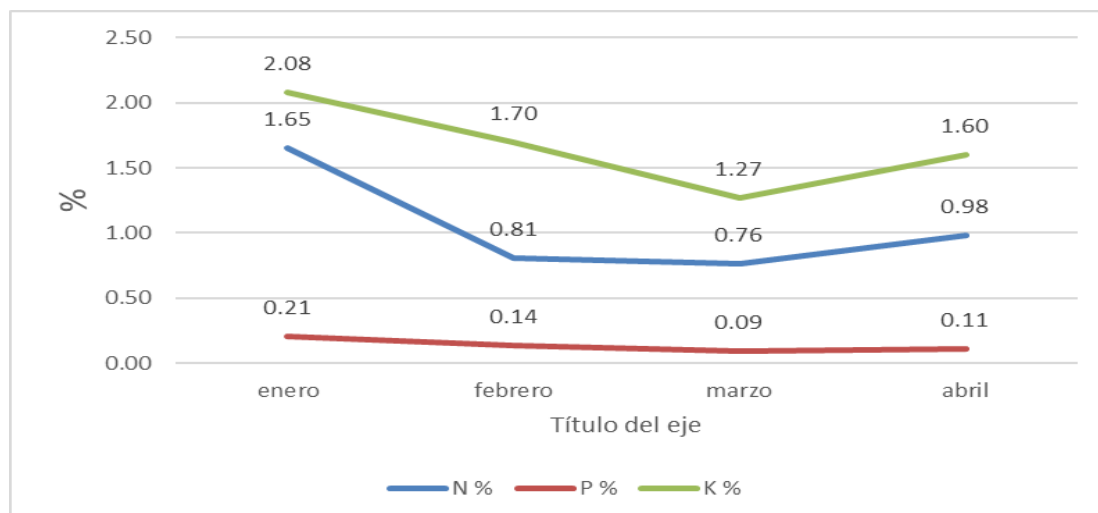


Figura 6. Concentración NPK (%) en tallo de maíz amiláceo
Fuente: Elaboración propia

Sobre Calcio y Magnesio en Tallos de Maíz

Estos dos elementos secundarios para el maíz se concentran en niveles muy bajos para el calcio el cual deberá estar por encima de 1% y los niveles son completamente insuficientes de apenas 0.33% en enero y luego decayó bruscamente entre febrero y marzo de 0.21 a 0.16% lo cual es incluso inferior a los contenidos del magnesio. En abril volvió a subir ligeramente ubicándose con 0.25% al finalizar el experimento.

Sobre el magnesio, podemos decir que sus contenidos son bastante bajos porque varían desde 0.15 hasta 0.18% lo cual nos indica que está por debajo de los umbrales de 0.20% a nivel de los tallos del maíz amiláceo.

Los niveles de calcio deben estar entre 0.25 a 1.60% y vemos que solo el primero tuvo el contenido en nivel adecuado, pero después se cayeron estos valores por la fuerte competencia que tuvieron con los metales pesados presentes en el suelo y agua de riego que son aguas negras o aguas del desagüe de la ciudad de Ica, lo mismo sucedió con el magnesio cuyos contenidos fueron muy bajos; debiéndose tener valores promedios de 0.30 a 0.80% y no fue el caso en el presente trabajo, ello se tradujo en haber tenido plantas de maíz con un color verde pálido y no el verde brillante que presentan los tallos y hojas cuando el nivel del magnesio son altos y moderados [22].

Tabla 7 Concentración de Ca, Mg (%) en tallo de maíz amiláceo

		Ca %	Mg %
TALLO	enero	0.33	0.17
	febrero	0.21	0.16
	marzo	0.16	0.18
	abril	0.25	0.15

Fuente: Elaboración propia

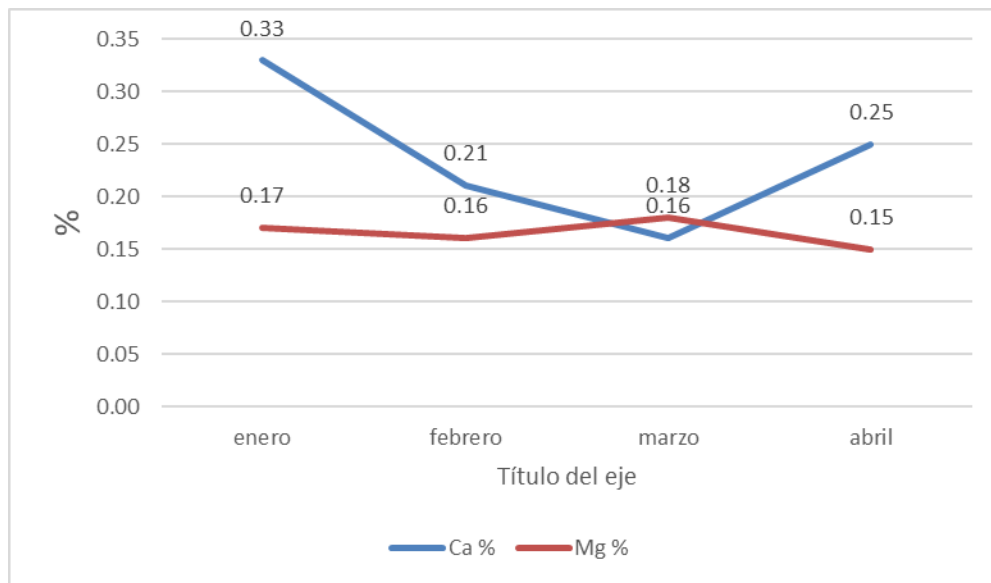


Figura 7. Concentración Ca, Mg (%) en tallo de maíz amiláceo
Fuente: Elaboración propia

Sobre Concentración de Metales Pesados en Tallos de Maíz.

Los elementos pesados como el plomo y el cromo tuvieron valores bajos a moderados sin llegar a afectar al cultivo toda vez que los valores encontrados son muy bajos y no llegan a acercarse a los umbrales permitidos para tejidos vegetales.

En cambio, el cadmio que es el más tóxico de los tres tienen valores que sobrepasan al 0.10 ppm que es el umbral de tolerancia para las plantas comestibles.

El cadmio arranca con valores muy altos de 0.48 ppm en el mes de enero, luego decae en febrero con 0.28 ppm, siendo el mes de marzo el de menos concentración de apenas 0.15 ppm y finaliza en abril

con 0.20 ppm, en todos los casos estos valores sobrepasan el 0.1 ppm que es el umbral permisible para este elemento toxico.

En realidad, todas las plantas absorben metales pesados del suelo, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal algunas tienen cierta habilidad empleando estrategias diferentes como una eficiente exclusión del metal o restringiéndolo su transporte a la parte aérea por los tallos, en cambio la acumulación es más común de especies que aparecen siempre en suelos contaminados como es el caso del sector de Cachiche San Pedro, lugar donde se realizó el presente estudio.

Tabla 8 Concentración de metales pesados (ppm) en tallo de maíz amiláceo				
		Pb ppm	Cd pmm	Cr ppm
TALLO	enero	2.93	0.48	2.15
	febrero	1.65	0.28	1.26
	marzo	1.20	0.15	1.13
	abril	1.48	0.20	0.80

Fuente: Elaboración propia

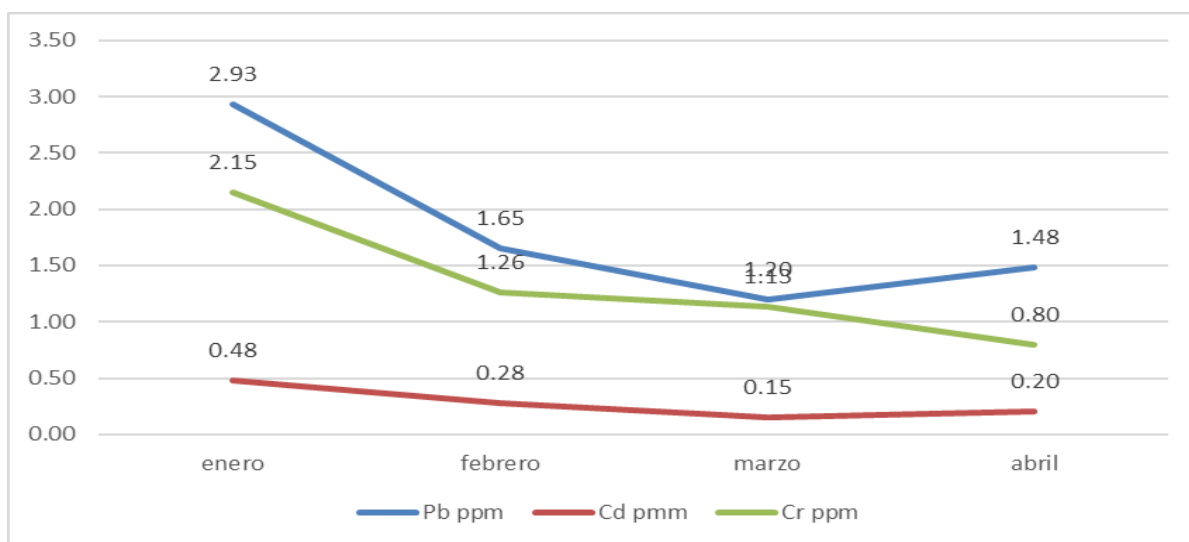


Figura 8. Concentración de metales pesados (ppm) en tallo de maíz amiláceo
Fuente: Elaboración propia

Concentración de NPK en Hojas de Maíz Amiláceo

Evaluando la concentración de los elementos mayores NPK en hojas de maíz, vemos que el nitrógeno son medios en los tres primeros meses de enero a marzo, teniendo valores de 2.41, 2.66 y 2.07%, lo que se da en forma lógica, puesto que la absorción de la mayoría de los elementos nutritivos que

extrae el maíz del suelo se realiza en un periodo de unos 50 a 60 días, con el periodo de máxima actividad centrado en torno a la floración [22].

Al finalizar el periodo fenológico en el mes de abril se tuvo una concentración muy baja de apenas 1.29% en hojas, lo que indica que este elemento migro en su mayoría hacia los granos o a la mazorca, es así como revisando a Domínguez [22], refiere que mientras los tallos y hojas extraen 12 kg de nitrógeno por tonelada de materia seca, el grano extrae 16 kg/ha de nitrógeno por tonelada de grano.

