Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Cartografía conceptual: Contaminación y bioacumulación de Níquel un enfoque bioético y sustentable

Conceptual mapping: Pollution and bioaccumulation of Nickel, a bioethical and sustainable approach

Escudero-Almanza, D.J.[a], Parra-Acosta, H.[a], Cruz-Álvarez, O.[a], Hernández-Rodríguez, A.[a], Ortiz-Rivera, Y.[b], Ojeda-Barrios, D.L.[a*]

[a] Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.
[b] Departamento de biotecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
descudero@uach.mx; hparra@uach.mx; ocruz@uach.mx; aernande@uach.mx; yuridia.ortiz@uacj.mx; dojeda@uach.mx*

Aplicación empresarial e industrial: difusión y concientización del manejo de residuos.

Recibido: 15 diciembre 2021
Aceptado: 22 marzo 2022

Abstract

A systematic review was carried out based on the eight axes of the conceptual cartography, analyzing the problem of nickel contamination and bioaccumulation from a bioethical and sustainable perspective, due to their high mobility and availability in the soil, heavy metals are considered a determining factor in phytotoxicity and the consequences that trophic chains can bring to the final consumer. The search for information focused on scientific articles starting in 2017 by searching Google Scholar using the Boléan operators. It was processed through the Mendeley bibliographic manager and was written in Office Word 365, using Power Point for the design of diagrams, within the relevant results highlighting the notion of bioethics as an interdisciplinary science and sustainability as a dynamic balance, the trans-disciplinarity approach of the bioethics by placing nickel contamination in a larger category shared between social and natural sciences. It was observed that the problem of nickel contamination and bioavailability is due to the lack of bioethical principles and the lack of a sustainable approach. In addition, a strong social link can be found with respect to public health and food safety. It also includes the development and implementation results of the dissemination training project:

Dissemination of the problem of contamination and bioaccumulation of Nickel, a bioethical and sustainable approach through a web page which had as objectives: to achieve the dissemination of the contamination problem and Nickel bioaccumulation bioethical and sustainable approach through a web page, get the largest number of visitors on the page in order to raise awareness of the problem of contamination and bioaccumulation of Nickel bioethical and sustainable approach. 88 pages views were obtained in a span of six days. In addition, three international visits were obtained. Therefore, it is of crucial importance to carry out more training projects and studies of contamination and bioaccumulation of heavy metals that address aspects such as: soil remediation, sustainable development, food safety, public health, bioethics, and environmental legislation.

Keywords: heavy metals, food safety, systematic review.

Resumen

Se realizó una revisión sistemática basada en los ocho ejes de la cartografía conceptual analizando la problemática de la contaminación y bioacumulación de níquel desde una perspectiva bioética y sustentable ya que, debido a su alta movilidad y disponibilidad en el suelo, los metales pesados son considerados un factor determinante en la fitotoxicidad y las consecuencias que puede traer en el consumidor final de las cadenas tróficas. La búsqueda de información se centró en artículos científicos a partir del 2017 buscando en Google Académico empleando los operadores boleanos. Se procesó mediante el gestor bibliográfico Mendeley y se redactó en Office Word 365, empleando Power Point para el diseño de esquemas. Dentro de los resultados relevantes destacan noción de bioética como ciencia interdisciplinaria y la sustentabilidad como un equilibrio dinámico, se resalta el enfoque de transdisciplinariedad de la bioética al ubicar la contaminación de níquel en una categoría mayor compartida entre ciencias sociales y naturales. Se observó que respecto a la problemática de contaminación y biodisponibilidad de níquel se debe a la falta de principios bioéticos y a la falta de un enfoque sustentable. Además, se puede encontrar una fuerte vinculación social respecto a la salud pública y a la seguridad alimentaria. También se incluye el desarrollo y los resultados de implementación del proyecto formativo de difusión Divulgación de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable mediante una página web el cual tuvo por objetivos: lograr la divulgación de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable mediante una página web, conseguir el mayor número de visitantes en la página con la finalidad de crear conciencia de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable. Se obtuvieron 88 visitas a la página en un lapso de seis días. Además, se obtuvieron tres visitas internacionales. Por lo cual es de crucial importancia realizar más proyectos formativos y estudios de contaminación y bioacumulación de metales pesados que aborden aspectos tales como: remediación de suelos, desarrollo sustentable, seguridad alimentaria, salud pública bioética y legislación ambiental.

Palabras clave: metales pesados, revisión sistemática, seguridad alimentaria.

I. Introducción

A pesar del gran esfuerzo y concientización que se ha realizado prevalecen diversas problemáticas ambientales como la contaminación por metales pesados, la cual tiene un impacto negativo en la seguridad alimentaria por lo cual es problemática a nivel mundial hoy en día. De acuerdo con la declaración universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO (2005), en su Artículo 17, se menciona que se debe tener en cuenta la interconexión entre los seres humanos y los demás seres vivos, así como la importancia de tener un acceso apropiado a los recursos biológicos y genéticos y su utilización, así como el papel que desempeñan los seres humanos en el cuidado de su entorno.

Naturalmente los metales pesados forman parte de la composición de la corteza terrestre, son los factores antropogénicos como los procesos de industrialización, el riego con aguas residuales de procesos industriales y la dependencia de fertilizantes fosfatados, los que han aumentado la biodisponibilidad de metales pesados como Níquel (Ni), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en el medio ambiente afectando particularmente el sistema suelo-planta mediante la bioacumulación de metales pesados por diversos cultivos (Perez-Mora, 2021).

En el punto anterior se observa un problema bioético ya que pese a las consecuencias generadas los productores no han tomado conciencia suficiente del uso desmedido de los fertilizantes fosfatados con metales pesados. Por otro lado, las actividades industriales aumentan la concentración de metales pesados como Cu (II), Cd (II), Zn (II), Pb (II) y Ni (II) en los sistemas acuáticos y principalmente en áreas destinadas a la mecánica, electrónica, curtido, galvanización, industrias petroleras y mineras (González *et al*., 2017).

Según las Naciones Unidas, se estima que el 80% de todas las aguas residuales industriales y municipales en el mundo en desarrollo se libera al medio ambiente sin ningún tratamiento previo (UN-Water, 2018). Observando otro problema bioético con la falta de regulación de la disposición de desechos o bien la omisión deliberada de algunas industrias a la normativa vigente. Los metales pesados son motivo de especial preocupación debido a su naturaleza tóxica y cancerígena, junto con sus efectos nocivos documentados para la salud humana y también es motivo de preocupación porque muchas de las técnicas de tratamiento del agua potable utilizadas en el mundo en desarrollo, incluida la cloración, la ebullición y la desinfección solar, son ineficaces para eliminar los metales pesados (Joseph *et al*., 2019).

La transferencia de metales pesados del suelo a la planta es una ruta muy importante para la entrada de metaloides y metales pesados tóxicos del medio ambiente a las cadenas alimentarias, es la principal vía de exposición humana a la contaminación por metales del suelo. El riego de campos agrícolas con aguas residuales da como resultado la acumulación de metales pesados en el suelo y su posterior transferencia a cultivos alimentarios como cereales y hortalizas, así como a la leche (Ali & Khan, 2019). En el punto anterior se puede abordar la sustentabilidad encontrando el punto de equilibrio entre los requerimientos de los cultivos sin llegar a contaminar. Recientemente se informó que, en general, el trigo tiene más tendencia a acumular metales pesados en comparación con el maíz (Wang *et al*., 2017).

Por lo tanto, debemos partir del principio que el hombre al igual que los demás seres vivos y su medio ambiente, conforman un todo en el cual deben coexistir en armonía. Esto significa que las actividades humanas

deben llevarse a cabo de tal manera que sean compatibles y respetuosas con el entorno, que lo sustenta y lo condiciona. Por lo cual es una necesidad imperante redoblar esfuerzos para atender la contaminación por metales pesados desde una perspectiva bioética y sustentable ya que se trata de una problemática a nivel mundial.

De acuerdo con lo anterior surgen las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los principales cultivos contaminados por Ni?, ¿Cuál es su porcentaje de bioacumulación en plantas, animales y humanos? y ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación a nivel mundial? Con el objetivo de buscar soluciones éticas y sustentables a dicha problemática como la remediación mediante plantas hiperacumuladoras de Ni, o la adsorción de Ni por diversos materiales y técnicas. Para dar respuesta a dichas interrogantes se realizó un análisis sistemático, siguiendo los ocho ejes de la cartografía conceptual.

II. Materiales y métodos

Se realizó una revisión sistemática de documentos centrado en la cartografía conceptual (Serna, 2019) acerca de la contaminación y bioacumulación de Ni. La búsqueda, selección, sistematización, síntesis y análisis crítico de documentos se hizo con base en los criterios y características planteadas por (López *et al*., 2021), los cuales consisten en: seleccionar años de publicación recientes; definir los idiomas de publicación; especificar el tipo de publicaciones que formarán parte de la literatura revisada. El estudio fue de tipo documental y el análisis de la información se realizó de manera sistemática. Este procedimiento pertenece a la tradición de los estudios cualitativos (Ceballos y Saiz, 2021). La búsqueda de información se centró en artículos científicos indexados buscando mediante Google Académico. Se buscó a partir del año 2017 y se incluyeron las siguientes modalidades de búsqueda empleando los operadores boléanos: nickel AND contamination, nickel AND bioaccumulation, nickel bioaccumulation AND vegetables, nickel AND bioaccumulation AND fruits, bioética OR contaminación de níquel, bioética AND seguridad alimentaria, sustentabilidad AND agricultura, los artículos revisados se muestran en la Tabla 1. El proceso fue depurando hasta eliminar aquellas repeticiones con la finalidad de obtener los resultados acordes al objetivo del estudio. La información se analizó de acuerdo con los ocho ejes de la cartografía conceptual (Tabla 2). El procesamiento y análisis de la información se llevó a cabo mediante el gestor bibliográfico Mendeley y se redactó en Office Word 365, empleando Power Point para el diseño de esquemas (Figura 1).

Fases del estudio

Fase 1. Búsqueda de fuentes primarias y secundarias. Se hizo un análisis de la literatura académica sobre el tema de contaminación y bioacumulación de níquel, para establecer cada uno de los ejes clave de la cartografía conceptual.

Fase 2. Selección de las fuentes pertinentes al estudio. Se seleccionaron diversas fuentes de información con base en criterios de pertinencia, relevancia y actualidad para su abordaje de manera sistemática.

Fase 3. Realización de la revisión sistemática documental mediante la bibliometría y la cartografía conceptual. Se desarrollaron los ocho ejes de la cartografía con base a la literatura revisada y analizada.

Fase 4. Revisión, resumen y/o esquematización, en algunos casos interpretación personal.

Tabla 1. Artículos revisados.

Número	Título	Autores	Año	Revista	Temas
1	Bioaccumulation and human health risk assessment of chromium and nickel in paddy rice grown in serpentine soils	Infante, Euclid F. Dulfo, Cristine P. Dicen, Gerald P. Hseu, Zeng Yei Navarrete, Ian A.	2021	Environmental Science and Pollution Research	Bioacumulación de metales pesados y sostenibilidad
2	Trophic transfer, bioaccumulation, and biomagnification of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in food chains/webs—Concepts and implications for wildlife and human health	Ali, Hazrat Khan, Ezzat	2019	Human and Ecological Risk Assessment	Bioacumulación por níquel, bioética y sostenibilidad
3	A review on nickel (II) adsorption in single and binary component systems and future path	Islam, Md Aminul Awual, Md Rabiul Angove, Michael J.	2019	Journal of Environmental Chemical Engineering	Contaminación por níquel y sostenibilidad
4	Nickel industry: Heavy metal(loid)s contamination - sources, environmental impacts, and recent advances on waste valorization	Bartzas, Georgios Tsakiridis, Petros E. Komnitsas, Kostas	2021	Current Opinion in Environmental Science and Health	Contaminación por níquel, bioética y sostenibilidad
5	Alternativas De Fitorremediación De Sitios Contaminados Con Elementos Potencialmente Tóxicos.	González-Chávez, M C A Carrillo González, R Sánchez-López, A S Ruiz-Olivares, A	2017	Agroproductividad	Contaminación por níquel, bioética y sostenibilidad
6	Translocation and bioaccumulation of trace metals from industrial effluent to locally grown vegetables and assessment of human health risk in Bangladesh	Islam, Didarul Hasan, Mehedi Rahaman, Ashiqur Haque, Papia Islam, Sazedul Rahman, Mohammed	2020	SN Applied Sciences	Contaminación y bioacumulación por níquel, bioética y sostenibilidad
7	Efecto fitotóxico del material particulado PM10 recolectado en el área urbana de la ciudad de Cuenca,	Moscoso-Vanegas, Diana Lucía Monroy-Morocho, Lorena	2019	Iteckne	Fitotoxicidad, bioética y sostenibilidad

