



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Nanofertilizantes en la Producción de Cereales, una Visión
Sostenible: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Mejia Cabello, Andrea Cinthia (orcid.org/0000-0003-3717-7232)

Pumaylle Chumpitaz, Liliana (orcid.org/0000-0002-3222-7280)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA— PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres: Walter Ronald Mejia Osorio y Madeleine Elena Cabello Chávez, por su gran esfuerzo y apoyo incondicional que me brindaron en cada etapa de mi vida, a mis hermanas por alentarme todos estos años. Gracias por ser parte de este gran logro y por confiar en mí.

Andrea Cinthia Mejia Cabello

Dedicatoria

Con admiración y amor a mis padres: Cesar Pumaylle Quispe y Carina Ruth Chumpitaz Flores, por su gran esfuerzo, comprensión y apoyo incondicional que me brindaron en todas las etapas de mi vida, a mis hermanos por motivarme a pesar de las circunstancias. Gracias por confiar en mí, por cuidarme y ayudarme a cumplir una de mis metas.

Liliana Pumaylle Chumpitaz

Agradecimiento

A Dios, por darnos la vida y permitirnos culminar el presente trabajo.

Al Dr. Fernando Sernaque Auccahuasi con gran respeto le expresamos gratitud por su exigencia, preocupación y orientación brindada en el transcurso del desarrollo de nuestra tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice figuras.....	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	3
III.METODOLOGÍA	14
3.1.Tipo y diseño de investigación	14
3.2.Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	16
3.3.Escenario de estudio.....	19
3.4.Participantes	19
3.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.6.Procedimiento	20
3.7.Rigor científico	21
3.8.Método de análisis de datos	23
3.9.Aspectos éticos	24
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
V.CONCLUSIONES	60
VI.RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de las nanopartículas empleadas para la producción de cereales.....	26
Tabla 2 Tipos de aplicación de los nanofertilizantes para la producción de cereales	32
Tabla 3 Efectos de los nanofertilizantes en la altura de la planta de los cereales	42
Tabla 4 Efectos de los nanofertilizantes en el peso seco de brotes de los cereales	46
Tabla 5 Efectos de los nanofertilizantes en la longitud de espiga de los cereales	50
Tabla 6 Efectos de los nanofertilizantes en la longitud de raíz de los cereales....	52
Tabla 7 Efectos de los nanofertilizantes en el peso seco de raíz de los cereales	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales nanofertilizantes encontrados en la producción de cereales en la revisión sistemática	25
---	----

RESUMEN

Los nanofertilizantes son nanopartículas con tamaño a escala nanométrica, los cuales proveen de nutrientes a las plantas. En los últimos años diferentes investigaciones demostraron su aplicación en el cultivo de los cereales. El objetivo general de la presente revisión sistemática fue identificar los nanofertilizantes en la producción de cereales, con respecto a la metodología se realizó la búsqueda de artículos mediante diversas bases de datos de revistas científicas tales como: ProQuest, Science Direct, EBSCO y Scopus por tanto se seleccionaron 48 investigaciones experimentales en idioma inglés y de los últimos cinco años considerados desde el 2017. Concluyendo que el nanofertilizante de óxido de zinc y la aplicación foliar son los más utilizados en la producción de cereales, por lo que influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas.

Palabras clave: nanofertilizante, nanopartículas, parámetros de crecimiento, tipo de aplicación

ABSTRACT

Nanofertilizers and nanoparticles with nanometer scale size, which provide nutrients to plants. In recent years, different research has demonstrated their application in cereal crops. The general objective of the present systematic review was to identify nanofertilizers in cereal production, with respect to the methodology, the search of articles was performed through various scientific journal databases such as: ProQuest, Science Direct, EBSCO and Scopus therefore 48 experimental researches in English language and from the last five years considered since 2017 were selected. Concluding that zinc oxide nanofertilizer and foliar application are the most used in cereal production, so they positively influence plant growth.

Keywords: nanofertilizer, nanoparticles, growth parameters, type of application

I. INTRODUCCIÓN

Se prevé que la población mundial aumente en un promedio de 8.4 mil millones de personas para el año 2029 y a la vez la demanda de alimentos donde es relevante el incremento de la producción de cereales (Europa del Este, América Latina, y África) los cuales son de gran importancia para la dieta (OCDE-FAO,2020), de manera que la agricultura debe ser más sostenible (Heinisch, Jácome y Miricescu, 2019, p.1). Pero al mismo tiempo se incrementa el manejo de fertilizantes químicos generando la sobreexplotación de recursos (Fatima, Hashim y Anees, 2020, p.9), alterando también de manera negativa el equilibrio de nutrientes que se hallan en el suelo por lo que impacta tanto a la flora como la fauna (Zulfiqar, Navarro, Ashraf, Akrame, Munné-Bosch, 2019, p.3), del mismo modo varían las propiedades fisicoquímicas (Kumari y Singh, 2019, p.5), por lo cual disminuye así la fertilidad de las tierras y ocasiona hambrunas (Elemike, Ifeyinwa, Onwundiwe y Babalola, 2019, p.1), en donde alrededor de 2 mil personas padecen la falta de micronutrientes y 800 millones sufren de hambre crónica (FAO, 2017). Además de ello, cuando los componentes de los fertilizantes no son retenidos por las plantas pueden ser transportados por el aire debido a su mal manejo, acarreado el deterioro del recurso hídrico y eutrofización; asimismo al existir la abundancia de nutrientes pueden ser liberados de los suelos hacia la atmósfera o también pueden ser conducidos a las aguas del subsuelo por lixiviación afectando la salud de las personas. Incluso su uso excesivo conlleva a perder las cosechas (FAO, 2019). Por otro lado, el crecimiento de la agricultura es afectado por la salud del suelo, accesibilidad al agua, variaciones del clima (Chhipa, 2017, p.115), reducción de materia orgánica, disminución de nutrientes y detención en la productividad de los cultivos (Pandey, 2018, p.300). En el Perú, una de las actividades de suma relevancia para la economía es la agricultura después de la pesca y la minería (Lluzar, 2019), la cual es el principal medio de existencia de los seres humanos, que se encuentra relacionado de manera directa con el desarrollo y subsistencia de las personas (Lu, Bai, Li y Wang, 2019, p.76). En la

actualidad el sector agrícola investiga tecnologías que sean eficientes, productivas, que no ocasionen impactos hacia el ambiente (Heinish et al., p.1), que realicen una adecuada liberación de nutrientes de modo que se evite la pérdida de los mismos (Marchiol, Lafisco, Fellet y Andamiano, 2020), y a la vez se pueda aumentar la fertilidad de la tierra, conllevando a la mejora del ambiente (Davydov, Sokolov, Hogland, Glinushkin y Markaryan, 2018, p.1). Por lo cual diferentes estudios consideran que los nanofertilizantes contienen dicho potencial (Zulfiqar et al., 2019, p.2), debido a que aumentan el rendimiento en los cultivos al proporcionar un mejor empleo de los mismos (Acharya y Pal, 2020, p.4). Enseguida se formuló el problema general: ¿Cuáles son los nanofertilizantes en la producción de cereales? de acuerdo con los problemas específicos: ¿Qué nanopartículas son utilizadas en la producción de cereales?, ¿Qué tipo de aplicación de los nanofertilizantes es el más utilizado en la producción de cereales?, ¿Cuáles son los efectos de los nanofertilizantes sobre los parámetros de crecimiento de los cereales? La investigación se justifica de manera social porque beneficiará a las autoridades encargadas del sector para que puedan impulsar el desarrollo de nanofertilizantes, de igual manera a los agricultores en la reducción de riesgos, costos y, por ende, a la población (Pitambará, Archana and Shuka, 2019, p.53). También se justifica teóricamente puesto que aportará al conocimiento a través de la contribución de investigaciones de la nanotecnológica (Lira, Méndez, Vera y De los Santos, 2018, p. 397), en el que los nanofertilizantes pueden ser una opción ecológica para los cereales (Rizwan et al., 2019, p.16), fomentando así una agricultura sostenible (Lira, Méndez, Vera y De los Santos, 2018, p.20), la cual se encuentra apoyada con la Ley N° 30987, Ley que Fortalece la Planificación de la Producción Agraria donde propician el uso de tecnologías. En cuanto al objetivo general, identificar los nanofertilizantes en la producción de cereales y referente a los objetivos específicos: describir las nanopartículas utilizadas en la producción de cereales, identificar el tipo de aplicación de los nanofertilizantes más utilizado en la

producción de cereales, describir los efectos de los nanofertilizantes sobre los parámetros de crecimiento de los cereales.

II. MARCO TEÓRICO

Ahmadian, Jalilian y Pirzad (2021); investigaron el efecto de los nanofertilizantes en la eficiencia y rendimiento del uso del agua en trigo en Irán. Por lo tanto, realizaron bloques al azar en parcelas con riego deficitario y riego completo, subparcelas empleando nanofertilizantes de boro, zinc y silicio. Para la preparación de los nanofertilizantes disolvieron los compuestos de zinc, boro y silicio en un poco de agua, seguidamente lo pusieron en un agitador, luego agregaron ácido orgánico, esperaron a que se disolviera y secaron en un horno. Realizaron ocho tratamientos, sembraron en hileras en una superficie de 200 kg ha⁻¹, aplicaron urea y sulfato de potasio. Los resultados mostraron que con el nano silicio el número de 1000 granos aumentó en un 38% con los dos regímenes de riego y mejoró la altura del trigo en un 26% con riego al 100% en contraste con el tratamiento de control; en cuanto al peso, el nano silicio aumentó en 45 y 40% con riego al 50% y 100% respectivamente; por otro lado el nano-zinc demostró mayor efecto en el contenido de proteína con un 26.5% en contraste con el tratamiento de control; en el contenido de agua relativo, el nanofertilizante de silicio bajo regímenes deficientes de riego demostró un aumentó de 15% y en regímenes de riego total aumentó un 15%. En consecuencia, los resultados evidencian la relevancia de los nanofertilizantes para el desarrollo del trigo y protección ante el estrés del riego.

Hussain et al. (2021); señalan como objetivo explorar los impactos que tiene la combinación de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO), hierro (Fe) y silicio (Si) en la ingesta de cadmio (Cd) por parte de las plantas en tierra contaminada con Cd y el crecimiento del trigo. Para la investigación utilizaron un campo agrícola contaminado con Cd y las nanopartículas (NPs) de Fe, Si y ZnO obtenidas por medio de Thermo Fisher Scientific y Alfa Aesar. Para ello realizaron 8 tratamientos con 4 réplicas en el que aplicaron los fertilizantes NPK (40, 60 y 20 kg/ha), asimismo aplicaron

foliarmente las nanopartículas en la cuarta, sexta y octava semana de sembrar las semillas. En los resultados obtuvieron que el rendimiento del grano aumentó un 54% y el peso se incrementó en un 28% por medio de la aplicación de NPs, la adsorción de Cd en el grano se redujo un 98% y la adsorción de Cd en la paja de trigo un 88% con el T8 donde aplicaron las tres NPs. Concluyendo que el uso de NPs de Si, Fe y ZnO reducen la acumulación y adsorción de Cd en los granos de trigo, asimismo incrementan el rendimiento y peso de los granos.

Kumaraswamy et al. (2021); investigaron el efecto del nanofertilizante de quitosano de silicio (CS-Si) en el estado de defensa antioxidante liberación, rendimiento y desarrollo de *Zea mays L.* En la metodología realizaron tratamientos de control, SiO₂, quitosano a granel (0.01% p/v), dióxido de silicio (0.01% p/v) y nanofertilizante de quitosano-silicio en concentraciones de 0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16% p/v. Para lo cual elaboraron una solución con ácido acético y quitosano mediante agitación permanente, luego de ello filtraron con papel filtro, por consiguiente, disolvieron en agua ultrapura y almacenaron en temperatura ambiente para su posterior aplicación. En la siembra emplearon macetas en red, con un diseño de bloques aleatorio y después de 55 días realizaron la aplicación foliar a los tratamientos correspondientes. Los resultados de esta investigación reflejan que la liberación del nanofertilizante tuvo un comportamiento lento de acuerdo al pH (4,5); con un tiempo de 168 horas en estudio in vitro; el nanofertilizante de CS-Si en concentraciones de 0.01 – 0.16% obtuvo mayor crecimiento (164, 64 cm) en contraste con el tratamiento de SiO₂; igualmente observaron variaciones significativas en la altura (245 cm) y rendimiento (3.42 kg/parcela) de la planta en concentración de 0.08% de nanopartículas de CS-Si. Por lo que concluyen que el nanofertilizante de CS-Si podría ser mejor elaborado con otros nutrientes como respuesta ante las deficiencias de nutrientes.

Adrees et al. (2020); resaltaron la eficiencia de nanopartículas de hierro (Fe) en la acumulación de cadmio (Cd) y el estrés por la sequía en el

trigo. Para dicha investigación utilizaron suelo contaminado con Cd por el riego de aguas residuales y las nanopartículas de Fe a través de Alfa Aesar, luego añadieron 5 kg de suelo en cada maceta y agregaron diferentes niveles de NPs de Fe previo a la siembra (0, 20, 50 y 100 mg/kg). Para la siembra limpiaron las semillas con hipoclorito de sodio por 2 min para luego colocar 8 semillas en cada maceta. Después de dos semanas añadieron los fertilizantes NPK (120, 50, 25 kg/ha) y usaron agua del grifo para el riego al 70% de la capacidad de retención de agua del suelo (WHC), luego de 45 días de la germinación emplearon dos niveles de agua: control (70% WHC) y estrés por sequía (35% WHC) los cuales se aplicaron en el tiempo restante de crecimiento. Los resultados muestran que las NPs de Fe aportaron al crecimiento de las plantas puesto que al aplicar 100 mg/ha aumentó la altura de la planta en un 31% en condiciones de estrés por sequía. Concluyendo que las NPs de Fe han sido eficientes ya que se observó un cambio en el crecimiento del trigo.

Esper et al. (2020); tuvo como objetivo investigar los cambios en el desarrollo y crecimiento de plántulas de maíz después de la aplicación de los nanofertilizantes de cobre (Cu). Para lo cual prepararon las semillas con nanopartículas de CuCl_2 , nanopartícula (NP) de CuO y CuO a granel y las sumergieron en concentraciones de cebado (0, 20, 40, 80 y 160 mg. L^{-1} Cu). Obteniendo como resultado respecto a semillas muertas 10.4, 9.5 y 11.0% para CuO NP, CuO a granel y CuCl_2 proporcionalmente; con relación a plántulas con anomalía obtuvieron 5.3 % en CuO a granel, 7.3% en CuCl_2 y 6.1% en CuO NPs; en el vigor un promedio de 74.3, 79.1 y 74.5% para CuO NPs, CuCl_2 y CuO a granel, correspondientemente; en cuanto a la germinación un promedio de 81.2, 82.5 y 84.8% para CuO NPs, CuO Bulk y CuCl_2 proporcionalmente. Concluyendo que las nanopartículas de CuO parecen ser mejor que el CuCl_2 y CuO a granel para el cebado de semillas de maíz, adicionalmente evidenciaron el riesgo de CuCl_2 para cebar semillas es especialmente en concentraciones mayores. Por otro lado, no encontraron efectos tóxicos en el desarrollo de plántulas sobre las nanopartículas de CuO .

Sharma et al (2020); mencionan como objetivo ofrecer un nanofertilizante biodegradable de quitosano compuesto por cobre (Cu) y ácido salicílico (SA) sobre la actividad de la fuente en el maíz. Para esta investigación utilizaron el método de gelificación iónica y la coencapsulación de Cu y SA para luego ser aplicado foliarmente sobre las semillas de maíz, también realizaron el crecimiento in vitro de las plántulas donde aplicaron los tratamientos del nanofertilizante en distintas concentraciones (0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16% p/v), agua (control), quitosano a granel (0.01% p/v), SA (0.01% p/v) y CuSO₄ (0.01%). En los resultados demostraron que con la concentración de 0.16% aumentó el diámetro del tallo (2.13 cm), número de raíces (22.9 cm) y longitud de la raíz (44.61 cm). Concluyendo que el desarrollo de nanofertilizantes a partir de quitosano es eficiente puesto que aumentó la longitud de la raíz, número de raíces y diámetro de tallo.

Ali et al., (2019); investigaron los impactos de las nanopartículas (NPs) de silicio (Si) aplicadas en el suelo y foliarmente sobre el trigo en el crecimiento y acumulación de cadmio (Cd). Para la investigación utilizaron suelo contaminado con Cd y NPs de Si de Alfa Aesar, luego dividieron en dos grupos las macetas debido a que una parte aplicaron foliarmente y la otra en el suelo en diferentes concentraciones (0, 300, 600, 800 y 1200 mg/kg) para ambos. En los resultados demostraron que, las concentraciones de 300, 600, 900 y 1200 mg/L de NPs de Si aumentó la longitud de los brotes en un 20, 34, 49 y 54% con la aplicación foliar mientras que, la aplicación al suelo aumentó un 9, 24, 33 y 42%. Por otro lado, la aplicación foliar (300, 600, 900 y 1200 mg/L) disminuyó las concentraciones de Cd en los granos en un 20, 52, 75 y 82%, en las raíces un 19, 41, 52 y 64% y en los brotes un 29, 45, 54 y 65%. Concluyendo que las NPs de Si puede aumentar la longitud de los brotes del trigo y disminuir en el suelo las cantidades de Cd biodisponibles; por lo tanto, se podría aplicar para controlar la acumulación de metales en los cereales.

Bala, Kalia y Dhaliwal (2019); en su investigación emplearon partículas de óxido de zinc (ZnONP) a nanoescala con la finalidad de mejorar los síntomas de deficiencia de zinc (Zn) en el cultivo de arroz en suelo con falta de Zn. En la cual cultivaron arroz en bandejas y después de un mes las trasladaron a macetas hasta la manifestación de las deficiencias de Zn. Luego realizaron la aplicación foliar en cuatro concentraciones de 0, 0.5, 1.0 y 5.0 g L⁻¹ de ZnONP con intervalos de 15 días. Obteniendo como resultado en las propiedades químicas del suelo: disminución del pH (8.26%) en 1.0 g L⁻¹ de ZnONP, respecto al carbón orgánico tuvo un máximo de 0.39% en 5.0 g L⁻¹ de ZnONP. En los macronutrientes, el potasio mayor registró 174.05 kg ha⁻¹ en 1.0 g L⁻¹ de ZnONP; el fósforo mayor se obtuvo (16.17 mg ha⁻¹) en la muestra de control y consecutivamente en la concentración de 5.0 g L⁻¹ de ZnONP con 15.67 kg ha⁻¹; el contenido máximo de nitrógeno registró 32.0 mg Kg⁻¹ en 1.0 y 5.0 g L⁻¹ de ZnONP. También alteraron la longitud de la planta con un máximo de 74.20 cm en 5 g L⁻¹, el contenido de zinc en el grano registró 20.28 mg Kg⁻¹ y en el brote mayor registró 120.39 mg Kg⁻¹. Por tanto, corroboraron el potencial de nanofertilizantes ante la deficiencia de Zn.

Choudhary et al., (2019): en su investigación desarrollaron nanopartículas de quitosano para proveer la liberación lenta de iones de zinc (Zn), fomentar el crecimiento, rendimiento del maíz y protección frente a la mancha foliar debido a *Curvularia lunata*. En la metodología realizaron tratamientos de; control (agua), fungicida (0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16 p/v). Para la síntesis, disolvieron el quitosano en ácido acético con continua agitación. En una solución de quitosano agregaron tripolifosfato de sodio para la reticulación mientras tanto agregaron sulfato de zinc; y por medio de liofilizador obtuvieron el polvo seco, luego almacenaron las nanopartículas de zinc-quitosano en temperatura ambiente hasta su aplicación. Después de 35 días de la cosecha realizaron la aplicación foliar, al pasar 10 días de dicha aplicación agregaron *C. lunata* en las hojas. Como resultados obtuvieron que las nanopartículas inhibieron el crecimiento micelial, donde el mayor registró un 65,19% y en la germinación de esporas (*C. lunata*) in vitro registró un

máximo control de 73.34%, ambos en concentraciones de 0.12% en contraste con el tratamiento de control. En cuanto al cultivo de campo el crecimiento máximo de la planta registró 221.77 cm (día 88 de cultivo) y el peso máximo de 100 granos registró 35.17 g (día 95 de cultivo), ambos en concentraciones de 0.08% y en contraste con el tratamiento de control.

Hussain et al. (2019); demostraron los posibles impactos que tienen las nanopartículas de óxido de hierro (Fe NPs) para mitigar los efectos tóxicos que tiene el cadmio (Cd) en el trigo. Para la investigación utilizaron suelo contaminado con Cd y nanopartículas de hierro (Fe) de Alfa Aesar en el cual aplicaron dos tipos de métodos, foliarmente y otro aplicado al suelo. En los resultados observaron que las NPs de Fe a una concentración de 20 mg/kg aumentó en un 54% la longitud de la espiga tanto la aplicación al suelo como foliarmente. Por otro lado, la aplicación foliar de 5, 10, 15 y 20 mg/L disminuyó las concentraciones de Cd en las raíces un 20%, 27%, 45% y 56%, en los granos un 23%, 35%, 75% y 84% y en los brotes un 11%, 26%, 37% y 53%; y la aplicación en el suelo de 5, 10, 15 y 20 mg/kg de NPs redujo en las raíces un 12%, 28%, 46% y 49%, en los granos un 23%, 30%, 72% y 81% y en los brotes un 13%, 38%, 38% y 53%, respectivamente. Concluyendo que el uso de NPs de Fe aumentaron la longitud de la espiga y disminuyeron las concentraciones de Cd, además la aplicación foliar es más eficiente que la aplicación en el suelo puesto que la absorción de Fe puede ser afectada por el pH.

Nandhini et al. (2019); evaluaron el impacto de las NPs de ZnO con saponina para la resistencia a enfermedades del mildiú vellosa y el desarrollo en el mijo perla. Para su tratamiento realizaron muestras de 150, 200, 250 ppm de ZnO NPs de modo que sumergieron las semillas en las NPs durante 6 horas, después de ello secaron a la sombra, mientras que remojaron las semillas de control en agua destilada. Posterior al tratamiento mantuvieron las semillas en germinación por medio de papel toalla. Luego cultivaron macetas con arena esterilizada

mediante autoclave y llena de tierra, por consiguiente, regaron las macetas. Los resultados de esta investigación demuestran variaciones en el contenido de zinc (Zn) con un máximo de 47.055 mg en 200 ppm de ZnO NPs. En condiciones de invernadero mejoraron el peso seco (3.13 g) en 250 ppm de ZnO NPs, peso fresco (13.7 g) y la altura de la planta (35.06 cm) en concentraciones de 200 ppm de ZnO de NPs; también las nanopartículas de 100 ppm de óxido de zinc demostraron un apoyo de 79% frente al mildiú vellosa, mientras que con 250 y 200 ppm un 59% de protección a las plantas. Por ende, concluyen que el uso de ZnO NPs pueden incitar efectos de resistencia frente a *Sclerospora graminicola* en el mijo perla y aumentar su crecimiento; además indican que la ZnO NP es una opción respetuosa con el ambiente ante los fertilizantes convencionales.

Rizwan et al. (2019); investigaron los efectos que tiene la preparación de semillas con nanopartículas de hierro (Fe) y óxido de zinc (ZnO) sobre la acumulación y crecimiento de cadmio (Cd) por el trigo. Utilizaron nanopartículas de Alfa Aesar y semillas de trigo Lassani-2008 las cuales acumulan concentraciones de Cd, después prepararon las semillas con diferentes concentraciones de NPs de ZnO (0, 25, 50, 75, 100 mg/L) y NPs de Fe (5, 10, 15, 20 mg L⁻¹) donde sembraron 8 semillas en cada maceta de 5 kg de suelo y regaron luego de 20 días de siembra con una solución de fertilizante (25, 50, 125 kg de NPK) por hectárea. En los resultados mostraron que con 100 mg/L de NPs de ZnO y 20 mg/L de NPs de Fe aumentó la altura de la planta (37 y 35%) y peso seco de los brotes (53%), en las espigas (69%) y en las raíces (49%), además con 100 mg/L de NPs de ZnO las concentraciones de Cd disminuyeron un 55% en las raíces, en los granos un 83% y en los brotes un 38%. Concluyendo que las NPs de Fe y ZnO reducen la concentración de Cd en los granos de trigo y por ende se puede emplear esta técnica ecológica.