Para el caso del fosforo diremos que en todas las etapas del cultivo no sobrepasan el contenido de 0.22% que se da en febrero, porque en enero el contenido fue apenas 0.18% de fosforo, parecido sucedió en marzo porque al finalizar el periodo fenológico que es abril, la concentración decayó apenas a 0.15% que el 50% menos de lo esperado para fosforo en cultivo de maíz, por todo ello las mazorcas y granos de maíz amiláceo tuvieron un tamaño reducido que no es acorde con los valores obtenidos en campos comerciales en la zona de Ocucaje y Santiago en Ica. Por ello las plantas tuvieron un desarrollo lento con entrenudos cortos, la falta de fosforo afecta la fecundación y las mazorcas aparecen deformadas, los granos no logran formarse y las mazorcas aparecen incompletas. Sobre el potasio podemos ver que las concentraciones de este elemento aparecen en valores de 1.70% en enero, luego van disminuyendo gradualmente a 1.51% en febrero y decae por último a solo 1.09% en marzo y termina un poco subiendo hasta 1.18% en el final de abril; los bajos niveles de potasio hicieron que las plantas tengan un desarrollo lento y las mazorcas tuvieron un extremo defectuoso con granos pequeños y sueltos [22]. Estos resultados no indican que el terreno no tuvo una buena fertilización mineral balanceada, por ello los rendimientos no son los esperado.

		N	P	K
		%	%	%
HOJA	enero	2,41	0,18	1,70
	febrero	2,66	0,22	1,51
	marzo	2,07	0,18	1,09
	abril	1,29	0,15	1,18

Fuente: Elaboración propia

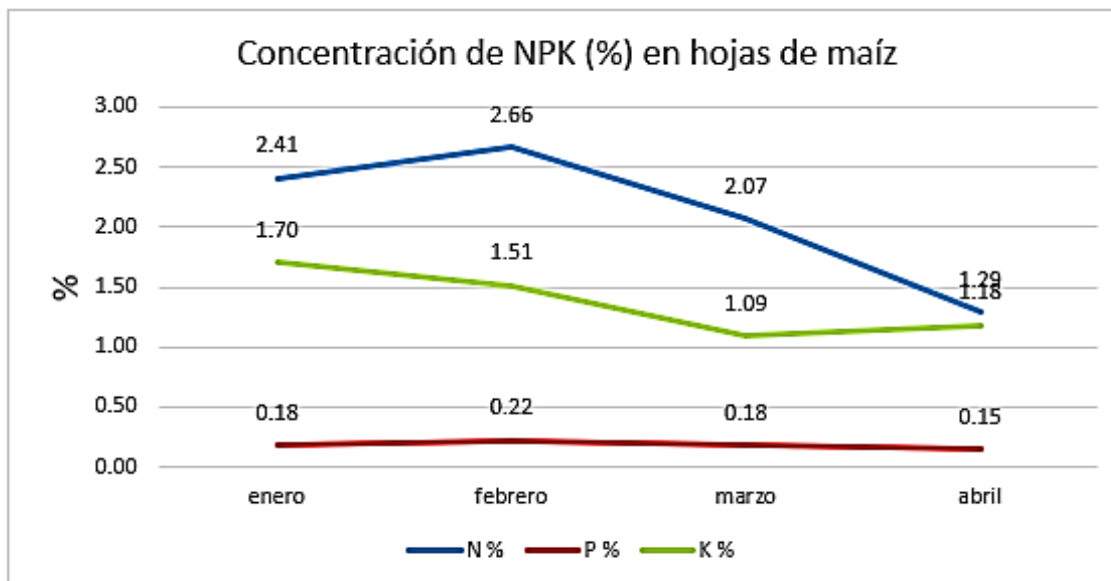


Figura 9 Concentración de NPK (%) en hojas de maíz
Fuente: Elaboración propia

Sobre Concentración de Calcio y Magnesio

Los niveles de calcio en todo el transcurso del experimento fueron bastante bajos porque no llegaron a la unidad, o sea al 1.0%, lo que es muy deficiente y no permite contrarrestar los efectos negativos de los elementos pesados como el plomo cadmio y cromo; la escases de este calcio puede provocar una acumulación o presencia de hongos en las hojas sin la protección del calcio.

Este elemento tuvo al inicio un contenido bajo de apenas 0.49% en enero y tuvo un incremento gradual en febrero de 0.54% y 0.56% en marzo, para finalmente ascender a 0.62% de calcio en la etapa final de abril según se desprende de la tabla N°10 y figura N° 10.

Sobre el magnesio podemos decir que es elemento básico para la fotosíntesis y el color verde intenso de las hojas de maíz, ello ayuda a que la planta pueda acumular los fotosintatos necesarios para formar los ATP que es la reserva energética de las plantas, sus contenidos fueron de 0.21% tanto en enero y febrero, luego tienen un incremento a 0.32% en marzo que es un valor adecuado para la planta, pero al final vuelve a decaer a solo 0.17% en el mes de abril cuando la planta entro a su fase de maduración de granos, próximos a la cosecha.

Tabla 10 Concentración de Ca, Mg (%) en hoja de maíz amiláceo

		Ca %	Mg %
HOJA	enero	0,49	0,21
	febrero	0,54	0,21
	marzo	0,56	0,32
	abril	0,62	0,17

Fuente: Elaboración propia

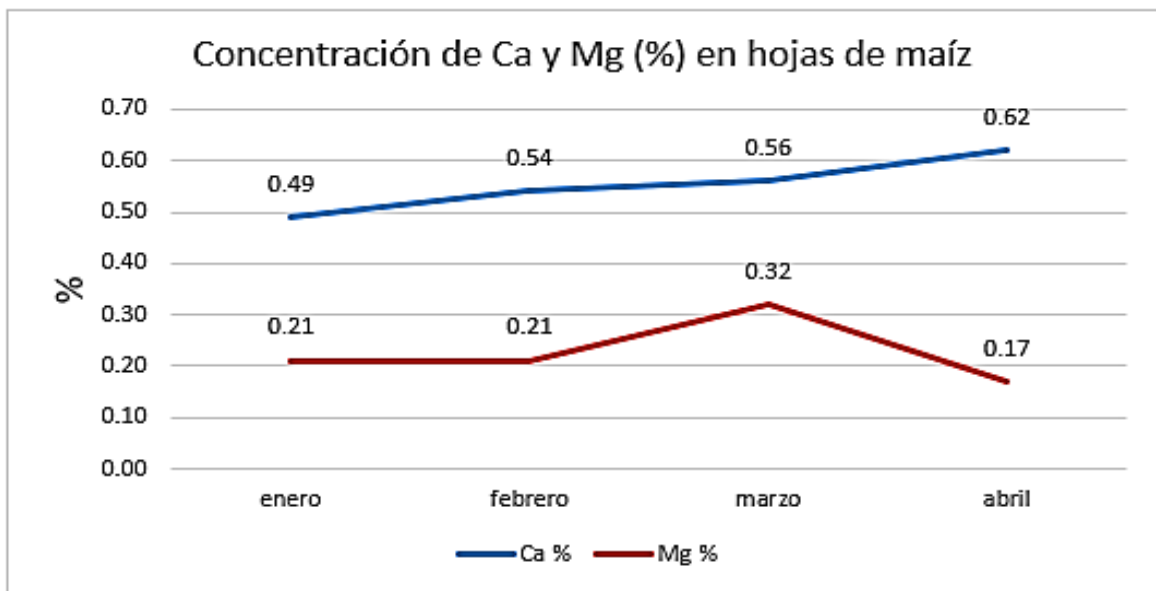


Figura N 10 Concentración de Ca y Mg (%) en hojas de maíz

Fuente: Elaboración propia

Sobre Concentración de Metales Pesados- Plomo, Cromo y Cadmio en hojas de maíz amiláceo.

Según el tabla N° 11 y figura N° 11, vemos que los elementos metálicos como el plomo tienen concentraciones moderadas que van desde 4.05 ppm en enero, decaen en 3.70 en febrero y ascienden en marzo hasta 4.70 ppm y solo al final en abril los valores decaen fuertemente hasta 2.75 ppm muy por debajo de los umbrales permitidos para este elemento en tejidos vegetales; para el cromo la tendencia fue idéntica, solo que los valores más bajos de 3.18 ppm en enero, decae 2.65 ppm en febrero y asciende a 3.30 ppm en marzo cuando la planta está en plena etapa de maduración del grano y por ende de la mazorca.

Sobre el cadmio si podemos decir que su contenido en las hojas del maíz amiláceo fue muy superior a lo permitido para las plantas comestibles y sobre todo en órganos aéreos que luego de la cosecha de las mazorcas van a ser usados como alimento del ganado vacuno de la zona cercana al campo comercial de maíz, para el cadmio se aceptan umbrales menos a 0.1 ppm y nosotros vemos en la tabla N° 11 que los valores sobrepasan al umbral porque en enero se tuvo 0.35 ppm y bajo en febrero a 0.25 ppm en los dos meses finales marzo y abril se tuvieron promedios de 0.53 y 0.50 ppm lo que indica un aumento del 500% a lo que permite la legislación sobre el uso de metales pesados presentes en las aguas de riego (aguas servidas – aguas negras) que presentan altos contenidos de estos elementos indeseables.

Se dice que algunos metales y metaloides no esenciales, son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta, ello trae problemas graves ya que estos elementos se movilizan desde las hojas hacia los tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) por el floema.

Después de la absorción por los vegetales, los metales están disponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria.

Tabla 11 Niveles de concentración de metales pesados (ppm) en hoja de maíz amiláceo

		Pb ppm	Cd pmm	Cr ppm
HOJA	enero	4,05	0,35	3,18
	febrero	3,70	0,25	2,65
	marzo	4,70	0,53	3,30
	abril	2,75	0,50	1,90

Fuente: Elaboración propia

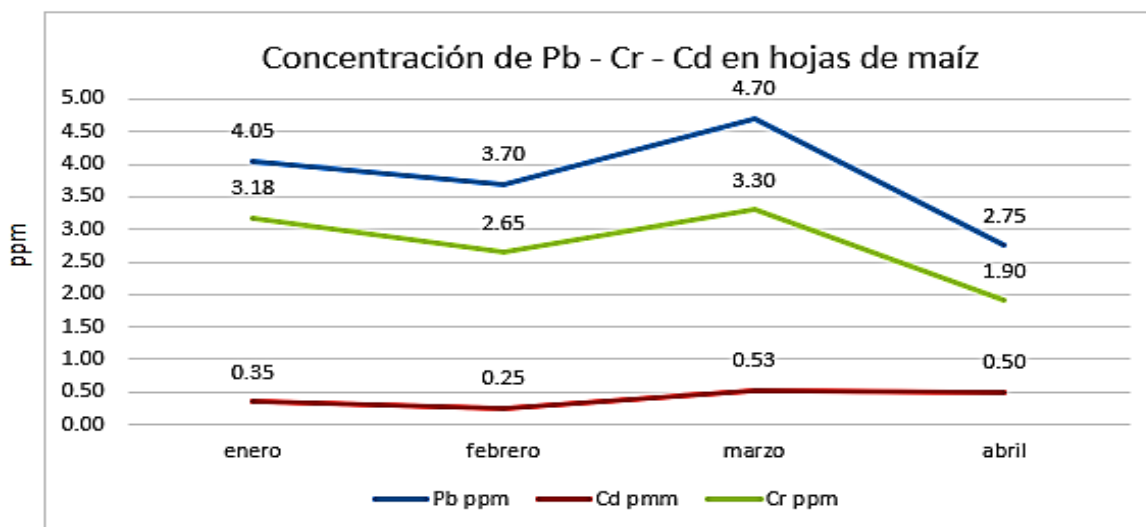


Figura N° 11 Concentración de Pb-Cr-Cd en hojas de maíz
Fuente: Elaboración propia

ABSORCIÓN DE NUTRIENTES Y METALES PESADOS EN RAIZ DE MAÍZ AMILÁCEO

Absorción de NPK en Raíces

La absorción de los elementos mayores como nitrógeno lo vemos en la tabla N°12 y figura N° 12 donde las raíces absorben mayores cantidades de potasio y nitrógeno, a diferencia del fósforo que es el menos absorbido por las plantas.