	Ecuador	Marisol Narváez-Vera, Mónica Alexandra Espinoza-Molina, Claudia Astudillo-Alemán, Ana Lucía			
8	Nickel in terrestrial biota: Comprehensive review on contamination, toxicity, tolerance and its remediation approaches	Kumar, Amit Jigyasu, Dharmendra K. Subrahmanyam, Gangavarapu Mondal, Raju Shabnam, Aftab A. Cabral-Pinto, M. M.S. Malyan, Sandeep K. Chaturvedi, Ashish K. Gupta, Dipak Kumar Fagodiya, Ram Kishor Khan, Shakeel A. Bhatia, Arti	2021	Chemosphere	Contaminación y bioacumulación por níquel, bioética y sostenibilidad
9	Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: A review	Joseph, Lesley Jun, Byung Moon Flora, Joseph R.V. Park, Chang Min Yoon, Yeomin	2019	Chemosphere	Contaminación por Níquel y sustentabilidad
10	Phytoremediation potential of crop plants in countering nickel contamination in carbonation lime coming from the sugar industry	De Bernardi, Arianna Casucci, Cristiano Businelli, Daniela D'amato, Roberto Beone, Gian Maria Fontanella, Maria Chiara Vischetti, Costantino	2020	Plants	Contaminación por metales pesados y fitorremediación
11	Sustentabilidad en la agricultura familiar agroecológica: Mora de castilla en Sumapaz	Fonseca Carreño, Nelson Enrique	2019	Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro	Sustentabilidad y agricultura
12	Arsenic and Heavy	Hussain, Shahid	2019	Plant and Human	Bioacumulación por

	Metal (Cadmium, Lead, Mercury and Nickel) Contamination in Plant-Based Foods	Rengel, Zed Qaswar, Muhammad Amir, Mamoona Zafar-ul-Hye, Muhammad		Health,	níquel, bioética y sostenibilidad
13	Human health risks of heavy metals in paddy rice based on transfer characteristics of heavy metals from soil to rice	Mao, Changping Song, Yinxian Chen, Lingxiao Ji, Junfeng Li, Jizhou Yuan, Xuyin Yang, Zhongfang Ayoko, Godwin A. Frost, Ray L. Theiss, Frederick	2019	Catena	Bioética y contaminación por metales pesados
14	Bioaccumulation and toxicity of uranium, arsenic, and nickel to juvenile and adult *Hyalella azteca* in spiked sediment bioassays	Goulet, Richard R. Thompson, Patsy	2018	Environmental Toxicology and Chemistry	Bioética y bioacumulación de Níquel
15	Heavy metals in vegetables and their impact on the nutrient quality of vegetables: A review	Manzoor, Javid Sharma, Manoj Wani, Khursheed Ahmad	2018	Journal of Plant Nutrition	Bioética y bioacumulación de metales pesados
16	Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in Mojo area, Ethiopia	Gebeyehu, Hailu Reta Bayissa, Leta Danno	2020	PLoS ONE	Bioética y bioacumulación de metales pesados
17	Elicitores: implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana	Caicedo-López, Laura Helena Laura, Ana Aranda, Villagómez O, Diana Sáenz De Eduardo, Carlos Gómez, Zavala	2021	Revista Bioética	Bioética, sustentabilidad y contaminación
18	Health risk assessment of potentially harmful elements and dietary minerals from vegetables irrigated with untreated wastewater, Pakistan	Zia, Munir H. Watts, Michael J. Niaz, Abid Middleton, Daniel R.S. Kim, Alexander W.	2017	Environmental Geochemistry and Health	Bioética y contaminación
19	The challenge of reducing metal phytotoxicity in soils affected by historical nickel-copper	Neaman, A. Tapia-Pizarro, F. Tarasova, E. Brykov, V. Brykova, R.	2021	Agro Sur	Bioética y contaminación

	smelting operations in the Kola Peninsula, Russia	Slukovskaya, M. Guzmán-Amado, C. Stuckey, J.W.			
20	Health risk assessment and heavy metal bioaccumulation in vegetables irrigated with wastewater in Kano State, Nigeria	Habu, M. A. Bawa, Usman Musa, Saheed I.	2021	Notulae Scientia Biologicae	Bioética, sustentabilidad y contaminación
21	Evaluación del índice de geoacumulación de algunos metales pesados en suelos de cultivo de hortalizas en la ribera del río Bogotá	Walter Pérez-Mora	2020	Revista ION	Bioética y bioacumulación de metales pesados
22	Phytoremediation potential of Phalaris arundinacea, Salix viminalis and Zea mays for nickel-contaminated soils	Korzeniowska, J. Stanislawska-Glubiak, E.	2019	International Journal of Environmental Science and Technology	
23	Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn	Wang, Shiyu Wu, Wenyong Liu, Fei Liao, Renkuan Hu, Yaqi	2017	Environmental Science and Pollution Research	Bioética y bioacumulación de metales pesados
24	Heavy metals effects on plant growth and dietary intake of trace metals in vegetables cultivated in contaminated soil	Khan, A. Khan, S. Khan, M. A. Aamir, M. Ullah, H. Nawab, J. Rehman, I. U. Shah, J.	2019	International Journal of Environmental Science and Technology	bioética y bioacumulación de metales pesados
25	Bioaccumulation of nickel in tomato plants: risks to human health and agro-environmental impacts	Correia, L. Marrocos, P. Montalván Olivares, D. M. Velasco, F. G. Luzardo, F. H.M. Mota de Jesus, R.	2018	Environmental Monitoring and Assessment	bioética y bioacumulación de níquel

Tabla 2. Ejes de la Cartografía Conceptual.

Eje de Análisis	Categoría	Pregunta central
1. Noción	Noción de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni.	¿Cuál es el concepto de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni
2. Categorización	Categorización de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni.	¿Dentro de qué proceso mayor o clase general están los conceptos de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni?
3. Caracterización	Características de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni	¿Cuáles son las características esenciales de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni
4. Diferenciación	Diferenciación del concepto de bioética y sustentabilidad	¿De qué otros conceptos cercanos y que estén en la misma categoría difieren bioética y sustentabilidad?
5. Clasificación	Tipos de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni.	¿Cuáles son los tipos de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni?
6. Vinculación	Vinculación de la bioética y sustentabilidad con procesos sociales, científicos, laborales, epistemológicos, etc.	¿Con que procesos sociales, históricos, económicos y políticos se relacionan la bioética y la sustentabilidad?
7. Metodología	Metodología	¿Cuál es la metodología de aplicación de la bioética, sustentabilidad para la solución del problema?
8. Ejemplificación	Ejemplo de bioética sustentabilidad y contaminación y bioacumulación de Ni.	Mencionar ejemplo donde se consideren aspectos relacionados a los conceptos.

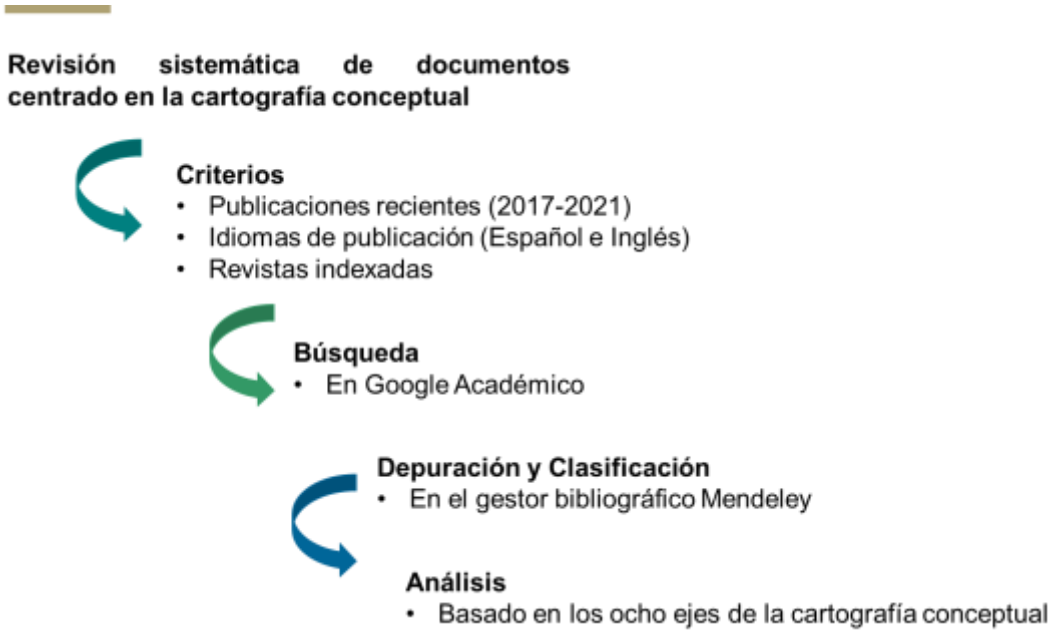


Figura 1. Esquema metodológico (elaboración propia a partir de: López -Vázquez *et al*., 2021; Ceballos-López 2021).

III. Resultados

A continuación, se describe el análisis documental de la Contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable siguiendo los ocho ejes de la cartografía conceptual.

Eje 1 Noción

¿Cuál es el concepto de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni?

Bioética

La Bioética es un campo de trabajo interdisciplinario que fue propuesto por Van R. Potter en la década de 1970. En su famoso artículo *Bioethics: the Science of Survival*, publicado en 1970, Van Potter se refiere a la Bioética como un nuevo tipo de ciencia, en esencia interdisciplinaria y preocupada por la sobrevivencia de la humanidad, capaz de integrar la biología y la creación de valores (Contreras Islas *et al*., 2018).

Sustentabilidad

La sustentabilidad involucra una amplia variación de relaciones y fenómenos con alta complejidad como, por ejemplo, la supervivencia o desaparición de millones de especies en el planeta además de y su interacción con los ecosistemas naturales y de éstos con la sociedad. La definición de sustentabilidad involucra diversos aspectos de trascendencia, entre los cuales podemos mencionar:

• La sustentabilidad está relacionada con los límites finitos del planeta y sus recursos naturales, así como la escasez de estos.
• Con el crecimiento exponencial de la población mundial.
• Con el tipo de producción agrícola e industrial.
• Con la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales.

Los efectos de la interacción de estos fenómenos mencionados anteriormente pueden tener varias implicaciones pero en términos generales los recursos naturales, materias primas y la energía implicada en los procesos productivos, se explotan más rápidamente de lo que pueden regenerarse (Zarta-Ávila, 2018).

Contaminación por Níquel

Desde principios del siglo XX, la industria de los metales es la principal fuente de contaminación por metales pesados que afectan negativamente al medio ambiente (suelo, aguas superficiales y subterráneas) y a varios organismos vivos, incluidos los humanos. La industria del níquel produce níquel metálico o aleaciones de níquel mediante el uso de procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos que dan como resultado la generación de grandes cantidades de desechos sólidos y líquidos, a saber, escorias y residuos de lixiviación. Además, la producción pirometalúrgica de níquel da lugar a la emisión de importantes volúmenes de gases de efecto invernadero (Bartzas *et al*., 2021).

Bioacumulación de Níquel

Bioacumulación es el proceso mediante el cual diversas sustancias químicas se acumulan en los organismos vivos haciendo que estos puedan alcanzar concentraciones más elevadas que las concentraciones que prevalecen en su medio ambiente o alimentos (Gupta *et al*., 2019). Las plantas alimenticias cultivadas en ambientes contaminados pueden acumular metales pesados en porciones comestibles a niveles superiores a los permisibles, lo que se ha convertido en un desafío mundial en la producción de alimentos saludables. Tanto las fuentes puntuales como las difusas de estos elementos pueden contaminar suelos, aguas y atmósfera. Las raíces y las hojas de las plantas absorben estos contaminantes del medio ambiente contaminado. En última

instancia, los metales pesados terminan en las partes comestibles de las plantas y, por lo tanto, se introducen en la cadena alimentaria humana (Hussain *et al*., 2019).

Eje 2. Categorización

¿Dentro de qué proceso mayor o clase general están los conceptos de bioética, sustentabilidad y contaminación y bioacumulación de Ni?

Bioética

Existen varias definiciones del término bioética, dentro de las cuales podemos afirmar que se trata del estudio sistemático de la conducta humana en el ámbito de las ciencias de la vida y el cuidado de la salud, examinada desde la perspectiva de los valores y de los principios morales (Figura 2). Es importante diferenciar la ética médica de la bioética, la cual no se limita al entorno médico, sino que aborda diversos ámbitos como el medio ambiente y los derechos de los animales. En resumen, se ocupa de la reflexión con carácter ético de los problemas morales de la sociedad a la que pertenecemos. Sobre todo, está centrada en las profesiones que se inscriben en el ámbito de la salud (Hernández-Ruiz *et al*., 2019). Por otro lado, la bioética tiene un enfoque transdisciplinar, ya que estudia la vida y su interacción con los sistemas dinámicos (Hernández-Ruiz *et al*., 2019).

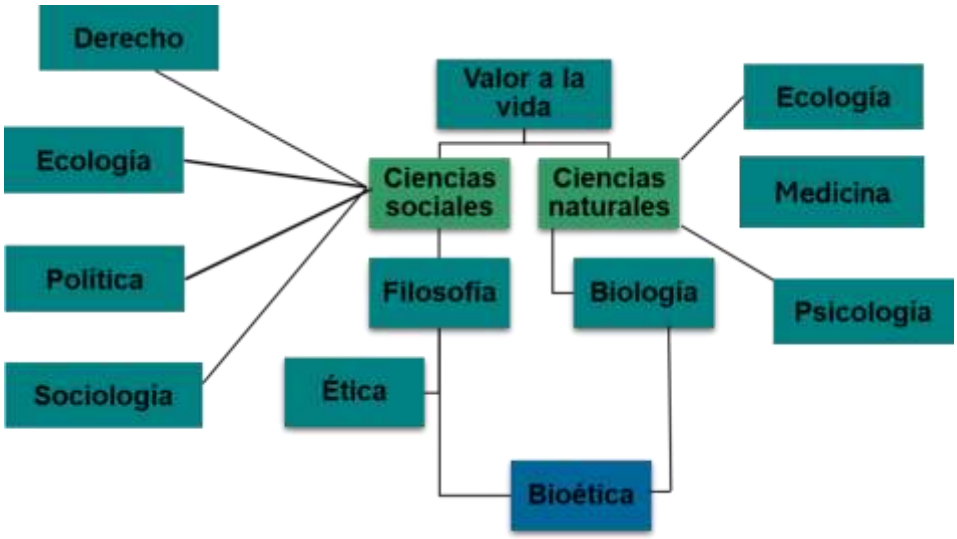


Figura 2. Categorización de la bioética (elaboración propia).