Samart y Chutipaijit (2019); aplicaron NPs de ZnO en arroz pigmentado. Para esta investigación utilizaron semillas de arroz (*Oryza sativa L.*) que

fueron germinadas durante 2 días en agua destilada para luego ser colocadas en macetas llenas de tierra, después de 30 días complementaron con el fertilizante químico (16, 20, 0 de N-P₂O₅-K₂O). Luego de 60 días aplicaron las nanopartículas de ZnO obtenidas de Global Chemical en diferentes concentraciones (0, 200, 400 y 800 mg L⁻¹). Los resultados muestran que las nanopartículas con 200 mg L⁻¹ de ZnO tuvieron mayor impacto en el peso de las pantas en un 122-160% y altura de las plantas en un 105-113%. Concluyendo que las nanopartículas de ZnO pueden tener un efecto en la productividad y crecimiento en el arroz pigmentado.

Dapkekar, Deshpande, Oak, Paknikar y Rajwade (2018); tuvieron como finalidad desarrollar nanofertilizantes de quitosano complejadas con zinc (Zn) para la fertifortificación en trigo duro (UC 1114 y MACS 3125) y, también evaluaron su eficacia ante el sulfato de zinc convencional. Por lo cual disolvieron 0.3 g de quitosano en 1% de ácido acético y agregaron 0.1 g % de sulfato de zinc, en seguida agitaron la solución y sintetizaron con 40 mg L⁻¹ de zinc. Cultivaron el trigo durante 4 temporadas seguidas, antes de la siembra fertilizaron la parcela con P (40 kg/ha), N (60 kg/ha) y K (20 kg/ha). Con 6 tratamientos de; agua (T0), urea (T1), urea más sulfato de zinc (Zn 400 mg L⁻¹) (T2), urea con ZnSO₄ (Zn 40 mg L⁻¹) (T3), urea con nanopartículas (Zn 40 mg L⁻¹) (T4), urea más nanopartículas (Zn 4 mg L⁻¹) (T5). De modo que con la aplicación foliar tuvieron como resultado variaciones en el contenido de zinc (59,4 µg⁻¹) en el T2; respecto a las proteínas, el contenido demostró aumento (18.2 µg⁻¹) en el T4 y la longitud máxima de la espiga (7.48 cm) en el T0. Con relación a los genotipos, el UC 1114 demostró mejores concentraciones de proteína (18.6%), hierro (59,8 µg⁻¹) y zinc (48,9 µg⁻¹). Por ende, indican el gran potencial de los nanofertilizantes para el incremento del contenido del Zn ante la desnutrición del mismo.

Hussain et al (2018); exploraron los impactos que tiene el cadmio (Cd) y las NPs de ZnO en el crecimiento y rendimiento en el trigo. En esta investigación utilizaron un campo contaminado con Cd y nanopartículas

de ZnO de Alfa Aesar. Para la exposición de NPs de ZnO, la mitad de ellas rociaron foliarmente con diferentes concentraciones (0, 25, 50, 75 y 100 mg L⁻¹) durante distintos intervalos de tiempo y la otra mitad aplicaron al suelo (0, 25, 50, 75 y 100 mg Kg⁻¹), después de 15 días procedieron a colocar las semillas. En los resultados observaron que, la aplicación de las concentraciones de 25, 50, 75 y 100 mg Kg⁻¹ al suelo aumentó la longitud de los brotes en un 10, 23, 33 y 43%, mientras que la aplicación foliar aumentó un 21, 35, 50 y 55%. Además, las concentraciones de Cd en las raíces disminuyeron con la aplicación foliar en un 25-64%, en los granos entre un 30-77% y en los brotes entre un 20-77%, pero con la aplicación en el suelo disminuyó en las raíces un 23-60%, en los granos entre un 16-78% y en los brotes entre un 17-68%, respectivamente. Concluyendo que, las NPs de ZnO aumentaron la longitud de los brotes y disminuyeron las cantidades de Cd.

Los nanofertilizantes permiten absorber de manera fácil los nutrientes por lo que mejoran la eficiencia, disminuyen el uso de fertilizantes químicos y causan menor daño al ambiente (Elemike et al., 2019, p.10). Además, proporciona un mejor manejo del suelo ante los fertilizantes convencionales debido a la liberación lenta de nutrientes, lo que contribuye al crecimiento de las plantas (Al-Mamum et al., 2021, p.8), y a tener un suelo más productivo (Javad, 2020, p.146). De modo que con su aplicación las pérdidas serán menores por lo cual resulta ser una buena alternativa (Fatima et al., 2020, p.5) para el desarrollo sostenible (Abd El-Azeim, Sherif, Hussien, Tantawy y Bashandy, 2020, p.389).

Los nanofertilizantes son los nanomateriales con tamaño de 1 a 100 nanómetros que proveen de nutrientes a los cultivos y mejoran el rendimiento (Liu y Lal, 2015, p.132), debido a que otorgan de manera controlada los nutrientes conforme a los requerimientos de las plantas (Javad, 2020, p. 146). Adicionalmente permite obtener productos de calidad con gran potencial en donde los agricultores son beneficiados (Zulfiqar et al., 2019, p.8).

En base a los requerimientos de nutrientes, las nanopartículas se clasifican en: micro-nanofertilizantes y macro-nanofertilizantes (Chhipa, 2017, p.16). Los micronutrientes son elementos químicos que las plantas necesitan en cantidades pequeñas para su desarrollo y crecimiento. Los cuales comprenden el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), cloruro (Cl), molibdeno (Mo), boro (B) y manganeso (Mn) (Javad, 2020, p.136). Los macronutrientes son las sustancias minerales que las plantas necesitan en cantidades mayores. Estos incluyen el magnesio (Mg), calcio (Ca), azufre (S), potasio (K), nitrógeno (N), y fósforo (P). Adicionalmente el oxígeno (O), hidrógeno (H) y carbono (C) se encuentran disponibles en cantidades mayores en la atmósfera y son aprovechados rápidamente por las plantas (Salama, Abd El-Aziz, Rizk y Abd Elwahed, 2021, p.3).

Existen diversos tipos de nanopartículas como: compuestos poliméricos, óxidos metálicos (cerámica), carbono y metales (Khan, Saeed y Khan, 2019, p.909-910). En cuanto a óxidos metálicos son sintetizados regularmente como dióxido de silicio (SiO_2), dióxido de titanio (TiO_2), óxido de cerio (CeO_2), óxido de zinc (ZnO), óxido de aluminio (Al_2O_3), y óxido de hierro (Fe_2O_3). Dichas nanopartículas contienen propiedades singulares en contraste con las metálicas (Ealia y Saravanakumar, 2017, p.2-3). Las nanopartículas a base de carbono son grafeno, fibras de carbono, fullerenos y nanotubos de carbono (Saeed y Khan, 2015, p.1). Los metales empleados para la generación de nanopartículas son: zinc (Zn), oro (Au), plata (Ag), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu), cobalto (Co) y hierro (Fe) (Ealia y Saravanakumar, 2017, p.2).

La aplicación de los diferentes nanofertilizantes se realiza a través de diversos métodos como la fertilización del suelo, aplicación foliar (Jubeir y Ahmed, 2019, p.268) y cebado de semilla (Chakma, Saekong, Biswas, Ullah y Datta, 2021, p.2). En cuanto a la aplicación en el suelo los nutrientes son absorbidos por medio de las raíces por lo que facilita la circulación de los nutrientes (Mejias et al., 2021, p.5), de modo que permite la nutrición de las plantas y sucesivamente tiene la posibilidad de comportarse como sumidero de nanopartículas (Rajput et al., 2020,

p.138). Mientras que la aplicación foliar consiste en pulverizar los cultivos con el fertilizante (Marchiol, Lafisco, Fellet y Adamiano, 2020, p.36), donde su aplicación ha demostrado beneficios, comprendiendo la calidad y rendimiento en la poscosecha (Alshaal y El-Ramady, 2017, p.75). Por otro lado, la aplicación conjunta de ambos métodos demostró variaciones en la fisiología y en el crecimiento de la planta (Attia y Elhawat, 2021, p.7). En cuanto al cebado de semilla, consiste en remojar (Younis, Abdel-Aziz y Heikal, 2019, p.395) o exponer las semillas en diferentes concentraciones (Chakma, Saekong, Biswas, Ullah y Datta, 2021, p.2). De esta manera para que los métodos de aplicación logren una producción de forma sostenible se debe realizar de acuerdo a los requisitos que se necesite (Zia-Ur-Rehman et al., 2020, p.226).

Los cereales son plantas ricas en fibra, minerales, nutrientes (Lázaro y Domínguez, 2019, p. 23), proteínas y grasas (Reyes et al., 2009, p. 14). De igual manera sus productos son fuentes relevantes de nutrientes y energía debido a que aportan cobre, hierro, carbohidratos, ácido fólico y manganeso en niveles superiores al 30%. Los productos en función a los cereales contienen alrededor del 10 y 20% de vitamina B6, calcio, potasio, sodio y alrededor del 20 y 30% de fósforo, zinc y tiamina; por tanto, son fundamentales para la dieta (Laskowski Górska-Warsewicz, Rejman, Czeczotko y Zwolinska, 2019, p.14). Uno de los cultivos relevantes a nivel mundial es el maíz, el cual tiene gran variedad de aplicaciones como para la producción de alimentos, forraje y la industria donde se elabora el aceite de maíz, palomitas de maíz, maíz para bebés y almidón de maíz (Adhikari, Sarkar, Mashayekhi y Xing, 2016, p.100). Por otro lado, se clasifica en: maíz blanco, el cual se produce para América Latina, el sur de Asia y África bajo una enorme gama de condiciones del clima, este tiene un precio superior debido a que se consume más; y el maíz amarillo es cultivado especialmente para la alimentación animal en la mayor parte de países del hemisferio norte, asimismo en el futuro la producción de maíz aumentará de 193 Mt a 1315 Mt en Ucrania, China, Argentina, Estados Unidos y Brasil. Su éxito se debe a su adaptabilidad geográfica, elevada productividad (OCDE-FAO,

2020, P.138) y también debido a que los agricultores dedican tiempo para elegir los granos plantados (Rodríguez-González, Terashima y Fujishima, 2019, p.64). El arroz es cosechado en todo el mundo por lo que se anticipa que en el año 2029 se logre 582 toneladas, en donde se predice que Asia será el mayor aportador (OCDE-FAO, 2020, p.140). Los granos de arroz contienen alrededor del 80% de carbohidratos que comprenden dextrina, sacarosa, glucosa y almidón (Verma y Srivastav, 2017, p.22). Para su obtención debe pasar por diversos procesos, que abarca la cosecha, secado y fresado. Los subproductos que incluye son: salvado, cascarilla, cerveros y paja (Khair y Pan, 2019, p.22). Por tanto, es un alimento fundamental y de gran importancia para la evaluación de las nanopartículas (Thuesombat, Hannongbua, Akasit y Chadchawan, 2014, p.303). El trigo es considerado por más del 50% de la población mundial como uno de los cereales más importantes (Wang et al., 2021, p.9), ya que es una fuente de calorías alimentarias y de proteínas vegetales como la mayoría de sus productos (sémola, pan, bulgur y fideos). Además, tiene un gran impacto en el comercio de alimentos a nivel mundial, puesto que cubre alrededor de un 14% de los cereales. Sin embargo, se encuentra en el segundo puesto, debido a que sus rendimientos son menores que los del maíz (OCDE-FAO, 2020, p.137).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación aplicada está dirigida a la solución de problemas con el apoyo de la tecnología (Esteban, 2018, p.3), protocolos, metodologías y conocimiento científico (CONCYTEC 2018). Por ende, tiene la posibilidad de satisfacer una necesidad específica (Baena, 2014, p.11). Por ello se estableció la investigación aplicada ya que se empleó conocimientos y metodologías de investigaciones como alternativa ante los fertilizantes convencionales.

Diseño de investigación

La investigación cualitativa describe experiencias o procesos de modo que tiene como propósito comprender los fenómenos o experiencias de forma profunda por medio de datos, los cuales se escogen considerando los objetivos planteados (Cruz y Tántia, 2016, p.81), es decir se basa en teorías o datos cualitativos y para aplicarlo primero se debe interpretar los conocimientos (Bansal, Smith y Vaara, 2018, p.1189). El enfoque narrativo de tópicos busca recoger información, orientado hacia un suceso o fenómeno (Salgado, 2007, p.72-73), basándose en la temática planteada (Dessavre y Ramírez-Márquez, 2019, p.82). De manera que la presente investigación es cualitativa, narrativa de tópicos debido a que se analizó la información de los diferentes nanofertilizantes por medio de artículos de investigación cuyo propósito es alcanzar el objetivo establecido mediante los resultados de trabajos preliminares.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
¿Qué nanopartículas son utilizadas en la producción de cereales?	Describir las nanopartículas utilizadas en la producción de cereales	Nanopartículas para la producción de cereales (Rajput et al., 2020, p.140)	<p>Óxido de zinc (Hussain et al., 2018, p.1519)</p> <p>Hierro (Adrees et al., 2020, p.2)</p> <p>Plata (Yang et al., 2018, p.5)</p> <p>Hidróxido de magnesio (Shinde, Paralikar, Ingle y Rai, 2020, p.3173)</p> <p>Quitosano de Cobre (Sharma et al., 2020, p.227)</p> <p>Quitosano de Silicio (Kumaraswamy et al., 2021, p.54)</p> <p>Silicio (Ahmadian et al., 2021, p.2)</p>	De acuerdo al requerimiento de nutrientes de las plantas (Sharma et al., 2020, p.2)	De acuerdo al aporte que ofrecen los nanofertilizantes (Wang et al., 2021, p.9)

			<p>Quitosano de Zinc (Dapkekar et al, 2018, p.5)</p> <p>Zinc (Ahmadian et al., 2021, p.2)</p> <p>Magnetita (Li et al. 2020, p.2)</p> <p>Boro (Ahmadian et al., 2021, p.2)</p> <p>Óxido de Manganeso (Dimkpa et al., 2018, p.2)</p> <p>Cobre (Yasmeen et al. 2018, p.327)</p>		
¿Qué tipo de aplicación de los nanofertilizantes es el más utilizado en la producción de cereales?	Identificar el tipo de aplicación de los nanofertilizantes más utilizado en la producción de cereales	Tipos de aplicación (Fatima et al., 2020, p.8)	<p>Aplicación foliar (Li et a., 2020, p.2)</p> <p>Aplicación al suelo (Noman et al. 2020, p.3)</p> <p>Cebado de semillas (Rizwan et al., 2019, p.270)</p>	Por los efectos en el desarrollo del cultivo (Marzouk, Abd-Alrahman, EL-Tanahy y Mahmoud, 2021, p.5)	Conforme a las concentraciones de los nanofertilizantes (Dapkekar et al, 2018, p.3)
¿Cuáles son los efectos de los	Describir los efectos de los	Parámetros de crecimiento	Altura de la planta (Adrees et al., 2020, p.3)	De acuerdo al nanofertilizante	De acuerdo a las concentraciones

<p>nanofertilizantes sobre los parámetros de crecimiento de los cereales?</p>	<p>nanofertilizantes sobre los parámetros de crecimiento de los cereales</p>	<p>(Adrees et al., 2020, p.3)</p>	<p>Longitud de raíz (Itrotwar, et al., 2020, p.719) Peso seco de brotes (Hussain et al., 2018 p.1520) Longitud de espiga (Rizwan et al., 2019, p.127) Peso seco de raíz (Rostamizadeh et al., 2021, p.130)</p>	<p>empleado (Rizwan et al., 2019, p. 271)</p>	<p>de los nanofertilizantes (Samart y Chutipaijit, 2019, p.1989)</p>
--	---	-----------------------------------	--	---	--

3.3. Escenario de estudio

Es el ambiente o contexto de estudio (Hernández, 2014, p.514), en donde la elección está vinculada con los problemas y finalidad de la investigación (Cardos, De Mello, Gomes De Oliveira y Evangelista, 2014, p.469-470), de tal forma que es importante la descripción detallada y particularizada (Salinas, 2015, p.8).

En lo que respecta al escenario de estudios de la presente revisión sistemática fueron los ámbitos donde se desarrollaron los cultivos, los cuales se llevaron a cabo en macetas, parcelas, in vitro y en campo. Así como también las plantas de cereales con la aplicación de diversos nanofertilizantes considerando los tipos de aplicación y sus efectos.

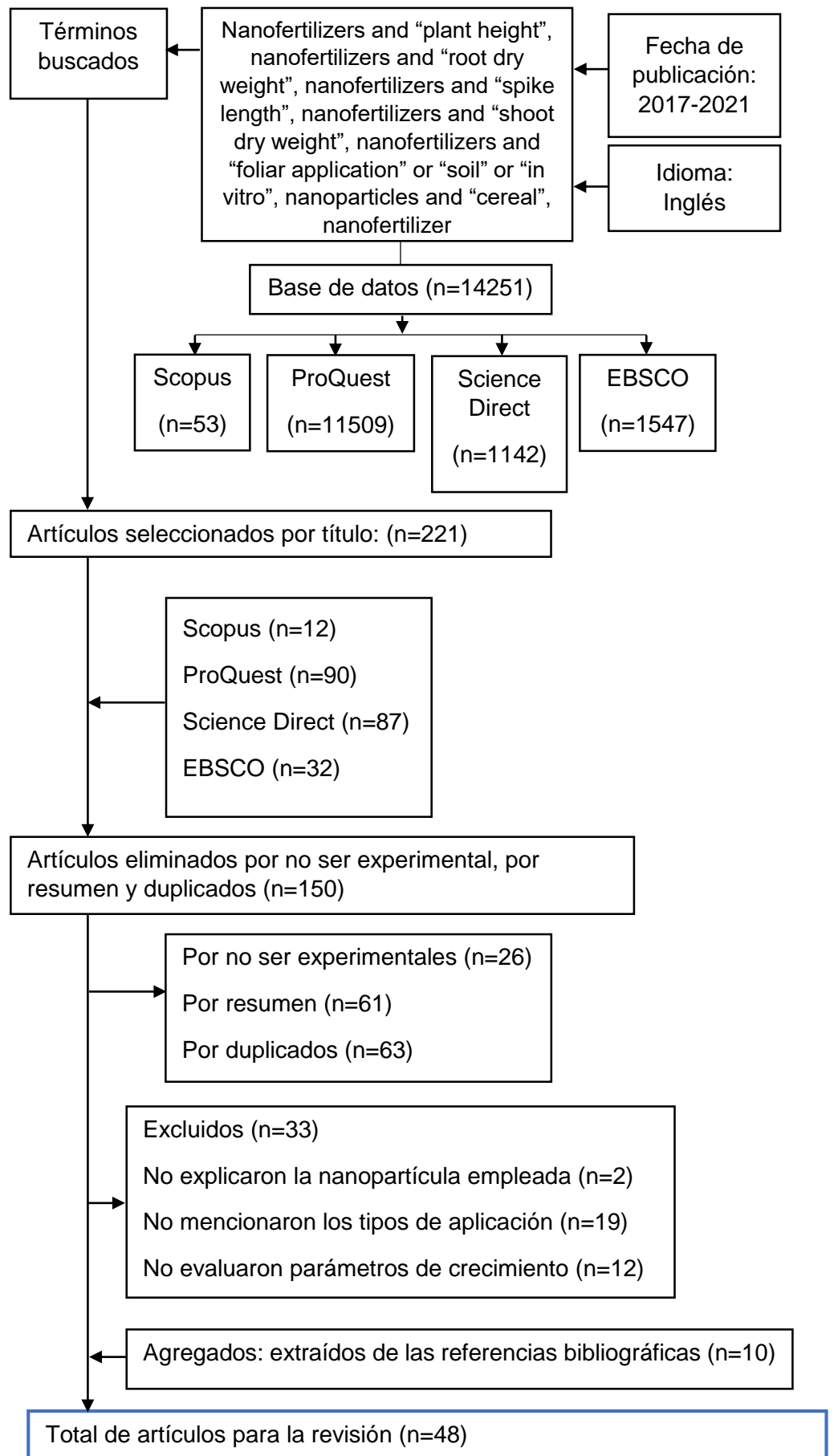
3.4. Participantes

Los participantes se constituyeron por fuentes de información basadas en artículos de revistas indexadas, las cuales se obtuvieron en la biblioteca virtual institucional y diversas bases de datos como: Scopus, ProQuest, Science Direct y EBSCO.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó la técnica de análisis documental, que consta en buscar, organizar y leer de manera completa los documentos (Quintana y Montgomery, 2006, p.66), es decir dichos documentos (artículos científicos) son analizados (Zeegers y Barron, 2015, p.78), permitiendo así categorizar los datos obtenidos (Palacio, Gómez, Pulido, Cuevas y Dimaté, 2017, p.128). Por ello para la síntesis de la información recopilada (Hernández-Ayala y Tobón-Tobón, 2016, p.401), se utilizó el instrumento de fichas de análisis de documentos (Palacio et al., p.236) de los artículos científicos escogidos. (Ver anexo 1)

3.6. Procedimiento



En la búsqueda de información se emplearon palabras claves para la definición de artículos. Las cuales son: nanofertilizers and “plant height”, nanofertilizers and “root dry weight”, nanofertilizers and “root length”, nanofertilizers and “foliar application” or “soil” or “in vitro”, nanoparticles and “cereal”, nanofertilizer.

Para la obtención de la información se consideraron criterios de búsqueda, que incorporaron solo artículos del año 2017 al 2021 y en idioma inglés. El total de artículos recopilados fue (n=14251) donde: Scopus (n=53), ProQuest (n=11509), Science Direct (n=1142) y EBSCO (n=1547), seguidamente se seleccionó artículos en base a títulos consiguiendo un total de (n=221). Después se realizó una revisión en base a artículos que no son experimentales, resúmenes y duplicados, descartando (n=150). Luego se excluyeron un total de (n=33) porque no explicaron la nanopartícula empleada, no mencionaron los tipos de aplicación y no evaluaron parámetros de crecimiento. También, se agregaron (n=10) estudios que se hallaron en las referencias bibliográficas del último criterio. Por consiguiente se obtuvo 48 artículos que serán analizados y organizados en los resultados.

3.7. Rigor científico

El siguiente trabajo cualitativo se rige de manera científica con el empleo adecuado de la información que se da a través de la calidad, análisis y validez de los datos (Espinoza, 2020, p.105). Por lo cual se debe precisar teorías y prácticas para el desarrollo de conocimientos (Arias y Giraldo, 2011, p.506), de modo que, para determinar el rigor científico, se considera los siguientes criterios:

Credibilidad hace referencia a la veracidad o confiabilidad respecto a los resultados de la investigación (Tracy, 2010, p.482), la cual es importante porque permite demostrar los fenómenos observados y esto se alcanza cuando los hallazgos son considerados como verdaderos por parte de las personas que

experimentaron el estudio (Noreña, Alcazar, Rojas y Rebolledo, 2012, p.267). Nuestro trabajo cumple con el rigor de credibilidad, puesto que los resultados recopilados de artículos indizados responden al objetivo planteado y además de ello los investigadores de dichos artículos discutieron sus resultados con otras investigaciones.

La transferencia implica transferir resultados a otros entornos, en el que se considera los fenómenos relacionados a las circunstancias del ámbito donde se ejecuta la investigación (Noreña et al., 2012, p.267). Por tal razón el presente trabajo puede ser transferido, debido a que aporta conocimientos a los lectores para que puedan realizarlo tomando en cuenta el contexto de aplicación (Hernández, 2014, p.458). De modo que se brinda la información de diferentes investigaciones, como las nanopartículas más empleadas, los tipos de aplicación y los parámetros de crecimiento en la producción de cereales.

La dependencia se lleva a cabo cuando se explica de manera clara los criterios empleados para la selección de participantes (Hernández, 2014, p.454), además se utilizan métodos de análisis e interpretación para poder llevar a cabo una revisión y comparación de resultados (Noreña et al., 2012, p.268). La presente investigación se efectúa con el rigor de dependencia debido a que se seleccionó artículos de revistas originales para la obtención de información de los nanofertilizantes para una producción sostenible de cereales.

La confirmabilidad se le conoce también como neutralidad o reflexividad en el cual los resultados deben avalar la veracidad de las descripciones que se llevaron a cabo por parte de los participantes. El investigador debe tener habilidades que permitan la descripción de manera exacta para adquirir la información proveniente de los participantes y los criterios referentes al fenómeno que se está estudiando (Espinoza, 2020, p.107). Esta

investigación cumple con el rigor de confirmabilidad, dado que los resultados de diferentes artículos analizados no fueron modificados.