Para el nitrógeno se puede ver claramente que las raíces toman pequeñas cantidades de 1.36 kg en enero y luego se determinó que para febrero subió a 6.40 kg/ha y en el máximo periodo de floración y cuajo de granos se lograron contenidos de 16.20 kg, terminando en el último mes de abril con 25.13 kg/ha a nivel radicular, lo cual nos muestra que este órgano absorbe gran parte del nitrógeno en los dos últimos meses del periodo fenológico como se ve en la tabla N° 12.

Sobre el fosforo diremos que es un elemento muy importante para el desarrollo radicular de las plantas y en el caso del maíz, también es muy importante para el establecimiento de las plantas en las primeras etapas del desarrollo del cultivo, pero viendo la tabla N° 12 tenemos que las absorciones de fosforo son muy pequeñas, es así como en enero solo muestra un valor de 0.15 kg/ha , para febrero sube apenas a 1.20 kg, se duplica en marzo con 2.20 kg y cuadruplica en abril, llegando a un máximo de 4.61 kg/ha para las raíces.

Finalmente, el otro elemento absorbido el cual tiene una tendencia a incrementar las cantidades absorbidas por las raíces en forma muy similar a las cantidades tomadas por las raíces de maíz.

Según la tabla N° 12 y la figura N° 12 vemos como en enero el potasio solo fue absorbido como 1.56 kg/ha. Luego en febrero subió a 9.70 kg y en marzo se duplico su nivel de absorción a 17 kg/ha. Y finalmente en abril se dio la máxima cantidad de potasio asimilado de 26.80 kg/ha para ayudar a sostener la cosecha final de maíz, estos dos últimos valores son superiores a los valores tomados por nitrógeno, a pesar de que es el elemento más requerido por las gramíneas como el maíz.

Tabla 12 Absorción de NPK, en raíz de maíz			
	N	P	K
Enero	1,36	0,15	1,56
Febrero	6,40	1,20	9,70
Marzo	16,20	2,20	17,00
Abril	25,13	4,61	26,80

Fuente: Elaboración propia

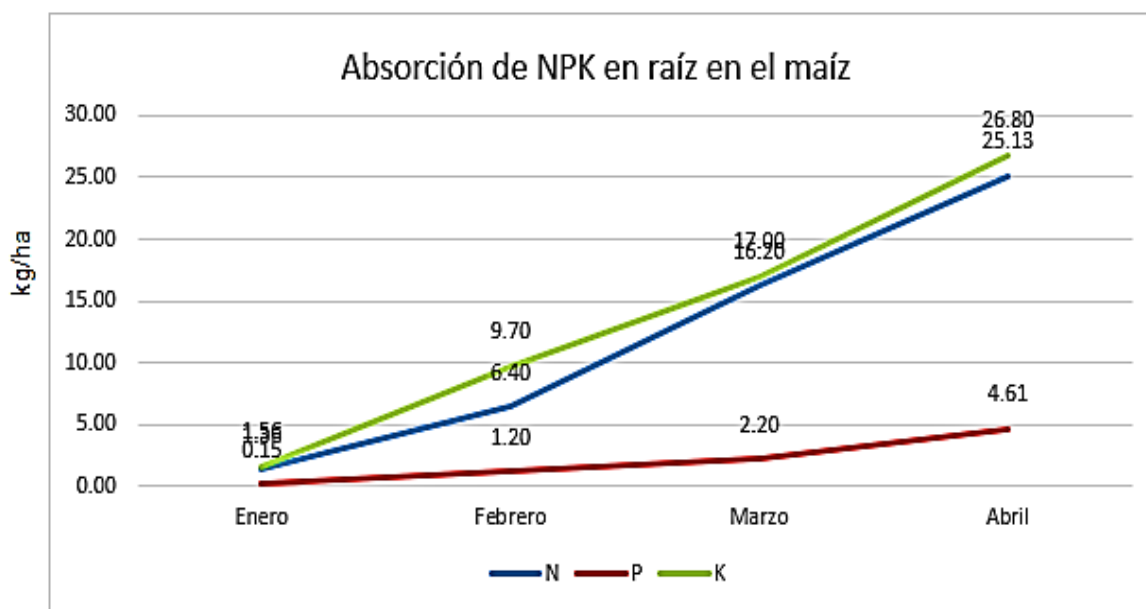


Figura 12 Absorción de NPK en raíz en el maíz

Fuente: Elaboración propia

Sobre la absorción de Calcio y Magnesio

Los elementos medios como el calcio y magnesio tienen un comportamiento parecido, pero con la salvedad de que las cantidades que tomo el calcio de las raíces del maíz son el doble que las cantidades

del magnesio en cada una de las etapas del muestreo, así vemos como en enero, las raíces tomaron 1.29 kg subiendo rápidamente en febrero a 9.30 kg y en el mes de marzo. A los tres meses se determinó un consumo de 14.20 kg y en abril el consumo fue más del 100% con una absorción de 35.59 kg/ha, lo que convirtió al calcio como el elemento que más requieren las raíces de maíz sobrepasando de lejos los valores del nitrógeno y al potasio lo cual no está reportado en la literatura. Sobre el magnesio también podemos interpretar que sus contenidos son bastante buenos puesto que en enero tuvo un valor muy pequeño de solo 0.64 kg, luego este valor subió a 4.50 en febrero, subió el doble en marzo con 8.20 kg/ha y finalmente en abril termina con 15.08 kg/ha, lo que indica un valor bastante bueno tratándose de tejidos radiculares que deben ser bien formados para lograr bien el anclaje de la planta y permitir la absorción de todos los nutrientes del suelo a través de sus pelos radiculares.

Tabla 13 Absorción de, Ca, Mg, en raíz de maíz

	Ca	Mg
Enero	1,29	0,64
Febrero	9,30	4,50
Marzo	14,20	8,20
Abril	35,59	15,08

Fuente: Elaboración propia

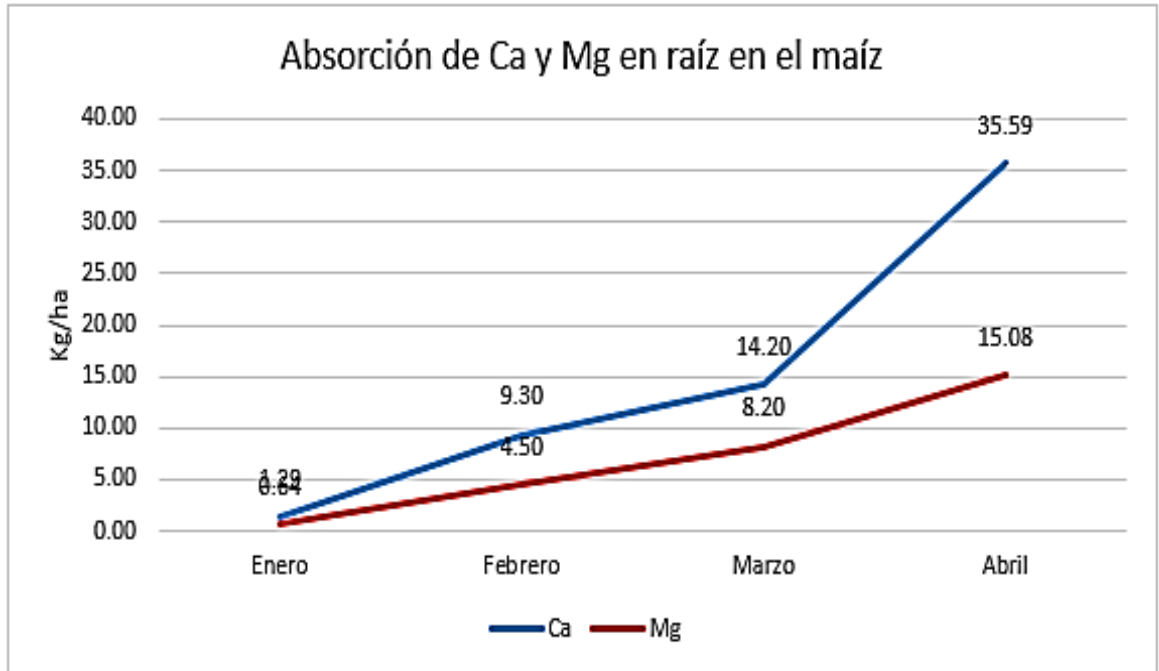


Figura 13 Absorción de Ca y Mg en raíz en el maíz
Fuente: Elaboración propia

Absorción de Metales Pesados en Raíces de Maíz.

Según la tabla N°14 y la figura N 14 del mismo número, muestran claramente como el plomo es el elemento pesado que más se absorbido en las raíces del maíz, teniendo una acumulación gradual y progresiva de 1.56 gramos en enero, luego ascendió fuertemente en febrero con 17.60 gramos, continua su incremento con 25.76 gr/ha en marzo. Pero la mayor concentración se observa al final cerca de la cosecha en el mes de abril con 65.45 gr/ha que se distribuyen en todas las raíces de las plantas del campo y según algunos investigadores, refiere que algunos cultivos como el maíz, cuando crece en un suelo arcilloso tienen una capacidad asimilativa más alta que para el límite de absorción de cadmio, níquel y plomo en otros suelos y marcan la diferencia con otros cultivos.

El segundo elemento negativo en las raíces es el cromo, que tiene niveles más bajos que el plomo, pero aun así su presencia es negativa por sus efectos en la fisiología de la planta. Revisando la tabla N°14 vemos que en enero tenía contenidos bajos de apenas 0.99 gr/ha, luego creció a 9.88 en febrero, después en marzo encontramos un valor de 13.66 y finalmente en abril terminando el periodo del cultivo llegamos a encontrar la máxima absorción de 34.30 gr/ha de cromo soluble en raíces de maíz amiláceo, regado con aguas servidas o aguas negras.

En las plantas de bioacumulación de los metales pesados altera su fotosistema, inhibiendo el flujo de electrones de la cadena transportadora, causando que el aparato fotosintético absorba más energía lumínica que la que suele utilizarse en reacciones metabólicas normales. Es por ello que el aparato fotosintético transfiere la energía a los radicales de oxígeno, formando el peróxido de hidrogeno y con ello causan daño a inestabilidad de las paredes celulares.