Sustentabilidad

La idea de "desarrollo sustentable" nació en 1713 cuando Carlowitz edito el primer libro de ciencia forestal. El argumentó que los bosques deberían ser tan importantes como nuestra respiración diaria y que debería ser usado con precaución de tal forma, que hay un balance entre el crecimiento del bosque y su explotación forestal. Esto permitiría por siempre un continuo uso perpetuo (Zarta-Ávila, 2018).

La sustentabilidad, según modelos recientes, está compuesta por elementos ecológicos, sociales, económicos, comunitarios e institucionales en estrecha interacción y equilibrio (Fonseca-Carreño 2019). La sustentabilidad no puede lograrse sin tomar en cuenta: 1) las capacidades ecológicas del ecosistema (productividad, capacidad de dilución de contaminantes, etc.), así como su uso óptimo y protección, 2) la repartición equitativa de costos y beneficios asociados al uso de sistemas naturales, 3) la valoración de las comunidades humanas como culturas que

usan tales sistemas, y 4) las capacidades institucionales para manejar los recursos en plazos largos. El modelo anterior sugiere, entonces, de que no hay un desarrollo sustentable, sino "desarrollos sustentables". En este sentido, las dimensiones de la sustentabilidad deben alcanzarse en su conjunto para hablar de un desarrollo integrado (Fonseca-Carreño, 2019).

De la misma manera de que no existe una definición universal que generalice el concepto de sustentabilidad, también hay un número de modelos que buscan conceptualizarla en la que se muestra la relación entre los tres elementos. Hay, sin embargo, dos modelos ampliamente representativos reportados en la literatura: el modelo de los círculos entrelazados (Figura 3) y el modelo de los círculos concéntricos (Figura 4) (Zarta-Ávila, 2018).

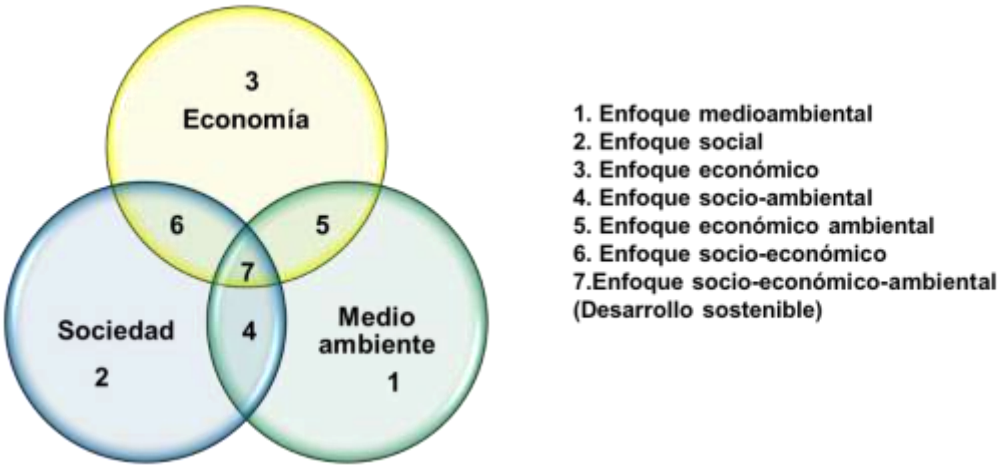


Figura 3. Modelo de los círculos entrelazados (Zarta-Ávila, 2018).

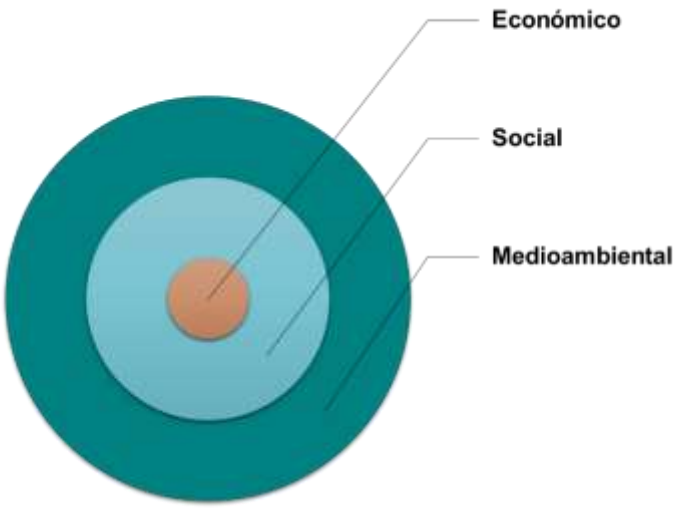


Figura 4. Modelo de los círculos concéntricos (Zarta-Ávila, 2018).

Los dos modelos ofrecen diferentes caminos para conceptualizar a la sustentabilidad y también cumple para diferentes propósitos.

El modelo concéntrico (Figura 4) provee una representación de cómo "deberíamos" entender la relación entre las esferas

medioambientales, sociales y económicas, mostrando su mutua interdependencia y la dependencia de las dimensiones sociales y económicas sobre el medio ambiente físico. En contraste, el modelo de círculos entrelazados (Figura 3) es una vía de representación, en forma visual, de cómo podemos ir entendiendo la naturaleza de cualquiera de las esferas (Zarta-Ávila, 2018).

Durante la conferencia anual sobre desarrollo económico del banco mundial en abril de 1990 en la ciudad de Washington D.C el economista holandés Peter Nijkamp presentó el trabajo titulado "*Regional sustainable development and natural resources use*" traducido como «*Desarrollo regional sustentable y el uso de recursos naturales*», donde sintetiza el concepto de sustentabilidad, simbolizando gráficamente la relación entre el crecimiento económico, la equidad social y la sustentabilidad ambiental para dar lugar al desarrollo sustentable, área central del denominado triángulo de Nijkamp (Figura 5) (Zarta-Ávila, 2018).

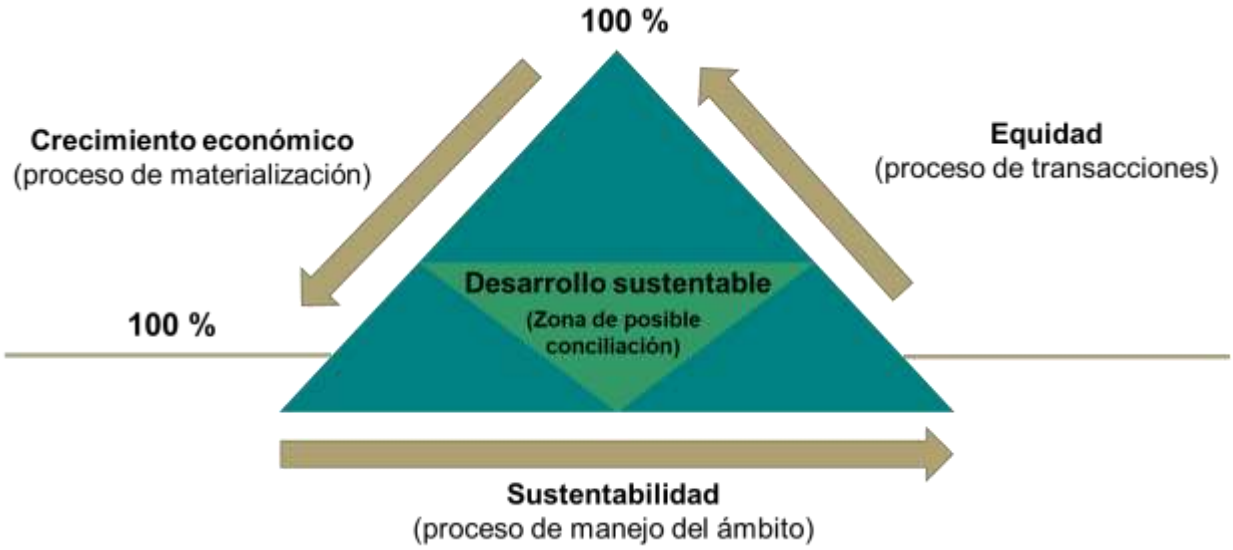


Figura 5. Triángulo de Nijkamp (Elaboración propia a partir de: Zarta-Ávila, 2018).

Contaminación y Bioacumulación por Níquel

Para categorizar la contaminación y bioacumulación de Níquel partimos de que la biología es la ciencia natural que estudia todos los fenómenos y propiedades relacionadas con la vida, lo orgánico y los procesos biológicos de los seres vivos en diversos campos especializados, por otro lado, la ecología es la rama de la biología que estudia las relaciones de los diferentes seres vivos entre sí y con su entorno: «la biología de los ecosistemas» (Buchanan *et al*., 2015). Por lo tanto, el estudio de la contaminación se encarga de estudiar las interacciones entre los diversos organismos y su medioambiente bajo la afectación de su equilibrio por diversas fuentes externas (Figura 6).

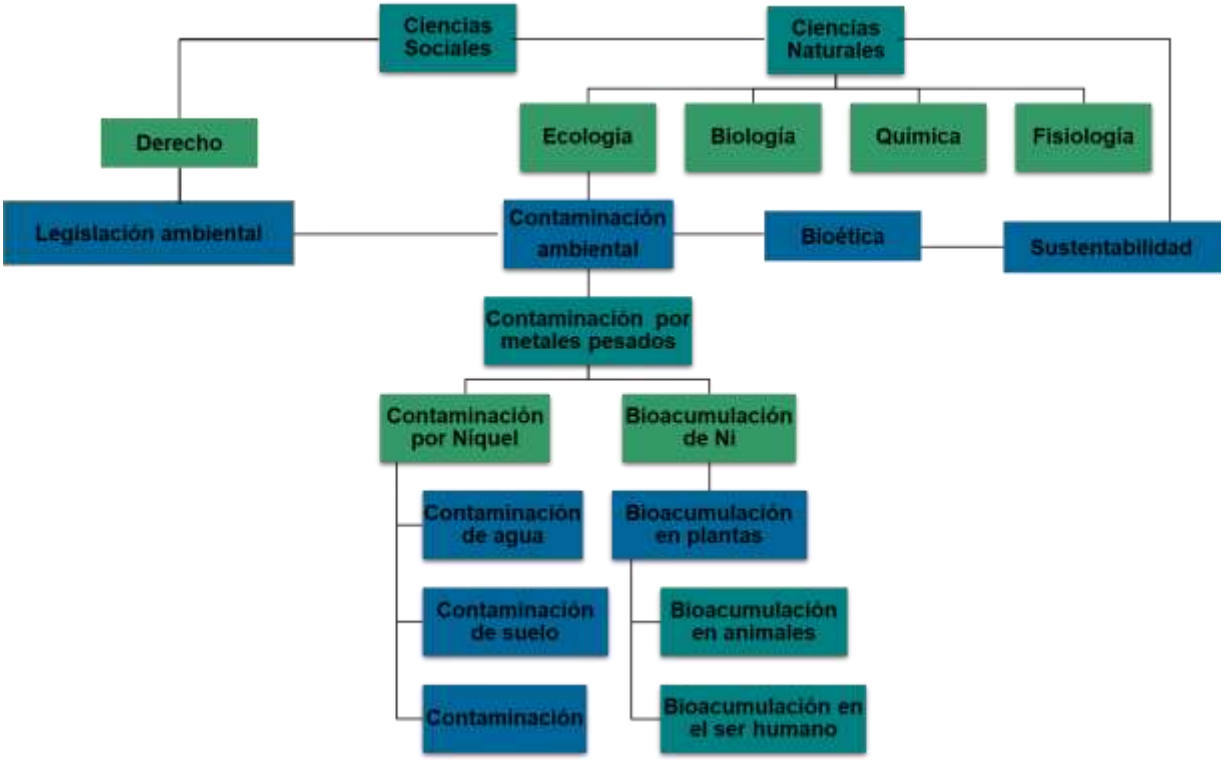


Figura 6. Categorización de la contaminación y bioacumulación de Ni (elaboración propia).

Eje 3. Caracterización

¿Cuáles son las características esenciales de bioética, sustentabilidad y contaminación y bioacumulación de Ni?

Bioética

La bioética se ha ido consolidado mediante la interacción con otras ciencias de manera multidisciplinaria y transdiciplinaria pudiendo abordar de esta manera problemas de gran complejidad (Tabla 3).

Tabla 3. Características de la bioética (Sdgs, 2017).