3.8. Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se utiliza un proceso de categorización (Bengtsson, 2016, p.12), la cual está sujeta a los objetivos planteados del estudio a realizar (Díaz, 2009, p.58).

Para el análisis de información recopilada se empleó una matriz de categorización apriorística, que comprende de 3 categorías; nanopartículas para la producción de cereales, tipos de aplicación y parámetros de crecimiento.

La categoría, nanopartícula para la producción de cereales abarcó 13 subcategorías, las cuales son; óxido de zinc, hierro, plata, hidróxido de magnesio, quitosano de cobre, quitosano de silicio, silicio, quitosano de zinc, zinc, magnetita, boro, óxido de manganeso y cobre. Para la identificación de los datos se tuvieron en consideración los siguientes criterios; en función de los requisitos de nutrientes de las plantas y de acuerdo al aporte que ofrecen. Dichos criterios favorecieron en la selección de los datos de artículos científicos y por consecuente, permitieron la fundamentación de las respuestas en base a los objetivos.

Respecto a la segunda categoría, tipos de aplicación se consideró tres subcategorías; aplicación foliar, aplicación al suelo y cebado de semillas. Para llevar a cabo esta categoría se utilizaron dos criterios, los cuales son; por los efectos en el desarrollo del cultivo y conforme a las concentraciones de los nanofertilizantes. Estos criterios posibilitaron la selección de información de los artículos científicos, asimismo ayudaron a responder los objetivos.

Por último, la categoría parámetros de crecimiento comprende 5 subcategorías; peso seco de brotes, longitud de raíz, altura de la planta, longitud de espiga y peso seco de raíz. Para la selección

de los datos se emplearon criterios, los cuales son; de acuerdo al nanofertilizante empleado y de acuerdo a las concentraciones de los nanofertilizantes. Dichos criterios permitieron la recopilación de información adecuada provenientes de investigaciones científicas y por consiguiente contribuyeron en respuesta a los objetivos.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos son la protección de permisos, derechos y honestidad en cuanto a la transparencia del estudio (Julmi, 2020, p.6).

Por tanto, con el propósito de respaldar la calidad ética se cumplió con: citar adecuadamente a los autores considerados en las fuentes de datos, por lo que se tomó en cuenta las referencias de acuerdo al estilo ISO 690 institucional. Además de ello, se respetó la normativa vigente de la universidad en cuanto a investigación para la elaboración del presente trabajo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conforme a la metodología aplicada, se hallaron en los últimos cinco años un total de 48 artículos provenientes de EBSCO (3), Science Direct (21), SCOPUS (3), ProQuest (20) y PubMed (1), en los cuales emplearon un total de 27 nanofertilizantes para la producción de cereales, por tanto, se detallaron en las siguientes tablas.

Figura 1. Principales nanofertilizantes encontrados en la producción de cereales en la revisión sistemática

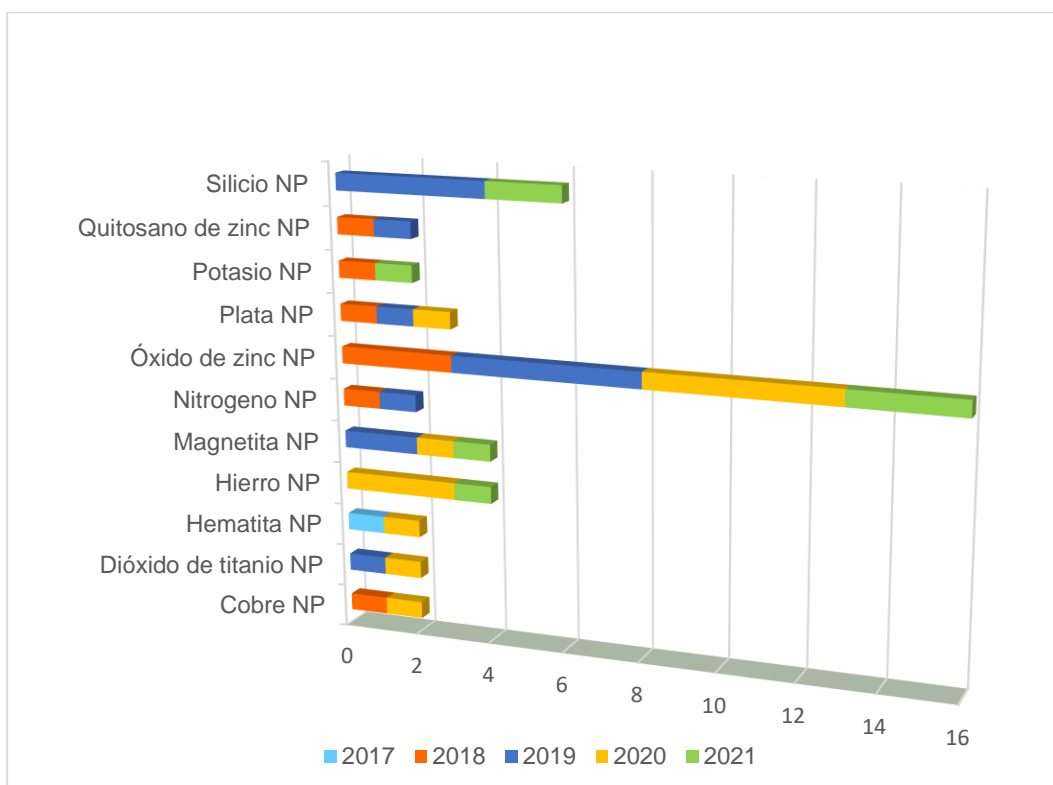


Tabla 1 Descripción de las nanopartículas empleadas para la producción de cereales

Cereal	Nanopartícula utilizada	Descripción de la Nanopartícula	Referencia	
arroz	Nanopartícula de hidrogel (HGNP)	Forma: esférica Tamaño: 51 a 94 nm	(Ahmed et al., 2021)	
	Nanopartícula de óxido de hierro (IONP)	Forma: esférica Tamaño: 15 a 31 nm		
	Nanopartícula de óxido de zinc (ZnONP) a base de <i>Turbinaria ornata</i>	Forma: barra, hexagonal y esféricas Tamaño: 15 nm	(Ittroutwar et al., 2020)	
	ZnONP	Forma: esféricas a hexagonales irregulares Tamaño medio: 50 a 70 nm	(Bala et al., 2019)	
		Tamaño medio: 35,80 ± 3,62 nm	(Samart y Chutipaijit, 2019)	
		Pureza: >99% Tamaño: 30 a 40 nm	(Zhang et al., 2019)	
		Superficie específica: 77,4 m ² /g		
		Densidad: 5,606 g/cm ³ Pureza: 99% Tamaño: 20 a 30 nm	(Ali et al., 2019)	
	maíz	Nanopartícula de hausmanita (Mn ₃ O ₄ (NP))	Forma: redondeada Diámetro: 20 nm	(Esper et al., 2021)
		Nanopartícula de hematita	Diámetro medio: 32,0 a 35,78 nm Forma: hexagonal y esférica	(Youssef et al., 2020)
		Forma: redondeada y ovoide Tamaño: 100 nm	(Pariona, Martínez, Hdz-García, Cruz y Hernandez-Valde, 2017)	
Nanopartícula de hierro (FeNP)		Potencial zeta: -15,32 ± 0,22 mV Tamaño: 50 nm Tamaño hidrodinámico: 478±21 nm	(Li et al., 2020)	
	Diámetro: 10 a 20 nm Potencial zeta: -0,79 ± 0,24 mV			

Nanopartícula de magnetita (Fe ₃ O ₄ NP)	Tamaño hidrodinámico: 183±16 nm	
Nanopartícula de hidróxido de manganeso (Mg (OH) ₂ NP) empleando filtrado libre de células de <i>Aspergillus niger</i>	Potencial zeta: -11,7 mV Tamaño: 50 a 100 nm	(Shinde et al., 2020)
Nanopartícula de óxido de cobre tenorita (CuO NP)	Diámetro medio: 139,1 nm Forma: aguja	(Esper et al., 2020)
Nanopartícula de dióxido de titanio (TiO ₂ NP)	Área superficial: 264, 8 m ² /g Pureza: ≥99,8% Tamaño: 6,5 ± 0.76 nm	(Lian et al., 2020)
Nanopartícula de óxido de zinc (ZnONP)	Forma: irregulares y cuasi esféricas Tamaño predominante: 10 a 40 nm y 60 a 120 nm	(Tondey et al., 2021)
	Forma: redondeada Diámetro: 20 nm	(Esper et al., 2020)
	Densidad: 5,606 g/cm ³ Pureza: 99% Tamaño: 20 a 30 nm	(Rizwan et al., 2019)
ZnONP empleando <i>Bacillus subtilis</i>	Tamaño: 16 a 20 nm	(Sumera et al., 2020)
Nanopartícula de quitosano (CN)	Diámetro: 39 a 79 nm Potencial zeta: 15,6 mV	(Kubavat et al., 2020)
Nanopartícula de quitosano de potasio (CNK)	Diámetro: 90,0 ± 65,38 nm Potencial zeta: 21,8 mV	
Nanofertilizante de quitosano de cobre (Cu)	Diámetro hidrodinámico: 539,7 ± 0.05 nm Potencial zeta: ± 37,3 ± 0.47 mV Forma: esféricas	(Sharma et al., 2020)
Nanofertilizante de quitosano de silicio (CS-Si NF)	Diámetro hidrodinámico: 360,5 ± 1,34 nm Forma: porosa y esférica Potencial zeta: ±37,1 ± 0,32 mV	(Kumaraswamy et al., 2021)
Nanopartícula de quitosano de	Diámetro hidrodinámico: 387,7 ± 4,0 nm	(Choudhary et al., 2019)

	zinc (Zn- quitosano NP)	Forma: esférica Potencial zeta: +34 mV Tamaño: 200 a 300 nm	
mijo perla	Nanopartícula de plata (AgNP)	Densidad: 10.49 g/cm ³ Pureza: 99.5 % Tamaño: 50 a 100 nm	(Khan et al., 2020)
		Tamaño: 30 nm	(Khan et al., 2019)
	Nanopartícula de cobre	Tamaño: <50 nm	(Yasmeen, Naveed, Ilyas y Komatsu, 2018)
	Nanopartícula de cobre (CuNP) de una cepa nativa de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Forma: esférica Tamaño: 19,01 a 47,47 nm Forma: esférica y aglomeradas	(Noman et al., 2020)
	Nanopartícula de hierro (FeNP)	Tamaño: 20 nm a 40 nm	(Rostamiza deh et al., 2021)
	Nanopartícula de hierro (FeNP)	Área superficial: 20 a 50 m ² /g Densidad: 5,2 g/cm ³	(Adrees et al., 2020)
trigo	Nanopartícula de magnetita (Fe ₃ O ₄ NP)	Pureza: 97% Tamaño: 50 a 100 nm	(Hussain et al., 2019)
	Nanopartícula de óxido de manganeso (Mn ₂ O ₃ Nano)	Forma: esférica Pureza: 99,2% Tamaño: 30 nm	(Dimkpa et al., 2018)
	Nanopartícula de óxido de zinc (ZnONP)	Tamaño: 18 nm	(Dimkpa et al., 2020)
		Forma: redonda e irregulares Tamaño: 34.4 m	(Munir et al., 2018)
		Densidad: 5,606 g/cm ³ Pureza: 99%	(Hussain et al., 2018)
		Tamaño: 20 a 30 nm	
	Fe ₃ O ₄ NP	Densidad: 5,2 g/cm ³ Pureza: 97% Tamaño: 50 a 100 nm	(Rizwan et al., 2019)
ZnONP	Densidad: 5,606 g/cm ³ Pureza: 99% Tamaño: 20 a 30 nm		

Fe ₃ O ₄ NP	Pureza: 97% Tamaño: 50 a 100 nm	(Hussain et al., 2021)
ZnONP	Pureza: 99% Tamaño: 20 a 30 nm	
Nanopartícula de silicio	Área superficial: 70 a 100 m ² /g Pureza: 98% Tamaño: ≤ 50 nm	
Nanopartícula de plata	Diámetro: 3,1 a 8,7 nm Forma: ovoide Tamaño medio: 5,6 nm	(Yang et al., 2018)
Nanopartícula de potasio (KNP)	Diámetro: 21 a 30 nm Forma: esférica Potencial zeta: 36,4 mV Tamaño: 89.32 nm	(Sheoran et al., 2021)
Nanopirita (FeS ₂)	Dimensión: 5 a 10 nm Forma: barra	(Himanshi et al., 2020)
Nanopartícula de ácido salicílico- quitosano (NP SA-CS)	Diámetro hidrodinámico: 368,7 ± 0,05 nm Forma: esférica Potencial zeta: +34,1 mV	(Kadam et al., 2021)
Nanopartícula de silicio (SiNP)	Área superficial: 70 a 100 m ² /g Pureza: 98% Tamaño: ≤ 50 nm	(Khan et al., 2020) (Ali et al., 2019)
Nanopartícula de silicio (Si)	Tamaño: 80 a 90 nm	(Ahmadian et al., 2021)
Nanopartícula de zinc (Zn)	Tamaño: 40 a 50 nm	

La tabla 1 muestra 41 artículos de investigación referente a la descripción de las nanopartículas para la producción de cereales. Para el cultivo del arroz, la IONP demostró un tamaño de 15 a 31 nm y presencia de zinc, carbono, cloro, oxígeno y hierro quizá porque fue sintetizada con la cepa RNT1 de *Bacillus* (Ahmed et al., 2021), mientras que la ZnONP reveló tamaños de 15 a 52 nm posiblemente porque emplearon extracto de alga marrón *T. ornata* (Itrotwar et al., 2020). En cambio (Bala et al., 2019) con la misma nanopartícula mostraron tamaños de 50 a 70 nm y encontraron presencia de oxígeno (9.29%) y zinc (71.11%), tal vez porque fueron adquiridas en Sigma Aldrich. Todo lo contrario (Ahmed et al.,

2021) con la HGNP manifestaron el mayor tamaño y componentes de potasio, magnesio, sodio, oxígeno y carbono, esto puede presentarse porque biofabricaron las NPs.

Para el cultivo del maíz, 3 investigaciones no prepararon las NPs, de las cuales la TiO₂ NP obtenida de Shanghai Meryer Tech Co demostró un tamaño inferior (Lian et al., 2020), en contraste con la ZnONP probablemente porque adquirieron en Alfa Aesar (Rizwan et al., 2019), en cambio la FeNP exhibió un tamaño superior pero inferior al tamaño hidrodinámico de la Fe₃O₄ NP, esto puede ser porque las compraron en Yunyan New Material Inc (Li et al., 2020). Entre tanto, en 12 investigaciones prepararon las NPs, donde la ZnONP reveló un tamaño menor predominante (Tondey et al., 2021), en contraste con la Mg (OH)₂ NP quizá porque emplearon el método de coprecipitación (Shinde et al., 2020) por otra parte, (Choudhary et al., 2019) con la Zn-quitosano NP presentó un tamaño superior, pero el potencial zeta de los nanofertilizantes de quitosano de cobre (Sharma et al., 2020) y quitosano de silicio fueron mayores, posiblemente porque utilizaron el método de gelificación iónica (Kumaraswamy et al., 2021). Por lo contrario (Kubavat et al., 2020) con el nanofertilizante de CN manifestó el menor potencial zeta. Sin embargo, la Mn₃O₄ (NP) (Esper et al., 2021), ZnONP (Esper et al., 2020) y la NP de hematita expresaron un menor diámetro (Youssef et al., 2020), en contraste con la NP de CuO (Esper et al., 2020), tal vez porque el menor diámetro se obtuvo con el método de coeprecipitación.

Para el cultivo del trigo, la NP de Ag demostró el menor tamaño medio (Yang et al., 2018), en comparación con la nanopirita las cuales consiguieron mediante preparación (Himanshi et al., 2020). Sin embargo, la ZnONP mostró tamaños de; 18 nm esto puede suceder porque adquirieron en US Research Nanomaterials (Dimkpa et al., 2020), mientras que en Alfa Aesar de 20 a 30 nm (Rizwan et al., 2019) y (Hussain et al., 2018), y mediante

preparación exhibió un tamaño mayor (Munir et al., 2018), similar a ello la NP de Cu osciló entre 19.01 a 47.47 nm (Noman et al., 2020), pero en el estudio de (Hussain et al., 2018) la misma NP fue mayor probablemente porque adquirieron en Sigma Aldrich. Por otro lado, la Mn_2O_3 Nano mostró un tamaño de 30 nm, quizá porque obtuvieron en US Research Nanomaterials (Dimkpa et al., 2018), no obstante, la FeNP fue superior (Rostamizadeh et al., 2021), pese a ello la NP de Zn variaba de 40 a 50 nm (Ahmadian et al., 2021). Entre tanto la SiNP osciló entre 80 a 90 nm (Ahmadian et al., 2021), aunque la Fe_3O_4 NP manifestó el máximo tamaño esto puede ser porque consiguieron en Alfa Aesar (Adrees et al., 2020), (Rizwan et al., 2019) y (Hussain et al., 2019).

Tabla 2 Tipos de aplicación de los nanofertilizantes para la producción de cereales

CEREAL: ARROZ				
Autor	Nanofertilizante (NF)	Concentración de NF aplicado	Tipo de aplicación	Efectos
(Ahmed et al., 2021)	IONP y HGNP	25, 50 y 100 mg/kg	suelo	La aplicación conjunta de ambas nanopartículas en el suelo afectado por cadmio, disminuyó progresivamente las concentraciones de metales en brotes, raíces tanto en entornos hídricos de sequía (35%) y sin sequía (70%) de acuerdo a las dosis aplicadas.
(Itrotwar et al., 2020)	ZnONP a base de algas marinas	5, 10, 25, 50, 100 y 200 mg/L	cebado de semilla	Mejoró el contenido de zinc en las plántulas, germinación de la semilla, vigor de plántulas, anchura y longitud de brotes, hojas y raíces.
		5, 10, 25 y 50 mg/L	foliar	Aumentó el contenido de zinc de acuerdo a las dosis aplicadas, y mejoró el rendimiento del grano.
(Ali et al., 2019)	ZnONP	50, 75 y 100 mg/L	foliar	Mejoró la fotosíntesis en las hojas de arroz, concentración de zinc, biomasa en las raíces y brotes de las plantas, resistencia del arroz a la toxicidad del cadmio. Sin embargo, identificaron efectos ligeramente mejores con la combinación con biocarbón.
(Bala et al., 2019)	ZnONP	0.5, 1.0 y 5.0 g/L	foliar	Disminuyó ligeramente el pH de suelo y contenido de fósforo. Mejoró el recuento microbiano, respiración microbiana del suelo, actividad deshidrogenasa, caracteres de rendimiento, contenido de clorofila, biomasa radicular, longitud de brotes, altura de la planta, peso seco y fresco, concentración de zinc en el suelo, raíz, grano y brote.
(Samart y Chutipaijit, 2019)	ZnONP	200, 400 y 800 mg/L	foliar	Afectó significativamente en el peso y altura de la planta, actividades de enzimas antioxidantes, contenido de pigmentos fotosintéticos y número de panículas/grupo, pero el tratamiento de 200 mg/L fue el adecuado.

(Zhang et al., 2019)	ZnONP	50, 100 y 150 mg/kg	suelo	El pH del suelo se incrementó con las concentraciones de nanopartículas. De igual manera en la altura de la planta en la fase de ahijamiento y arranque.
(Rizwan et al., 2019)	TiO ₂ NP SiNP	5, 10, 15 y 20 mg/L	foliar	Redujo la absorción del Cd, fuga de electrolitos (EL) y malondialdehído (MDA), y mejoró la producción de enzimas antioxidantes, concentración de carotenoide y clorofila.
CEREAL: MAÍZ				
(Choudhary et al., 2019)	Zn-quitosano NP	0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16% p/v	cebado de semilla foliar	Controlaron la enfermedad de manera significativa hasta un 39.5% y lograron fortificar el grano con zinc. Además, aumentaron la actividad superóxido dismutasa (SOD).
(Esper et al., 2020)	ZnONP	20, 40, 60, 80 y 100 mg/L	cebado de semilla	Mejoraron la longitud de raíces, biomasa seca y germinación de la planta.
(Sumera et al., 2020)	ZnONP	2, 4, 8 y 16 mg/L	cebado de semilla	Mejoraron de manera favorable los parámetros de crecimiento.
(Kubavat et al., 2020)	nanofertilizante de CN	50%, 75% y 100%	suelo	Consiguieron una mayor biomasa radicular.
(Kumaraswamy et al., 2021)	CS-Si NF	0.01, 0.04, 0.08. 0.12 y 0.16% p/v	cebado de semilla	Aumentó el índice de vigor de las plántulas en comparación con el tratamiento de control.
(Esper, et al., 2020)	CuO NP	20, 40 y 80 mg/L	cebado de semilla	Obtuvieron una mayor biomasa y no revelo efectos tóxicos incluso con la concentración más alta en el crecimiento de las semillas. Adicionalmente las NPs sirven como suministro de micronutrientes para las plántulas.

(Li et al., 2020)	FeNP <hr/> Fe ₃ O ₄ NP	50 mg/L	foliar	Incrementaron la biomasa y longitud de raíces. También lograron disminuir la tasa de peroxidación lipídica de la membrana.
(Lian et al., 2020)	TiO ₂ NP	100 y 250 mg/L	foliar	Consiguieron un aumento en el contenido de Cd en las raíces y brotes.
(Esper et al., 2021)	Mn ₃ O ₄ (NP)	20, 40, 80 y 160 mg/L	cebado de semilla	Estimularon el crecimiento y biomasa seca radicular de las plántulas.
(Rizwan et al., 2019)	ZnONP	50, 75 y 100 mg/L	foliar	Disminuyeron los contenidos de MDA, EL en hojas y raíces.
(Sharma et al., 2020)	nanofertilizante de quitosano de Cu	0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16%	foliar	Mejoraron los parámetros de crecimiento.
(Shinde et al., 2020)	Mg(OH) ₂ NP	50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800. 900 y 1000 ppm	cebado de semilla	Incrementó significativamente el índice de vigor de las plántulas.
(Tondey et al., 2021)	ZnONP	20 y 40 mg/L	cebado de semilla	Aumentó la tasa de germinación de las semillas, altura de los brotes y longitud de las raíces.
(Youssef et al., 2020)	NP de hematita	500, 1000, 2000, 4000 y 8000 mg/kg	cebado de semilla	Mejoraron la calidad de fibra del cultivo, el rendimiento del forraje y el crecimiento vegetativo. Mostraron contenidos altos de N, P, K y Zn.
(Youssef et al., 2020)	NP de hematita	500, 1000, 2000, 4000 y 8000 mg/kg	suelo	Mejoraron la actividad SOD y catalasa (CAT) en las raíces del maíz.

CEREAL: MIJO PERLA

(Khan et al., 2019)	AgNP	2, 4 y 6 mM	foliar	Aumentó la actividad de SOD, contenido de peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂) en las plántulas y acumuló contenido de malondialdehído. Además, reveló una disminución de la actividad de peroxidasa.
(Khan et al., 2020)	AgNP	10, 20 y 30 mM	cebado de semilla	Impactaron de manera significativa en los parámetros fotosintéticos como la tasa fotosintética y clorofila.
CEREAL: TRIGO				
(Ahmadian et al., 2021)	SiNP	2%	foliar	Los 3 nanofertilizantes mejoraron el peso de 1000 granos, actividad de enzimas antioxidantes, número promedio de granos por espiga y altura tanto en condiciones de sequía como sin sequía, no obstante, la NP de silicio aumentó el rendimiento biológico y contenido de agua relativo. Mientras que la NP de boro mostró el valor más alto de SOD.
	NP de Zn	12%		
	NP de B	9%		
(Hussein et al., 2021)	SiNP	300 (SiNP) mg/L, 5 (FeNP) mg/L, 25 (ZnONP) mg L ⁻¹ , (25 ZnONP + 5 FeNP mg L ⁻¹), (ZnONP 25 + SiNP 300 mg/L), (FeNP 5 + SiNP 300 mg/L), (ZnONP 25 + FeNP 5 mg + SiNP 300 mg/L)	foliar	Todas las concentraciones aplicadas incrementaron las concentraciones de hierro y zinc, rendimiento y crecimiento del trigo, y redujeron las concentraciones de cadmio en los granos y paja del trigo.
	FeNP			
	ZnONP			
(Kadam et al., 2021)	NP SA-CS	0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16% (p/v)	cebado de semilla	Incrementó las actividades de las enzimas proteasa y amilasa.
			foliar	Aumentó las actividades de peroxidasa (POD), CAT y SOD.
(Sheoran et al., 2021)	K NP	20, 40 y 60 ppm	foliar	Mejóro el rendimiento del grano, carotenoide, clorofila, actividad enzimática, peso fresco del brote, peso seco y peso fresco de raíz.