Pero el elemento venenoso y para las plantas y seres humanos es el cadmio, el cual si bien fue absorbido en pequeñas cantidades no deja de ser una alarma su presencia en las raíces las que lo toman en bajas cantidades, es así como en enero cuando las plantas estaban en la etapa de crecimiento inicial se tuvo un valor de 0.17 gr/ ha. Este valor casi se duplico en febrero con 1.25 gr/ha, después en marzo cuando se da el crecimiento y desarrollo de la mazorca su contenido subió a 2.06 gr/ha y termino con un consumo final de 5.36 gr por el mes de abril, con ello se confirma que tanto el suelo como las aguas contiene a este elemento venenoso que hace que cualquier cultivo lo pueda absorberá través de las raíces.

En realidad, los metales pesados ocurren naturalmente en el suelo por concentraciones anormales provienen del manejo humano del suelo desequilibrando la naturaleza lightbourn destaco la utilización de aguas residuales o de mala calidad, fertilizantes inorgánicos salinos, enmiendas orgánicas, lodos residuales de depuradores y pesticidas.

Tabla 14 Absorción de metales pesados (Pb, Cd, Cr) en gr/ha en raíz de maíz amiláceo				
		gr Pb/Ha	gr Cd/Ha	gr Cr/Ha
RAIZ	Enero	1,56	0,17	0,99
	Febrero	17,60	1,25	9,88
	Marzo	25,76	2,06	13,66
	Abril	65,45	5,36	34,30

Fuente: Elaboración propia

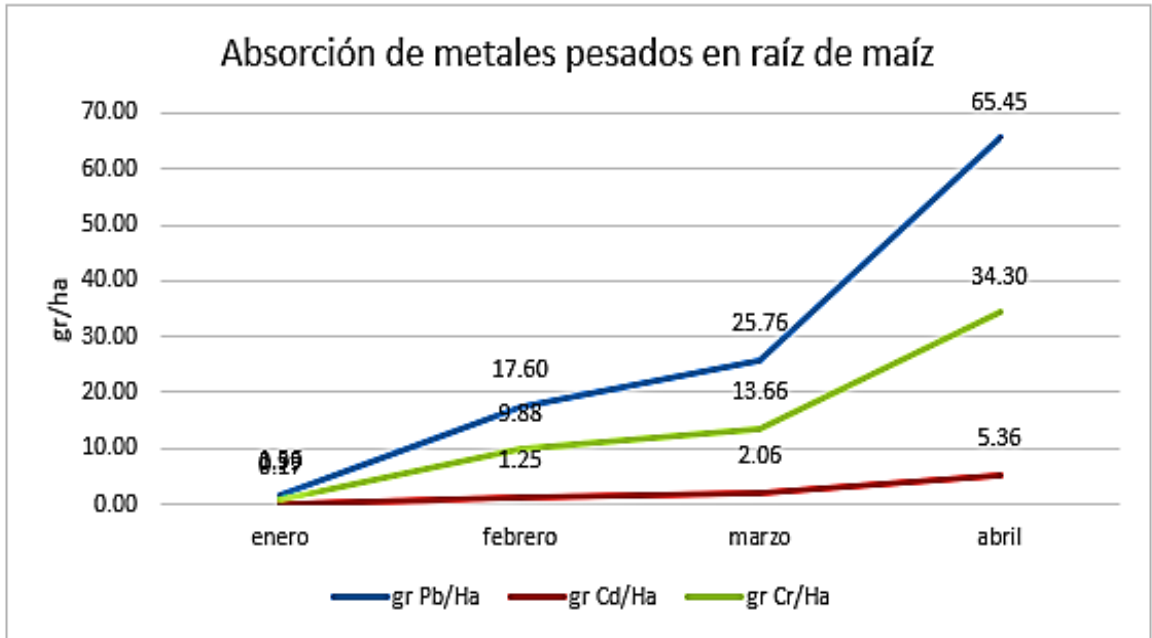


Figura 14 Absorción de metales pesados en raíz de maíz
Fuente: Elaboración propia

Sobre Absorción de NPK en tallos de Maíz Amiláceo

Al revisar la tabla N° 15 vemos claramente que el elemento más absorbido por los tallos de maíz es el potasio, porque estos órganos acumulan más materia seca que las raíces y hojas, aparte de asimilar mayor cantidad de azúcares, es por ello que las plantas comienzan asimilando en el mes de enero 13.0 kg/ha de potasio como elemento esencial lo que supera en 2.7 kg más al nitrógeno, este valor luego subió rápidamente a 47.81 kg para febrero muy parecido este valor a lo que reporto en el mes de marzo, donde se logró un valor muy parecido de 49.21 kg/ha. Solo al final en abril se duplicó el contenido del potasio reportándose un valor de 104.00 kg/ha al finalizar el periodo fenológico porque la planta trata de acumular más sustancias de reserva y entre ellos los azúcares que se acumulan a nivel de tallos.

En cambio, el nitrógeno tuvo un comportamiento más moderado casi equivalente al 50% de lo que la planta absorbe del potasio por los tallos, así vemos en el mes de enero, en el primer muestreo foliar se tuvo un consumo de 10.31 kg/ha subiendo más del 100% en febrero a 22.78 kg/ha a nivel de tallos, para el mes de marzo solo subió casi 7 kg adicionales alcanzando un valor de 29.45 kg/ha y solo al final en el mes de abril se alcanzó el pico máximo de 63.70 kg/ha en los tallos del maíz.

Finalmente el fosforo es un elemento que la planta lo absorbe poco, solo para formar los componentes energéticos como el ATP y los ácidos nucleicos, por ello en el primer muestreo de enero se tuvo un valor de 1.31 kg/ha luego se aumentó el contenido en febrero y marzo con valores de 3.94 y 3.49 kg/ha respectivamente, lo que llama la atención en los tres elementos mayores es que la cantidad de nutrientes asimilados entre el segundo y tercer mes fueron muy parecidos no encontrándose diferencias sustanciales, como si suceden en las raíces , aun con todo ello este elemento fosforo termino absorbiendo 7.15 kg/ha a nivel de los tallos.

A todo ello podemos informar que Carrillo [24] Y C. Reyes, I. Vergara, O E. Torres, M. Díaz, E E. González, "Contaminación por metales pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria" [23], indica que para producir unas 5 tn/ha de maíz grano en zonas tropicales el maíz requiere de 170 kg/ha de nitrógeno, 687 kg/ha de fosforo y 72.6 kg/ha de potasio, 32.2 kg/ha de calcio, 415 kg/ha de magnesio y 60 kg/ha de azufre.

Tabla 15 Absorción de NPK, en tallo de maíz			
	N	P	K
Enero	10,31	1,31	13,00
Febrero	22,78	3,94	47,81
Marzo	29,45	3,49	49,21
Abril	63,70	7,15	104,00

Fuente: Elaboración propia

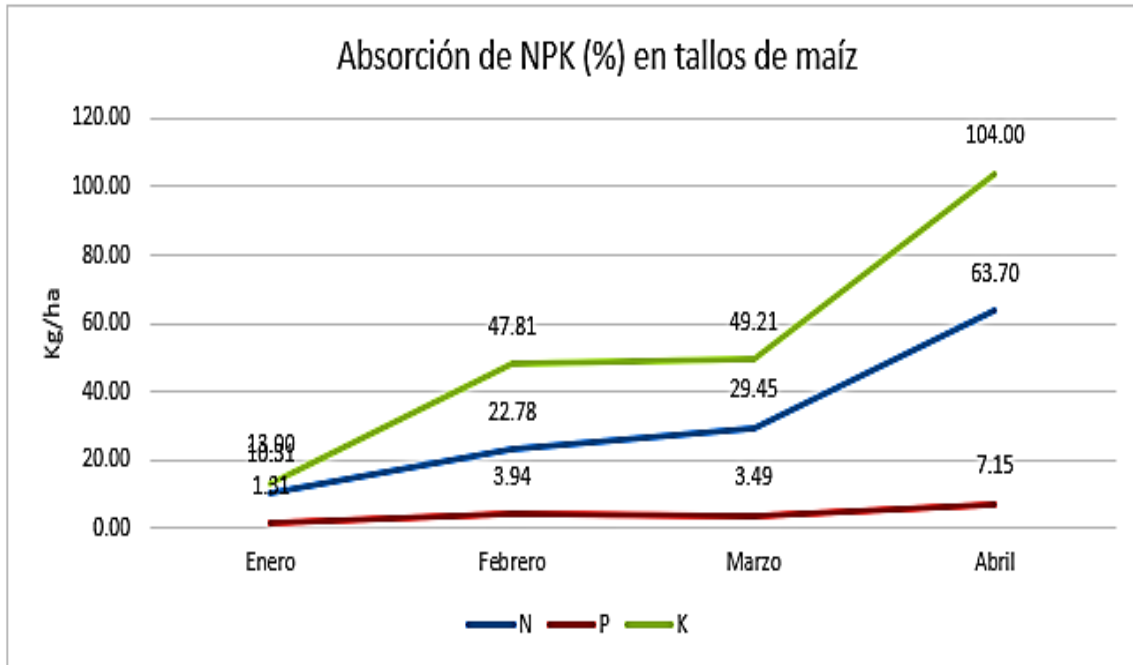


Figura 15 Absorción de NPK (%) en tallos de maíz
Fuente: Elaboración propia

Absorción de Calcio y Magnesio en Tallos de Maíz.

Revisando la tabla N° 16, vemos que ambos elementos secundarios tuvieron comportamientos parecidos, totalmente diferentes al comportamiento de ellos en las raíces, en esta ocasión ambos presentan contenidos algo parecidos. Es así que el Calcio se absorbe en enero a razón de 2.06 kg/ha, luego casi se triplica en febrero con 5.91 kg/ha y en marzo el incremento es muy escaso, apenas 6.20 kg, este comportamiento es casi igual a lo observado para el NPK. En el final del periodo de muestreo en abril se tuvo un valor de 26.15 kg/ha a nivel de tallos lo que contienen un mayor porcentaje de materia de celulosa.

En el caso de Magnesio, este elemento fundamental para la fotosíntesis tuvo una absorción bastante buena parecida al calcio en los meses intermedios de febrero y marzo; es así como en enero tuvo una absorción pequeña de 1.06 kg/ha pero en febrero y marzo llega al consumo de 4.50 y 6.98 kg/ha de magnesio y llama la atención que este elemento tenga una mayor absorción que el calcio, lo cual no debería ser porque los consumos de magnesio por la mayoría de cultivos es baja comparada con el fósforo, en cambio el calcio si es consumido en grandes cantidades, parecidos con el nitrógeno o potasio. Por último, en el mes de abril, los tallos absorbieron contenidos bajos de 9.75 kg/ha.