Característica	Explicación
Laica	Se desenvuelve sin involucrar ninguna doctrina religiosa
Plural	Toma la pluralidad como un valor ya que busca el bien de la mayoría
Autónoma	Se caracteriza por no considerar influencias de carácter político, religioso o económico
Racional, filosófica y discursiva	Su realidad se constituye después de la reflexión racional sobre las consecuencias de los actos
Universal	Aplica para todos sin importar su estatus social, económico, sexo, raza color de piel, entre otros
Interdisciplinaria	Se compone o relaciona de aspectos de diversas ciencias y disciplinas como son aspectos legales, científicos, ambientales, biológicos, sociales, filosóficos, entre otros.
Intermediadora	Provee un mecanismo para la resolución de conflictos
Aplicada	Analiza problemáticas tangibles dentro contexto global en el que vivimos

Sustentabilidad

La sustentabilidad implica una cierta forma de relacionarse con el mundo no humano, además de una responsabilidad intergeneracional extensible hasta aquellos que todavía no caminan entre nosotros, sus características e interacción se muestran en la Figura 7.

Contaminación y bioacumulación de Ni

Las toxicidades potenciales de diferentes metales pesados pueden deberse al hecho de que forman compuestos coordinados estables con una variedad de ligandos orgánicos e inorgánicos y actúan como venenos biológicos incluso en concentraciones mínimas. Los elementos tóxicos acumulados en la materia orgánica del suelo son absorbidos por el cultivo de hortalizas y se vuelven peligrosos en forma de cationes y cuando se unen a cadenas cortas de átomos de carbono. Pb, Cd, Ni, cobalto (Co), cromo (Cr), Cu y selenio (Se) (IV) son dañinos incluso en concentraciones bastante bajas para plantas y animales. Sin embargo, la absorción de metales de la solución del suelo depende del contenido soluble, el pH del suelo, las especies de plantas, los fertilizantes y el tipo de suelo. Las plantas son acumuladoras y excluidoras de metales pesados. Las plantas/vegetales actúan como acumuladores para sobrevivir a pesar de concentrar contaminantes en sus tejidos aéreos y excluyentes al biodegradar o biotransformar los contaminantes en formas inertes en sus tejidos. Las verduras o plantas que son excluyentes no permiten o restringen la absorción de contaminantes en su biomasa. Las verduras tienen los mecanismos muy bien organizados para absorber los micronutrimentos esenciales del suelo. El sistema de raíces de los vegetales en asociación con agentes quelantes y reacciones redox pueden solubilizar y absorber micronutrimentos incluso en ppm muy bajas. Los eficientes mecanismos de los vegetales ayudan en la captación, traslado y almacenamiento de elementos tóxicos, cuyas propiedades químicas simulan las de los elementos esenciales (Manzoor *et al*., 2018). Además de otros ejemplos (Tabla 4).

Tabla 4. Caracterización aplicada de conceptos de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni.

Caracterización aplicada de conceptos	Cita
El arroz (Oryza sativa L.) se encuentra entre los cereales más cultivados en todo el mundo. Sin embargo, lograr la seguridad alimentaria mundial del arroz también requiere garantizar que el arroz esté a salvo de la contaminación por metales pesados. En consecuencia, los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2 y 3 de las Naciones Unidas tienen como objetivo acabar con el hambre y garantizar la buena salud y el bienestar de las personas.	(Infante *et al*., 2021)
Los metales pesados se transfieren del entorno abiótico a los organismos vivos, se acumulan en la biota en diferentes niveles tróficos y, por lo tanto, contaminan las cadenas/redes alimentarias. La transferencia trófica, la bioacumulación y la biomagnificación de metales pesados peligrosos en las cadenas alimentarias tienen importantes implicaciones para la vida silvestre y la salud humana**.**	(Ali & Khan, 2019)
El agua contaminada con iones de metales pesados ha sido un problema importante en los últimos años. Entre varios iones metálicos, el níquel (II) es un contaminante prioritario que se encuentra comúnmente en las aguas residuales industriales. Como elemento altamente tóxico en una concentración elevada, el Ni (II) puede representar una seria amenaza para nuestro entorno ecológico y para el ser humano. La adsorción de Ni (II) de las aguas residuales es imprescindible para la gestión medioambiental y la sostenibilidad. La remediación del agua contaminada con Ni (II) es posible mediante la adsorción en varios adsorbentes innovadores del medio acuático.	(M. A. Islam *et al*., 2019)

La industria del níquel se enfrenta hoy en día a muchos desafíos, porque el níquel es un metal fundamental utilizado para tecnologías bajas en carbono y para la producción de superaleaciones, baterías de iones de litio y Ni-MH para vehículos eléctricos. Por lo tanto, se espera que su demanda aumente sustancialmente en los próximos años. La producción de níquel consume mucha energía y da lugar a la generación de grandes cantidades de residuos sólidos que, si se manipulan de forma inadecuada o no se valorizan lo suficiente, plantean riesgos importantes para el medio ambiente y la salud pública.	(Bartzas *et al*., 2021)
La contaminación causada por metales pesados es uno de los problemas ambientales más graves para la sociedad. Las actividades industriales aumentan la concentración de metales pesados como Cu (II), Cd (II), Zn (II), Pb (II) y Ni (II) en los sistemas acuáticos y principalmente en los campos de la mecánica, eléctrica, electrónica, curtido, galvanización, industrias petroleras y mineras. La biomagnificación de estos metales se produce a través de la toxicidad del trófico para el ser humano. Como medida correctiva, corresponde a los científicos encontrar nuevos biosorbentes capaces de mejorar los posibles efectos tóxicos de los metales pesados en los cuerpos de agua.	(González *et al*., 2017)
Las empresas de fabricación de baterías y las industrias de fundición de metales cercanas al río Buriganga arrojan sus residuos metálicos y baterías inutilizables en el río. Estos residuos metálicos contienen metales pesados como Pb, Cd, Zn, Ni, etc. Como consecuencia del lanzamiento y vertido de desechos y efluentes que contienen varios metales pesados en el río, no solo el agua del río, sino también el suelo y las verduras de las zonas cercanas se contaminan. La contaminación por metales pesados del suelo y las verduras es uno de los problemas ecológicos más graves del mundo, ya que la contaminación de la cadena alimentaria es la principal vía de exposición de los seres humanos a los metales pesados. La absorción de metales por los cultivos alimentarios que se cultivan en suelos tan contaminados es alta teniendo en cuenta la alta biodisponibilidad de los iones metálicos. El transporte de metales desde el agua del río a las tierras agrícolas cercanas puede ocurrir por la difusión de iones metálicos del agua al suelo o por el desbordamiento del agua a la orilla del río durante la temporada de lluvias.	(Islam *et al*., 2020)
Los contaminantes atmosféricos causan efectos adversos sobre los vegetales, Los resultados muestran que el efecto fitotóxico del PM10 podría atribuirse a las especies reportadas en el extracto acuoso (Mn, Ni, Pb y Cd) además se evidenció que la inhibición al crecimiento del hipocótilo fue superior al de la raíz.	(Moscoso-Vanegas *et al*., 2019)
El níquel (Ni) ha sido un tema de interés para los científicos ambientales, fisiológicos y biológicos debido a su doble efecto (toxicidad y esencialidad) en la biota terrestre. En general, el límite más seguro de Ni es 1.5 µ g^{-1}en plantas y 75-150 µ g^{-1}en suelo. La revisión de literatura indica que se han estimado concentraciones de Ni de hasta 26 g kg^{-1} en recursos terrestres y 0,2 mg L^{-1} en recursos acuáticos. En el caso de verduras y frutas, el contenido medio de Ni se ha informado en el rango de 0.08-0.26 y 0.03-0.16 mg kg^{-1}. Teniendo en cuenta la toxicidad del Ni y sus posibles peligros para la salud, existe una necesidad urgente de encontrar los enfoques correctivos adecuados. Los tejidos vasculares (> 80%) y corticales (<20%) de las plantas son el principal sitio de secuestro (intercambio catiónico) del Ni absorbido. Descifrar los mecanismos moleculares en plantas transgénicas tiene un inmenso potencial para mejorar la fitorremediación de Ni y la eficacia de la remediación microbiana. Además, se ha sugerido que los enfoques integrados de biorremediación tienen un potencial camino futurista para la descontaminación del Ni en los recursos naturales.	(Kumar *et al*., 2021)
La contaminación por metales pesados es una preocupación creciente en el mundo en desarrollo. El tratamiento inadecuado del agua y las aguas residuales, junto con el aumento de la actividad industrial, ha provocado un aumento de la contaminación por metales pesados en ríos, lagos y otras fuentes de agua en los países en desarrollo. Sin embargo, los métodos comunes para eliminar los metales pesados de las fuentes de agua, incluida la filtración por membranas, la adsorción	(Joseph *et al*., 2019)

de carbón activado y la electrocoagulación, no son factibles para los países en desarrollo. Como resultado, se ha realizado una cantidad significativa de investigación sobre adsorbentes de bajo costo para evaluar su capacidad para eliminar metales pesados.	
La contaminación ambiental por elementos potencialmente tóxicos (PTE) se ha convertido en un problema grave desde la década de 1940, cuando la rápida industrialización y urbanización comenzaron a causar contaminación. El PTE no se puede biodegradar y, por lo tanto, se acumula en el ecosistema y entra en la cadena alimentaria. Se han utilizado varios métodos físicos y químicos para eliminar elementos potencialmente tóxicos de matrices contaminadas. Hoy en día, estas tecnologías tradicionales de remediación están siendo reemplazadas por otras biológicas, generalmente conocidas como tecnologías de biorremediación. En comparación con los métodos de limpieza convencionales, la biorremediación tiene costos de capital más bajos y se considera estéticamente agradable. Entre las tecnologías de biorremediación, la fitorremediación explota plantas para eliminar los contaminantes del medio ambiente o para volverlos inofensivos por degradación o inmovilización.	(De Bernardi *et al*., 2020)
El cultivo de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) en Sumapaz, tiene muchos retos por enfrentar la cual debe orientar esfuerzos en el cierre de brechas. Ya que, los eslabones primarios no cuentan con un desarrollo.	(Fonseca Carreño, 2019)
Las plantas alimenticias cultivadas en ambientes contaminados pueden acumular metales pesados en porciones comestibles a niveles superiores a los permisibles, lo que se ha convertido en un desafío mundial en la producción de alimentos saludables. Tanto las fuentes puntuales como las difusas de estos elementos pueden contaminar suelos, aguas y atmósfera. Las raíces y las hojas de las plantas absorben estos contaminantes del medio ambiente contaminado. En última instancia, los metales pesados terminan en las partes comestibles de las plantas y, por lo tanto, se introducen en la cadena alimentaria humana. Se estimó que más del 80% de la ingesta de Cd en humanos provenía del consumo de cereales y verduras. De hecho, la ingesta dietética de As, Cd, Pb, Hg y Ni es un problema de salud importante para los seres humanos. La exposición a estos elementos puede causar efectos perjudiciales para la salud como retraso en el crecimiento, cáncer, deterioro de la inmunidad, alteración endocrina e incluso la muerte. Las largas semividas biológicas de estos elementos y su potencial para ser retenidos en los tejidos humanos sin degradarse (acumulándose así con el tiempo) los hacen particularmente dañinos.	(Hussain *et al*., 2019)
Debido al creciente desarrollo industrial, la contaminación del arroz con cáscara por contaminantes cancerígenos y tóxicos como los metales pesados ha aumentado, con el potencial de tener un impacto adverso en toda la cadena alimentaria y, posteriormente, en la salud humana se ha demostrado que la mayor parte de la exposición no ocupacional de la población en general a metales pesados se debe a los alimentos y no a la contaminación atmosférica. Dado que el arroz es un alimento básico en muchos países, la contaminación por metales pesados en el arroz ha atraído la atención mundial.	(Mao *et al*., 2019)
Algunos estudios han indicado que los invertebrados bentónicos captan principalmente metales del agua intersticial y/o del agua suprayacente. La toxicidad de As, Ni y U para *Hyalella azteca* y *Chironomus dilutus* expuestos a agua contaminada, sedimentos de agua intersticial y sólidos expresaron mayor toxicidad de los sedimentos sobre la base de los sedimentos totales y las concentraciones de agua intersticial del sedimento.	(Goulet & Thompson, 2018)
Las verduras son vitales para la dieta humana y, en particular, proporcionan los nutrimentos bien conocidos para mantener las funciones fisiológicas normales. La aplicación prolongada de gran cantidad de fertilizantes y pesticidas ha provocado la acumulación de metales pesados en los huertos. La exposición a metales pesados por el consumo de vegetales contaminados y su toxicidad es una preocupación seria. Este artículo revisa la presencia de metales pesados en	(Manzoor *et al*., 2018)