(Rostamizadeh et al., 2021)	FeNP	100, 200, 300 y 400 mg/L	foliar		Permitió un mejor peso fresco de las raíces, peso seco y fresco de los brotes.
(Adrees et al., 2020)	FeNP	25, 50 y 100 mg/kg	suelo		Mejoró significativamente los pesos secos de la planta, actividad de POD y SOD, además redujo las concentraciones de EL, malondialdehído y H ₂ O ₂ a medida que la concentración de NP aumentó.
(Kumar, Kumar, Mishra y Singh, 2021)	ZnONP	25 ppm (ZnONP), 1 ppm (As) + 25 ppm (ZnONP), 10 ppm (As) + 25 ppm (ZnONP)	cebado de semilla	de	La aplicación de NP con arsénico mejoró los valores de pigmentos fotosintéticos.
(Dimkpa et al., 2020)	ZnONP	2, 17 mg/kg con y sin sequia	suelo		Mejoró el zinc en el suelo y permitió lograr la fortificación en el grano del trigo.
(Himanshi et al., 2020)	nanopirita	50 µg/ml	cebado de semilla		Incrementó la capacidad de germinación y vigor de las semillas.
(Khan et al., 2020)	SiNP	25, 50 y 100 mg/kg	suelo		Aumentó el contenido de clorofila, altura de la planta, valores de SOD y POD.
(Ljubicic et al., 2020)	ZnONP	10, 100 y 1000 mg/L	cebado de semilla		Mejoró la longitud de la espiga y altura de la planta. Sin embargo, la concentración mayor provoco bajos efectos.
(Noman et al., 2020)	CuNP de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	25, 50 y 100 mg/kg	suelo		La concentración de 50 mg/kg incrementó el contenido de CAT y POD, longitud y peso fresco de brotes y raíces, cromo residual, pero redujo el contenido de MDA, H ₂ O ₂ y concentración de cromo tanto en brotes como en raíces.
(Ali et al., 2019)	SiNP	300, 600, 900 y 1200 mg kg ⁻¹	foliar		Ambas aplicaciones mejoraron la biomasa seca de los granos, espigas, brotes y raíces, longitud de brotes y espigas, clorofila, tasa fotosintética, actividad de SOD y POD, inhibieron la translocación del cadmio desde raíces a brotes, provocaron el valor más bajo de EL y no afectaron el pH del suelo. Sin embargo, con la aplicación al suelo la concentración de Cd extraíble fue levemente inferior.
			suelo		

(Hussain et al., 2019)	SiNP	300, 600, 900 y 1200 mg/L	cebado de semilla	Incrementó la biomasa, fotosíntesis, crecimiento de plantas, actividad de SOD, CAT y POD, y contenido de clorofila. Mientras que los contenidos de MDA, EL y H ₂ O ₂ disminuyeron.
(Hussein, El-Ashry, El-Faha, Sabbour y El-Dok, 2019)	NP de N	100 y 200 ppm	foliar	Mejóro el peso de espigas tanto con riego salino como con agua de grifo. Con 200 mg/L obtuvieron mejor concentración de Fe, Mn, Zn y N; y con 100 ppm/L obtuvieron mayor concentración de Cu, Mg, Na, K y P.
(Hussain et al., 2019)	Fe ₃ O ₄ NP	5, 10, 15 y 10 mg/kg	foliar suelo	Los dos métodos de aplicación aumentaron los pesos secos de la planta, SOD, POD, longitud de espiga y brotes, concentraciones de carotenoides, clorofila y tasa fotosintética. Además, no afectaron el pH de suelo y redujo las concentraciones de Cd en brotes, raíces y granos. Sin embargo, la aplicación foliar obtuvo el valor más bajo de EL.
(Rizwan et al., 2019)	Fe ₃ O ₄ NP ZnONP	5, 10, 15 y 20 mg/L 25, 50, 75 y 100 mg/L	cebado de semilla	Brindó una mejor altura de la longitud de espigas, altura de la planta, actividad de POD y SOD, mayor concentración de hierro y zinc dependiendo de los nanofertilizantes aplicados. Además, disminuyeron la fuga de electrolitos, concentración de cadmio en raíz, granos y brotes.
(Dimkpa et al., 2018)	Mn ₂ O ₃ Nano	138 mg	suelo foliar	Mejóro el contenido de clorofila, factor de translocación del Mn y nitrógeno en el grano. Mejóro el rendimiento del grano, la absorción del fósforo en el brote, contenido de manganeso en grano y brote. Ambos tipos de aplicación inhibieron la translocación de K en el grano y mejoraron el contenido de clorofila.
(Dapkekar et al., 2018)	nanoparticulas de quitosano de zinc (Zn-CNP)	urea + 40 mg/L ZnCNP, urea + 4 mg/L ZnCNP	foliar	Permitió un mayor contenido de zinc y hierro en los granos, sin embargo, afectó los granos por espiga y longitud de espiga.

(Gomaa, Radwan, Kandil y Al-Msari, 2018)	nano de N	168, 126 y 84 kg/ha	foliar	Mostró niveles más altos en el índice de cosecha, proteína del grano, rendimiento de paja y grano, peso de 1000 granos, número de espigas/grano y altura de la planta.
	nano de P	60, 45 y 30 kg/ha		
	nano de K	60, 45 y 30 kg/ha		
(Hussain et al., 2018)	ZnONP	25, 50, 75 y 100 mg/kg	suelo	Ambas aplicaciones mejoraron la longitud de espiga y brotes, concentraciones de carotenoides y clorofila, altura de la planta, peso seco de los granos, espigas, raíces y brotes, POD y SOD. Disminuyeron las concentraciones de Cd en raíces, brotes y granos, además con la adición foliar las concentraciones de zinc en los tejidos de trigo fue más pronunciada.
		25, 50, 75 y 100 mg/L	foliar	
(Munir et al., 2018)	ZnONP	25, 50 y 100 ppm	cebado de semilla	Mejó el peso seco de grano, raíz y brote, longitud de espiga, número de macollos por planta y altura de planta de acuerdo al aumento de concentraciones.
(Yasmeen et al., 2018)	CuNP	1, 5, 10 y 50 ppm	foliar	Redujo la tasa de fotosíntesis y de asimilación de dióxido de carbono.

La tabla 2 muestra los tipos de aplicación de los nanofertilizantes utilizados en los cereales, los cuales son; cebado de semillas, suelo y foliar.

En el cultivo del arroz, el tipo de aplicación más empleado es la pulverización foliar esto puede considerarse ya que las concentraciones de 0 a 100 mg/L de nanofertilizantes de ZnO brindó efectos positivos en la fotosíntesis, brotes, biomasa de raíces y concentraciones de zinc (Ali et al., 2019), este último efecto concuerda con (Itrotwar et al., 2020) pero adicionó a dicho nanofertilizante algas marinas en el cual además consiguieron un mejor rendimiento del grano, en cambio (Rizwan et al., 2019), con el nanofertilizante de Si y TiO₂ disminuyó el contenido de MDA, EL y absorción de cadmio. Por otro lado, (Samart y Chutipaijit, 2019) con el mismo nanofertilizante, pero con 400 y 800 mg L⁻¹ redujo los pigmentos fotosintéticos, actividad de la enzima catalasa, panículas/grupos, peso y altura de las plantas. En tanto (Bala et al., 2019) empleando concentraciones de 1000 a 5000 mg/L disminuyeron el pH del suelo, consiguieron mejores efectos en la actividad deshidrogenasa, recuento microbiano, concentraciones de clorofila, contenido de zinc en el suelo y la planta. Luego, se encontró la aplicación al suelo, quizá porque los nanofertilizantes de hidrogel y óxido de hierro a concentraciones de 25 a 100 mg/kg redujeron los contenidos de metales en raíces y brotes (Ahmed et al., 2021). De acuerdo a (Zhang et al., 2019), con las concentraciones de 50 a 150 mg/kg de nanofertilizantes de ZnO incrementó el pH del suelo y la altura de la planta en la fase de arranque y ahijamiento. Para el cebado de semillas de nanofertilizante de ZnO a base de algas marinas a concentraciones de 50 a 200 mg/L, puede haber sido utilizado en un solo estudio puesto que ofrecieron una mejor germinación de la semilla, vigor y contenido de zinc en las plantas (Itrotwar et al., 2020).

En el cultivo del maíz, se encontró que el más utilizado es el cebado de semillas, el cual puede considerarse porque con las concentraciones de 20 a 160 mg/L del nanofertilizante de ZnO obtuvieron una mejor biomasa seca, germinación y longitud de raíces (Esper et al., 2020), lo cual coincide con la aplicación del nanofertilizante de hausmanita con las mismas concentraciones (Esper et al., 2021). Pero (Tondey et al., 2021), con el nanofertilizante de ZnO obtuvieron mejores contenidos de macronutrientes y rendimiento. Continuamente se encontró la aplicación foliar, posiblemente porque los nanofertilizantes de Fe y Fe₃O₄ (por separado) a

concentración de 50 mg/L mejoraron la biomasa y longitud radicular (Li et al., 2020). Conforme con (Rizwan et al., 2019), con las concentraciones de 50 a 100 mg/L de nanofertilizante de ZnO redujeron el contenido de EL y MDA en las raíces y hojas. Por el contrario, (Lian et al., 2020) emplearon como nanofertilizante el óxido de titanio (100 a 250 mg/L) consiguiendo un incremento en el contenido de Cd. No obstante, al aplicar el nanofertilizante de hematita al suelo a concentraciones de 500 a 8000 mg/kg brindaron una mejor actividad de CAT y SOD (Youssef et al., 2020).

En cuanto al cultivo del trigo, la mayoría de artículos utilizaron la aplicación foliar tal vez porque el nanofertilizante de hierro a concentraciones entre 5 a 100 mg/L, mejoró la actividad de POD, SOD y tasa fotosintética, pero disminuyeron el valor de EL (Hussain et al., 2019), además alcanzaron un mejor crecimiento, rendimiento de las plantas y contenido de hierro (Hussein et al., 2021); con el nanofertilizante de ZnO obtuvieron los mismos efectos mencionados, aparte de ello mejoraron el contenido de zinc (Hussein et al., 2021). De igual forma, en la investigación (Dapkekar et al., 2018) aumentaron las concentraciones de hierro y zinc; con el nanofertilizante de óxido de manganeso (138 mg) afectaron positivamente el contenido de manganeso en el grano, clorofila, pero inhibieron la translocación del potasio (Dimkpa et al., 2018). Además, con las concentraciones de 300 a 1200 mg/kg de nanofertilizante de silicio disminuyeron el contenido de Cd en paja y granos (Hussein et al., 2021), brindaron una mayor biomasa y longitud de las plantas (Ali et al., 2019). En segundo lugar se encontró la aplicación al suelo, probablemente se debe a que las concentraciones de 2 a 100 mg/kg de nanofertilizante de ZnO permitieron un aumento de zinc en el suelo (Dimkpa et al., 2020), asimismo en el peso y longitud de la planta, también disminuyó las concentraciones de Cd en la planta (Hussain et al., 2018), igualmente el nanofertilizante a base de hierro mejoró la actividad POD, SOD y peso de la planta, sin embargo, limitó las concentraciones de MDA y EL (Adrees et al., 2020), concordando con los cambios encontrados por (Hussain et al., 2019) quienes además señalaron que el pH del suelo no se vio afectado; con el nanofertilizante de cobre de *Klebsiella pneumoniae* revelaron cambios en el peso y altura de la planta, incluso disminuyó la concentración de cromo (Noman et al., 2020); con el nanofertilizante de óxido de manganeso (138 mg) el contenido de nitrógeno en el

grano mejoraron (Dimkpa et al., 2018); con el nanofertilizante de silicio encontraron mejores contenidos de clorofila (Khan et al., 2020), resultados que tienen similitud con (Ali et al., 2019), en cambio a concentraciones de 300 a 1200 mg/kg, revelaron la inhibición de la translocación del Cd (Ali et al., 2019). Por último, se encontró el cebado de semillas, esto puede ser porque a concentraciones de 0.0005 a 100 mg de nanofertilizante de pirita mostraron una mayor germinación y vigor en las semillas (Himanshi et al., 2020); con el nanofertilizante a base de zinc obtuvieron una mayor altura de la planta (Ljubicic et al., 2020), estas variaciones guardan similitud con los resultados de (Munir et al., 2018) quienes también indicaron un mayor peso en la planta, además aumentaron la actividad de POD y SOD aunque lograron una disminución de Cd en las plantas y EL, estos últimos efectos también fueron encontrados con el nanofertilizante de óxido de hierro (Rizwan et al., 2019). Con respecto a las concentraciones de 300 a 1200 mg/L con el nanofertilizante de silicio mejoraron la actividad de CAT y redujeron el contenido de H₂O₂ (Hussain et al., 2019), por otra parte, con el nanofertilizante de ZnO disminuyeron la altura de la planta (Ljubicic et al., 2020).

Efectos de los nanofertilizantes sobre los parámetros de crecimiento de los cereales

Para la descripción de los efectos de los nanofertilizantes en los cereales se han considerado parámetros de crecimiento que se detallan en las siguientes tablas, teniendo en cuenta las concentraciones de cada nanofertilizante.

Tabla 3 Efectos de los nanofertilizantes en la altura de la planta de los cereales

Referencia	Cereal	Nanofertilizante	Concentración	Altura de la planta (cm)	Escenario de aplicación				
(Samart y Chutipaijit, 2019)	y arroz	ZnONP	200 mg L ⁻¹	122*	maceta				
			400 mg L ⁻¹	115*					
			800 mg L ⁻¹	105*					
(Zhang et al., 2019)	arroz	ZnONP	50 mg kg ⁻¹	84* ^f	maceta				
				79.8* ^g					
				78* ^h					
			100 mg kg ⁻¹	84.2* ^f					
				84.5* ^g					
			77* ^h						
			500 mg kg ⁻¹	80.5* ^f					
74* ^g									
76* ^h									
(Rizwan et al., 2019)	arroz	SiNP	5 mg L ⁻¹	87*	maceta				
			10 mg L ⁻¹	89*					
			20 mg L ⁻¹	92*					
			30 mg L ⁻¹	93*					
		TiO ₂ NP	5 mg L ⁻¹	87.5*	maceta				
			10 mg L ⁻¹	89.5*					
			20 mg L ⁻¹	92.5*					
			30 mg L ⁻¹	94*					
			(Ahmed et al., 2021)	arroz		HGNP IONP	25 mg/kg	47 ^b	maceta
								40 ^a	
50 mg/kg	50 ^b								
	45 ^a								
100 mg/kg	58 ^b								

				50 ^a	
(Rizwan et al., 2019)	maíz	ZnONP	50 mg L ⁻¹	58*	maceta
			75 mg L ⁻¹	64* ^e	
			100 mg L ⁻¹	60*	
				68* ^e	
(Tondey et al., 2021)	maíz	ZnONP	20 mg/L	241.83	campo
			40 mg/L	237.00	
(Choudhary et al., 2019)	maíz	Zn-quitosano NP	0.01%	70.27	maceta
				189.00	campo
			0.04%	77.87	maceta
				208.88	campo
			0.08%	86.47	maceta
				221.77	campo
			0.12%	78.50	maceta
				204.55	campo
			0.16%	70.67	maceta
				203.11	campo
(Kumaraswamy et al., 2021)	maíz	CS-Si NF	0.01%	222.7	campo
			0.04%	242.77	
			0.08%	245.00	
			0.12%	227.77	
			0.16%	196.55	
(Lian et al., 2020)	maíz	TiO ₂ NP	100 mg/L	52*	caja de
			250 mg/L	50*	plástico
(Munir et al., 2018)	trigo	ZnONP	25 mg L ⁻¹	54*	maceta
			50 mg L ⁻¹	58*	
			75 mg L ⁻¹	60*	
			100 mgL ⁻¹	62*	
	trigo	ZnONP	10 mg L ⁻¹	83.67	

(Ljubicic et al., 2020)			100 mg L ⁻¹	89.33	maceta	
			1000 mg L ⁻¹	63.67		
(Dimkpa et al., 2020)	trigo	ZnONP	2.17 mg/kg	59	maceta	
(Rizwan et al., 2019)	trigo	ZnONP	25 mg L ⁻¹	47	maceta	
			50 mg L ⁻¹	50		
			75 mg L ⁻¹	52		
			100 mg L ⁻¹	58		
			Fe ₃ O ₄ NP	5 mg L ⁻¹	48	maceta
				10 mg L ⁻¹	51	
				15 mg L ⁻¹	53	
				20 mg L ⁻¹	59	
(Adrees et al., 2020)	trigo	FeNP	25 mg/kg	48 ^{*b}	maceta	
				46 ^{*a}		
			50 mg/kg	54 ^{*b}		
				49 ^{*a}		
				58 ^{*b}		
53 ^{*a}						
(Dimkpa et al., 2018)	trigo	Mn ₂ O ₃ nano	138 mg/kg	97	maceta	
(Khan et al., 2019)	trigo	SiNP	25 mg kg ⁻¹	44 ^{*b}	maceta	
				42 ^{*a}		
			50 mg kg ⁻¹	48 ^{*b}		
				57 ^{*a}		
				52 ^{*b}		
48 ^{*a}						
(Ahmadian et al., 2021)	trigo	nano silicio	2%	76.25 ^b	parcela	
				52.55 ^a		
		nano boro	12%	72.22 ^b		
				46.76 ^a		
nano zinc	9%	72.96 ^b				
		47.76 ^a				

(Gomaa et al., trigo 2018)	nano de N	100 %	84.8 ^c	parcela	
			93.2 ^d		
		nano de P	75%		89.8 ^c
			100.1 ^d		
(Kadam et al., trigo 2021)	NP SA-CS	0.01%	74.77	maceta	
			72.55		
		0.08%	77.38		
		0.12%	74.66		
		0.16%	73.38		
(Sheoran et al., trigo 2021)	KNP	20 ppm	66.00	maceta	
		40 ppm	67.71		
		60 ppm	65.39		

*aproximadamente

^a: sequia

^b: sin sequia

^c: 2016-2017

^d: 2017-2018

^e: con biocarbón

^f: 1.0 mg kg⁻¹ Cd

^g: 2.5 mg kg⁻¹ Cd

^h: 5.0 mg kg⁻¹ Cd

En la tabla 3 se seleccionó 20 artículos de investigación, los cuales describen la altura de la planta obtenidos por la aplicación de los nanofertilizantes. En el cultivo del arroz, la aplicación del nanofertilizante de ZnO consiguió una altura máxima de 122 cm tal vez porque suministraron 200 mg/L⁻¹ de NP (Samart y Chutipaijit, 2019), en cambio en los resultados de (Ahmed et al., 2021) con el nanofertilizante de hidrogel y óxido de hierro alcanzó 40 cm, posiblemente porque aplicaron el 35% de

riego. En el cultivo del maíz, el nanofertilizante de quitosano de Si logró una altura de 245 cm, esto puede ser porque se desarrolló en campo (Kumaraswamy et al., 2021) por lo contrario, con el nanofertilizante de quitosano de zinc consiguieron 221.77 cm (Choudhary et al., 2019), pese a ello la altura mínima fue alrededor de 50 cm con la TiO₂ NP, quizá por el escenario de aplicación (Lian et al., 2020). La altura máxima en la planta del trigo (100.1 cm) fue con el nanofertilizante de P, probablemente porque se aplicó en parcela (Gomaa et al., 2018), seguidamente el nanofertilizante de Mn alcanzó 97 cm esto puede suceder por la aplicación de la NP en el suelo (Dimkpa et al., 2018), en tanto el nanofertilizante de ZnO alcanzó 89.33 cm tal vez porque se aplicó en macetas (Ljubicic et al., 2020), mientras que en los resultados de (Ahmadian et al., 2021) el nanosilicio consiguió 76.25 cm, el nanozinc 72.96 cm y el nanoboro 72.22 cm con el riego al 100%, pero con déficit de riego (50%) consiguieron 52.55 cm, 47.76 cm y 46.76 cm respectivamente, no obstante, la SiNP manifestó la menor altura posiblemente porque se desarrolló en sequía (Khan et al., 2019).

Tabla 4 Efectos de los nanofertilizantes en el peso seco de brotes de los cereales

Referencia	Cereal	Nanofertilizante	Concentración	Peso seco de brotes (g)	Escenario de aplicación
(Bala et al., 2019)	arroz	ZnONP	0.05 g/L	8.2	maceta
			1.0 g/L	8.5	
			5.0 g/L	9.5	
(Ali et al., 2019)	arroz	ZnONP	50 mg L ⁻¹	8.5*	maceta
				9.9 ^{*e}	
			75 mg L ⁻¹	9*	
				10.1 ^{*e}	
	100 mg L ⁻¹	10*			
				10.9 ^{*e}	
(Rizwan et al., 2019)	arroz	SiNP	5 mg L ⁻¹	9.9*	maceta
			10 mg L ⁻¹	11.9*	
			20 mg L ⁻¹	12.4*	

			30 mg L ⁻¹	14.3*		
		TiO ₂ NP	5 mg L ⁻¹	7.8*		
			10 mg L ⁻¹	8.1*		
			20 mg L ⁻¹	10.3*	maceta	
			30 mg L ⁻¹	11.8*		
(Lian et al., 2020)	maíz	TiO ₂ NP	100 mg/L	0.8*	caja	de
			250 mg/L	0.770*	plástico	
(Rizwan et al., 2019)	maíz	ZnONP	50 mg L ⁻¹	24*		
				30 ^{*e}		
			75 mg L ⁻¹	29*		
				37 ^{*e}	maceta	
			100 mg L ⁻¹	34*		
				44 ^{*e}		
(Esper et al., 2021)	maíz	Mn ₃ O ₄ (NP)	20 mg L ⁻¹	0.41*		
			40 mg L ⁻¹	0.39*		
			80 mg L ⁻¹	0.42*	parcela	
			160 mg L ⁻¹	0.475*		
(Esper, et al., 2020)	maíz	CuO NP	20 mg L ⁻¹	0.245*		
			40 mg L ⁻¹	0.220*		
			80 mg L ⁻¹	0.250*	parcela	
			160 mg L ⁻¹	0.270*		
(Youssef et al., 2020)	maíz	NP de hematita	500 mg/kg	0.075*	maceta	
			1000 mg/kg	0.059*		
			2000 mg/kg	0.06*		
			4000 mg/kg	0.035*		
			8000 mg/kg	0.03*		
(Munir et al., 2018)	trigo	ZnONP	25 mg/L	8.5*		
			50 mg/L	9.7*		
			75 mg/L	12*	maceta	
			100 mg/L	13*		
(Hussain et al., 2018)	trigo	ZnONP	25 mg/L	17.5*		
			25 mg/kg	17*		

		50 mg/L	20*	
		50 mg/kg	19*	
		75 mg/L	22.5*	maceta
		75 mg/kg	21*	
		100 mg/L	24*	
		100 mg/kg	22*	
(Rizwan et trigo al., 2019)	ZnONP	25 mg L ⁻¹	15.1*	
		50 mg L ⁻¹	17*	
		75 mg L ⁻¹	18.5*	maceta
		100 mg L ⁻¹	22.5*	
	Fe ₃ O ₄ NP	5 mg L ⁻¹	15.15*	
		10 mg L ⁻¹	17.15*	
		15 mg L ⁻¹	19*	maceta
		20 mg L ⁻¹	22*	
(Adrees et trigo al., 2020)	FeNP	25 mg/kg	34*	
		50 mg/kg	36*	maceta
		100 mg/kg	41*	
(Dimkpa et trigo al., 2018)	Mn ₂ O ₃ nano	138 mg/kg	84	maceta
(Ali et al., trigo 2019)	SiNP	300 mg/L	17*	
		600 mg/L	18.5*	
		900 mg/L	22*	maceta
		1200 mg/L	24*	
(Khan et al., trigo 2019)	SiNP	25 mg kg ⁻¹	32 ^{*b}	
			29 ^{*a}	
		50 mg kg ⁻¹	32 ^{*b}	
			31 ^{*a}	maceta
		100 mg kg ⁻¹	38 ^{*b}	
			33 ^{*a}	
(Hussain et trigo al., 2019)	SiNP	300 mg/L	15*	
		600 mg/L	16.5*	
		900 mg/L	19.9*	maceta

			1200 mg/L	20.1*	
(Noman et trigo al., 2020)	CuNP		25 mg/kg	0.048*	maceta
			50 mg/kg	0.047*	
			100 mg/kg	0.035*	
(Hussain et trigo al., 2019)	Fe ₃ O ₄ NP		5 ppm	17*	maceta
			5 mg/kg	15*	
			10 ppm	19*	
			10 mg/kg	18*	
			15 ppm	22*	
			15 mg/kg	20*	
			20 ppm	26*	
(Rostamiza trigo deh et al., 2021)	FeNP		100 mg/L	0.399	maceta
			200 mg/L	0.041	
			300 mg/L	0.049	
			400 mg/L	0.05	
(Sheoran et trigo al., 2021)	KNP		20 ppm	2.81	maceta
			40 ppm	4.30	
			60 ppm	4.50	
(Khan et al., 2020)	mijo perla AgNP		10 mM	24*	maceta
			20 mM	27*	
			30 mM	17*	

*aproximadamente

^a: sequía

^b: sin sequía

^e: con biocarbón

La tabla 4 muestra 21 artículos donde evaluaron el peso seco de brotes en el cual aplicaron diferentes nanofertilizantes. Para el cultivo del arroz, el mayor peso fue aproximadamente de 14.3 g con el nanofertilizante de Si, lo que difiere al nanofertilizante de TiO₂ donde el peso fue cerca de 7.8 g (Rizwan et al., 2019), en cambio la ZnONP obtuvo alrededor de 10 g esto puede ser porque emplearon concentraciones mayores (Ali et al., 2019). Para el cultivo del maíz, el peso mayor fue aproximadamente de 44 g con la ZnONP (Rizwan et al., 2019), entre tanto el

nanofertilizante de TiO_2 consiguió cerca de 0.770 g (Lian et al., 2020), todo lo contrario, la NP de hematita alcanzó el menor peso, quizá por el escenario de aplicación utilizado (Youssef et al., 2020). Para el cultivo del trigo, el nanofertilizante de Mn_2O_3 alcanzó un peso de 84 g (Dimkpa et al., 2018), mientras que (Adrees et al., 2020) con el nanofertilizante de Fe obtuvo alrededor de 41 g, por otro lado, la CuNP alcanzó el menor peso probablemente por las concentraciones de nanofertilizante empleado (Noman et al., 2020).