Tabla 16 Absorción de Ca, Mg, en tallo de maíz		
	Ca	Mg
Enero	2,06	1,06
Febrero	5,91	4,50
Marzo	6,20	6,98
Abril	16,25	9,75

Fuente: Elaboración propia

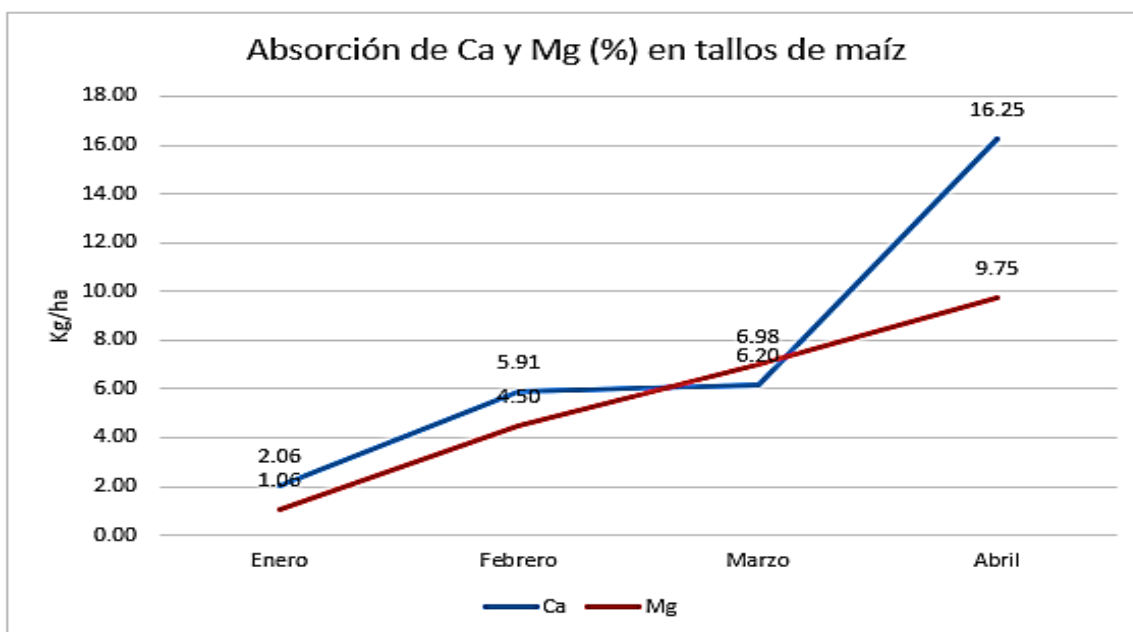


Figura 16 Absorción de Ca y Mg (%) en tallos de maíz

Fuente: Elaboración propia

Absorción de Metales Pesados en tallos de Maíz.

Los elementos tóxicos que se hallan en el suelo, como el plomo cadmio y cromo se hallan presentes en los suelos y aguas negras que riegan estos terrenos en Cachiche Sector de San Pedro, donde se realizó el presente estudio y los resultados los vemos en los análisis que reportan la tabla N° 17, donde vemos como el plomo es un elemento que la planta lo toma en cada periodo de muestreo que fue en periodos mensuales, es así como en enero se determinó una absorción de 1.83 gr/ha que es muy parecido al cromo que también tuvo 1.34 gr/ha en los tallos. Para febrero, se detectó 4.64 gr de plomo en plantas mientras que el cromo arrojó un contenido de 3.54 gr lo mismo sucedió en marzo,

donde ambos elementos arrojan contenidos de 4.65 gr/ha de plomo y 4.38 gr/ha de cromo, solo al final en el mes de abril, el plomo duplico sus contenidos a 9.62 gr/ha en tallos, mientras que el cromo termino con un menos contenido de apenas 5.20 gr/ha.

Pero el elemento más toxico y agresivo para los productos agrícolas en la región costa, es el cadmio que afecta mucho a los cultivos de espárragos, pécamos, paltas y que a la larga puede perjudicar a toda nuestra agricultura de exportación si no hacemos algo para reducir su presencia en los cultivos y sobre todo en aquellos órganos de la planta que es para consumo humano, tanto frescos como procesados. Este elemento tuvo un inicio muy pequeño de apenas 0.30 gr/ha en enero, donde las plantas no lo tomaron en cuenta, pero aun así de pequeño este valor se duplico en febrero a 0.78 gr y caso casual en marzo bajo a apenas 0.58 gr, solo al final del mes de abril, este valor se duplico a 1.3 gr/ha a nivel de tallos de maíz amiláceo o blanco.

		gr Pb/Ha	gr Cd/Ha	gr Cr/Ha
TALLO	enero	1,83	0,30	1,34
	febrero	4,64	0,79	3,54
	marzo	4,65	0,58	4,38
	abril	9,62	1,30	5,20

Fuente: Elaboración propia

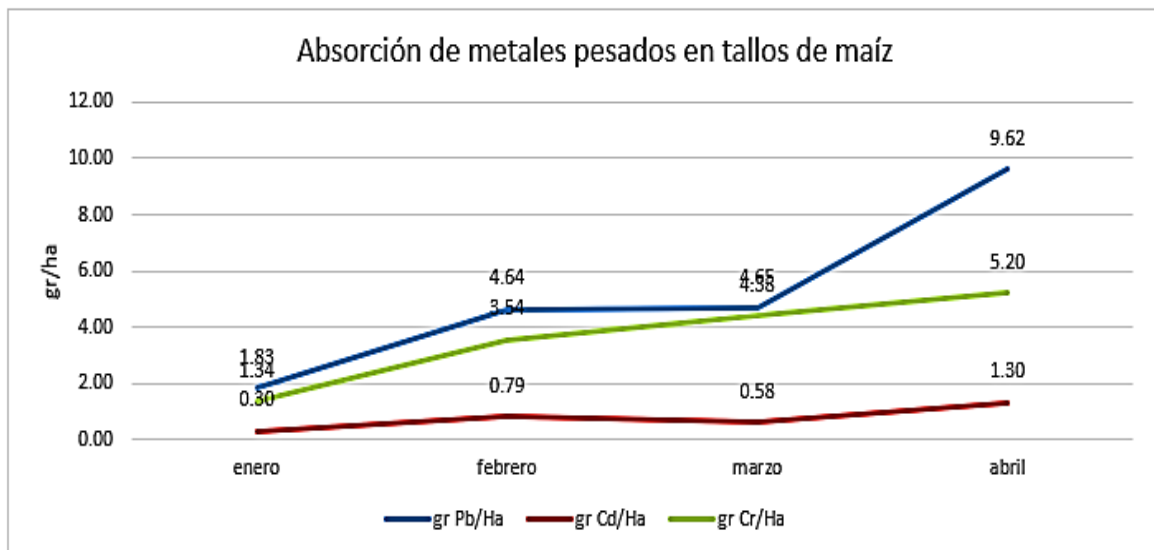


Figura 17 Absorción de metales pesados en tallos de maíz

Fuente: Elaboración propia

Sobre absorción de NPK en hojas de Maíz amiláceo.

Las hojas son los órganos donde mejor y más se acumula un elemento básico como el nitrógeno, el cual es necesario para formar las proteínas y ácidos nucleicos y especialmente interviene en el proceso de la fotosíntesis por formar parte de las moléculas de la clorofila, involucrados en el proceso más importante de la vida en nuestro planeta.

Este elemento inicio su absorción en el primer mes de enero con apenas 10.54 kg/ha, cuando las plántulas estaban pequeñas en pleno crecimiento, luego su asimilación se cuadruplico en febrero alcanzando 39.90 kg/ha y su máxima asimilación se dio para marzo con 45.28 kg/ha de nitrógeno en hojas de maíz. Acá podemos recalcar que este elemento siendo muy móvil dentro de las plantas, empieza a migrar de las hojas viejas a las hojas o tejidos jóvenes por ello se redujo su contenido a 31.44 al finalizar el experimento en el mes de abril, con ello confirmamos una vez más que este elemento se sale de las hojas hacia el grano u otros tejidos jóvenes de la planta, es por ello reducido. El mismo comportamiento se determinó para el fosforo, el cual, al transcurrir un mes de edad, pero luego asciende en febrero con 3.30 kg/ha de fosforo absorbido.

Mientras que, para el mes de marzo, solo absorbió 3.94 kg/ha y decae al finalizar en el mes de abril con apenas 3.66 kg/ha, ello nos confirma una vez más que el fosforo a pesar de ser un elemento primario para las plantas, solo es tomado por el maíz a nivel de hojas un valor muy pequeño en comparación al nitrógeno, potasio y calcio.

El Potasio es el segundo elemento que más absorben las hojas de maíz, pues a pesar de tener un contenido bajo en enero con 7.44 kg/ha, este elemento triplica su absorción en febrero donde se determinó un valor de 22.65 kg/ha, en esta etapa se detiene su absorción y solo en marzo tuvo apenas 23.84 kg/ha, con lo cual, vemos que se retrae la asimilación del potasio.

Al finalizar abril tuvo un ligero incremento de apenas 5 unidades, pues se determinó 28.76 kg/ha con lo cual está por debajo del nitrógeno.

Tabla 18 Absorción de NPK, en hoja de maíz			
	N	P	K
Enero	10,54	0,79	7,44
Febrero	39,90	3,30	22,65
Marzo	45,28	3,94	23,84
Abril	31,44	3,66	28,76

Fuente: Elaboración propia

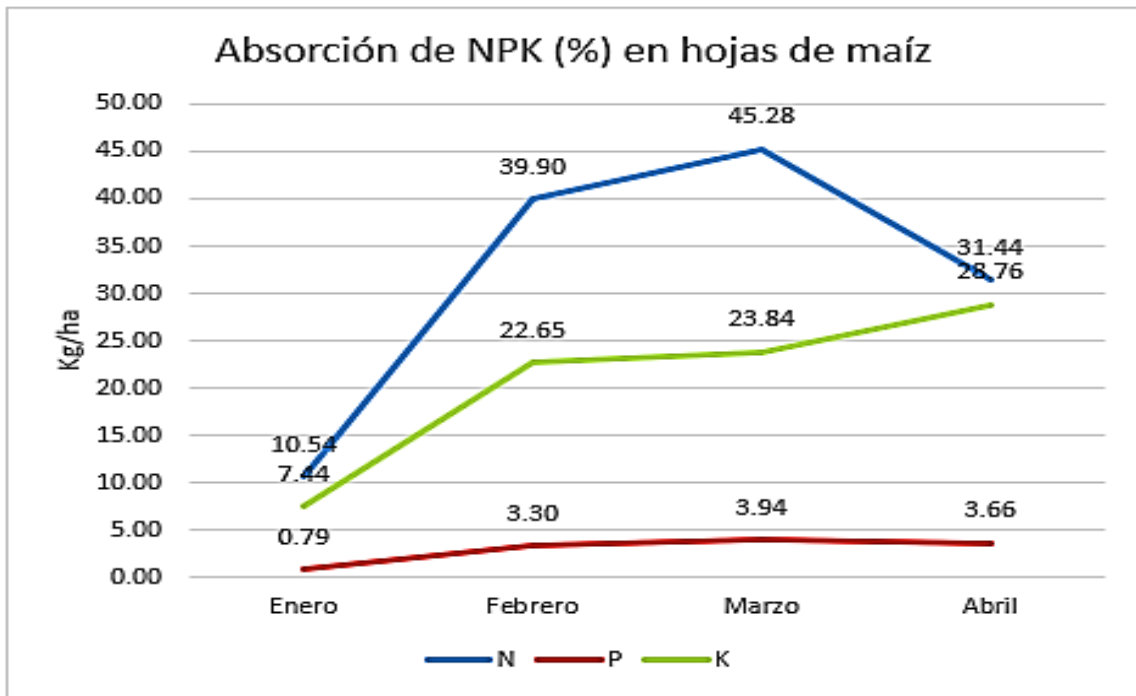


Figura 18 Absorción de NPK (%) en hojas de maíz

Fuente: Elaboración propia

Sobre absorción de Calcio y Magnesio en hojas de maíz.