diferentes vegetales, su mecanismo de absorción, el impacto de los metales pesados en la fisiología y la reducción de nutrimentos y el impacto asociado en humanos con énfasis en mujeres embarazadas con base en la literatura científica existente. Sin embargo, se encontró un número limitado de estudios en la base de datos que examinaron la reducción de nutrimentos en las verduras debido a la contaminación por metales pesados. Los metales pesados se encontraron en 36 vegetales en 61 regiones del mundo y estaban por encima de los límites permisibles en la mayoría de los vegetales. Se pueden realizar estudios específicos de toxicidad humana debido a la contaminación de metales pesados, con énfasis en mujeres embarazadas, niños y ancianos. Además, se debe diseñar una estrategia y una política para controlar los metales pesados en las verduras y las verduras que son hiperacumuladores de metales pesados deben identificarse con fines de sensibilización.	
Los metales pesados son uno de una gama de tipos importantes de contaminantes que se pueden encontrar en la superficie y en el tejido de hortalizas frescas. Se ha informado de que la rápida industrialización y urbanización han contribuido al elevado nivel de metales pesados en el entorno urbano de los países en desarrollo. La contaminación del suelo con metales pesados es común y puede ser una fuente importante de metales para los cultivos y, finalmente, puede ser una vía principal de exposición humana a estos metales potencialmente tóxicos. Varios informes científicos han identificado los metales pesados como contaminantes importantes de las verduras que se cultivan en las zonas urbanas y sus alrededores en todo el mundo. Esta es una clara indicación de que los vegetales que se cultivan en y alrededor de áreas urbanas y suburbanas son significativamente susceptibles de contaminarse con cantidades elevadas de metales pesados.	(Gebeyehu & Bayissa, 2020)
En la agricultura se han empleado numerosos agroquímicos desde hace años con numerosos objetivos como evitar pérdidas por plagas, nutrir la tierra, aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos. Sin embargo, dichas prácticas en numerosas ocasiones representan un riesgo para el medioambiente, la salud y la seguridad alimentaria.	(Caicedo-lópez *et al*., 2021)
En el mundo en desarrollo, las verduras se cultivan comúnmente en áreas suburbanas irrigadas con aguas residuales sin tratar que contienen elementos potencialmente dañinos.	(Zia *et al*., 2017)
En los países en vías de desarrollo, las verduras se cultivan comúnmente en los suburbios. El cobre y el níquel son micronutrimentos esenciales para plantas, pero se vuelven tóxicos por encima de cierto umbral. Un agente útil para reducir la biodisponibilidad de metales en suelos contaminados con ácidos es la cal, que actúa formando nuevos compuestos sólidos (mediante precipitación o coprecipitación de metales) o promoviendo la adsorción de metales.	(Neaman *et al*., 2021)
La escasez de agua de riego, especialmente en las regiones de la sabana tropical de Nigeria, ha afectado la producción de cultivos. Este problema se agravó debido a la creciente urbanización e industrialización en esta región. Con el fin de mejorar la productividad de los cultivos mediante la mejora del riego, los agricultores locales utilizaron una inmensa cantidad de aguas residuales liberadas de las industrias para regar las verduras, especialmente en las regiones industriales, debido a problemas de escasez de agua. Se ha documentado que las aguas residuales contienen metales pesados como zinc (Zn), hierro (Fe), plomo (Pb), cobre (Cu), cadmio (Cd) y níquel (Ni) entre otros productos químicos. La concentración de estos productos químicos que se encuentran en las aguas residuales depende de la naturaleza de la industria que descarga las aguas residuales. El uso prolongado de aguas residuales para riego ha provocado la acumulación de metales pesados en suelos agrícolas y hortalizas en diferentes partes del mundo.	(Habu *et al*., 2021)
Es muy probable que se produzca contaminación con níquel en los suelos cercanos a las fundiciones de metales, el acero y las minas. La concentración promedio total de Ni en el suelo es de aproximadamente 20 $mg.kg^{-1}$, y el límite	(Korzeniowska & Stanislawska-Glubiak, 2019)

máximo permitido generalmente se establece en el nivel de 100 mg.kg. La contaminación del suelo con Ni es poco común, pero hay zonas donde la actividad humana ha provocado su acumulación excesiva.	
Los riesgos para la salud derivados de la contaminación por metales pesados (HMP) en los suelos agrícolas han atraído la atención mundial, y la investigación sobre la acumulación de metales pesados en los sistemas suelo-planta es la base de las evaluaciones de riesgos para la salud humana.	(Wang *et al*., 2017)
La contaminación del suelo con metales pesados se ha convertido en un problema global y una amenaza ambiental porque estos metales se encuentran profusamente en el suelo, se acumulan en los tejidos de las plantas y entran en la cadena alimentaria.	(Khan *et al*., 2019)
Las actividades antropogénicas como la agricultura, la industria y la minería han contribuido significativamente a la acumulación de metales pesados en el suelo, lo que a su vez causa problemas a la salud humana y al medio ambiente.	(Correia *et al*., 2018)

Eje 4. Diferenciación

¿De qué otros conceptos cercanos y que estén en la misma categoría difieren bioética y sustentabilidad?

Bioética

Aunque ética y moral se relacionan, y en ocasiones los términos se emplean indistintamente, no son lo mismo (Tabla 5) de manera similar sucede con los términos sustentabilidad y sostenibilidad (Tabla 6).

Tabla 5. Diferenciación del concepto de bioética.

Ética	Moral	Deontología	Bioética
La ética, se apoya en un análisis racional de la conducta, tiende a cierta universalidad de principios, y aunque admita diversidad de sistemas desde los cuales reflexionar, exige siempre su fundamentación. mientras que la ética va más allá al preguntarse por qué cierta conducta es considerada correcta o incorrecta; es decir, ¿por qué se deben hacer o no hacer ciertas cosas? ¿para qué se hacen? y ¿cómo se hacen?, la ética pues, valora los medios tanto como los fines, por ello el fin nunca justifica los medios. La ética es una reflexión que tiene como fin entre otras cosas, formar la conciencia para saber decidir responsablemente por lo mejor (Lolas Stepke, 2016).	La moral se refiere a la conducta que, por acuerdo o consenso de la sociedad, se ha considerado como correcta o incorrecta, y comprende los códigos, normas y reglas sociales o religiosas - vigentes en un grupo social determinado y en un momento dado-. Mientras que podría decirse que la moral se pregunta qué conducta es correcta o incorrecta la moral se refiere a la manera de comportarse (Lolas Stepke, 2016).	La deontología, es la ciencia de los deberes, los cuales sirven como medios para alcanzar ciertos fines; determina los deberes que han de cumplirse en determinadas circunstancias, y especialmente dentro de una profesión, y plasma estos deberes en normas, leyes, códigos y reglamentos de carácter obligatorio (Sdgs, 2017).	Bioética como un nuevo tipo de ciencia, en esencia interdisciplinaria y preocupada por la sobrevivencia de la especie humana, capaz de integrar la biología humana a la competencia humana de crear valores (Contreras Islas *et al*., 2018).

Tabla 6. Diferenciación del concepto de sustentabilidad.

Sustentabilidad	Sostenibilidad
Es una acción o actividad que puede ser justificada y defendida, es decir, sustentada con razones. Un proceso de manufactura sustentable es el que preserva los recursos naturales durante todo el proceso de producción (Contreras Islas *et al*., 2018).	Es una acción o actividad que tiene como objetivo alcanzar el desarrollo económico y social y pretende asegurar la conservación del medio ambiente a lo largo del tiempo (Zarta-Ávila Ávila, 2018).

Eje 5. Clasificación

¿Cuáles son los tipos de bioética, sustentabilidad, contaminación y bioacumulación de Ni?

Bioética

Existen diversas clasificaciones o perspectivas a la hora de abordar la bioética por lo cual explica por qué, podemos contemplar diversas miradas en torno a un mismo hecho concreto, cuando las personas que analizan ese hecho asumen diferentes posturas filosóficas. Las principales corrientes que describen el pensamiento bioético contemporáneo son las siguientes: (Figura 7).

a) La bioética utilitarista. Su principio básico es buscar el bien común sobre el bien personal o individual.

b) La bioética universalista. Las decisiones se deben tomar basándose en los juicios del mayor número de personas involucradas.

c) La bioética personalista. Esta corriente concibe a la persona como la unidad material e inmaterial y acepta su existencia desde el momento de la concepción, por lo cual merece trato digno.

d) El principalísimo bioético. Surge en 1970 con el informe Belmont. En la actualidad se habla de cuatro principios que se consideran como el núcleo teórico de esta visión:

• **El principio de beneficencia.** Hacer siempre el bien

• **El principio de autonomía**. Tomar decisiones consientes de manera autónoma

• **El principio de no maleficencia**. No hacer daño de manera voluntaria. *Primum non nuocere* (lo primero es no dañar).

• **El principio de justicia**. Establece que todo individuo independientemente de su condición social, económica o de cualquier índole tiene derecho al trato igualitario como los demás seres humanos (Escobar-Picasso & Escobar-Cosme, 2010).

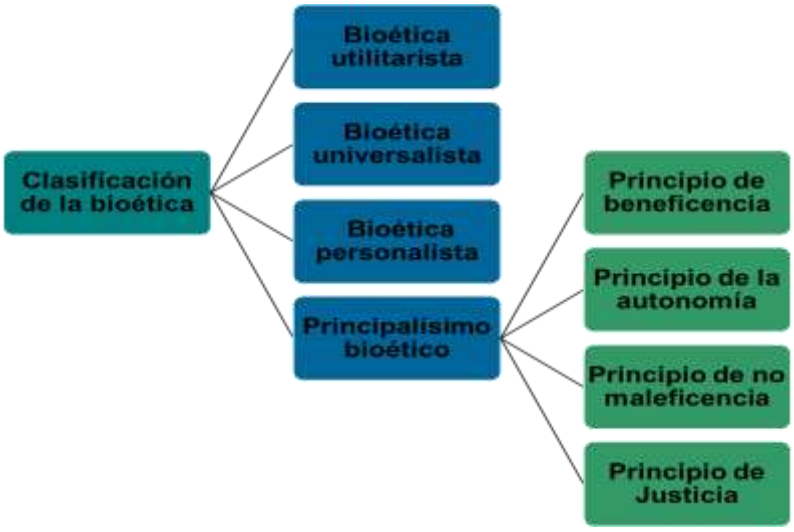


Figura 7. Clasificación de la bioética (Elaboración propia a partir de: Escobar-Picasso & Escobar-Cosme, 2010).

Sustentabilidad

A continuación, se describe la clasificación de la sustentabilidad (Figuras 8 y 9).

- **Sustentabilidad económica:** para disponer de recursos necesarios para darle persistencia del proceso.
- **Sustentabilidad ecológica:** para proteger la base de los recursos naturales mirando hacia el futuro.
- **Sustentabilidad energética:** investigando, diseñando y utilizando tecnologías que consuman igual o menos energía que la que produce.
- **Sustentabilidad social:** para que los modelos de desarrollo y los recursos derivados del mismo beneficio por igual a toda la humanidad es decir con equidad.
- **Sustentabilidad cultural:** favoreciendo la diversidad y especificidad de las manifestaciones locales regionales nacionales e internacionales.
- **Sustentabilidad científica:** mediante el apoyo el restricto a la investigación en la ciencia cura tanto como la aplicada y la tecnológica (Escobar-Picasso & Escobar-Cosme, 2010).

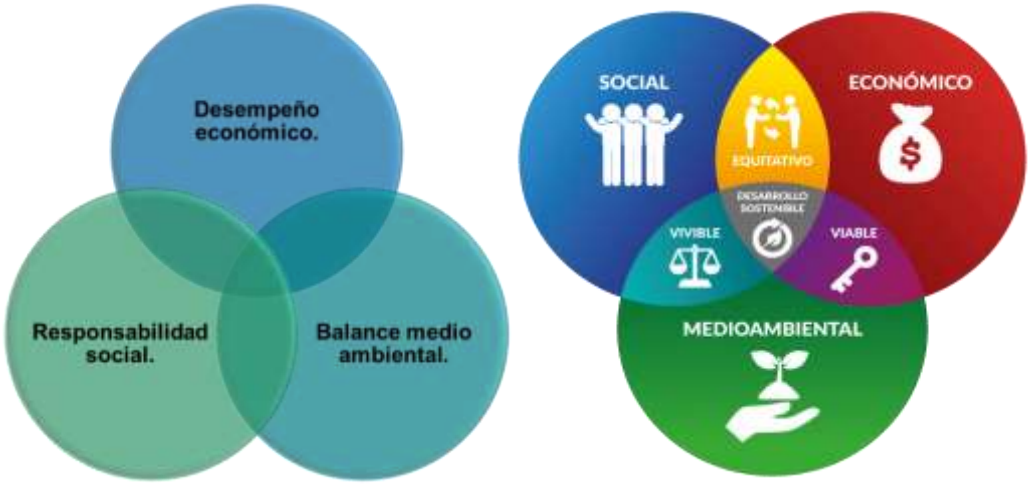


Figura 8. Clasificación de la sustentabilidad (elaboración a partir de: Contreras Islas *et al*., 2018).



Figura 9. Clasificación de la sustentabilidad (Elaboración propia a partir de: Escobar-Picasso & Escobar-Cosme, 2010).

Eje 6 Vinculación

¿Con que procesos sociales, históricos, económicos y políticos se relacionan la bioética y la sustentabilidad?

A continuación, se establece el proceso de vinculación entre la bioética y la sustentabilidad (Tabla 7, Figura 10).

Tabla 7. Vinculación entre bioética y sustentabilidad.

Proceso	Vinculación entre bioética y sustentabilidad
Social	Salud pública, seguridad alimentaria
Histórico	Proceso de evolución del pensamiento filosófico
Económico	La globalización
Políticos	La política está fuertemente influenciada por cierto aparato ideológico, que se manifiesta en sus prácticas sociales. La politización de la bioética permite que ciertos proyectos busquen aprobación, orientados por intereses ideológicos, económicos e incluso religiosos.

Elaboración propia.