Tabla 5 Efectos de los nanofertilizantes en la longitud de espiga de los cereales

Referencia	Cereal	Nanofertilizante	Concentración	Longitud de espiga (cm)	Escenario de aplicación
(Munir et al., 2018)	trigo	ZnONP	25 mg L ⁻¹	9*	maceta
			50 mg L ⁻¹	11*	
			75 mg L ⁻¹	13*	
			100 mg L ⁻¹	14.5*	
(Ljubicic et al., 2020)	trigo	ZnONP	10 mg L ⁻¹	11.30	maceta
			100 mg L ⁻¹	11.27	
			1000 mg L ⁻¹	9.87	
(Hussain et al., 2018)	trigo	ZnONP	25 mg/L	7.9*	maceta
			25 mg/kg	7.8*	
			50 mg/L	8.7*	
			50 mg/kg	8.6*	
			75 mg/L	9.9*	
			75 mg/kg	9.6*	
			100 mg/L	10.3*	
100 mg/kg	9.9*				
(Rizwan et al., 2019)	trigo	ZnONP	25 mg L ⁻¹	7.2*	maceta
			50 mg L ⁻¹	8.2*	
			75 mg L ⁻¹	9.2*	
			100 mg L ⁻¹	9.7*	
		Fe ₃ O ₄ NP	5 mg L ⁻¹	7.8*	

			10 mg L ⁻¹	8.3*	
			15 mg L ⁻¹	9.3*	maceta
			20 mg L ⁻¹	9.8*	
(Adrees et trigo al., 2020)	FeNP		25 mg/kg	7*	
			50 mg/kg	7.9*	maceta
			100 mg/kg	8*	
(Ali et al., trigo 2019)	SiNP		300 mg/L	7.8*	
			600 mg/L	8.2*	
			900 mg/L	9.8*	maceta
			1200 mg/L	10.3*	
(Khan et al., trigo 2019)	SiNP		25 mg kg ⁻¹	7.3* ^b	
				5.8* ^a	
			50 mg kg ⁻¹	7.7* ^b	maceta
				6.9* ^a	
			100 mg kg ⁻¹	7.6* ^b	
				7* ^a	
(Hussain et trigo al., 2019)	SiNP		300 mg/L	7.5*	
			600 mg/L	8.5*	
			900 mg/L	9.1*	maceta
			1200 mg/L	10*	
(Hussain et trigo al., 2019)	Fe ₃ O ₄ NP		5 ppm	7.5*	
			5 mg/kg	7*	
			10 ppm	8.2*	
			10 mg/kg	8*	
			15 ppm	9.3*	maceta
			15 mg/kg	8.8*	
			20 ppm	9.7*	
			20 mg/kg	9.6*	
(Yang et al., trigo 2018)	AgNP		20 mg/kg	7	
			200 mg/kg	6	maceta
			2000 mg/kg	5.1	
	trigo		40 mg/L	7.33	

(Dapkekar et al., 2018)	nanofertilizante de quitosano de Zn	4 mg/L	7.19	parcela
(Sheoran et al., 2021)	trigo KNP	20 ppm	15.75	maceta
		40 ppm	15.93	
		60 ppm	17.43	

*aproximadamente

^a: sequía

^b: sin sequía

La tabla 5 detalla los datos de la longitud de espiga por la aplicación de nanofertilizantes, donde el cultivo del trigo alcanzó una mayor longitud alrededor de 17.43 cm con la KNP (Sheoran et al., 2021), estos resultados discrepan con el nanofertilizante de Fe₃O₄ el cual alcanzó cerca de 9.8 cm (Rizwan et al., 2019), por otra parte, el nanofertilizante de quitosano de zinc obtuvo 7.33 cm esto puede suceder porque aplicaron menores concentraciones de NF (Dapkekar et al., 2018), pero la AgNP disminuyó la longitud a 5.1 cm, tal vez porque aplicaron la NP al suelo (Yang et al., 2018).

Tabla 6 Efectos de los nanofertilizantes en la longitud de raíz de los cereales

Referencia	Cereal	Nanofertilizante	Concentración	Longitud de raíz (cm)	Escenario de aplicación
(Itrotwar et al., 2020)	arroz	ZnONP	5 mg L ⁻¹	13.9	microparcela
			10 mg L ⁻¹	18.5	
			25 mg L ⁻¹	16.2	
			50 mg L ⁻¹	14.2	
			100 mg L ⁻¹	18.4	
			200 mg L ⁻¹	16.2	
(Esper et al., 2020)	maíz	ZnONP	20 mg/L	11.1*	parcela
			40 mg/L	11.9*	
			80 mg/L	11.9*	
			160 mg/L	11.1*	

(Sumera et al., 2020)	maíz	ZnONP	2 mg/L	14	maceta
			4 mg/L	14	
			8 mg/L	16	
			16 mg/L	13	
(Choudhary et al., 2019)	maíz	Zn-quitosano NP	0.01%	24.10	maceta
			0.04%	32.00	
			0.08%	37.80	
			0.12%	33.33	
			0.16%	28.37	
(Kumaraswamy et al., 2021)	maíz	CS-SI NF	0.01%	14.43	in vitro
				48.15	maceta
			0.04%	16.8	in vitro
				48.71	maceta
			0.08%	17.22	in vitro
				50.78	maceta
			0.12%	24.18	in vitro
				65.89	maceta
(Sharma et al., 2020)	maíz	nanofertilizante de quitosano de Cu	0.01%	12.36	in vitro
			0.04%	15.67	
			0.08%	12.96	
			0.12%	12.00	
			0.16%	10.13	
(Esper et al., 2021)	maíz	Mn ₃ O ₄ (NP)	20 mg L ⁻¹	28*	parcela
			40 mg L ⁻¹	26*	
			80 mg L ⁻¹	27*	
			160 mg L ⁻¹	27.5*	
(Pariona et al., 2017)	maíz	NP de ferrihidrita	1 g/L	22.4*	placa petri
			2 g/L	22.3*	
			4 g/L	19.8*	
			6 g/L	18*	

		NP de hematita	1 g/L	24.9*	
			2 g/L	23.5*	placa petri
			4 g/L	23*	
			6 g/L	16*	
(Youssef et al., 2020)	maíz	NP de hematita	500 mg/kg	22.5*	
			1000 mg/kg	17.5*	
			2000 mg/kg	13*	maceta
			4000 mg/kg	6.5*	
			8000 mg/kg	2*	
(Esper, et al., 2020)	maíz	CuO NP	20 mg/L	13*	
			40 mg/L	8.4*	
			80 mg/L	8.9*	parcela
			160 mg/L	8.9*	
(Shinde et al., 2020)	maíz	Mn(OH) ₂ NP	100 ppm	21*	
			200 ppm	20.7*	
			500 ppm	14.1*	maceta
			1000 ppm	20.5*	
(Li et al., 2020)	maíz	FeNP	50 mg/L	36*	maceta
		Fe ₃ O ₄ NP		37*	
(Yasmeen et al., 2018)	trigo	CuNP	1 ppm	13*	
			5 ppm	14.3*	
			10 ppm	16.9*	placa petri
			50 ppm	9.7*	
(Kumar et al., 2020)	trigo	ZnONP	25 ppm	13.5	placa petri
(Noman et al., 2020)	trigo	CuNP	25 mg/kg	20*	
			50 mg/kg	23*	maceta
			100 mg/kg	15*	
(Yang et al., 2018)	trigo	AgNP	20 mg/kg	24	
			200 mg/kg	16	maceta
			2000 mg/kg	12	
	trigo	NP SA-CS	0.01%	7.44	

(Kadam et al., 2021)			0.04%	8.28	maceta
			0.08%	8.74	
			0.12%	8.48	
			0.16%	7.21	
(Sheoran et al., 2021)	trigo	KNP	20 ppm	19.36	maceta
			40 ppm	20.75	
			60 ppm	23.06	
(Khan et al., 2019)	mijo	AgNP	2 mM	8.87	maceta
	perla		4 mM	7.20	
			6 mM	4.80	

*aproximadamente

La tabla 6 muestra artículos vinculados a la longitud de la raíz por la aplicación de distintos nanofertilizantes. En el cultivo del maíz, la longitud máxima fue de 65.89 cm con el nanofertilizante de quitosano de silicio (Kumaraswamy et al., 2021), al contrario, el nanofertilizante de quitosano de zinc obtuvo 37.80 cm, posiblemente por las concentraciones de los nanofertilizantes (Choudhary et al., 2019), esto discrepa con el nanofertilizante de ZnO donde adquirió aproximadamente 11.9 cm esto puede ser por el escenario de aplicación empleado (Esper et al., 2020), no obstante, la NP de hematita obtuvo la menor longitud, quizá porque la NP se aplicó en el suelo (Youssef et al., 2020). En el cultivo del trigo, el nanofertilizante de plata consiguió una máxima longitud de raíz de 24 cm (Yang et al., 2018), en tanto la ZnONP alcanzó 13.5 cm probablemente porque se llevó a cabo en placa petri (Kumar et al., 2020) por lo contrario, la NP SA-CS mostró una menor longitud de 7.21 cm esto puede suceder porque se cultivó en maceta (Kadam et al., 2021).

Tabla 7 Efectos de los nanofertilizantes en el peso seco de raíz de los cereales

Referencia	Cereal	Nanofertilizante	Concentración	Peso seco de raíz (g)	Escenario de aplicación
(Bala et al., 2019)	arroz	ZnONP	0.05 g/L	2.6	maceta
			1.0 g/L	4.9	
			5.0 g/L	2.5	
	arroz	ZnONP	50 mg L ⁻¹	1.45*	

(Ali et al., 2019)				1.25 ^{*e}	maceta
			75 mg L ⁻¹	1.8 [*]	
				1.9 ^{*e}	
			100 mg L ⁻¹	1.9 [*]	
(Rizwan et arroz al., 2019)	SiO ₂ NP		5 mg L ⁻¹	3.1 [*]	maceta
			10 mg L ⁻¹	3.2 [*]	
			20 mg L ⁻¹	3.6 [*]	
			30 mg L ⁻¹	4.4 [*]	
	TiO ₂ NP		5 mg L ⁻¹	2.6 [*]	maceta
			10 mg L ⁻¹	2.9 [*]	
			20 mg L ⁻¹	3.15 [*]	
			30 mg L ⁻¹	3.5 [*]	
(Lian et al., 2020)	maíz	TiO ₂ NP	100 mg/L	0.270 [*]	caja de plástico
			250 mg/L	0.2 [*]	
(Rizwan et arroz al., 2019)	maíz	ZnONP	50 mg L ⁻¹	9 [*]	maceta
				11 ^{*e}	
			75 mg L ⁻¹	10 [*]	
			100 mg L ⁻¹	11 [*]	
(Esper et al., 2021)	maíz	Mn ₃ O ₄ (NP)	20 mg L ⁻¹	0.335 [*]	parcela
			40 mg L ⁻¹	0.285 [*]	
			80 mg L ⁻¹	0.27 [*]	
			160 mg L ⁻¹	0.28 [*]	
(Esper et al., 2020)	maíz	CuO NP	20 mg/L	0.12 [*]	parcela
			40 mg/L	0.19 [*]	
			80 mg/L	0.14 [*]	
			160 mg/L	0.12 [*]	
(Youssef et arroz al., 2020)	maíz	NP de hematita	500 mg/kg	0.105 [*]	maceta
			1000 mg/kg	0.075 [*]	
			2000 mg/kg	0.075 [*]	

			4000 mg/kg	0.06*	
			8000 mg/kg	0.034*	
(Munir et al., 2018)	trigo	ZnONP	25 mg L ⁻¹	6.2*	
			50 mg L ⁻¹	6.2*	
			75 mg L ⁻¹	7*	maceta
			100 mg L ⁻¹	7.6*	
(Hussain et al., 2018)	trigo	ZnONP	25 mg/L	5.4*	
			25 mg/kg	5.1*	
			50 mg/L	6*	
			50 mg/kg	5.9*	maceta
			75 mg/L	6.8*	
			75 mg/kg	6.5*	
			100 mg/L	7.3*	
			100 mg/kg	6.9*	
(Rizwan et al., 2019)	trigo	ZnONP	25 mg L ⁻¹	4.9*	
			50 mg L ⁻¹	5.8*	
			75 mg L ⁻¹	6.1*	maceta
			100 mg L ⁻¹	6.8*	
		Fe ₃ O ₄ NP	5 mg L ⁻¹	4.7*	
			10 mg L ⁻¹	5.7*	
			15 mg L ⁻¹	6.15*	maceta
			20 mg L ⁻¹	6.6*	
(Adrees et al., 2020)	trigo	FeNP	25 mg/kg	6.15*	
			50 mg/kg	6.1*	maceta
			100 mg/kg	6.9*	
(Dimkpa et al., 2018)	trigo	Mn ₂ O ₃ nano	138 mg/kg	8	maceta
(Ali et al., 2019)	trigo	SiNP	300 mg/L	5.1*	
			600 mg/L	5.8*	
			900 mg/L	6.3*	maceta
			1200 mg/L	6.9*	
	trigo	SiNP	25 mg kg ⁻¹	5.8 ^{*b}	

(Khan et al., 2019)				4.8 ^{*a}	maceta
			50 mg kg ⁻¹	6.8 ^{*b}	
				6.8 ^{*a}	
			100 mg kg ⁻¹	6.2 ^{*b}	
(Hussain et trigo al., 2019)	SiNP		300 mg/L	4.7 [*]	maceta
			600 mg/L	5.8 [*]	
			900 mg/L	6.2 [*]	
			1200 mg/L	7 [*]	
(Yasmeen trigo et al., 2018)	CuNP		1 ppm	0.09 [*]	caja petri
			5 ppm	0.0945 [*]	
			10 ppm	0.1165 [*]	
			50 ppm	0.07 [*]	
(Noman et trigo al., 2020)	CuNP		25 mg/kg	0.014 [*]	maceta
			50 mg/kg	0.019 [*]	
			100 mg/kg	0.011 [*]	
(Hussain et trigo al., 2019)	Fe ₃ O ₄ NP		5 ppm	5.3 [*]	maceta
			5 mg/kg	4.9 [*]	
			10 ppm	5.9 [*]	
			10 mg/kg	5.8 [*]	
			15 ppm	6.5 [*]	
			15 mg/kg	6.3 [*]	
			20 ppm	7.7 [*]	
			20 mg/kg	6.7 [*]	
(Rostamiza trigo deh et al., 2021)	FeNP		100 mg/L	0.0125	maceta
			200 mg/L	0.013	
			300 mg/L	0.014	
			400 mg/L	0.015	
(Sheoran et trigo al., 2021)	KNP		20 ppm	0.76	maceta
			40 ppm	1.12	
			60 ppm	1.94	
	AgNP		10 mM	9 [*]	

(Khan et al., 2020)	mijo perla	20 mM 30 mM	10* 7*	maceta
---------------------	------------	----------------	-----------	--------

*aproximadamente

^a: sequía

^b: con sequía

^e: con biocarbón

La tabla 7 presenta la aplicación de los nanofertilizantes en el peso seco de raíz de los cereales. Para el cultivo del arroz, (Bala et al., 2019) con la ZnONP logró el peso máximo (4.9 g), teniendo similitud con el nanofertilizante de SiO₂ donde el peso fue de 4.4 g, mientras que el nanofertilizante de TiO₂ adquirió alrededor de 3.1 g, tal vez porque utilizaron una menor concentración de nanofertilizante (Rizwan et al., 2019). Para el cultivo del maíz, el nanofertilizante de ZnO obtuvo el máximo peso aproximadamente de 12.1 g (Rizwan et al., 2019), esto es opuesto al nanofertilizante de hausmanita donde alcanzó cerca de 0.335 posiblemente porque emplearon una menor concentración (Esper et al., 2021), no obstante, la NP de hematita consiguió un peso inferior alrededor de 0.034 g esto puede ser por el tipo de aplicación (Youssef et al., 2020). Para el cultivo del trigo, el máximo peso fue de 8 g con el nanofertilizante de Mn₂O₃ (Dimkpa et al., 2018), todo lo contrario, la FeNP consiguió un peso inferior de 0.0125 g, quizá por el método de aplicación (Rostamizadeh et al., 2021).

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que, las diferentes nanopartículas utilizadas en la producción de cereales como la nanopartícula de óxido de zinc, silicio, hierro, magnetita y entre otras difieren en el tamaño, forma, pureza y potencial zeta, dado que depende del medio de obtención de la nanopartícula.
- Se identificó el tipo de aplicación de los nanofertilizantes más empleados en la producción de cereales siendo la aplicación foliar, debido a que contribuyó en el crecimiento y actividad de enzimas antioxidantes, los cuales pueden variar de acuerdo al cereal y las concentraciones de los nanofertilizantes.
- Se concluye que, los nanofertilizantes generan efectos en los parámetros de crecimiento de los cereales como el aumento en la altura de la planta (245 cm), longitud de espiga (17.43 cm), peso seco de brotes (84 g), peso seco de raíz (11*g) y longitud de raíz (37.80 cm), estos resultados pueden variar conforme al nanofertilizante utilizado, concentraciones y escenario de aplicación.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda caracterizar con más detalle las nanopartículas utilizadas en los cultivos de los cereales como la densidad, área superficial y diámetro de las NPs a base de quitosano, manganeso, boro, fosforo y magnesio. Puesto que existen pocas investigaciones, esto con el propósito de ampliar el conocimiento científico referente al tema.
- Se recomienda realizar investigaciones experimentales acerca de la aplicación del cebado de semillas de los nanofertilizantes en el mijo perla (*Pennisetum Glaucum L.*), a fin de conocer los efectos que podrían generar el desarrollo del cultivo, así como los posibles daños tanto en la planta como en el suelo.
- Se recomienda realizar investigaciones en grandes extensiones de terreno para analizar algunos parámetros físicos de crecimiento de los cereales, como: longitud de plántulas, longitud de los brotes y peso de granos, de modo que se pueda determinar los efectos que generan los nanofertilizantes y sus concentraciones.

REFERENCIAS

1. ABD, M.M, SHERIF, M.A, HUSSIEN, M.S, TANTAWY, I.A.A.M, BASHANDY, S.O. Impacts of nano- and non-nanofertilizers on potato quality and productivity. *Acta Ecologica Sinica* [en línea]. Octubre del 2020, vol. 40, p. 388-397. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.12.007>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1872203219300769?vi%3Dihub>) ISSN: 1872-2032
2. ACHARYA, Amitabha y PAL Probir. Agriculture nanotechnology: Translating research outcome to field applications by influencing environmental sustainability. *NanoImpact* [en línea]. Julio del 2020, vol. 19, p. 1-14. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.impact.2020.100232>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452074820300264#!>) ISSN: 245-0748
3. ADHIKARI, Tapan, SARKAR, Dipayan, MASHAYEKHI, Hamid y XING, Baoshan. Growth and enzymatic activity of maize (*Zea mays L.*) plant: Solution culture test for copper dioxide nano particles. *Journal of Plant Nutrition* [en línea]. Junio del 2016, vol. 39, p. 99-115. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2015.1044012>
4. ADREES, Muhammad [et al]. Simultaneous mitigation of cadmium and drought stress in wheat by soil application of iron nanoparticles. *Chemosphere* [en línea]. Enero del 2020, vol. 238, p. 1-9. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124681>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519319058#!>) ISSN: 0045-66535

5. AHMADIAN, Kamiar, JALILIAN, Jalal y PIRZAD, Alireza. Nano-fertilizers improved drought tolerance in wheat under deficit irrigation. *Agricultural Water Management* [en línea]. Febrero del 2021, vol. 244, p. 1-13. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106544> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377420320916#!>) ISSN: 0378-3774
6. AHMED, Temoor [et al]. Nanoparticle-based amelioration of drought stress and cadmium toxicity in rice via triggering the stress responsive genetic mechanisms and nutrient acquisition. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Febrero del 2021, vol. 209, p. 1-13. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111829> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320316651?via%3Dihub>) ISSN: 0147-6513
7. AL-MAMUN, Md. Rashid [et al]. Nanofertilizers towards sustainable agriculture and environment. *Environmental Technology & Innovation* [en línea]. Agosto del 2021, vol. 23, p. 1-19. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101658> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186421003060#b125>) ISSN: 2352-1864
8. ALI, Shafaqat [et al]. Combined use of biochar and zinc oxide nanoparticle foliar spray improved the plant growth and decreased the cadmium accumulation in rice (*Oryza sativa L.*) plant. *Environmental Science and Pollution Research International* [en línea]. Abril del 2019, vol. 26, n° 11, p. 11288-11299. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04554-y> (<https://www.proquest.com/docview/2184326669/fulltextPDF/C33F4ADF67C54D49PQ/115>) ISSN: 09441344

9. ALI, Shafaqat [et al]. Silicon nanoparticles enhanced the growth and reduced the cadmium accumulation in grains of wheat (*Triticum aestivum L.*). *Plant Physiology and Biochemistry* [en línea]. Julio del 2019, vol. 140, p. 1-8. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.036>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942819301755>)
ISSN: 0981-9428
10. ALSHAAL, Tarek y EL-RAMADY, Hassan. Environment, Biodiversity & Soil Security [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Foliar Application: From Plant Nutrition to Biofortification. Disponible en: <10.21608/JENVBS.2017.1089.1006>
(https://jenvbs.journals.ekb.eg/article_3586.html)
11. ARIAS, María y GIRALDO, Clara. El rigor en la investigación cualitativa. *Investigación y Educación en Enfermería* [en línea]. Agosto del 2011, vol. 29, p. 500-514. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: (<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105222406020>)
ISSN: 0120-5307
12. ATTIA, Eman y ELHAWAT, Nevien. Combined foliar and soil application of silica nanoparticles enhances the growth, flowering period and flower characteristics of marigold (*Tagetes erecta L.*). *Scientia Horticulturae* [en línea]. Mayo del 2021, vol. 282, p. 1-8. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110015>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423821001229#>)
ISSN: 0304-4238
13. BAENA, Guillermina. Metodología de la Investigación. México [en línea]. Grupo Editorial Patria. 2014. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en:

https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_Invstigaci%C3%B3n.html?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