Estos dos elementos fueron tomados por el maíz y acumulados en las hojas de manera diferente pues es el calcio el que es tomado con niveles medios ya que en enero tenemos 2.14 kg/ha y luego en febrero se cuadruplico su contenido hasta 8.10 kg/ha, luego siguió aumentando su asimilación en marzo con 12.25 kg/ha para culminar en abril con 15.11 kg/ha lo que lo convirtió en el tercer elemento más requerido por las hojas de maíz amiláceo, solo superado por el nitrógeno y potasio.

En el caso del magnesio su comportamiento fue parecido al fosforo y sus contenidos son muy parecidos al finalizar el experimento, en el mes de enero se encontró en hojas contenidos muy pobres

de solo 0.92 kg/ha, luego se triplico a 3.15 en febrero y la máxima asimilación se dio en marzo, donde hallamos un contenido de 7.0 kg/ha después de este periodo en adelante se retrajo un contenido de apenas 4.14 kg/ha para abril cuando se produce la maduración de las plantas.

Tabla 19 Absorción de Ca, Mg, en hoja de maíz		
	Ca	Mg
Enero	2,14	0,92
Febrero	8,10	3,15
Marzo	12,25	7,00
Abril	15,11	4,14

Fuente: Elaboración propia

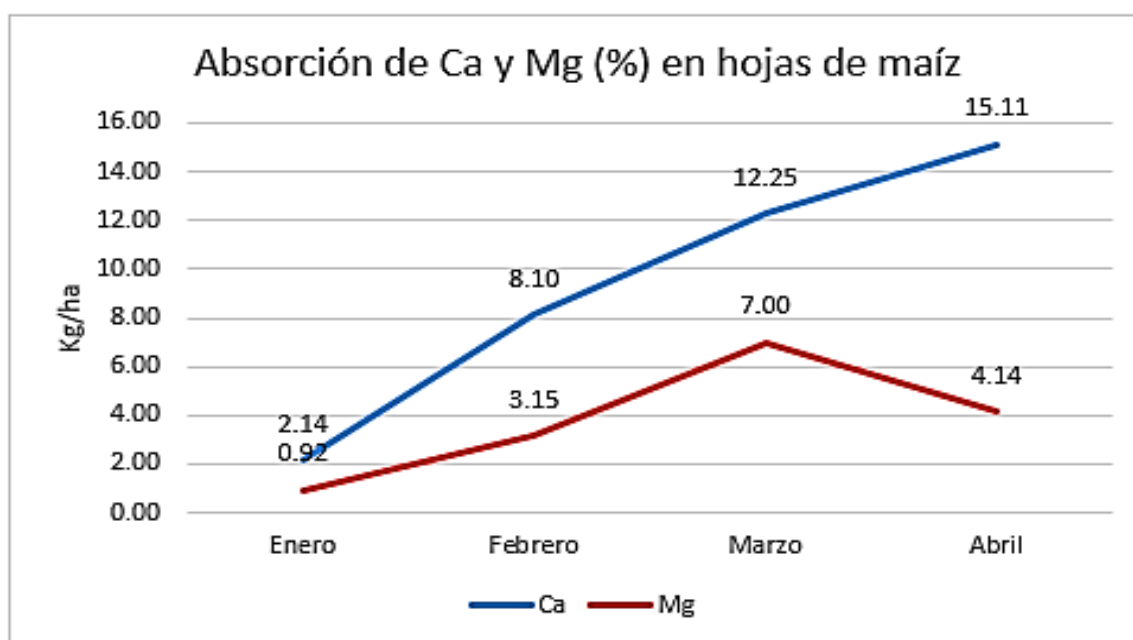


Figura 19 Absorción de Ca y Mg (%) en hojas de maíz

Fuente: Elaboración propia

Absorción de Metales Pesados en Hojas de Maíz.

Los metales pesados como plomo fueron absorbidos en pequeñas cantidades por las hojas de maíz, tienen un nivel de asimilación gradual y progresivo de sus valores, así como en la tabla N° 20 vemos que para enero tuvieron valores de 1.77 gr/ha, luego se cuadruplico su valor para febrero con 5.55 gr/ha, este mismo valor se duplico para marzo, donde se alcanzó un contenido a nivel de hojas de 10.28 gr/ha y caso curioso, al finalizar abril solo había 6.70 gr/ha de plomo.

Para el cadmio que es elemento más toxico, tenemos contenidos más bajos que para enero son de 0.15 gr/ha seguidamente en febrero subió un poco hasta 0.38 gr/ha es en los dos últimos meses de marzo y abril donde se logra visualizar un contenido más elevado que van desde 1.16 hasta 1.22 gr/ha en ambas ocasiones.

En cambio, el cromo si tiene valores más elevados que desde 1.39 gr/ha en enero, triplicándose este valor para febrero con 3.98 gr/ha, seguidamente vuelve a elevarse estos contenidos hasta 7.22 gr/ha en el tercer mes de marzo que es el pico más alto de absorción de los tres elementos por las hojas de maíz, como el plomo y cromo, solo el cadmio tuvo un comportamiento más acorde con la edad de muestreo de las plantas.

Al finalizar podemos recordar que el cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas. El cadmio causa severos desequilibrios en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas [23], este último confirma de manera clara que la concentración de metales pesados es mayor en las hojas que en las raíces de las plantas.

		gr Pb/Ha	gr Cd/Ha	gr Cr/Ha
HOJA	Enero	1,77	0,15	1,39
	Febrero	5,55	0,38	3,98
	Marzo	10,28	1,16	7,22
	Abril	6,70	1,22	4,63

Fuente: Elaboración propia

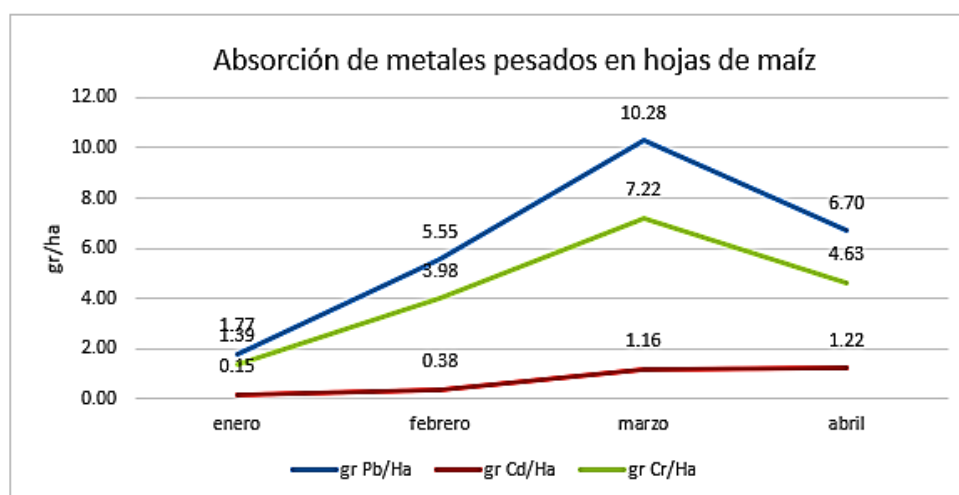


Figura 20 Absorción de metales pesados en hojas de maíz

Fuente: Elaboración propia

Discusión de resultados

El presente estudio se llevó a cabo en la parcela del señor Martin Cajo en el sector de San Pedro Caserío Cachiche, provincia y departamento de Ica, en el que se puede ver según los análisis químicos realizados en el laboratorio de análisis y suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad Agraria la Molina, donde se determinó el contenido de los tres metales pesados, plomo, cadmio y cromo, vemos que solo el Cadmio tiene un valor que sobre pasa los estándares de calidad ECA de 0.1 ppm, en esta ocasión tenemos valores de 0.22 y 0.25 ppm en los dos momentos de muestreo que fue antes y después de instalado el cultivo de maíz amiláceo.

Sobre la producción de materia seca en gramos por planta y luego llevada a kg/ha, nos indican que aparte de la raíz y las hojas de maíz evaluados, son los tallos los órganos que más produjeron materia seca, porque en el mes final de abril se determinó un valor de 6,500 kg/ha, seguido de cerca por las raíces que produjeron 4187.5 kg/ha, en cambio las hojas tuvieron una producción más reducida de 2437.5 kg/ha.

Centrándonos solo en los metales pesados y su concentración en los órganos de la planta de maíz, tenemos que a nivel de las raíces los contenidos son muy altos de 1.03 hasta 1.36 ppm, ello nos indica que en los cuatro meses que estuvo el cultivo en campo, presento valores altos de contaminación por cadmio en raíces, que son los órganos más expuestos al agua de riego que es el vehículo de contaminación para el cultivo.

En la evaluación de los tallos de maíz amiláceo se reportan valores más bajos de apenas 0.15 a 0.48 ppm de cadmio, especialmente es alto al inicio del cultivo, en el mes de enero luego descendió en más de un 50% pero aun así sobre pasan a los rangos de 0.1 ppm según el ECA.

Las hojas de maíz lograron también acumular altos contenidos del cadmio vemos en especial a los dos últimos meses de marzo y abril con 0.53 y 0.50 ppm, lo que nos indica que este follaje debe ser quemado y prohibir su uso como forraje para el ganado vacuno y otros de los agricultores en el sector de San Pedro – Cachiche.

Sobre la absorción de los elementos pesados en las raíces del cultivo de maíz amiláceo, diremos que a pesar del plomo y cromo tienen valores altos, no llegan al umbral de tolerancia, en cambio el cadmio si es alta su absorción llegando a los 5.36 gramos en el mes final de abril.

A nivel de los tallos del maíz amiláceo vemos que la absorción de los tres elementos metálicos pesados es más alta para el plomo y cromo, pero no son perjudiciales, como si lo es el cadmio, el cual tiene una evolución más lenta de acumularse de 0.3 gramos, en enero ascendió al final a 1.30 gr/ha en el mes de abril.