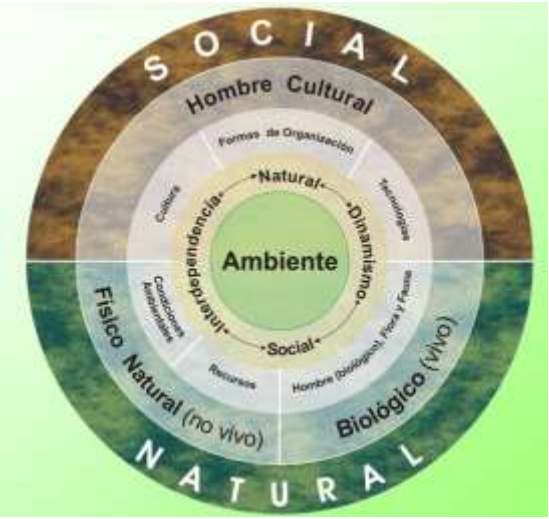


Figura 10. Enfoque social y natural.

Eje 7 Metodología

¿Cuál es la metodología de aplicación de la bioética, sustentabilidad para la solución del problema?

La Bioética pretende orientar la toma de decisión racional enriqueciendo los juicios objetivos de hecho con los juicios de apreciación o de valores para obtener un curso de acción que satisfaga la moralidad de este, aunado a la sustentabilidad se diseña una metodología para la resolución del problema (Figura 11).

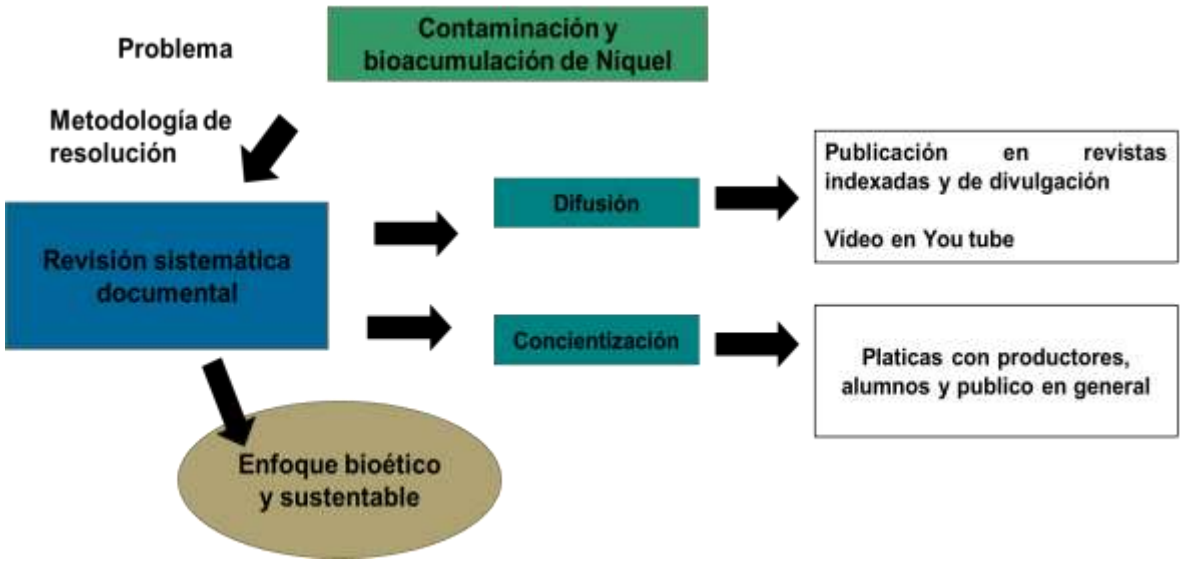


Figura 11. Resolución de la problemática de contaminación y bioacumulación de Níquel (Elaboración propia).

Divulgación de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable mediante una página web

Justificación

De acuerdo con los resultados de la cartografía conceptual los metales pesados se difunden en las cadenas alimentarias principalmente por el uso de aguas de riego no óptimas para los cultivos. La transferencia de metales pesados del suelo a la planta es una ruta muy importante para la entrada de metaloides y metales pesados tóxicos del medio ambiente a las cadenas alimentarias, es la principal vía de exposición humana a la contaminación por metales del suelo. El riego de campos agrícolas con aguas residuales da como resultado la acumulación de metales pesados en el suelo y su posterior transferencia a cultivos alimentarios como cereales y hortalizas. Sin embargo, muchas veces se tiene poca o nula información al respecto, por lo cual se considera necesario difundir dicha problemática.

Objetivos

- Lograr la divulgación de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable mediante una página web.
- Conseguir el mayor número de visitantes en la página.
- Crear conciencia de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable.

Etapas del proyecto

El proyecto formativo se llevó a cabo de acuerdo con las siguientes actividades (Figura 12).

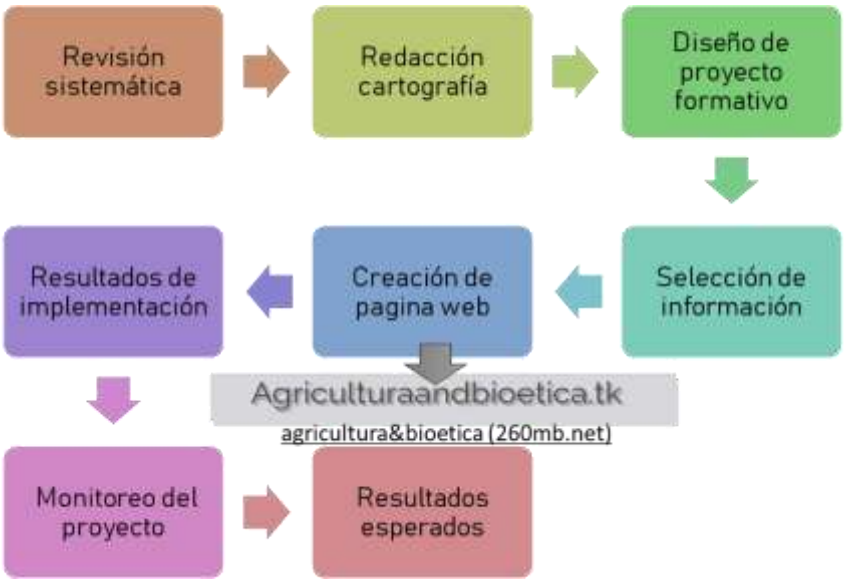


Figura 12. Esquematización de las etapas del proyecto.

Fase 1. Revisión sistemática. Se realizó un análisis de la literatura académica sobre la contaminación y bioacumulación del níquel, para establecer cada uno de los ejes clave de la cartografía conceptual.

Fase 2. Redacción de la cartografía conceptual. Se desarrollaron los ocho ejes de la cartografía conceptual considerando los aportes de la bibliografía revisada y las experiencias generadas con base en los principales referentes temáticos.

Fase 3. Diseño del proyecto formativo. Con base a los resultados obtenidos en la cartografía conceptual se desarrolló un proyecto formativo de difusión de la problemática de la contaminación y bioacumulación de níquel a través del desarrollo de una página web.

Fase 4. Selección de Información. De acuerdo con los principales resultados obtenidos de la cartografía conceptual se seleccionó la información pertinente para incluir en la página web.

Fase 5. Creación de la página web. Con la información seleccionada se realizó el diseño de la página web como medio de difusión de la problemática.

Fase 6. Resultados de implementación. Mediante un contador de visitas a la página se ha monitoreado las entadas, para ver los resultados de implementación.

Fase 7. Monitoreo del proyecto. Se tendrá un monitoreo constante da la página web hasta obtener los resultados de implementación (siete días) y los resultados esperados (seis meses).

Fase 8. Resultados esperados. Después de la implementación del proyecto en los siguientes seis meses se espera obtener un mínimo de 400 vistas a la página web de las cuales 40 se espera sean internacionales. Así como también se espera obtener el desarrollo de ciertas competencias en la población.

Acciones, metas e indicadores

En la Tabla 8 se presentan las acciones, metas e indicadores del proyecto titulado Divulgación de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable mediante una página web.

Tabla 8. Descripción de acciones, metas e indicadores.

Metro
• Alcanzar un mínimo de 80 visitas en 6 días • Alcanzar un mínimo de 200 visitas en 2 meses • Alcanzar un mínimo de 400 visitas en 4 meses • Alcanzar un mínimo de 400 visitas en meses • Alcanzar un mínimo de 40 visitas internacionales en 6 meses
Acción
• Difusión de la problemática mediante la página web
Recursos
• Computadora • Internet • Página web
Indicador
• Número de visitas de la página web
Técnica
Monitoreo del contador de visitas de la página web
Responsable
• M.C Dalila Escudero

Cronograma de actividades

El cronograma de actividades del proyecto titulado Divulgación de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable mediante una página web, se muestra a continuación en la Figura 13.

Actividad	ago	sep	oct	nov	dic	ene	mar	abr	may	jun
Revisión sistemática										
Redacción cartografía										
Selección de información										
Creación de página web										
Monitoreo del contador de visitas de la página web										

Figura 13. Diagrama de Gantt del proyecto formativo.

Análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) del proyecto

Las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades del proyecto titulado Divulgación de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel enfoque bioético y sustentable mediante una página web se han recogido en forma de un esquema de análisis FODA, el cual se presenta en la Figura 14.



Figura 14. Análisis FODA del proyecto formativo.

Resultados esperados

Cumplir con la meta de alcanzar un mínimo de 400 visitas en seis meses de las cuales 40 deben ser internacionales.

Los resultados esperados del proyecto a largo plazo serán en desarrollo de los siguientes desempeños de manera individual y colectiva (Tabla 9).

Tabla 9. Desempeños por desarrollar en el proyecto formativo.

Conciencia	Ayudar a la población a que adquieran mayor sensibilidad y conciencia de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel en general y de los problemas conexos con un enfoque bioético y sustentable.
Conocimientos	Ayudar a la población a adquirir una comprensión básica de conceptos científicos y tecnológicos de la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel en general y de los problemas conexos con un enfoque bioético y sustentable, desarrollando una responsabilidad crítica.
Actitudes	Ayudar a los estudiantes a adquirir valores bioéticos y sustentables y despertar el interés por la problemática de la contaminación y bioacumulación de Níquel que les impulse y motive a participar activamente en su resolución.
Aptitudes	Facilitar a los estudiantes herramientas para adquirir las aptitudes necesarias para resolver problemas la contaminación y bioacumulación de Níquel con un enfoque bioético y sustentable.

Resultados de implementación del proyecto

Se obtuvieron 88 visitas a la página en un lapso de seis días. Además, se obtuvieron tres visitas internacionales. A continuación, se muestran las evidencias de implementación del proyecto, recopiladas mediante el contador de la página web (Figuras 15-22). En la Tabla 10 se desglosa el número de vitas por ciudad y en la Tabla 11 se desglosa el número de vitas por país.



Figura 15. Imagen que muestra la hora y fecha de cierre de monitoreo de resultados de implementación.



Figura 16. Imagen que muestra el número de vistas a la página web al cierre de monitoreo de resultados de implementación.



Figura 17. Imagen que muestra la ubicación dentro de México (ciudad) de la página web al cierre de monitoreo de resultados de implementación.

Tabla 10. Visitantes por ciudad obtenidos de la página web del proyecto formativo.

Ciudad	**Visitantes**
Chihuahua	64
Mexicali	1
San José del Cabo	1
Juárez	3
Monterrey	3
Santa María del Oro	2
Tijuana	3
Querétaro	3
Cuauhtémoc	3
Puebla	2
Total	**85**



Figura 18. Imagen que muestra la ubicación dentro de mundo (país) de la página web al cierre de monitoreo de resultados de implementación.

Tabla 11. Visitantes por país obtenidos de la página web del proyecto formativo.

País	Visitantes
México	85
Estados Unidos	2
Francia	1
Total	**88**

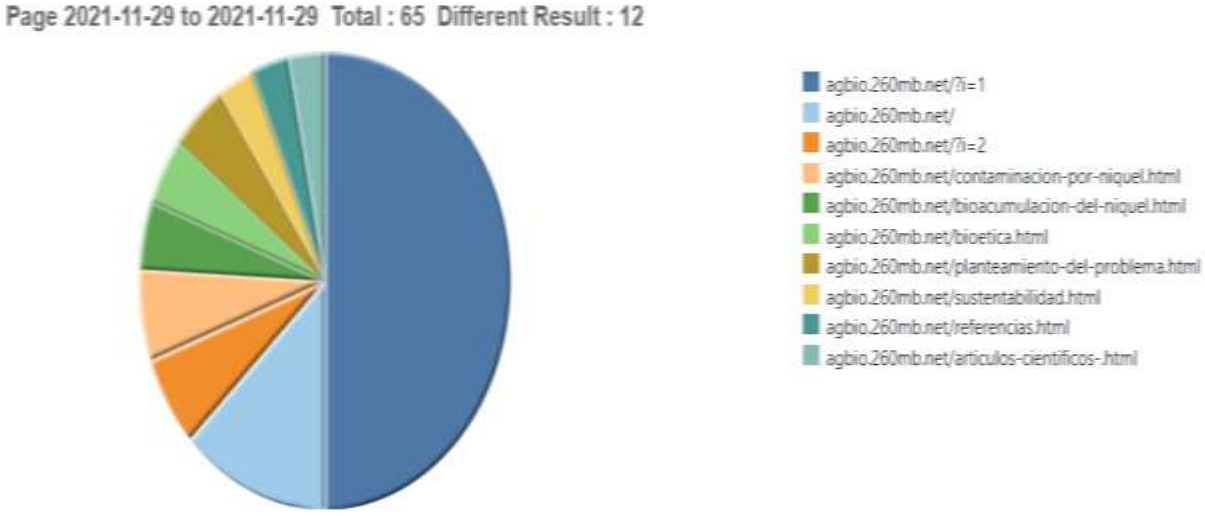


Figura 19. Imagen que muestra las preferencias de los tópicos de la página.