ISBN: 978-607-744-003-1

14. BALA, Reetu, KALIA, Anu y DHALIWAL, Salwinder. Evaluation of Efficacy of ZnO Nanoparticles as Remedial Zinc Nanofertilizer for Rice. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* [en línea]. Abril del 2019, vol. 19, p. 379-389. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00040-z>
(<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs42729-019-00040-z#citeas>)
15. BANSAL, Pratima, SMITH, Wendy y VAARA, Eero. New Ways of Seeing through Qualitative Research. *Academy of Management Journal* [en línea]. Agosto del 2018, vol. 61, p. 1189-1195. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.5465/amj.2018.4004>
(<https://journals.aom.org/doi/10.5465/amj.2018.4004>)
16. BENGTSSON, Mariette. How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *NursingPlus Open* [en línea]. Enero del 2016, vol. 2, p. 8-14. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.npls.2016.01.001>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352900816000029#>)
ISSN: 2352-9008
17. CHAKMA, Remi, SAEKONG, Pantamit, BISWAS, Arindam, ULLAH, Hayat y DATTA, Avishek. Growth, fruit yield, quality, and water productivity of grape tomato as affected by seed priming and soil application of silicon under drought stress. *Agricultural Water Management* [en línea]. Julio del 2021, vol. 256, p. 1-11. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107055>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377421003206#!>)
ISSN: 0378-3774

18. CHHIPA, Hemraj. Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. *Environmental Chemistry Letters* [en línea]. Marzo del 2017, vol. 15, p. 15-22. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10311-016-0600-4> (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-016-0600-4#citeas>)
19. CHOUDHARY, Ram [et al]. Zinc encapsulated chitosan nanoparticle to promote maize crop yield. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea]. Abril del 2019, vol. 127, p. 126-135. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.274> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018350700> #) ISSN: 0141-8130
20. Concytec. Resolución de Presidencia N° 215-2018-CONCYTEC-P “Formalizan la aprobación del Reglamento de Calificación, Clasificación y Registro de los Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – SINACYT”. Publicado el 25 de noviembre del 2018. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/formalizan-la-aprobacion-del-reglamento-de-calificacion-cl-resolucion-n-215-2018-concytec-p-1716352-1>
21. CRUZ, Robyn y TANTIA, Jennifer. Reading and Understanding Qualitative Research. *American Journal of Dance Therapy* [en línea]. Junio del 2017, vol. 39, p. 79-92. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10465-016-9219-z> (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10465-016-9219-z#citeas>)
22. DAPKEKAR, Ashwin, DESHPANDE, Paresh, OAK, Manoj D, PAKNIKAR, Kishore M y RAJWADE, Jyutika M. Zinc use efficiency is enhanced in wheat through nanofertilization. *Scientific Reports* [en línea]. Mayo del 2018, vol. 8,

- n°6832, 1-7. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-25247-5>
(<https://www.nature.com/articles/s41598-018-25247-5#citeas>)
23. DAVYDOV, Roman, SOKOLOV, Michael, HOGGLAND, William, GLINUSHKIN, Alexey y MARKARYAN, Artem. The application of pesticides and mineral fertilizers in agriculture. *MATEC Web of Conferences* [en línea]. Diciembre del 2018, vol. 245, p. 1-5. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: (https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/104/mateconf_eece2018_11003/mateconf_eece2018_11003.html)
ISSN: 2261-236X
24. DÍAZ, Mayz. ¿Cómo desarrollar de una manera comprensiva, el análisis cualitativo de los datos?, *Educere* [en línea]. Marzo del 2009, vol. 13, p. 55-66. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2021]. Disponible en: (http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-49102009000100007&script=sci_arttext&tlng=pt) ISSN: 1316-4910
25. DIMKPA, Christian [et al]. Interactive effects of drought, organic fertilizer, and zinc oxide nanoscale and bulk particles on wheat performance and grain nutrient accumulation. *Science of The Total Environment* [en línea]. Junio del 2020, vol. 722, p. 1-12. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137808>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720313206?via%3Dihub>) ISSN: 0048-9697
26. DIMKPA, Christian [et al]. Effects of Manganese Nanoparticle Exposure on Nutrient Acquisition in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy* [en línea]. Setiembre del 2018, vol. 8, n° 9, p. 1-16. [Fecha de consulta]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy8090158>
(<https://www.proquest.com/docview/2248471543/fulltextPDF/F96212B75E9A4D1FPQ/31>) ISSN: 20734395

27. EALIA, Anu y Saravanakumar, M P. A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. Setiembre del 2017, vol. 263, p. 1-15. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/263/3/032019> (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/263/3/032019>)
28. ELEMIKE, Elias, IFEYINWA, Monica, ONWUDIWE, Damian y BABALOLA, Olubukola. The Role of Nanotechnology in the Fortification of Plant Nutrients and Improvement of Crop Production. *Applied Sciences* [en línea]. Enero del 2019, vol. 9, n° 3, p. 1-32. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2297045146/4D0B881A97144CB6PQ/53>) ISSN: 20763417
29. ESPER, Michel [et al]. Assessments in early growth of corn seedlings after hausmanite (Mn₃O₄) nanoscale seed priming. *Journal of Plant Nutrition* [en línea]. 2021, vol. 44, n° 11, p. 1611-1620. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2021.1871745> (<https://www.proquest.com/docview/2522511916/D4F0D74493DE47BFPQ/1?accountid=37408>) ISSN: 01904167
30. ESPER, Michel [et al]. Early development of corn seedlings primed with synthetic tenorite nanofertilizer. *Journal of Seed Science* [en línea]. 2020, vol. 42, p. 1-9. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42240979> (<https://www.scielo.br/j/jss/a/BGX4XMBJLRrX8kgGxZjryBR/?lang=en>) ISSN: 2317-1545
31. ESPER, Michel [et al]. Initial Development of Corn Seedlings after Seed Priming with Nanoscale Synthetic Zinc Oxide. *Agronomy* [en línea]. Febrero del 2020, vol. 10, n° 2, p. 1-10. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy10020307>
(<https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/307/htm>)

32. ESPINOZA, Eudaldo. La investigación cualitativa, una herramienta ética en el ámbito pedagógico. *Conrado* [en línea]. Agosto del 2020, vol. 16, n° 75, p. 103-110. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: (http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000400103&lang=es#B11) ISSN: 2519-7320
33. ESTEBAN, Nicomedes. Tipos de Investigación. [en línea] CONCYTEC, 2018. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en: (https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIS_5b55a9811d9ab27b8e45c193546b0187)
34. FATIMA, Faria, HASHIM, Arshya y ANEES, Sumaiya. Efficacy of nanoparticles as nanofertilizer production: a review. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. Enero del 2021, vol. 28, n° 2, p. 1292-1303. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: (<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092660184&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=f8407293a38737954a6cf27d1ed707d5&sot=b&sdt=b&sl=22&s=TITLE%28nanofertilizers%29&relpos=8&citeCnt=2&searchTerm=>)
35. FAO. The international Code of Conduct for the sustainable use and management of fertilizers, Roma, 2019. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/CA5253EN>
(<http://www.fao.org/3/ca5253en/CA5253EN.pdf>) ISBN: 978-92-5-131705-1
36. FAO. The future of food and agriculture – Trends and challenges Roma, 2017. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: (<http://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>) ISBN: 978-92-5-109551-5

37. GAMA DESSAVRE, Dante y RAMIREZ-MARQUEZ, Jose. Nar-A-Viz: A methodology to visually extract the narrative structure of text. *Computer Speech & Language* [en línea]. Setiembre del 2019, vol. 57, p. 81-97. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.csl.2019.02.004> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885230817302759#>) ISSN: 0885-2308
38. GOMAA, M, RADWAN, F, KANDIL, E y AL-MSARI, M. Response of Some Egyptian and Iraqi Wheat Cultivars to Mineral and NanFertilization. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. Botany* [en línea]. Febrero del 2018, vol. 9, n° 1, p. 19-26. [Fecha de consulta]. Disponible en: [10.21608/eajbsh.2018.16726](https://doi.org/10.21608/eajbsh.2018.16726) (<https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=f69e7e69-ae14-4b0b-9cf3-08202240f53e%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGI2ZQ%3d%3d#db=a9h&AN=131588871>) ISSN: 2090-3812
39. HEINISCH, Martin, JÁCOME, José y MIRICESCU, Dan. Current Experience with Application of Metal-based Nanofertilizers. *MATEC Web of Conferences* [en línea]. 2019, vol. 290, p. 1-7. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: [10.1051/matecconf/201929003006](https://doi.org/10.1051/matecconf/201929003006) (<https://www.proquest.com/docview/2277060274/4D0B881A97144CB6PQ/9>) ISSN: 22747214
40. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Maria del Pilar. Metodología de la Investigación. 6. a ed. México [en línea]. McGraw Hill. 2014. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: (<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>) ISBN: 978-1-4562-2396-0

41. HERNÁNDEZ-AYALA, Hernán y TOBÓN-TOBÓN, Sergio. Análisis documental del proceso de inclusión en la educación. *Ra Ximhai*. [en línea]. 2016, vol. 12, n° 6, p. 399-420. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: (<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46148194028>) ISSN: 1665-0441
42. HIMANSHI, Jangir, AMARJEET, Bharadwaj, GAURAV, Srivastava y MAINAK, Das. Fertilizer-free cultivation of wheat in nutrient-deficient soil by treating the seeds with nanopyrite. *Nanotechnology for Environmental Engineering* [en línea]. Abril del 2020, vol. 5, n° 1, p. 1-16. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s41204-020-00072-2> (<https://www.proquest.com/docview/2394489412/fulltextPDF/7C2430E37FC44D7PQ/7>) ISSN: 23656379
43. HUSSAIN, Afzal [et al]. Combined use of different nanoparticles effectively decreased cadmium (Cd) concentration in grains of wheat grown in a field contaminated with Cd. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Junio del 2021, vol. 215, p. 1-9. [Fecha de consulta 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112139> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321002505?via%3Dihub>) ISSN: 0147-6513
44. HUSSAIN, Afzal, RIZWAN, Muhammad, QASIM, Ali y ALI, Shafaqat. Seed priming with silicon nanoparticles improved the biomass and yield while reduced the oxidative stress and cadmium concentration in wheat grains. *Environmental Science and Pollution Research International* [en línea]. Marzo del 2019, vol. 26, n° 8, p. 7579-7588. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04210-5> (<https://www.proquest.com/docview/2168624482/C15A1B46C08C4AFEPQ/7>) ISSN: 09441344

- p. 717-728. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1007/s00344-019-10012-3>
(<https://www.proquest.com/docview/2268460401/43396C409A9041D6PQ/1>
)
ISSN: 07217595
49. JAVAD, Sumera. Nanoagronomy. Pakistan [en línea] Springer International Publishing. 2020. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-41275-3>
(<https://www.springer.com/gp/book/9783030412746#aboutBook>) ISBN: 978-3-030-41277-7
50. JUBEIR, SH.M y AHMED, W.A. Effect of nanofertilizers and application methods on vegetative growth and yield of date palm. *The Iraqi Journal of Agricultural Science* [en línea]. 2019, vol. 50, n° 1, p. 267-274. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en:
(<https://www.proquest.com/docview/2199070807/fulltext/1547E0D6108D41B4PQ/1>) ISSN: 0075-0530
51. JULMI, Christian. Encyclopedia of Creativity (Third Edition) [en línea]. Academic Press. 2020. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2021]. Research: Qualitative. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.23678-X>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012809324523678X>
) ISBN: 9780128156155
52. KADAM, Pratap [et al]. Physio-biochemical responses of wheat plant towards salicylic acid-chitosan nanoparticles. *Plant Physiology and Biochemistry* [en línea]. Mayo del 2021, vol. 162, p. 699-705. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.021>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942821001455#!>) ISSN: 0981-9428
53. KHAN, Imran [et al]. Silver nanoparticles improved the plant growth and reduced the sodium and chlorine accumulation in pearl millet: a life cycle

study. *Environmental Science and Pollution Research International* [en línea]. Noviembre del 2020, vol. 28, n° 11, p. 13712-13724. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-11612-3> (<https://www.proquest.com/docview/2499225825/2AB9F40F4074A7EPQ/10>) ISSN: 09441344

54. KHAN, Ibrahim, SAEED, Khalid y KHAN, Idrees. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry* [en línea]. Noviembre del 2019, vol. 12, n° 7, p. 908-931. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535217300990#>) ISSN: 1878-5352

55. KHAN, Imran [et al]. Physiological and Biochemical Responses of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum L.*) Seedlings Exposed to Silver Nitrate (AgNO₃) and Silver Nanoparticles (AgNPs). *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2019, vol. 16, n° 13, p. 1-17. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16132261> (<https://www.proquest.com/docview/2329436369/F4996D84F44340FFPQ/8>) ISSN: 1661-7827

56. KHAN, Zahra [et al]. Effects of silicon nanoparticles on growth and physiology of wheat in cadmium contaminated soil under different soil moisture levels. *Environmental Science and Pollution Research International* [en línea]. Diciembre del 2019, vol. 27, n° 5, p. 4958-4968. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-06673-y> (<https://www.proquest.com/docview/2356830029/fulltextPDF/F96212B75E9A4D1FPQ/35?accountid=37408>) ISSN: 09441344

57. KHIR, Ragab y PAN, Zhongli. Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products [en línea]. *Academic Press*. 2019. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021] Chapter 2 - Rice. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00002-2>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128141380000022>
#) ISBN: 9780128141380
58. KUBAVAT, Denish [et al]. Characterization of a chitosan-based sustained release nanofertilizer formulation used as a soil conditioner while simultaneously improving biomass production of *Zea mays L.* *Land Degradation & Development* [en línea]. Noviembre del 2020, vol. 31, n° 17, p. 2734-2746. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.3629>
(<https://www.proquest.com/docview/2461096857/C33F4ADF67C54D49PQ/13>) ISSN: 10853278
59. KUMAR, J, KUMAR, S, MISHRA, S, SINGH, AK. Role of zinc oxide nanoparticles in alleviating arsenic mediated stress in early growth stages of wheat. *Journal of Environmental Biology, suppl. Special Issue* [en línea]. Marzo del 2021, vol. 42, p. 518-523. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.22438/eb/42/2\(SI\)/SI-273](http://dx.doi.org/10.22438/eb/42/2(SI)/SI-273)
(<https://www.proquest.com/docview/2521121954/C15A1B46C08C4AFEPQ/4>) ISSN: 02548704
60. KUMARASWAMY, R. V [et al]. Chitosan-silicon nanofertilizer to enhance plant growth and yield in maize (*Zea mays L.*). *Plant Physiology and Biochemistry* [en línea]. Febrero del 2021, vol. 159, p. 53-66. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.054>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942820306173>
#) ISSN: 0981-9428
61. KUMARI, Rima y SINGH, Devendra. Nano-biofertilizer: An Emerging Eco-friendly Approach for Sustainable Agriculture. *Proceedings of the National*

- Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* [en línea]. Octubre del 2020, vol. 90, p. 733-741. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40011-019-01133-6> (<https://link.springer.com/article/10.1007/s40011-019-01133-6#citeas>)
62. LASKOWSKI, Waclaw, GÓRSKA-WARSEWICZ, Hanna, REJMAN, Krystyna, CZECZOTKO, Maksymilian y ZWOLIŃSKA, Justyna. How Important are Cereals and Cereal Products in the Average Polish Diet?. *Nutrients* [en línea]. Marzo del 2019, vol. 11, n° 3, p. 1-21. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/nu11030679> (<https://www.proquest.com/docview/2302282740/fulltext/5FAC043B50BA4219PQ/1>)
ISSN: 20726643
63. LÁZARO, Mirko y DOMÍNGUEZ, César. Guías alimentarias para la población peruana. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2019. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: (<http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4832.pdf>) ISBN: 978-612-310-119-0
64. Ley n° 23987. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de Julio del 2019
65. LI, Peiye [et al]. Insight into the interaction between Fe-based nanomaterials and maize (*Zea mays*) plants at metabolic level. *Science of The Total Environment* [en línea]. Octubre del 2020, vol. 738, p. 1-9. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139795> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720333155?via%3Dihub>) ISSN: 0048-9697
66. LIAN, Jiapan [et al]. Foliar spray of TiO₂ nanoparticles prevails over root application in reducing Cd accumulation and mitigating Cd-induced phytotoxicity in maize (*Zea mays L.*). *Chemosphere* [en línea]. Enero del 2020, vol. 239, p. 1-12. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible

- en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124794>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519320338?via%3Dihub>) ISSN: 0045-6535
67. LIRA, Ricardo, MÉNDEZ, Bulmaro, DE LOS SANTOS, Gladys y VERA, Ileana. Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria* [en línea]. 2018, vol. 28, n° 2, p. 9-24. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.15174/au.2017.1575>
(<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41655593002>) ISSN: 0188-6266
68. LIRA, Ricardo, MÉNDEZ, Bulmaro, VERA, Ileana y DE LOS SANTOS, Gladys. Agronotecnología: una nueva herramienta para la agricultura moderna. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* [en línea]. 2018, vol. 50, n° 2, p. 395-411. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doaj.org/article/9888f90733b348e6957ebada45834ef7> ISSN: 0370-4661
69. LIU, Ruiqiang y LAL, Rattan. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of The Total Environment* [en línea]. Mayo del 2015, vol. 514, p. 131-139. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.104>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715001266>
#) ISSN: 0048-9697
70. LJUBICIC, Natasa [et al]. The Impact of ZnO nanoparticles application on yield components of different wheat genotypes. *Poljoprivreda i Sumarstvo* [en línea]. 2020, vol. 66, n° 2, p. 217-227. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17707/AgricultForest.66.2.19>
(<https://www.proquest.com/docview/2436885173/fulltextPDF/F66F3643A7664619PQ/1?accountid=37408>) ISSN: 05545579

71. LLUZAR, Pedro. Fertilizantes en Perú. Oficina Económica y Comercial de España en Lima. 2019. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en:
(<https://www.icex.es/icex/GetDocumento?dDocName=DOC2019819665&urlNoAcceso=/icex/es/registro/iniciar-sesion/index.html?urlDestino=https://www.icex.es:443/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/estudios-de-mercados-y-otros-documentos-de-comercio-exterior/DOC2019819665.html&site=icexES>)
72. LU, Shibao, BAI, Xiao, LI, Wei y WANG, Ning. Impacts of climate change on water resources and grain production. *Technological Forecasting and Social Change* [en línea]. Junio del 2019, vol. 143, p. 76-84. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.015>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162518311326>)
ISSN: 0040-1625
73. MARCHIOL, Luca, IAFISCO, Michele, FELLET, Guido y ADAMIANO, Alessio. Advances in Agronomy [en línea]. *Academic Press*. 2020. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Chapter Two - Nanotechnology support the next agricultural revolution: Perspectives to enhancement of nutrient use efficiency. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.12.001>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211319301129#>)
ISSN: 0065-2113
74. MEJIAS, Jaime [et al]. Nanofertilizers: A Cutting-Edge Approach to Increase Nitrogen Use Efficiency in Grasslands. *Frontiers in Environmental Science* [en línea]. Marzo del 2021, vol. 9, p. 1-8. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.635114>
(<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.635114/full>) ISSN: 2296-665X

75. MUNIR, T [et al]. Effect of zinc oxide nanoparticles on the growth and Zn uptake in wheat (*Triticum Aestivum L.*) by seed priming method. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures* [en línea]. Marzo del 2018, vol. 13, n° 1, p. 315-323. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.chalcogen.ro/315_MunirT.pdf
76. NANDHINI, Murali [et al]. Biofabricated zinc oxide nanoparticles as an eco-friendly alternative for growth promotion and management of downy mildew of pearl millet. *Crop Protection* [en línea]. Julio del 2019, vol. 121, p. 103-112. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.015>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026121941930095X> #) ISSN: 0261-2194
77. NOMAN, Muhammad [et al]. Green copper nanoparticles from a native *Klebsiella pneumoniae* strain alleviated oxidative stress impairment of wheat plants by reducing the chromium bioavailability and increasing the growth. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Abril del 2020, vol. 192, p. 1-10. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110303>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320301421#!>)
ISSN: 0147-6513
78. NOREÑA, Ana, ALCARAZ-MORENO, Noemi, ROJAS, Juan y REBOLLEDO-MALPICA, Dinora. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichan* [en línea]. Diciembre del 2012, vol. 12, n° 3, p. 263-274. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: (http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972012000300006&script=sci_abstract&tlng=es) ISSN: 1657-5997
79. OECD/FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029, Paris, Rome/OECD [en línea]. Publishing. 2020. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>
(<https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural->

[outlook-2020-2029_1112c23b-en;jsessionid=ik1Kd8ieK2ot5jSZjcS2gP18.ip-10-240-5-171](https://doi.org/10.1112/c23b-en;jsessionid=ik1Kd8ieK2ot5jSZjcS2gP18.ip-10-240-5-171)) ISBN: 9789264605664

80. PALACIO, Jorge [et al]. Desde la otra cara de la moneda en la investigación educativa: Métodos cualitativos y análisis documental en la práctica. Bogotá: Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico. 2017. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: (<https://repositorio.idep.edu.co/bitstream/handle/001/922/Desde%20la%20otra%20cara%20de%20la%20moneda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>) ISBN: 978-958-8780-71-9
81. PANDEY, Garima. Challenges and future prospects of agri-nanotechnology for sustainable agriculture in India. *Environmental Technology & Innovation* [en línea]. Agosto del 2018, vol. 11, p. 299-307. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.06.012> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186418301196>) ISSN: 2352-1864
82. PARIONA, Nicolaza, MARTÍNEZ, Arturo, HDZ-GARCÍA, H.M., CRUZ, Luis y HERNANDEZ-VALDEZ, Adolfo. Effects of hematite and ferrihydrite nanoparticles on germination and growth of maize seedlings. *Saudi Journal of Biological Sciences* [en línea]. Noviembre del 2017, vol. 24, n° 7, p. 1547-1554. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.06.004> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X16300596?via%3Dihub>) ISSN: 1319-562X
83. PAULA, Cristiane, DE MELLO, Stela, GOMES, Marlene, DE OLIVEIRA, Ívis y EVANGELISTA, Ivone. Modos de condução da entrevista em pesquisa fenomenológica: relato de experiência. *Revista Brasileira de Enfermagem* [en línea]. Junio del 2014, vol. 67, n° 3, p. 468-472. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.5935/0034-7167.20140063>

<https://www.scielo.br/j/reben/a/qJQPRHB8Qvm9ZVDdbhCtVpp/?format=html>)

84. PITAMBARA, ARCHANA Y SHUKLA. Nanotechnology for Agriculture: Crop Production & Protection [en línea]. Springer. 2019. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Nanofertilizers: A Recent Approach in Crop Production. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-32-9374-8_2 (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-32-9374-8_2) ISBN: 978-981-32-9374-8
85. QUINTANA, Alberto, MONTGOMERY, W. Metodología de Investigación Científica Cualitativa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2006. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: (<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2724/1/Metodolog%c3%ada%20de%20investigaci%c3%b3n%20cient%c3%adfica%20cualitativa.pdf>)
86. RAJPUT, Vishnu [et al]. Accumulation of nanoparticles in the soil-plant systems and their effects on human health. *Annals of Agricultural Sciences* [en línea]. Diciembre del 2020, vol. 65, n° 2, p. 137-143. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.08.001> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178320300373#>) ISSN: 0570-1783
87. REYES, María [et al]. Tablas peruanas de composición de alimentos. 8.^a ed. Instituto Nacional de Salud. 2009. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: (https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/389889/Tablas_peruanas_de_composici%C3%B3n_de_alimentos20191016-26158-13k0vh1.pdf)
88. RIZWAN, Muhammad [et al]. Zinc and iron oxide nanoparticles improved the plant growth and reduced the oxidative stress and cadmium concentration in wheat. *Chemosphere* [en línea]. Enero del 2019, vol. 214, p. 269-277. [Fecha

de consulta: 4 de mayo del 2021]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.120>

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518317764#>)

ISSN: 0045-6535

89. RIZWAN, Muhammad [et al]. Effect of foliar applications of silicon and titanium dioxide nanoparticles on growth, oxidative stress, and cadmium accumulation by rice (*Oryza sativa*). *Acta Physiologiae Plantarum* [en línea]. Abril del 2019, vol. 41, n° 35, p. 1-12. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2828-7> (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-019-2828-7#citeas>)
90. RIZWAN, Muhammad [et al]. Alleviation of cadmium accumulation in maize (*Zea mays L.*) by foliar spray of zinc oxide nanoparticles and biochar to contaminated soil. *Environmental Pollution* [en línea]. Mayo del 2019, vol. 248, p. 358-367. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.031> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119300053?via%3Dihub#sec2>) ISSN: 0269-7491
91. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Vicente, TERASHIMA, Chiaki y FUJISHIMA, Akira. Applications of photocatalytic titanium dioxide-based nanomaterials in sustainable agriculture. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews* [en línea]. Setiembre del 2019, vol. 40, p. 49-67. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2019.06.001> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389556719300243#>)_ISSN: 1389-5567
92. ROSTAMIZADEH, Elham, IRANBAKHSH, Alireza, MAJD, Ahmad, ARBABIAN, Sedigheh y MEHREGAN, Iraj. Physiological and molecular responses of wheat following the foliar application of Iron Oxide nanoparticles. *International Journal of Nano Dimension* [en línea]. 2021, vol.