Al final en la evaluación de metales pesados en hojas si vemos un incremento muy importante en la absorción del cadmio en los dos meses finales de marzo y abril donde se llegó a determinar contenidos de 1.22 gramos por hectárea en el follaje.

Por todo lo expuesto podemos inferir que el órgano que más acumula cadmio y los otros metales pesados es la raíz del maíz con 5.36 gr/ha seguidos de los tallos con 1.30 gr/ha y finalmente las hojas acumularon solo 1.22 gr/planta llegando a la conclusión que una vez cosechado el grano de maíz, toda la broza del maíz deberá ser quemada y evitar su consumo como forraje para evitar la cadena trófica de los metales pesados.

VII CONCLUSIONES

1. Sobre los contenidos de metales pesados a nivel de tallos se puede inferir que es el tejido que menos plomo acumulo al igual que el cromo, sin llegar a los valores o umbrales de tolerancia que causen daño o contaminación de los tejidos, en cambio el cadmio si supera de lejos los valores de 0.1 ppm en los tallos al inicio de germinación y emergencia del maíz en el mes de enero después descendió, pero aun así está en el valor de toxicidad.
2. Con referencia lo metales pesados en hojas de maíz tenemos que los valores de plomo y cromo son aceptables porque están por debajo de los niveles de tolerancia, en cambio el cadmio, es el elemento contaminante por excelencia y sus valores duplican y quintuplican los valores permisibles que es de 0.1 ppm en tejidos vegetales.
3. Al analizar los metales pesados en las plantas de maíz hemos determinado que las raíces son los órganos que más concentran y absorben plomo y cromo, el más bajo es el cadmio, pero aun así es el más nocivo, le siguen en absorción los tallos, en cambio las hojas tienen los valores más bajos de la planta.
4. También se realizaron los análisis de metales pesados para granos del maíz amiláceo y los resultados mostraron contenidos de 0.66 ppm de plomo y 0.63 – 1.13 ppm de cromo en dos muestras enviadas. En cuanto al cadmio no reportaron resultados de concentración de este elemento sumamente toxico.
5. Según los Análisis de Suelos, estos son bastantes adecuados para la instalación de cultivos de maíz por sus propiedades físicas y químicas, lo mismo diremos de las condiciones meteorológicas en las que se llevaron la conducción del cultivo que corresponden al periodo de verano – otoño del año 2022.
6. Sobre los niveles de concentración de los elementos mayores de NPK a nivel de raíz diremos que son pobres o deficientes por lo que la fertilización química, ha sido una limitante muy fuerte para el pobre desarrollo del cultivo en general.
7. Lo mismo sucede con los contenidos de calcio y magnesio que están por debajo de los requeridos por el cultivo y para metales pesados diremos que tanto el plomo y cromo están por debajo de

los umbrales de tolerancia, en cambio el cadmio sobrepasa de lejos estos niveles que son de 0.1 ppm para tejidos vegetales y acá todos son superiores a 1.03 ppm.

8. A nivel de tallos podemos decir que los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio siguen en niveles deficientes y se corrobora lo que muestran las raíces y se debe a la fuerte interferencia de estos elementos con los metales pesados y la pobre fertilización realizada por los agricultores.
9. Los contenidos de calcio y magnesio en los tallos son completamente pobres, es por ello que las plantas tuvieron un bajo desempeño en el proceso fotosintético, por la escasez del magnesio que no llega a los 0.20 % en los tallos del maíz.
10. Las hojas de maíz presentan valores más cercanos al óptimo de nitrógeno, fósforo y potasio, en especial los tres primeros meses de enero, febrero y marzo para el nitrógeno, en febrero para el fósforo, pero aun así está en valores deficientes.
11. El calcio sigue siendo un elemento muy deficitario en las hojas a diferencia del magnesio que está en valores adecuados o medios en los tres primeros meses y luego desciende al final cuando empieza el proceso de maduración de la mazorca.
12. Sobre absorción de nutrientes a nivel de raíz diremos que la planta asimilo mejor el calcio seguido por potasio y luego el nitrógeno, en cambio el fósforo y magnesio tuvieron menos contenidos en la raíz.
13. A nivel de los tallos del maíz, los contenidos de nutrientes son mucho más grandes, destacando el potasio, seguido del nitrógeno y el calcio está mucho más bajo, en cambio el magnesio supero al fósforo en los tallos, pero son los menos favorecidos y acumulados durante el periodo del cultivo.
14. Finalmente, a nivel de hojas de maíz se determinó que es el nitrógeno el elemento que más concentran estos tejidos, seguidos del potasio y calcio respectivamente. Por otro lado, el magnesio presento un valor ligeramente superior al fósforo a nivel del follaje.

VIII RECOMENDACIONES

A continuación, damos las recomendaciones que salen como consecuencia de nuestros resultados de campo y laboratorio donde se concluyen que hay una fuerte contaminación de los tejidos vegetales incluidos al final la mazorca con los granos del maíz blanco amiláceo.

1. Se recomienda a los agricultores del sector San Pedro – Caserío de Cachiche que definitivamente dejen de utilizar como agua de riego, las aguas servidas de la ciudad de Ica, por tener niveles sumamente altos de coliformes totales *Escherichia coli*, que son agentes de contaminación biológica de suelos y plantas que se tienen en los campos agrícolas.
2. Sugerimos que los campos de cultivo se sometan a un proceso de Fito o biorremediación para reducir los niveles de metales pesados que contienen los suelos por haber sido irrigados por muchos años con aguas servidas o aguas negras residuales sin previo proceso de depuración química ni biológica.
3. Planteamos que no se siembren especies de plantas que son de consumo directo, como hortalizas y cultivos de pan llevar que se puedan llegar a contaminar y al ser consumido por las personas no lleguen a niveles de contaminación de los alimentos.
4. También recomendamos que los agricultores puedan enriquecer sus campos con adiciones fuertes de materias orgánicas de origen animal y vegetal que puedan atrapar por intercambio iónico a los metales pesados y reducir su biodisponibilidad para las plantas y a la vez aumentar las cosechas por incremento de la fertilidad natural del suelo.
5. Para el caso de nuestro experimento, sugerimos que la broza de maíz, una vez cosechado, se puedan juntar en el mismo campo y proceder a la quema completa de plantas para evitar su consumo por los animales de corral de la zona y por ende se corta el ingreso de los metales pesados a la cadena de alimentación pasto – animal – humano.
6. Para hacer un uso eficiente, racional y amigable con el medio ambiente recomendamos que las aguas servidas de la ciudad de Ica, se pueden utilizar, mediante un proceso de tratamiento de las aguas servidas con una planta de tratamiento que permite la obtención de un agua, con calidad casi potable para regar los campos de cultivo, como lo viene haciendo la Empresa AGROKASA S.A. en nuestra ciudad.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Garcilazo Cornejo, “Evaluación De La Contaminación Por Metales Pesados del Cultivo de Espárrago (*Asparagus Officinalis*) En Cv. Uc 115- F1 en campo de Agricultores en La Zona Baja del Valle de Ica Con Énfasis en el Cadmio en Turiones”, Tesis, Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, 2021.

[2] O M. Shugulí Coronel, “Determinación de Metales Pesados pos-cosecha en dos hortalizas de consumo directo brócoli y cebolla blanca 2011.”, Tesis, Universidad Central del Ecuador, Quito. 2018.

[3] M. Peris Mendoza, “Estudio de Metales Pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón – España.”, Tesis, Universidad de Valencia., Valencia. 2006.

[4] J. Caso Lombardi, “Determinación de Concentraciones de plomo en maíz (*Zea mays*) procedente de la cuenca del rio San Juan – Chincha”, Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 2020.

[5] E. Calderón, R. Concha, Evaluación de concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la Ciudad de Piura, Trabajo de Investigación, Universidad Nacional de Piura, Piura. 2012.

[6] Y N. Maquerhua Ponce, N C. Valverde Apfata, “Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito “El Mantaro” provincia Dejauja” Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. 2012.

[7] V. Almeyda, “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”, Tesis, Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, 2019.

[8] S R. Lovera Muñoz, “Estudio de la Concentración y Absorción de Macroelementos y Metales pesados en el cultivo de algodón irrigados con aguas servidas en el sector San Pedro Cachiche – Ica.”, Tesis, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica. 2019.

[9] D. A. John, J S. Leventhal, “Bioavaila Bility Metals of major interest in bioavailability studies, as list by the U.S Environmental Protection Agency (EPA)”, 1995 [Online]. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/of/1995/ofr-95-0831/CHAP2.pdf>, [1995].

[10] B J. Alloway, Heavy metals in soils New York, London: Springer, 2013.

[11] D. Mc. Grath. R. Mc Cormack, La importancia de los micro contaminantes orgánicos y de metales pesados en los suelos, Oford, pp. 29. 1999.

[12] Fergusson, “Los elementos pesados: Química, Impacto Ambiental y Efectos sobre la Salud. Pergamon Press”, Oford, pp. 85 – 547. 1990.

[13] M. Lasat, "The use of plants for the removal of toxic metals from contaminated Soil". American Association for the Advancement of Science, Environmental Science and Enginuring Fellow, vol.1, n°1, pp.33. [En línea]. Disponible en: <https://www.clu-in.org/download/remed/lasat.pdf>. Acceso: 2000.

[14] Fitter et al, Biología de la Formación y Desarrollo de las Raíces, Londres: Springer, 1987.

[15] K. Robards, P. Wolsfold, "Cadmium Toxicology and analysis. A review", *Analyst*, vol. 116, N° 6, pp. 549-68, junio 1991. [En línea]. Disponible en: doi: 10.1039/an9911600549. PMID: 1928728. 1991.

[16] A. Cárdenas Morales, “Presencia del cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo – Tingo María – Perú”, Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. 2011.

[17] P. Das, S. Samantaray, G. Rout, “Studies on cadmium toxicity in plants: a review”, ELSEVIER, vol. 98, N° 1, mes, pp. 29-36. 1997.

[18] C. Huamanchumo, " La cadena de valor del maíz en el Perú. Diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas”. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), vol.1, n°1, pp.13-46, noviembre 2013. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/2654>. Acceso: 2013.

[19] L. F. Londoño-Franco, P. T. Londoño-Muñoz, F. G. Muñoz-García. "Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal", *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol. 14 No. 2, pp. 145-153, julio - diciembre 2016 [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/489/630>. Acceso: mayo 2016.

[20] P. Yllanes, A. Vélez-Azañero, S. Lozano, "Efectos Fito tóxicos del Plomo en Maíz Híbrido dekalb (*Zea mays*l.) en Suelo Arenoso y Limoso". *Revista The Biologist*. vol. 12, n°2, pp. 337-348, 2006. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/374/312>. Acceso: julio-diciembre 2014.