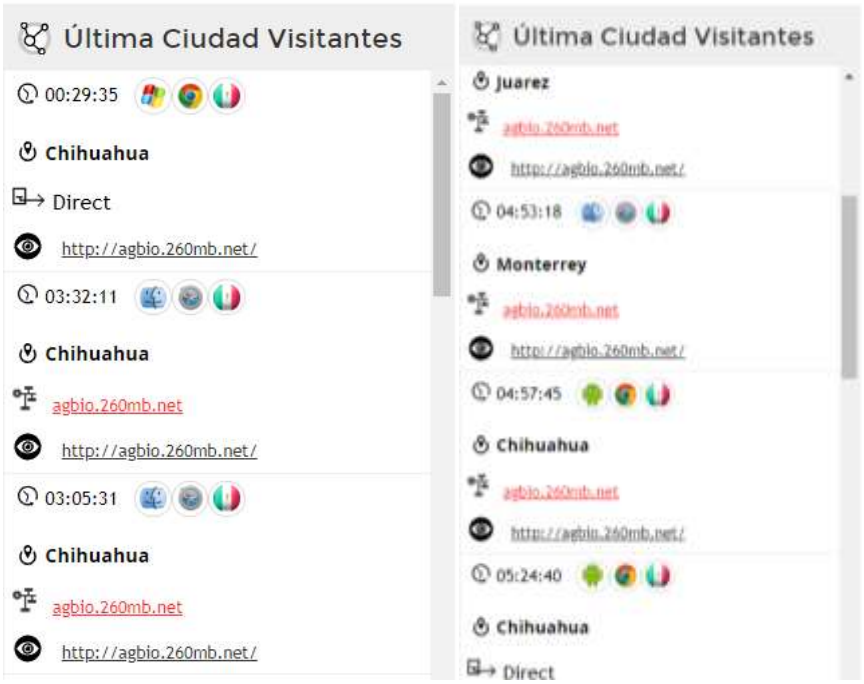


Figura 20. Imagen que muestra las ultimas ciudades visitadas mostrando hora, sistema operativo, explorador y país.

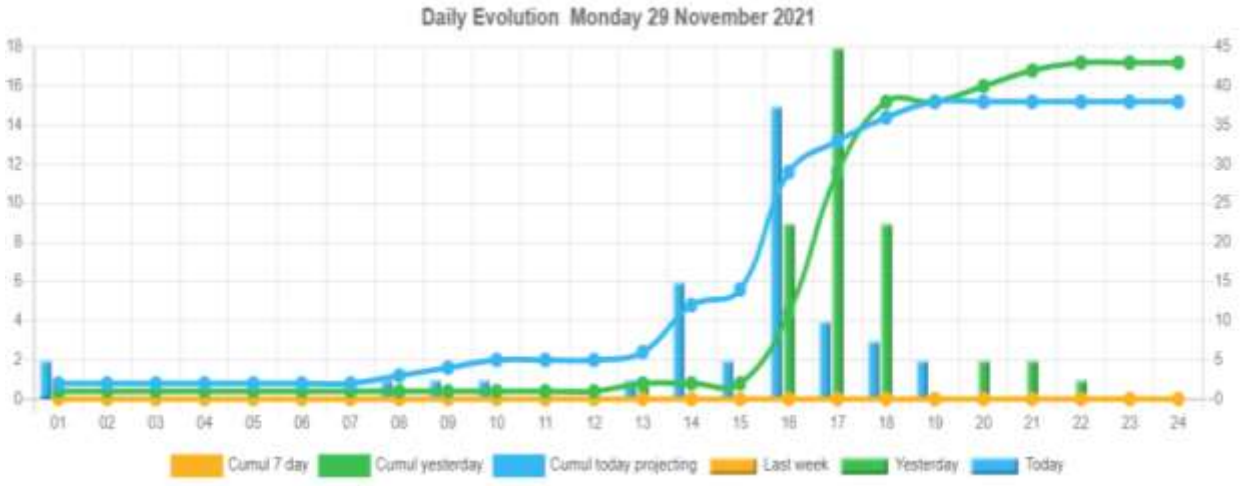


Figura 21. Gráfico que muestra la evolución de visitas de la página web.



Figura 22. Información adicional que muestra el contador de visitas de la página.

Eje 8 Ejemplificación

Mencionar ejemplos donde se consideren aspectos relacionados a los conceptos

Bioética

La constante expansión de la ingeniería genética, con su capacidad para manipular la materia vital en su construcción molecular más fundamental, está generando importantes debates éticos y filosóficos. El peligro potencial de sus aplicaciones prácticas son las principales preocupaciones (Figura 23) (Kwiatkowska & Wilchis, 2019).

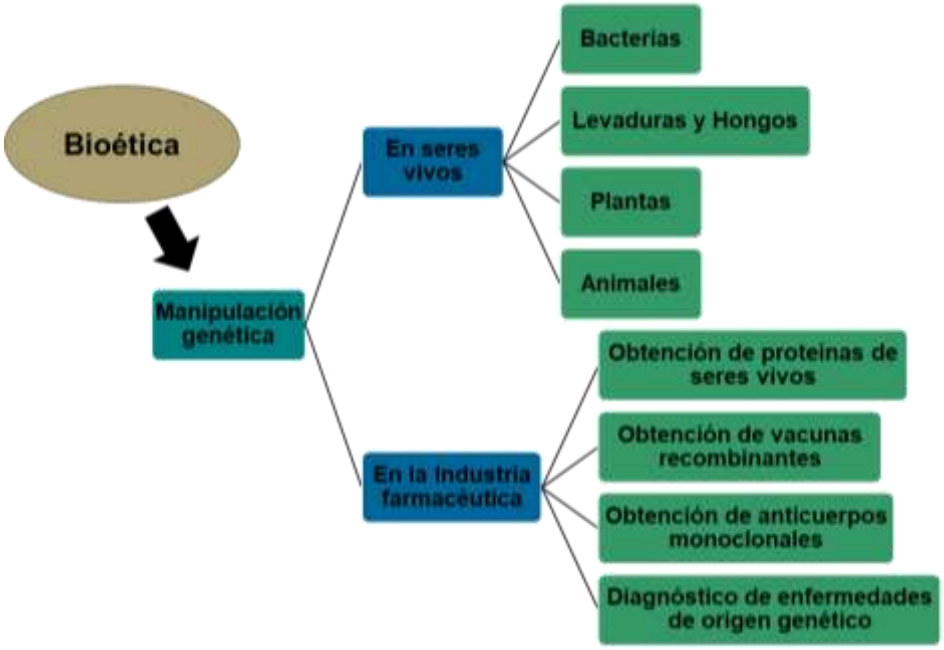


Figura 23. Clasificación de la manipulación genética (Kwiatkowska & Wilchis, 2019).

Sustentabilidad

Un ejemplo claro de sustentabilidad es la sustentabilidad económica donde se muestran las etapas del ciclo del producto (Figura 24) y los mandamientos sostenibles (Figura 25).



Figura 24. Sustentabilidad económica (Recuperado de: https://www.gestiopolis.com/analisis-del-ciclo-vida-producto/).



Figura 25. Mandamientos sostenibles (Recuperado de: http://www.hospedajecaneycali.com/turismo-sostenible/).

Contaminación y Bioacumulación de Níquel

Las plantas hiperacumuladoras de níquel no sólo son tolerantes a altas concentraciones de níquel sino también son particularmente competentes en su absorción a través de las raíces, el transporte a través del xilema, y el almacenamiento en hojas en forma detoxificada (Figura 26). La desintoxicación de iones de níquel en las plantas hiperacumuladoras se consigue mediante su secuestro a vacuolas para su posterior quelación por ligandos presentes en ella. El cloroplasto y la mitocondria responden a un exceso de níquel mediante la producción de EROs, lo que induce la apoptosis de las células (Covarrubias & Peña Cabriales, 2017; González-Chávez *et al*., 2017).

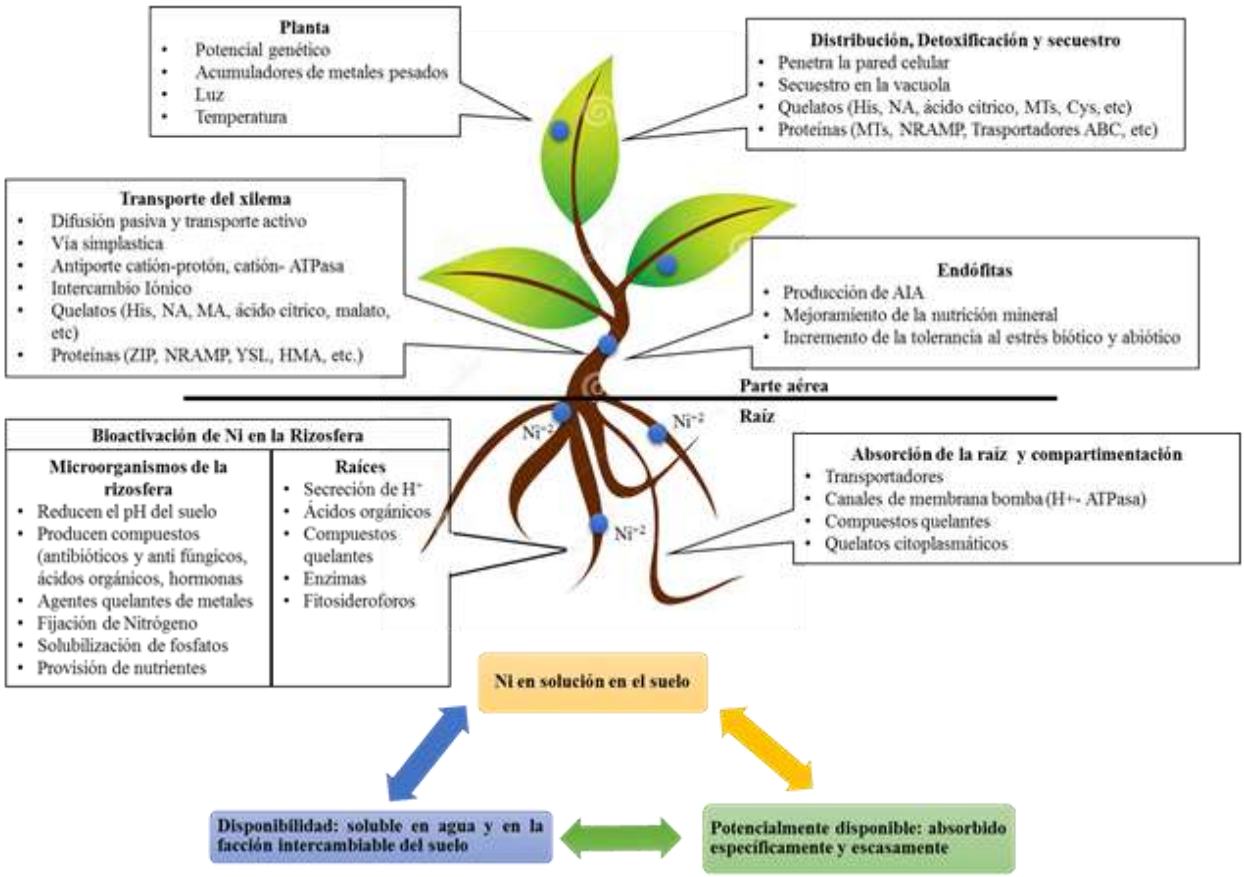


Figura 26. Suelo, planta y características microbianas y procesos que intervienen en la absorción de Ni e hiperacumulación (Elaboración propia a partir de: Covarrubias & Peña Cabriales, 2017; González-Chávez *et al*., 2017).

IV. Discusión

De acuerdo con el análisis realizado mediante la cartografía conceptual desde el eje 1 de noción se enfatiza la definición de bioética como ciencia interdisciplinaria y la sustentabilidad como un equilibrio dinámico (Contreras Islas *et al*., 2018). En el eje 2 de categorización se destaca como categoría mayor de la bioética el valor a la vida y se resalta el enfoque de transdisciplinariedad de la bioética al ubicar la contaminación de níquel en una categoría mayor compartida entre ciencias sociales y naturales. Respecto al eje 3 de caracterización se observó en particular la aplicación de las características de la Bioética racional, filosófica y discursiva al ir dilucidando la problemática de la contaminación del níquel conforme se desarrolló el análisis sistemático, lo cual concuerda con (Sdgs, 2017) quién menciona: "La realidad ética no se conoce a priori sino a través de la reflexión sobre las consecuencias de las decisiones". Por otro lado, en la caracterización de la sostenibilidad se observó que el desarrollo sostenible de acuerdo con el diagrama de Venn Euler se sitúa justo en intersección AnBnC correspondientes a social, económico y medioambiental.