- 12, n° 2, p. 128-134. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en:
(<https://www.proquest.com/docview/2522189027/abstract/31F9B0D577C4E6BPQ/1?accountid=37408>) ISSN: 20088868
93. SAEED, Khalid y KHAN, Ibrahim. Preparation and characterization of single-walled carbon nanotube/nylon 6,6 nanocomposites. *Instrumentation Science and Technology* [en línea]. Julio del 2016, vol. 44, n° 4, p. 435-444. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en:
(<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84958520741&origin=inward&txGid=25401a10b5b4691f64adba42086b64cc>) ISSN: 10739149
94. SALAMA, Dina, ABD EL-AZIZ, M.E., RIZK, Fatma, ABD EL-WAHED, M. S.A. Applications of nanotechnology on vegetable crops. *Chemosphere* [en línea]. Marzo del 2021, vol. 266, p. 1-13. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129026>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520332239#>)
ISSN: 0045-6535
95. SALGADO, Ana. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit* [en línea]. 2007, vol. 13, n° 13, p. 71-78. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en:
(http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272007000100009) ISSN: 1729-4827
96. SALINAS, Jesús. La investigación ante los desafíos de los escenarios de aprendizaje futuro. *Revista de Educación a Distancia* [en línea]. 2012, n° 32, p. 1-23. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en:
(<https://revistas.um.es/red/article/view/233091/253491>)
97. SAMART, Sutichai y CHUTIPAIJIT, Sutee. Growth of pigmented rice (*Oryza sativa* L. cv. *Riceberry*) exposed to ZnO nanoparticles. *Materialstoday: PROCEEDINGS* [en línea]. 2019, vol. 17, p. 1987-1994. [Fecha de consulta:

24 de mayo del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.246>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478531931613X?via%3Dihub>) ISSN: 2214-7853

98. SHARMA, Garima [et al]. Chitosan nanofertilizer to foster source activity in maize. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea]. Febrero del 2020, vol. 145, p. 226-234. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.155> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813019380833?via%3Dihub>) ISSN: 0141-8130

99. SHARMA, Sunny, RANA, Vishal, PAWAR, Ravina, LAKRA, Johnson y RACCHAPANNAVAR, Vinay. Nanofertilizers for sustainable fruit production: a review. *Environmental Chemistry Letters* [en línea]. Octubre del 2020, vol. 19, n° 2, p. 1693-1714. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en: (https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85094919439&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=f8407293a38737954a6cf27d1ed707d5&sot=b&sdt=b&sl=22&s=TITLE%28nanofertilizers%29&relpos=29&citeCnt=0&searchTerm&featureToggles=FEATURE_VIEW_PDF:1,FEATURE_DOC_DETAILS_TOOLBAR:1) ISSN: 16103653

100. SHEORAN, Promila, GOEL, Sonia, BOORA, Rekha, KUMARI, Santosh, YASHVEER, Shikha y GREWAL, Sapna. Biogenic synthesis of potassium nanoparticles and their evaluation as a growth promoter in wheat. *Plant Gene* [en línea]. Setiembre del 2021, vol. 27, p. 1-27. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2021.100310> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352407321000408>)) ISSN: 2352-4073

101. SHINDE, Surbhi, PARALIKAR, Priti, INGLE, Avinash y RAI, Mahendra. Promotion of seed germination and seedling growth of *Zea mays* by magnesium hydroxide nanoparticles synthesized by the filtrate from *Aspergillus niger*. *Arabian Journal of Chemistry* [en línea]. Enero del 2020, vol. 13, n° 1, p. 3172-3182. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.10.001> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187853521830203X>)
ISSN: 1878-5352
102. SUMERA, Sabir [et al]. Biosynthesis of ZnO Nanoparticles Using *Bacillus Subtilis*: Characterization and Nutritive Significance for Promoting Plant Growth in *Zea mays L. Dose-Response* [en línea]. Julio del 2020, vol. 18, n° 3, p. 1-9. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/1559325820958911> (<https://www.proquest.com/docview/2447499199/96C899CC59D5448APQ/5?accountid=37408>) ISSN:15593258
103. THUESOMBAT, Pakvirun, HANNONGBUA, Supot, AKASIT, Sanong y CHADCHAWAN, Supachitra. Effect of silver nanoparticles on rice (*Oryza sativa L. cv, KDML 105*) seed germination and seedling growth. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Junio del 2014, vol. 104, p. 302-309. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.03.022> ISSN: 0147- 6513
104. TONDEY, Manisha [et al]. Seed Priming and Coating by Nano-Scale Zinc Oxide Particles Improved Vegetative Growth, Yield and Quality of Fodder Maize (*Zea mays*). *Agronomy* [en línea]. 2021, vol. 11, n° 4, p. 1-16. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11040729> (<https://www.proquest.com/docview/2528290868/fulltextPDF/7A87139193264FC4PQ/1?accountid=37408>) ISSN: 20734395

105. TRACY, Sarah. Qualitative Quality: Eight “Big-Tent” Criteria for Excellent Qualitative Research. *Qualitative Inquiry* [en línea]. Octubre del 2010, vol. 16, n° 10, p. 837-851. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177%2F1077800410383121> (https://www.researchgate.net/publication/230557825_Qualitative_Quality_Eight_Big-Tent_Criteria_for_Excellent_Qualitative_Research)
106. VERMA, Deepak y SRIVASTAV, Prem. Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice. *Rice Science* [en línea]. Enero del 2017, vol. 24, n° 1, p. 21-31. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.05.005> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630816300713>)
ISSN: 1672-6308
107. WANG Yale [et al]. Soil application of manganese sulfate could reduce wheat Cd accumulation in Cd contaminated soil by the modulation of the key tissues and ionic of wheat. *Science of The Total Environment* [en línea]. Mayo del 2021, vol. 770, p. 1-12. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145328> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721003958#>)
ISSN: 0048-9697
108. YANG, Jie [et al]. Alteration of Crop Yield and Quality of Wheat upon Exposure to Silver Nanoparticles in a Life Cycle Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en línea]. Marzo del 2018, vol. 66, n° 11, p. 2589-2797. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04904> (<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jafc.7b04904>)
109. YASMEEN, Farhat, NAVEED, Iqbal, ILYAS, Noshin y KOMATSU, Setsuko. Quantitative Proteomic Analysis of Shoot in Stress Tolerant Wheat Varieties on Copper Nanoparticle Exposure. *Plant Molecular Biology Reporter* [n línea]. Abril del 2018, vol. 36, n° 2, p. 326-340. [Fecha de

- consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1007/s11105-018-1082-2>
(<https://www.proquest.com/docview/2033149132/fulltextPDF/7C2430E37FC44D7PQ/14?accountid=37408>) ISSN: 0735-9640
110. YOUNIS, Mahmoud, ABDEL-AZIZ, Heba y HEIKAL, Yasmin. Nanopriming technology enhances vigor and mitotic index of aged *Vicia faba* seeds using chemically synthesized silver nanoparticles. *South African Journal of Botany* [en línea]. Setiembre del 2019, vol. 125, p. 393-401. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.018>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254629919304454#!>) ISSN: 0254-6299
111. YOUSSEF, Ola A [et al]. Hematite nanoparticles influence ultrastructure, antioxidant defenses, gene expression, and alleviate cadmium toxicity in *Zea mays*. *Journal of Plant Interactions* [en línea]. Diciembre del 2020, vol. 15, n° 1, p. 54-74. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2020.1745307>
(<https://www.proquest.com/docview/2470588338/fulltextPDF/C33F4ADF67C54D49PQ/146?accountid=37408>) ISSN: 17429145
112. ZHANG, Wei [et al]. Impact of ZnO nanoparticles on Cd toxicity and bioaccumulation in rice (*Oryza sativa* L). *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. Junio del 2019, vol. 26, n° 22, p. 23119-23128. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-05551-x>
(https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85067011689&origin=inward&txGid=8e9a951062c0bfbb03da97598309656f&featureToggles=FEATURE_VIEW_PDF:1,FEATURE_DOC_DETAILS_TO_OLBAR:1) ISSN: 09441344
113. ZEEGERS, Margaret y BARRON, Deirdre. Milestone Moments in Getting your PhD in Qualitative Research [en línea]. *Chandos Publishing*.

2015. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. 6 – Milestone 6: Method. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100231-5.00006-7> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081002315000067>) ISBN: 978-0-08-100231-5
114. ZIA-UR-REHMAN, Muhammad [et al]. Nanomaterials in Plants, Algae and Microorganisms [en línea]. *Academic Press*. 2018. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2021] Chapter 10 – Responses of Plants to Iron Oxide Nanoparticles. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811487-2.00010-4> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128114872000104> #) ISBN: 9780128114872
115. ZULFIQAR, Faisal, NAVARRO, Míriam, ASHRAF, Muhammad, AKRAM, Nudrat, MUNNÉ-BOSCH, Sergi. Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations. *Plant Science* [en línea]. Diciembre del 2019, vol. 289, p. 1-11. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110270> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945219309021?via%3Dihub>) ISSN: 0168-9452

ANEXOS

Anexo 1:

Tabla N° 1 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Mitigación simultánea del estrés por cadmio y sequía en el trigo mediante la aplicación al suelo de nanopartículas de hierro	
AUTOR (ES): Adrees et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-9
------------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Cadmio, Escasez de agua, Nanopartículas, Planchar, Cereales
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de hierro a concentraciones de 25, 50 y 100 mg/kg
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de espiga Peso seco de brotes Peso seco de raíz
CONCLUSIÓN:	La aplicación de las concentraciones máximas del nanofertilizante con régimen de agua normal, desarrolló plantas verdes y sanas, ya que mejoraron la fotosíntesis y crecimiento, en tanto redujo el estrés oxidativo y contenido de cd en regímenes de agua normal o limitado.

Anexo 2:

Tabla N° 2 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Los nano-fertilizantes mejoraron la tolerancia a la sequía en el trigo bajo riego deficitario	
AUTOR (ES): Ahmadian, Jalilian y Pirzad	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-13
------------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nano-sílice, Nanopartículas, Proteína, Eficiencia en el uso del agua, Rendimiento
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanoboro, nanozinc y nanosilicio a concentraciones de 9%, 12% y 2%
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de espiga Peso del grano Número de granos por espiga
CONCLUSIÓN:	La aplicación de los nanofertilizantes aumentó el número de granos por espiga, longitud de espiga, altura de la planta, rendimiento biológico, actividad de SOD y protegieron al trigo ante la sequía, Sin embargo, con el nano silicio obtuvieron mejores resultados en las características morfológicas.

Anexo 3:

Tabla N° 3 Instrumento de recolección de datos.

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
---	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Mejora basada en nanopartículas del estrés por sequía y la toxicidad por cadmio en el arroz mediante la activación de los mecanismos genéticos sensibles al estrés y la adquisición de nutrientes.</p>	
<p>AUTOR (ES): Ahmed et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>

<p>PARTICIPANTE: Science Direct</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-13</p>
-------------------------------------	--------------------------------

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Antioxidante, Cadmio, Sequía, Síntesis verde, Nanopartículas, Arroz</p>
<p>NANOPARTÍCULA UTILIZADA:</p>	<p>Nanopartículas de óxido de hierro y nanopartículas de hidrogel a concentraciones de 25, 50, y 100 mg kg⁻¹</p>
<p>TIPO DE APLICACIÓN:</p>	<p>Aplicación al suelo</p>
<p>PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:</p>	<p>Altura de la planta Peso fresco de la planta Peso seco de la planta</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La aplicación incrementó la biomasa de la planta de arroz, nutrientes, defensa oxidativa celular y mitigó los efectos adversos del Cd tanto en sequía como en condiciones normales.</p>

Anexo 4:

Tabla N° 4 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Los nano-fertilizantes mejoraron la tolerancia a la sequía en el trigo bajo riego deficitario	
AUTOR (ES): Ali et al.	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-8
------------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas de silicio, Cadmio, Enzimas antioxidantes, Biomasa vegetal
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de silicio a concentraciones de 300, 600, 900 y 1200 mg/kg
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de espiga Peso seco de brotes Peso seco de raíz Peso del grano Longitud de brote
CONCLUSIÓN:	La nanopartícula de Si incrementó la fotosíntesis y crecimiento del trigo, así mismo disminuyó el estrés oxidativo, no obstante, las altas concentraciones de la nanopartícula de Si demostró más eficacia y disminuyeron las concentraciones de Cd en el grano y suelo.

Anexo 5:

Tabla N° 5 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: El uso combinado de biocarbón y pulverización foliar de nanopartículas de óxido de zinc mejoró el crecimiento de la planta y redujo la acumulación de cadmio en la planta de arroz (<i>Oryza Sativa L.</i>)	
AUTOR (ES): Ali et al.	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 11288-11299
------------------------	--------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Cadmio, Nanopartículas, Biochar, Arroz, Fotosíntesis
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentraciones de 50, 75 y 100 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de brote Peso seco de brote Peso seco de raíz
CONCLUSIÓN:	La aplicación foliar de NPs de ZnO con o sin biocarbón redujo el Cd biodisponible y el pH en el suelo. Además, la combinación de los dos fue más efectiva en la disminución de Cd en las raíces por lo que podría emplearse para suelos contaminados con Cd.

Anexo 6:

Tabla N° 6 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Evaluación de la eficacia de las nanopartículas de ZnO como nanofertilizante de zinc como remedio para el arroz	
AUTOR (ES): Bala, Kalia y Dhaliwal	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Scopus	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-11
----------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Microscopía electrónica, Aplicación foliar, Actividad enzimática del suelo, Microbios del suelo, Remediación del zinc, ZnO NPs
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentraciones de 0.05, 1.0 y 5.0 g L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Peso seco de brotes Peso seco de raíz
CONCLUSIÓN:	La aplicación de nanopartículas de óxido de zinc mejoró de manera significativa los caracteres de rendimiento y crecimiento en el arroz cultivado en suelo deficiente de Zn.

Anexo 7:

Tabla N° 7 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Nanopartículas de quitosano encapsuladas con zinc para promover el rendimiento del cultivo de maíz	
AUTOR (ES): Choudhary et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 126-135
------------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Rendimiento de los cultivos, Nanopartícula de Zn-chitosán, Crecimiento de las plantas, CLS, Maíz
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de Zn - quitosano a concentraciones de 0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16%
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semilla Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de raíz Peso del grano
CONCLUSIÓN:	Los nanomateriales basados en quitosano se consideran seguros, puesto que son biodegradables, además son económicos para su aplicación en los cultivos. Las NPs de Zn-quitosano desarrollados mostraron efectos positivos en el crecimiento y protección de las plantas.

Anexo 8:

Tabla N° 8 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: La eficiencia del uso de zinc se mejora en el trigo a través de la nano fertilización	
AUTOR (ES): Dapkekar, Deshpande, Oak, Paknikar y Rajwade	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS:1-7
------------------------	-----------------------

PALABRAS CLAVES:	
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de quitosano con zinc a concentraciones de 4 y 40 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de espiga Grano por espiga
CONCLUSIÓN:	La aplicación de nanofertilizante de quitosano con zinc aumentó el contenido de proteína, peso de granos y contenido de zinc en el grano sin afectar el rendimiento del grano.

Anexo 9:

Tabla N° 9 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Efectos interactivos de la sequía, los fertilizantes orgánicos y las partículas a granel y a nanoescala de óxido de zinc sobre el rendimiento del trigo y la acumulación de nutrientes del grano	
AUTOR (ES): Dimkpa, et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-12
------------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Estiércol de vaca, Sequía, Abono orgánico, Trigo, Zinc, Nanopartículas de óxido de zinc
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentración de 2.17 mg/kg
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Biomasa de brotes Peso del grano
CONCLUSIÓN:	Este estudio demostró que la reactividad mejorada de los materiales a nanoescala permite una menor tasa de aplicación de Zn para lograr la fortificación de los alimentos con Zn.

Anexo 10:

Tabla N° 10 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Efectos de la exposición a nanopartículas de manganeso sobre la adquisición de nutrientes en el trigo (<i>Triticum Aestivum L.</i>)	
AUTOR (ES): Dimkpa et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS:1-16
------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Bioacumulación, macronutrientes, nanopartícula de óxido de manganeso, suelo, casi neutro, factos de translocación, trigo
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de manganeso a concentración de 6 mg/kg
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Peso seco de raíz Peso seco de brotes Peso del grano
CONCLUSIÓN:	Este estudio ha demostrado los efectos de la nanopartícula de Mn en el trigo en un suelo casi neutro a un nivel de exposición que es realista en los sistemas de cultivo, en el cual no se ha observado ningún indicio de toxicidad en el cultivo.

Anexo 11:

Tabla N° 11 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Desarrollo temprano de plántulas de maíz cebadas con nanofertilizante sintético de tenorita	
AUTOR (ES): Esper et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: Scielo	PÁGINAS EMPLEADAS:
----------------------	--------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanofertilizante, fitotoxicidad, caracterización, difracción de rayos X, microscopía electrónica
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de tenorita a concentraciones de 20, 40, 80 y 160 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Biomasa fresca Biomasa seca
CONCLUSIÓN:	Las NPs de CuO parecen ser una mejor fuente que el CuO a granel y el CuCl ₂ para cebar las semillas de maíz, además que no se ha observado efectos tóxicos durante el desarrollo de plántulas.

Anexo 12:

Tabla N° 12 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Desarrollo inicial de las plántulas de maíz tras el cebado de semillas con óxido de zinc sintético a nanoescala	
AUTOR (ES): Esper et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: EBSCO	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-10
---------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanofertilizante, cebado de semillas, fitotoxicidad, caracterización, XRD, TEM
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentraciones de 20, 40, 80 y 160 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Biomasa seca de brote Biomasa seca de raíz
CONCLUSIÓN:	La aplicación de NP de ZnO puede mejorar la germinación, desarrollo de plántulas de maíz y vigor de la semilla, cuando la NP de 20 nm de ZnO se aplicó a través del cebado de semillas. Además, promovió efectos beneficiosos en comparación con el tratamiento de control.

Anexo 13:

Tabla N° 13 Instrumento de recolección de datos.

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
---	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Evaluaciones en el crecimiento temprano de las plántulas de maíz traes el cebado de semillas con hausmanita (Mn₃O₄) a nanoescala</p>	
<p>AUTOR (ES): Esper et al</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>

<p>PARTICIPANTE: ProQuest</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-10</p>
-------------------------------	--------------------------------

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Biomasa, nanofertilizante, nanopartículas, nutrición de las plantas, parámetros de las semillas</p>
<p>NANOPARTÍCULA UTILIZADA:</p>	<p>Nanopartícula de hausmanita a concentraciones de 20, 40, 80 y 160 mg L⁻¹</p>
<p>TIPO DE APLICACIÓN:</p>	<p>Cebado de semilla</p>
<p>PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:</p>	<p>Longitud de raíz Biomasa seca de raíz Biomasa seca de brote Longitud de brote</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La aplicación de la nanopartícula de Mn afecta de manera positiva al desarrollo de las plántulas de maíz cuando se somete al cebado de semillas, además la mejor respuesta fue con la concentración de 20 mg L⁻¹.</p>

Anexo 14:

Tabla N° 14 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Respuesta de algunos cultivos de trigo egipcios e iraquíes a la fertilización mineral y a la nanotecnología	
AUTOR (ES): Gomaa, Radwan, Kandil y Al-Msari	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018

PARTICIPANTE: EBSCO	PÁGINAS EMPLEADAS: 19-25
---------------------	--------------------------

PALABRAS CLAVES:	Egipcio, iraquí, trigo, cultivares, rendimiento minera, Nano, fertilización
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartículas de NPK a concentraciones de 100, 75 y 50%
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Peso del grano Número de espigas Número de granos
CONCLUSIÓN:	Se concluyó que con la aplicación foliar de nanofertilizantes (NPK) aumentó sus componentes y rendimiento del cultivo del trigo.

Anexo 15:

Tabla N° 15 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Cultivo de trigo sin fertilizantes en suelos deficientes en nutrientes mediante el tratamiento de las semillas con nanopirita	
AUTOR (ES): Himanshi, Amarjeet, Gaurav y Mainak	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-16
------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopirita (FeS ₂), Pretratamiento de semillas, Trigo, Agricultura sostenible, Nanoagricultura, Bioestimulante
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de pirita a concentraciones de 50 µg/ml
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Área de la raíz
CONCLUSIÓN:	El cebado de semillas con nanopirita tiene un potencial significativo, puesto que no solo aumenta el rendimiento de los cultivos, sino también mantiene la sostenibilidad de los ecosistemas del suelo y del agua.

Anexo 16:

Tabla N° 16 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Las nanopartículas de óxido de zinc alteran la respuesta fisiológica del trigo y reducen la absorción de cadmio por las plantas	
AUTOR (ES): Hussain et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1518-1526
------------------------------	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Biofortificación de zinc, cadmio, antioxidantes, trigo, rendimiento del grano
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentraciones de 25, 50, 75 y 100 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de espiga Peso seco de raíz Peso seco de brotes Longitud de brote Peso seco de grano
CONCLUSIÓN:	Las NP de ZnO aumentaron y disminuyeron las concentraciones de Zn y Cd en las plantas. Además, las NP de ZnO mejoraron la fotosíntesis y rendimiento del grano.

Anexo 17:

Tabla N° 17 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Respuestas de las plantas de trigo (<i>Triticum aestivum</i>) cultivadas en un suelo contaminado con Cd a la aplicación de nanopartículas de óxido de hierro.	
AUTOR (ES): Hussain et al.	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 156-164
------------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartícula de hierro, Suelo contaminado con Cd, Antioxidantes, Trigo, Producción de grano
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de hierro a concentraciones de 5, 10, 15 y 20 mg/kg
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de espiga Peso seco de raíz Peso seco de brotes Longitud de brote Peso del grano
CONCLUSIÓN:	La concentración de 20 ppm de nanopartículas de óxido de hierro demostró mayor impacto en los parámetros de crecimiento y permitió la mitigación de impactos negativos del Cd. Además, la aplicación foliar demostró ser mejor que la aplicación al suelo.

Anexo 18:

Tabla N° 18 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: El uso combinado de diferentes nanopartículas disminuyó efectivamente la concentración de cadmio (Cd) en granos de trigo cultivados en un campo contaminado con Cd	
AUTOR (ES): Hussain et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-9
------------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Cadmio, Nanopartículas, Antioxidantes, Trigo, Rendimiento, Estrés, Biofortificación
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartículas de silicio, óxido de zinc y hierro a concentraciones de 300, 25 y 5 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Peso del grano
CONCLUSIÓN:	El estudio reveló que las NP de Si, ZnO y Fe minimizaron la absorción de Cd y acumulación en los granos de trigo, además aumentaron la biomasa, el contenido de clorofila y el rendimiento.

Anexo 19:

Tabla N° 19 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: La imprimación de las semillas con nanopartículas de silicio mejoró la biomasa y el rendimiento mientras que redujo el estrés oxidativo y la concentración de cadmio en los granos de trigo	
AUTOR (ES): Hussain, Rizwan, Qasim y Ali	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 7579-7588
------------------------	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas, Cadmio, Trigo, Silicio, Enzima antioxidante
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de silicio a concentraciones de 300, 600, 900 y 1200 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Peso seco de brotes Longitud de espiga Longitud de brote Peso seco de raíz Peso del grano
CONCLUSIÓN:	Los resultados revelaron que el cebado de semillas con NPs de Si tuvo un impacto positivo en la biomasa, rendimiento y crecimiento de las plantas de trigo.