[21] A. Correndo, F. García, "Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico; Cultivos extensivos", *Institute-plant-nutrition*, marzo, pp. 1-8. 2012.

[22] A. Domínguez Vivancos, *Tratado de la fertilización*, Madrid: Mundi-Prensa, 1997.

[23] Y. C. Reyes, I. Vergara, O. E. Torres, M. Díaz, E. E. González, "Contaminación por metales pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria", *Revista de Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, Vol 16, N° 2, pp. 66-77, julio-diciembre. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>. Acceso: junio 2016.

[24] M. Carrillo Zenteno, "Variación en la absorción de macronutrientes en híbridos de maíz amarillo duro ACI – Avances en Ciencia e Ingeniería INIAP – Ecuador", *Avances en ciencias e ingenierías*, vol. 1077, n° 22, pp. 72-83, mayo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1077>. Acceso: setiembre 2018.

X ANEXOS

ANEXO N° 1

<p>TÍTULO: “ESTUDIO DE LA CONTAMINACION POR METALES PESADOS EN EL CULTIVO DE MAIZ AMILACEO (<i>Zea mays L.</i>) IRRIGADO CON AGUAS SERVIDAS EN EL SECTOR DE SAN PEDRO- CACHICHE”</p> <p>AUTOR: Mag. Carlos Eusebio Cabrera Vigil</p>			
<p>PROBLEMA: Problema General</p>	<p>OBJETIVOS: Objetivo General</p>	<p>HIPÓTESIS: Hipótesis General</p>	<p>VARIABLES: Variables Independientes</p>
<p>¿Cómo afecta la contaminación por metales pesados al cultivo de maíz irrigados con aguas residuales?</p>	<p>Evaluar la contaminación del cultivo de maíz por metales pesados, presentes en los riegos con agua residuales.</p>	<p>Existen parámetros que determinan la contaminación del cultivo de maíz por efecto de la irrigación con aguas residuales con metales pesados.</p>	<p>Concentración de metales pesados Características físicas químico del suelo, agua y planta.</p>
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicos</p>	<p>Variables Dependientes</p>
<p>P.E.1. ¿Cómo afecta los niveles de concentración de los metales pesados en el cultivo de maíz? P.E.2. ¿en qué medida afecta la absorción de los metales pe4sados al cultivo de maíz? P.E.3. ¿Cómo son afectados los niveles de concentración en las diferentes fases fenológicas del cultivo?</p>	<p>O.E.1. Determinar los niveles de concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en el cultivo de maíz. O.E.2. Evaluar los niveles de absorción por contaminación de metales pesados. O.E.3. determinar los niveles de concentración metales pesados en el cultivo de maíz en cada fase fenológica del cultivo</p>	<p>H.E.1. Se analizará los niveles de concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en plantas de maíz. H.E.2. Se evaluará los niveles de absorción por contaminación de metales pesados. H.E.3. se evaluarán los niveles de concentración de metales pesados del cultivo de maíz en cada etapa fenológica del cultivo.</p>	<p>Suelo, agua y planta contaminado por los metales pesados.</p>

ANEXO N° 2

Informacion Metereologica mensual Noviembre 2021 - Abril 2022						
Meses	Temperatura °C			Horas de sol	Velocidad del viento	Humedad relativa %
	Maxima	Media	Minima			
Noviembre	12.4	18.4	9.9	12.5	8.42	78.9
Diciembre	33.4	20	13.1	14.7	8.24	81.3
Enero	33.7	22.7	14.6	20.5	8.37	75.7
Febrero	35.1	24.2	14.9	20.8	8.14	74.5
Marzo	34.8	25.1	15.4	6.2	8.31	62
Abril	31.2	23.25	15.3	7.65	8.41	80
FUENTE: SENAMHI Servicio Nacional de Metereología e Hidrología del Perú						

ANEXO N° 3



BioSLab

LABORATORIO DE SERVICIOS BIOLÓGICOS

Interpretación solicitada al informe de ensayo N° 6052/05-22

Solicitante : Carlos Cabrera Vigil
 Domicilio legal : Calle Sérvulo Gutiérrez 339 Urb. San Miguel Ica.

En relación a los ensayos microbiológicos realizados a la muestra de Agua residual municipal efluente y destinada para riego de vegetales, son los siguientes:

Parámetros microbiológicos	Resultado	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES DE PTAR	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO	
		LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas ⁽¹⁾	D1: Riego de vegetales ⁽²⁾	
			Agua para riego no restringido ⁽³⁾	Agua para riego restringido ⁽⁴⁾
Bacterias coliformes totales	7 900 000 NMP/100 mL	N/A	N/A	N/A
Bacterias coliformes termotolerantes	7 900 000 NMP/100 mL	10 000 NMP/100 mL	1 000 NMP/100 mL	2 000 NMP/100mL
Escherichia coli	7 900 000 NMP/100 mL	N/A	1 000 NMP/100 mL	N/A

(1) Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales DS N° 933-2010 MINAM. – Disposición complementaria final. ANEXO: Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR.
 (2) Estándares de Calidad ambiental para Aguas (ECA), DS N° 904-2017 MINAM. – Disposiciones complementarias. ANEXO: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales – Subcategoría D1: Riego de vegetales.
 (3) Agua para riego no restringido: Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (E); hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares; cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.
 (4) Agua para riego restringido: Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (E); habas; cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (E); árboles frutales; cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (E); trigo, arroz, avena y quinua; cultivos industriales no comestibles (E); algodón; y cultivos forestales, forrajes pastos o similares (E); maíz forrajero y alfalfa.

N/A, no aplica.

De acuerdo a los "Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales" y a los "Estándares de Calidad ambiental para Aguas (ECA)" los resultados de los ensayos microbiológicos del agua exceden los límites máximos permisibles.

Fecha de emisión: Ica, 06 de junio del 2022



[Signature]
 Dra. Rosa S. Alarcón Díaz
 SERENTE TÉCNICO
 C.S.P. N° 1782

Calle Fermín Tangüis 150 Urb. San Miguel – Ica
 pág. 1

e-mail: bioslabert@gmail.com

ANEXO N° 4



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN AGUA

SOLICITANTE : CARLOS CABRERA VIGIL
PROCEDENCIA : ICA/ ICA/ ICA/ CASERIO CACHICHE/ SECTOR SAN PEDRO
REFERENCIA : H.R. 78007
BOLETA : 5388
FECHA : 06/10/2022

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
2363	Muestra 01/ Parcela 120/ Canal San Jacinto 22-09-2022	< 0.01	< 0.01	< 0.01

El mínimo detectable del espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer AAAnalyst 200 es 0.01 ppm



Dr. Constantino Caluorón Mendoza
Jefe de Laboratorio

ANEXO N° 5



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : CARLOS CABRERA VIGIL
 PROCEDENCIA : ICA/ ICA/ ICA/ CACHICHE
 MUESTRA : HOJAS, TALLO, RAIZ
 REFERENCIA : H.R. 76802
 BOLETA : 5138
 FECHA : 26/05/2022

Número Muestra		N	P	K	Ca	Mg	Pb	Cd	Cr
Lab	Claves	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
917	MUESTRA N° 1	1.09	0.12	1.25	1.03	0.5	12.25	1.36	7.90
918	MUESTRA N° 2	1.85	0.21	2.08	0.33	0.2	2.93	0.48	2.15
919	MUESTRA N° 3	2.41	0.18	1.70	0.49	0.2	4.05	0.35	3.18
920	MUESTRA N° 4	0.64	0.12	0.97	0.93	0.5	17.6	1.25	9.88
921	MUESTRA N° 5	0.81	0.14	1.70	0.21	0.2	1.65	0.28	1.26
922	MUESTRA N° 6	2.66	0.22	1.51	0.54	0.2	3.7	0.25	2.65
923	MUESTRA N° 7	0.81	0.11	0.85	0.71	0.4	12.88	1.03	6.83
924	MUESTRA N° 8	0.78	0.09	1.27	0.16	0.2	1.2	0.15	1.13
925	MUESTRA N° 9	2.07	0.18	1.09	0.56	0.3	4.7	0.53	3.30
926	MUESTRA N° 10	0.60	0.11	0.64	0.85	0.4	15.63	1.28	8.19
927	MUESTRA N° 11	0.98	0.11	1.60	0.25	0.1	1.48	0.20	0.80
928	MUESTRA N° 12	1.29	0.15	1.18	0.62	0.2	2.75	0.50	1.90



Constantino Calderón Mendoza
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946 - 505 - 254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO N° 6



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : CARLOS CABRERA VIGIL
PROCEDENCIA : ICA/ ICA/ ICA/ CASERIO CACHICHE
MUESTRA : GRANOS DE MAIZ
REFERENCIA : H.R. 76803
BOLETA : 5138
FECHA : 26/05/2022

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
929	MUESTRA N° 13	0.68	N.D.	0.63
930	MUESTRA N° 14	N.D.	N.D.	1.13

N.D.: no detectable.



Constantino Calderón Mendoza
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO N° 7



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : SALINIDAD

Procedencia

Departamento : ICA

Distrito : ICA

Referencia : H.R. 76801-070S-22

Solicitante: CARLOS CABRERA VIGIL

Provincia: ICA

Predio : CACHICHE

Boleta : 5138

Lab.	Número de Muestra	C.E. dS/m 1:1	Análisis Mecánico				pH 1:1	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Cationes Cambiables						Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
			Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺				
																	meq/100g			
5509	Muestra 1	2.48	35	50	15	Fr.	8.00	1.43	1.53	53.7	363	9.60	5.53	2.24	0.98	0.85	0.00	9.60	9.60	100
5510	Muestra 2	1.04	35	48	17	Fr.	8.27	1.72	1.19	38.9	351	9.12	5.59	1.91	0.90	0.71	0.00	9.12	9.12	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

No Muest. Lab	Saturación %	pH Pasta Sat.	C.E. Ext.St. dS/m	Cationes Solubles (meq/L)					Aniones Solubles (meq/L)					Boro Soluble ppm	Yeso Soluble %	PSI	
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻				SUMA
5509	33	7.76	3.97	22.75	5.50	1.39	11.83	41.47	0.71	0.00	4.44	21.63	11.20	37.98	0.92	0.04	8.88
5510	33	7.93	3.25	20.05	4.92	1.18	7.91	34.06	0.25	0.00	3.80	21.67	5.40	31.11	0.43	0.04	7.82

Pb	Cd	Cr
ppm	ppm	ppm
3.48	0.22	2.88
6.23	0.25	2.00

La Molina, 30 de Mayo del 2022



Constantino Calderón Mendoza
Jefe de Laboratorio

GALERIA FOTOGRAFICA



Canal de riego con aguas servidas



Obtención de muestra de suelo antes de la siembra



Obtención muestra de suelos termino cultivo



Riego de machaco con aguas residuales



Desinfección de semilla de maíz amiláceo



Siembra



Control de plagas



Riego con aguas residuales



Madurez fisiológica del cultivo

Trabajo de gabinete