Anexo 20:

Tabla N° 20 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Estado de la materia seca de la planta de trigo y de los nutrientes de los granos y sus respuestas a los nanofertilizantes en condiciones de salinidad	
AUTOR (ES): Hussein, El Ashry, El-Faha, Sabbour, El-Dok	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Scopus	PÁGINAS EMPLEADAS: 2053-2063
----------------------	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Trigo (<i>T. austavum L.</i>), Salinidad, Nanofertilizante, Materia seca, Macronutrientes en grano, Micronutrientes en grano
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de nitrógeno a concentraciones de 100 y 200 ppm
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Peso de las espigas
CONCLUSIÓN:	Este trabajo demostró que el nanofertilizante nitrogenado mejoró el estado nutricional de los granos, las partes superiores de la planta y la tolerancia de las plantas de trigo al efecto adverso del estrés salino.

Anexo 21:

Tabla N° 21 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Nanopartículas biogénicas de ZnO basadas en algas para mejorar características agromorfológicas del arroz (<i>Oryza Sativa L.</i>)	
AUTOR (ES): Itroutwar et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 717-728
------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Algas marinas, Nanopartículas de ZnO, Micronutrientes, Nanopriming, Fertilizantes foliares
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula biogénica de óxido de zinc utilizando el extracto del alga marrón <i>Turbinaria ornata</i> a concentraciones de 5, 10, 25, 50, 100 y 200 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semilla
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Peso del grano
CONCLUSIÓN:	El estudio demuestra que la síntesis de nanopartículas de ZnO por medio del alga T. ornata reveló un efecto positivo en los parámetros de crecimiento y en la germinación de las raíces.

Anexo 22:

Tabla N° 22 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Respuestas fisio - bioquímicas de la planta de trigo hacia nanopartícula de ácido salicílico- quitosano	
AUTOR (ES): Kadam et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 699-705
------------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Chitosan, Ácido salicílico, Trigo, Fuente-actividad, Homeostasis celular, Removilización de alimentos, reserva, Nanopartículas
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de quitosano de ácido silícico a concentraciones de 0.01, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16 %
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Peso del grano
CONCLUSIÓN:	El estudio afirma que la aplicación de las NPs de SA-CS posee una liberación lenta de SA, la cual podría mejorar las respuestas fisiológicas y bioquímicas de la planta de trigo.

Anexo 23:

Tabla N° 23 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Efectos de las nanopartículas de silicio sobre el crecimiento y la fisiología del trigo en suelos contaminados con cadmio bajo diferentes niveles de humedad del suelo	
AUTOR (ES): Khan et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-11
------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Silicio, Cadmio, Sequía, Trigo, Nanopartículas, Rendimiento, Estrés oxidativo
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de silicio a concentraciones de 25, 50 y 100 mg/kg
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de espiga Peso seco de raíz Peso seco de brote
CONCLUSIÓN:	Los resultados mostraron que las NPs de Si redujeron las concentraciones de Cd especialmente en los granos y mejoraron el crecimiento del trigo, por lo que la aplicación de NPs de Si podría ser una técnica eficiente.

Anexo 24:

Tabla N° 24 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Respuestas fisiológicas y bioquímicas del mijo perla (<i>Pennisetum Glaucum L.</i>) expuestas a nitrato de plata (AgNO_3) y nanopartículas de plata (AGNPs)	
AUTOR (ES): Khan et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-17
------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Integral, acumulación, antioxidantes, fotosíntesis, fitotóxico
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de plata a concentraciones de 1, 4 y 6 mM
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Peso fresco Peso seco
CONCLUSIÓN:	Los resultados de este estudio mostraron que las AgNP de menor tamaño tuvieron rápidas interacciones con las plantas y redujeron el crecimiento al perjudicar el metabolismo de la planta.

Anexo 25:

Tabla N° 25 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Las nanopartículas de plata mejoran el crecimiento de la planta y reducen la acumulación de sodio y cloro en el mijo perla: un estudio de ciclo de vida	
AUTOR (ES): Khan et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-13
------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas de plata, Mijo perla, Estrés salino, Fotosíntesis, Enzimas antioxidantes, Biomasa
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de plata a concentraciones de 10 20 y 30 mM
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Peso seco de brotes Peso seco de raíz Peso del grano
CONCLUSIÓN:	Los resultados del estudio demostraron que las nanopartículas de plata reducen la absorción de Cl y Na y aumentan el contenido de K en el mijo perla, además influyeron de manera considerable en el crecimiento de la planta expuesto al estrés salino.

Anexo 26:

Tabla N° 26 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Caracterización de una formulación de nanofertilizante de liberación sostenida a base de quitosano como acondicionador de suelo, mejorando simultáneamente la producción de biomasa de <i>Zea Mays L.</i>	
AUTOR (ES): Kubavat et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS:1-13
------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Fertilización de liberación controlada, nanofertilizantes, potasio, enzima del suelo, recuperación del suelo, fertilizante de liberación sostenida
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de quitosano y potasio a concentraciones de 100, 75 y 50%
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Biomasa seca de brote
CONCLUSIÓN:	Se puede concluir el 75% del nanofertilizante de CNK fue la concentración adecuada para el uso de acondicionar mejor el suelo, una liberación sostenida/lenta de K, el cual también permitió la absorción de K que condujo a una mayor producción de biomasa vegetal.

Anexo 27:

Tabla N° 27 Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Papel de las nanopartículas de óxido de zinc en el alivio del estrés en las primeras etapas de crecimiento del trigo	
AUTOR (ES): Kumar, Kumar, Mishra y Singh	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-7
------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Arsénico, Nanopartículas, Semilla, Trigo, Zinc
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentración de 25 ppm
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote
CONCLUSIÓN:	Este estudio demuestra la posible implicación de las NPs de ZnO en la reducción de la toxicidad del As a través de la modulación de parámetros bioquímicos y fisiológicos.

Anexo 28:

Tabla N° 28: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Nanofertilizante de quitosano-silicio para mejorar el crecimiento y el rendimiento de las plantas en maíz (<i>Zea mays L.</i>)	
AUTOR (ES): Kumaraswamy et al.	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 54-66
------------------------------	--------------------------

PALABRAS CLAVES:	Quitosano, Nanofertilizante, Maíz, Silicio, Producir
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanofertilizante de quitosano-silicio a concentraciones de 0.01, 0.04, 0.08, 0.12 y 0.16 p/v
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semilla
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíces Altura de la planta Longitud de plántulas Longitud de brotes Numero de raíces
CONCLUSIÓN:	El nanofertilizante de quitosano-silicio se liberó lentamente, por tanto, afectó en el rendimiento y crecimiento de la planta, así mismo la mayor altura se obtuvo con la concentración de 0.08% de nanofertilizante. Además, el contenido de silicio fue dependiente al aumento de las concentraciones.

Anexo 29:

Tabla N° 29: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Información sobre la interacción entre los nanomateriales a base de Fe y las plantas de maíz (<i>Zea mays</i>) a nivel metabólico	
AUTOR (ES): Li et al.	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-9
------------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Maíz, Nanopartícula, Planta, Metabolómica
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de hierro (50 mg / L) Nanopartícula de magnetita (Fe_3O_4) a concentración de 50 mg / L
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de la hoja Longitud de raíz Peso fresco de raíz Peso fresco de la hoja
CONCLUSIÓN:	Ambas nanopartículas mejoraron la fotosíntesis, biomasa y longitud de hojas y raíz permitiendo así resistencia ante el estrés por la sequía, sin embargo, la nanopartícula de magnetita mostró resultados mayores.

Anexo 30:

Tabla N° 30: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: La aspersión foliar de nanopartículas de TiO ₂ prevalece sobre la aplicación radicular para reducir la acumulación de Cd y mitigar la fitotoxicidad inducida por Cd en el maíz (<i>Zea mays L.</i>)	
AUTOR (ES): Lian et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-12
------------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanomaterial, Metal pesado, Interacción, Respuesta, Exposición foliar, Metabolismo
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de dióxido de titanio a concentraciones de 100 y 250 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Peso seco de brote Peso seco de raíz Altura de la planta
CONCLUSIÓN:	La exposición foliar de la nanopartícula de TiO ₂ a concentración de 100 mg/L mejoró el peso seco de raíces y brotes, sin embargo, no reveló efectos en la altura de la planta. Además, la dosis de 250 mg/L provocó la fitotoxicidad del TiO ₂ .

Anexo 31:

Tabla N° 31: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: El impacto de la aplicación de nanopartículas de ZnO en componentes de rendimiento de diferentes genotipos de trigo	
AUTOR (ES): Ljubicic et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 2017-2027
------------------------	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	componentes de rendimiento, óxido de zinc, nanopartículas, correlación.
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentraciones de 10, 100 y 1000 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de espiga
CONCLUSIÓN:	El cebado de semillas con NP de ZnO a concentraciones de 10 y 100 mg L ⁻¹ incrementó la altura de la planta y longitud de espiga, aunque la máxima concentración de NP produjo menores efectos.

Anexo 32:

Tabla N° 32: Instrumento de recolección de datos.

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
---	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Efecto de las nanopartículas de óxido de zinc sobre el crecimiento y la captación de Zn en el trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>) Mmediante el método de cebado de semillas</p>	
<p>AUTOR (ES): Munir et al.,</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>

<p>PARTICIPANTE: EBSCO</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 315-323</p>
----------------------------	-----------------------------------

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Óxido de zinc (ZnO), nano partículas (NPs), absorción, crecimiento, biofortificación del Zn</p>
<p>NANOPARTÍCULA UTILIZADA:</p>	<p>Nanopartícula de ZnO a concentraciones de 25, 50, 100 ppm</p>
<p>TIPO DE APLICACIÓN:</p>	<p>Cebado de semilla</p>
<p>PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:</p>	<p>Altura de la planta Número de macollos por planta Longitud de espiga Peso seco de brote Peso seco de raíz Peso seco del grano</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La aplicación de la nanopartícula incrementó las concentraciones de zinc, fotosíntesis, biomasa y parámetros de crecimiento, no obstante, los mejores resultados se revelaron con las dosis mayores de nanopartículas.</p>

Anexo 33:

Tabla N° 33: Instrumento de recolección de datos.

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
---	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Las nanopartículas de cobre verde de una cepa nativa de <i>Klebsiella pneumoniae</i> aliviaron el deterioro del estrés oxidativo de las plantas de trigo al reducir la biodisponibilidad del cromo y aumentar el crecimiento.</p>	
<p>AUTOR (ES): Noman et al.,</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020</p>

<p>PARTICIPANTE: Science Direct</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-10</p>
-------------------------------------	--------------------------------

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Antioxidantes, Biosíntesis, Nanopartículas, Cromo, ROS, Trigo</p>
<p>NANOPARTÍCULA UTILIZADA:</p>	<p>Nanopartícula de cobre (CuNP) de una cepa nativa de <i>Klebsiella pneumoniae</i> a concentraciones de 25, 50 y 100 mg kg⁻¹</p>
<p>TIPO DE APLICACIÓN:</p>	<p>Aplicación al suelo</p>
<p>PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:</p>	<p>Longitud de raíz Longitud de brote Peso fresco de raíz Peso fresco de brotes Peso seco de raíz Peso seco de brotes</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La enmienda del nanofertilizante a concentraciones 25 y 50 mg kg⁻¹ permitió un incremento en los parámetros de crecimiento y concentraciones de antioxidantes. Contrariamente, la concentración de 100 mg kg⁻¹ reveló efectos adversos en el trigo debido al incremento de especies reactivas de oxígeno.</p>

Anexo 34:

Tabla N° 34: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Efectos de las nanopartículas de hematita y ferrihidrita sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de maíz	
AUTOR (ES): Pariona et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1547-1554
------------------------------	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Captación de nanopartículas, Óxidos de hierro, Cultivos alimenticios, Efectos fitotóxicos, Zea mays, Translocación
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	nanopartículas de hematita y ferrihidrita a concentraciones de 1, 2, 4 y 6 g/L.
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semilla
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Tallos largos Hojas largas deja masa Masa de tallos Masa de raíces
CONCLUSIÓN:	La aplicación de la NP de ferrihidrita y hematita a concentraciones 1, 2 y 4 g/L mejoraron los parámetros de crecimiento y germinación, pero la concentración mayor limitó el crecimiento y el contenido de clorofila.

Anexo 35:

Tabla N° 35: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Las nanopartículas de óxido de hierro y zinc mejoraron el crecimiento de las plantas y redujeron el estrés oxidativo y la concentración de cadmio en el trigo.	
AUTOR (ES): Rizwan et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 269-277
------------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas, Cadmio, Trigo, Producción de grano, Biofortificación
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de ZnO a concentraciones de 25, 50, 75, 100 mg L ⁻¹ Nanopartícula de Fe ₃ O ₄ a concentraciones de 5, 10, 15, 20 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semilla
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de espiga Peso seco de brote Peso seco de raíz Peso seco de la cascara Peso del grano
CONCLUSIÓN:	Ambos nanofertilizantes con las concentraciones mayores mejoraron los parámetros de crecimiento, contenido de zinc, concentración de hierro, SOD y POD. Además, disminuyeron la fuga de electrolitos y la concentración de cadmio en los granos del trigo.

Anexo 36:

Tabla N° 36: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Efecto de las aplicaciones foliares de nanopartículas de silicio y dióxido de titanio sobre el crecimiento, el estrés oxidativo y la acumulación de cadmio en el arroz (<i>Oryza sativa</i>)	
AUTOR (ES): Rizwan et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-12
------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas, Cadmio, Arroz, Silicio, Titanio, Enzimas antioxidantes
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de dióxido de titanio en concentraciones de 5, 10, 15 y 20 mg/L Nanopartícula de silicio a concentración de 5, 10, 15 y 20 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Peso seco de brotes Peso seco de raíz
CONCLUSIÓN:	La aplicación foliar de ambos nanofertilizantes aumentaron los parámetros de crecimiento, clorofila y carotenoide, aunque la NP de silicio reveló resultados mayores. También ambos nanofertilizantes disminuyeron los contenidos de malondialdehído y fuga de electrolitos.

Anexo 37:

Tabla N° 37: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Alivio de la acumulación de cadmio en el maíz (<i>Zea mays L.</i>) mediante la pulverización foliar de nanopartículas de óxido de zinc y biocarbón en suelos contaminados	
AUTOR (ES): Rizwan et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 358-367
------------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Antioxidantes, Contenido de clorofila, Cadmio, Zinc, Biocarbón, Nanopartículas, Maíz
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentraciones de 50, 75, 100 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de planta Número de hojas por planta Peso seco de brotes Peso seco de raíz
CONCLUSIÓN:	El nanofertilizante mejoró los parámetros de crecimiento, concentración de zinc, actividad de las enzimas antioxidantes en raíces y hojas en todos los tratamientos, no obstante, los efectos fueron mayores con el aumento de las concentraciones. Además de ello, disminuyó los niveles de cadmio en raíces y brotes.

Anexo 38:

Tabla N° 38: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Respuestas fisiológicas y moleculares del trigo tras la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de hierro	
AUTOR (ES): Rostamizadeh et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 128-134
------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	bZIP, DREB, Nanopartículas de óxido de hierro, Nutrición Vegetal, Factor de transcripción, Triticum Aestivum, WRKY1
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de hierro a concentraciones de 100, 200, 300 y 400 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Masa fresca de raíz Masa fresca de brote Masa seca de raíz Masa seca de brote
CONCLUSIÓN:	El nanofertilizante de hierro incrementó el estado nutricional, biomasa de brotes y raíces, de modo que fortaleció el sistema de defensa del cultivo.

Anexo 39:

Tabla N° 39: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Crecimiento de arroz pigmentado (<i>Oryza sativa</i> L. cv. <i>Riceberry</i>) expuesto a nanopartículas de ZnO	
AUTOR (ES): Samart y Chutipaijit	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1987–1994
------------------------------	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Antocianina, Metabolito, Crecimiento de la planta, Riceberry, Nanopartículas de ZnO
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc a concentraciones de 200, 400 y 800 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Peso de la planta
CONCLUSIÓN:	La aplicación de 200 mg L ⁻¹ de NP de ZnO aumentó la actividad de la enzima catalasa, pigmentos fotosintéticos, altura y biomasa de la planta. Mientras que, el aumento de las concentraciones de la NP de ZnO disminuyó los efectos y reveló resistencia tanto en la ramificación de panículas y producción de semillas.

Anexo 40:

Tabla N° 40: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Nanofertilizante de quitosano para fomentar la actividad de la fuente en el maíz	
AUTOR (ES): Sharma et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 226-234
------------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Quitosano, Nanofertilizante, Maíz, Actividad fuente, Reserva comida
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanofertilizante de quitosano de cobre y ácido salicílico a concentraciones de 0,01, 0,04, 0,08, 0,12 y 0,16% (p/v)
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud del brote Longitud de raíz Número de raíces
CONCLUSIÓN:	La exposición del nanofertilizante mejoró los parámetros de crecimiento, contenido de clorofila, diámetro de tallo, actividad de las enzimas antioxidantes y reveló disminución del contenido de malondialdehído. Estos efectos fueron dependiente a las concentraciones mayores.

Anexo 41:

Tabla N° 41: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Síntesis biogénica de nanopartículas de potasio y su evaluación como promotor del crecimiento en trigo.	
AUTOR (ES): Sheoran et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-27
------------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas de potasio, Trigo, Nanofertilizante, Tierra, Contaminación ambiental
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartículas de potasio empleando extracto de la planta de Morus alba a concentraciones de 20, 40, 60 ppm
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Longitud de raíz Peso fresco de brotes Peso seco de raíz Peso seco de brotes Número de espigas por maceta Longitud de espiga Peso de 100 semillas
CONCLUSIÓN:	Todas las concentraciones del nanofertilizante aplicado, demostró mejora en las actividades de enzimas fosfatasa alcalina y fosfatasa acida, deshidrogenada, rasgos morfológicos y rendimiento. Además de ello, mostró una menor lixiviación del K en el suelo.

Anexo 42:

Tabla N° 42: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Promoción de la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de <i>Zea mays</i> mediante nanopartículas de hidróxido de magnesio sintetizadas por el filtrado de <i>Aspergillus niger</i> .	
AUTOR (ES): Shinde et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: Science Direct	PÁGINAS EMPLEADAS: 3172-3182
------------------------------	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas de hidróxido de magnesio, <i>Aspergillus niger</i> , <i>Zea mays</i> , Promoción del crecimiento de plántulas, Germinación de la semilla
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartículas de hidróxido de magnesio a concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 ppm
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semilla
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de brote Longitud de raíz
CONCLUSIÓN:	Todos los tratamientos mejoraron la tasa de germinación de las semillas y crecimiento de las plántulas, no obstante, los mayores efectos se obtuvieron con la concentración de 500 ppm, contrariamente las mayores concentraciones revelaron menores efectos.

Anexo 43:

Tabla N° 43: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Biosíntesis de nanopartículas de ZnO usando <i>Bacillus subtilis</i> : caracterización y significado nutritivo para promover el crecimiento de plantas en <i>Zea mays L</i>	
AUTOR (ES): Sumera et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-9
------------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Biosíntesis de NP de ZnO, <i>Zea mays L</i> , parámetros de crecimiento, Deficiencia de Zn, nanofertilizantes
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartículas de ZnO biosintetizada con <i>Bacillus subtilis</i> a concentraciones de 2, 4, 8,16 mg/L
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Masa seca de brote Masa seca de raíz Masa fresca de brote Masa fresca de raíz
CONCLUSIÓN:	Las plantas tratadas con el nanofertilizante demostraron un aumento en la longitud, masa de raíz y brote en contraste con el tratamiento de control, aunque los mejores resultados fueron con la concentración de 8 mg/L de NP de ZnO.

Anexo 44:

Tabla N° 44: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Imprimación y recubrimiento de semillas mediante partículas de óxido de zinc a nanoescala que mejoró el crecimiento vegetativo, el rendimiento y la calidad del maíz forrajero (<i>Zea mays</i>)	
AUTOR (ES): Tondey et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-16
------------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	Biomasa mejorada, cultivo forrajero, fortificación, nano-micronutrientes, tratamiento de semillas
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanofertilizante de óxido de zinc a concentraciones de 20 y 40 mg L ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Cebado de semillas
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Número de plantas Altura de la planta Numero de hojas Peso fresco de raíz
CONCLUSIÓN:	El tratamiento de cebado de semillas (20 y 40 mg L ⁻¹ ZnONP) mejoró el número de hojas, peso de raíz, altura de la planta, pigmentos fotosintéticos, contenido de zinc, nitrógeno, potasio, fosforo en la planta y suelo en comparación con la muestra de control.

Anexo 45:

Tabla N° 45: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Alteración del rendimiento de los cultivos y la calidad del trigo tras la exposición a nanopartículas de plata en un estudio de ciclo de vida	
AUTOR (ES): Yang et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018

PARTICIPANTE: PubMed	PÁGINAS EMPLEADAS: 1-29
----------------------	-------------------------

PALABRAS CLAVES:	<i>Triticum aestivum</i> L, NPs de Ag, aminoácido, granos, micronutrientes, fitotoxicidad
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de plata en concentración de 20, 200, 2000 mg kg ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Biomasa fresca de raíz Biomasa fresca de brote
CONCLUSIÓN:	Los tratamientos 200 y 2000 mg kg ⁻¹ de NP de Ag inhibieron el crecimiento y biomasa de la planta, por lo que sugieren fitotoxicidad por NP, asimismo retardó la maduración de la planta y disminuyó el contenido de proteínas, aminoácidos y micronutrientes.

Anexo 46:

Tabla N° 46: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Análisis proteómico cuantitativo de brotes en variedades de trigo tolerantes al estrés sobre la exposición a nanopartículas de cobre	
AUTOR (ES): Yasmeen et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 326–340
------------------------	----------------------------

PALABRAS CLAVES:	Trigo, Disparar, Nanotecnología, Cobre, Nanopartículas, Crecimiento
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartículas de cobre en concentraciones de 1, 5, 10 y 50 ppm
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación foliar
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Peso de brote Peso de raíces Peso de plántulas Longitud de brote Longitud de raíz Longitud de plántulas
CONCLUSIÓN:	El peso y altura de las plántulas incrementaron con el tratamiento de 10 ppm de NP de cobre, por lo contrario, los efectos disminuyeron con la exposición de 50 ppm de NP. Además, el contenido de clorofila reveló poco efecto y redujo la tasa fotosintética.

Anexo 47:

Tabla N° 47: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Las nanopartículas de hematita influyen en la ultraestructura, las defensas antioxidantes, la expresión génica y alivian la toxicidad del cadmio en <i>Zea mays</i>	
AUTOR (ES): Youssef et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

PARTICIPANTE: ProQuest	PÁGINAS EMPLEADAS: 54–74
------------------------	--------------------------

PALABRAS CLAVES:	Cadmio, tratamiento combinado, nanopartículas de hematita, peroxidación lipídica, maíz, estrés oxidativo, especies de oxígeno reactivas.
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de hematita en concentraciones 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 mg Kg ⁻¹ .
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación en el suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Longitud de raíz Longitud de brote Peso seco de brote Peso seco de raíz
CONCLUSIÓN:	La aplicación de 500 mg kg ⁻¹ de NP de hematita aumentó la longitud, peso de raíces y brotes, pero dichos efectos disminuyeron con 8000 mg kg ⁻¹ de nanofertilizante con relación al tratamiento de control. Aunque, a mayor concentración de NPs el contenido de malondialdehído incrementó significativamente.

Anexo 48:

Tabla N° 48: Instrumento de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: Impacto de las nanopartículas de ZnO en la toxicidad y Bioacumulación del Cd en arroz (<i>Oryza sativa L.</i>)	
AUTOR (ES): Zhang et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Scopus	PÁGINAS EMPLEADAS:1-10
----------------------	------------------------

PALABRAS CLAVES:	Nanopartículas de ZnO, Cd, Bioacumulación, Migración, Biodisponibilidad
NANOPARTÍCULA UTILIZADA:	Nanopartícula de óxido de zinc en concentraciones de 50, 100 y 500 mg kg ⁻¹
TIPO DE APLICACIÓN:	Aplicación al suelo
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	Altura de la planta Biomasa de raíces Biomasa de brotes Biomasa de mazorca
CONCLUSIÓN:	La aplicación del nanofertilizante incremento el pH, altura y biomasa de la planta con el aumento de las concentraciones, pero el cadmio inhibió el crecimiento de modo que las ZnONP, tal vez pueden moderar los efectos tóxicos del cadmio.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Nanofertilizantes en la Producción de Cereales, una Visión Sostenible: Revisión Sistemática ", cuyos autores son PUMAYLLE CHUMPITAZ LILIANA, MEJIA CABELLO ANDREA CINTHIA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 06 de Enero del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO DNI: 07268863 ORCID 0000-0003-1485-5854	Firmado digitalmente por: FSERNAQUEA el 06-01- 2022 11:52:16

Código documento Trilce: TRI - 0255215