En la misma sintonía la caracterización por metales pesados como el Ni no es solo una problemática ambiental, sino que es una de las más severas que existen en la actualidad y es causada por la falta de principios bioéticos y sustentables durante el desarrollo de las actividades antropogénicas de acuerdo con diversos autores (González *et al*., 2017) la contaminación causada por metales pesados es uno de los problemas ambientales

más graves para la sociedad derivado principalmente en los campos de la mecánica, eléctrica, electrónica, curtido, galvanización, industrias petroleras y mineras, así mismo coincide con lo expuesto por (Wang *et al*., 2017) quienes afirman que los riesgos para la salud derivados de la contaminación por metales pesados en los suelos agrícolas han atraído la atención mundial. Por otro lado, se observó que independientemente del origen de la contaminación por Ni tiene un fuerte impacto en la seguridad alimentaria lo cual coincide con (Wang *et al*., 2017), quienes mencionan que la investigación sobre la acumulación de metales pesados en los sistemas suelo-planta es la base de las evaluaciones de riesgos para la salud humana. En otra perspectiva (Khan *et al*., 2019) mencionan que la contaminación del suelo con metales pesados se ha convertido en un problema global y una amenaza ambiental porque estos metales se encuentran profusamente en el suelo, se acumulan en los tejidos de las plantas y entran en la cadena alimentaria.

En el mismo tenor (Habu *et al*., 2021) comentan que el uso prolongado de aguas residuales para riego ha provocado la acumulación de metales pesados en suelos agrícolas y hortalizas en diferentes partes del mundo. Por otra parte, se destaca que dentro de los cultivos con mayor problema por contaminación de Ni se encuentran las verduras y el arroz. Un estudio realizado por (Manzoor *et al*., 2018) menciona que los metales pesados se encontraron en 36 vegetales en 61 regiones del mundo y estaban por encima de los límites permisibles en la mayoría de los vegetales.

Respecto al eje 4 de diferenciación se destaca la que la ética es una reflexión sobre la conciencia de lo que está bien en congruencia con (Lolas, 2016) y, por otro lado, la bioética en esencia interdisciplinaria es capaz de integrar la biología humana a la competencia humana de crear valores de acuerdo con (Contreras Islas *et al*., 2018). Por lo cual la ética no sería la categoría mayor de la bioética. En lo que respecta el eje 5 de clasificación dentro del principalísimo bioético se destaca la importancia de la formación de conciencia bioética en congruencia con (Escobar-Picasso & Escobar-Cosme, 2010), quienes mencionan: “Este principio expresa la obligación de no producir un daño de manera voluntaria. *Primum non nuocere* (lo primero es no dañar)”.

Respecto al eje 6, se observó que respecto a la problemática de contaminación y biodisponibilidad de níquel se puede encontrar una fuerte vinculación social respecto a la salud pública y a la seguridad alimentaria, lo cual coincide con (Habu *et al*., 2021; Khan *et al*., 2019; Wang *et al*., 2017). De acuerdo con el eje 7 de metodología, se diseñó enfocado en la generación de conciencia bioética y sustentable en el sector productivo agrícola, industrial y minero, así como en el sector estudiantil a nivel licenciatura y posgrado.

En la ejemplificación correspondiente al eje 8 se destaca un problema bioético ya que pese a las consecuencias generadas por los productores no han tomado conciencia suficiente del uso desmedido de los fertilizantes fosfatados con metales pesados y las diversas industrias no obedecen a un desarrollo sostenible generando la descarga de residuos sin tratamiento previo lo cual es consistente con lo reportado por (González *et al*., 2017) quienes comentan que las actividades industriales aumentan la concentración de metales pesados como Cu (II), Cd (II), Zn (II), Pb (II) y Ni (II) en los sistemas acuáticos y principalmente en áreas destinadas a la mecánica, electrónica, curtido, galvanización, industrias petroleras y mineras.

Así mismo coincide con lo reportado por las Naciones Unidas, donde se menciona que se estima que el 80% de todas las aguas residuales industriales y municipales en el mundo en desarrollo se libera al medio ambiente sin ningún tratamiento previo (UN-Water, 2018). Una de las principales limitantes del estudio es no contar con análisis del sistema agua-planta y suelo en muchas áreas con contaminación por níquel y otros metales pesados. Por lo cual es de crucial importancia realizar estudios de contaminación y bioacumulación de metales pesados que aborden aspectos tales como: remediación de suelos, desarrollo sustentable, seguridad alimentaria, salud publica bioética y legislación ambiental. Además, se debe diseñar una estrategia y una normativa congruente con las necesidades actuales para controlar los metales pesados en los cultivos.

V. Bibliografía

Ali, H., & Khan, E. (2019). Trophic transfer, bioaccumulation, and biomagnification of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in food chains/webs—Concepts and implications for wildlife and human health. *Human and Ecological Risk Assessment*, *25*(6), 1353–1376. https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1469398

Bartzas, G., Tsakiridis, P. E., & Komnitsas, K. (2021). Nickel industry: Heavy metal(loid)s contamination - sources, environmental impacts and recent advances on waste valorization. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, *21*, 100253. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100253

Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (2015). Biochemistry & Molecular Biology of Plants (2nd Edition). In *Journal of Chemical Information and Modeling*.

Caicedo-lópez, L. H., Laura, A., Aranda, V., O, D. S. De, Eduardo, C., & Gómez, Z. (2021). Elicitores : implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana. *Revista Bioética*, *29*(1), 76–86.

Ceballos-López, N., & Saiz-Linares, Á. (2021). políticas educativas. *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, *29*(1 de marzo 2021 Arizona), 10–19.

Contreras Islas, D. S., Kerbel Lifshitz, C. K., Mendieta Márquez, E., & Hernández Pérez, M. A. (2018). Bioética y educación para la sustentabilidad. *Didac*, *71*, 57–63.

Correia, L., Marrocos, P., Montalván Olivares, D. M., Velasco, F. G., Luzardo, F. H. M., & Mota de Jesus, R. (2018). Bioaccumulation of nickel in tomato plants: risks to human health and agro-environmental impacts. *Environmental Monitoring and Assessment*, *190*(6). https://doi.org/10.1007/s10661-018-6658-7

Covarrubias, S. A., & Peña Cabriales, J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, *33*, 7–21. https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01

De Bernardi, A., Casucci, C., Businelli, D., D'amato, R., Beone, G. M., Fontanella, M. C., & Vischetti, C. (2020). Phytoremediation potential of crop plants in countering nickel contamination in carbonation lime coming from the sugar industry. *Plants*, *9*(5). https://doi.org/10.3390/plants9050580

Escobar-Picasso, E., & Escobar-Cosme, A. L. (2010). Principales corrientes filosóficas en bioética. *Boletin Medico Del Hospital Infantil de Mexico*, *67*(3), 196–203.

Fonseca Carreño, N. E. (2019). Sustentabilidad en la agricultura familiar agroecológica: Mora de castilla en Sumapaz. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, *11*(11), 12–22. https://doi.org/10.22463/24221783.2516

Gebeyehu, H. R., & Bayissa, L. D. (2020). Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in Mojo area, Ethiopia. *PLoS ONE*, *15*(1), 1–22. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227883

González-Chávez, M. C. A., Carrillo González, R., Sánchez-López, A. S., & Ruiz-Olivares, A. (2017). Alternativas De Fitorremediación De Sitios Contaminados Con Elementos Potencialmente Tóxicos. *Phytoremediation Alternatives for Sites Polluted By Potentially Toxic Elements.*, *10*(4), 8–14. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=123370439&site=ehost-live

González, A. G., Pokrovsky, O. S., & González-Dávila, J. M. S.-C. and M. (2017). Prospects and challenges in algal biotechnology. *Prospects and Challenges in Algal Biotechnology*, *July 2018*, 1–326. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1950-0

Goulet, R. R., & Thompson, P. (2018). Bioaccumulation and toxicity of uranium, arsenic, and nickel to juvenile and adult Hyalella azteca in spiked sediment bioassays. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *37*(9), 2340–2349. https://doi.org/10.1002/etc.4179

Gupta, N., Yadav, K. K., Kumar, V., Kumar, S., Chadd, R. P., & Kumar, A. (2019). Trace elements in soil-vegetables interface: Translocation, bioaccumulation, toxicity and amelioration - A review. *Science of the Total Environment*, *651*, 2927–2942. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.047

Habu, M. A., Bawa, U., & Musa, S. I. (2021). Health risk assessment and heavy metal bioaccumulation in vegetables irrigated with waste water in Kano State, Nigeria. *Notulae Scientia Biologicae*, *13*(1), 1–8. https://doi.org/10.15835/nsb13110890

Hernández Ruiz, R., Figueroa Aguirre, S. J., & Ribeiro, L. (2019). GESTIÓN DEL APRENDIZAJE BIOÉTICO Y SUSTENTABLE. *APROXIMAÇÃO —*, *01*, 103–110.

Hussain, S., Rengel, Z., Qaswar, M., Amir, M., & Zafar-ul-Hye, M. (2019). Arsenic and Heavy Metal (Cadmium, Lead, Mercury and Nickel) Contamination in Plant-Based Foods. In *Plant and Human Health, Volume 2* (Vol. 2). https://doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6_20

Infante, E. F., Dulfo, C. P., Dicen, G. P., Hseu, Z. Y., & Navarrete, I. A. (2021). Bioaccumulation and human health risk assessment of chromium and nickel in paddy rice grown in serpentine soils. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(14), 17146–17157. https://doi.org/10.1007/s11356-020-12176-y

Islam, D., Hasan, M., Rahaman, A., Haque,

P., Islam, S., & Rahman, M. (2020). Translocation and bioaccumulation of trace metals from industrial effluent to locally grown vegetables and assessment of human health risk in Bangladesh. *SN Applied Sciences*, *2*(8), 1–11. https://doi.org/10.1007/s42452-020-3123-3

Islam, M. A., Awual, M. R., & Angove, M. J. (2019). A review on nickel(II) adsorption in single and binary component systems and future path. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *7*(5), 103305. https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103305

Joseph, L., Jun, B. M., Flora, J. R. V., Park, C. M., & Yoon, Y. (2019). Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: A review. *Chemosphere*, *229*, 142–159. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.198

Khan, A., Khan, S., Khan, M. A., Aamir, M., Ullah, H., Nawab, J., Rehman, I. U., & Shah, J. (2019). Heavy metals effects on plant growth and dietary intake of trace metals in vegetables cultivated in contaminated soil. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *16*(5), 2295–2304. https://doi.org/10.1007/s13762-018-1849-x

Korzeniowska, J., & Stanislawska-Glubiak, E. (2019). Phytoremediation potential of Phalaris arundinacea, Salix viminalis and Zea mays for nickel-contaminated soils. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *16*(4), 1999–2008. https://doi.org/10.1007/s13762-018-1823-7

Kumar, A., Jigyasu, D. K., Subrahmanyam, G., Mondal, R., Shabnam, A. A., Cabral-Pinto, M. M. S., Malyan, S. K., Chaturvedi, A. K., Gupta, D. K., Fagodiya, R. K., Khan, S. A., & Bhatia, A. (2021). Nickel in terrestrial biota: Comprehensive review on contamination, toxicity, tolerance and its remediation approaches. *Chemosphere*, *275*, 129996. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129996

Kwiatkowska, T., & Wilchis, R. L. (2019). Ética ambiental e ingeniería genética. *Ludus Vitalis*, *16*(9), 161–176.

Lolas Stepke, F. (2016). Bioética global y el problema del medio ambiente. *Estudios Internacionales (Santiago)*, *48*(185), 21–30. https://doi.org/10.5354/0719-3769.2016.44517

López Vázquez, R., Tobón Tobón, S., Veytia Bucheli, M. G., & Juárez Hernández, L. G. (2021). La mediación didáctica socioformativa en el aula que favorece la inclusión educativa. *Revista Fuentes*, *1*(23), 1–12. https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i1.11203

Manzoor, J., Sharma, M., & Wani, K. A. (2018). Heavy metals in vegetables and their impact on the nutrient quality of vegetables: A review. *Journal of Plant Nutrition*, *41*(13), 1744–1763. https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1462382

Mao, C., Song, Y., Chen, L., Ji, J., Li, J., Yuan, X., Yang, Z., Ayoko, G. A., Frost, R. L., & Theiss, F. (2019). Human health risks of heavy metals in paddy rice based on transfer characteristics of heavy metals from soil to rice. *Catena*, *175*(November 2018), 339–348. https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.029

Moscoso-Vanegas, D. L., Monroy-Morocho, L. M., Narváez-Vera, M. A., Espinoza-Molina, C., & Astudillo-Alemán, A. L. (2019). Efecto fitotóxico del material particulado PM10 recolectado en el área urbana de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Iteckne*, *16*(1), 12–20. https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2157

Neaman, A., Tapia-Pizarro, F., Tarasova, E., Brykov, V., Brykova, R., Slukovskaya, M., Guzmán-Amado, C., & Stuckey, J. W. (2021). The challenge of reducing metal phytotoxicity insoils affected by historical nickel-copper smelting operations in the Kola Peninsula, Russia. *Agro Sur*, *49*(1), 5–11. https://doi.org/10.4206/agrosur.2021.v49n1-02

Perez Mora, W. H. (2021). Evaluación del índice de geoacumulación de algunos metales pesados en suelos de cultivo de hortalizas en la ribera del río Bogotá. *Revista ION*, *34*(1), 37–45. https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021004

Sdgs, G. (2017). La dimensió bioètica dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS). *Revista de Bioética y Derecho*, *0*(41), 121–139. https://doi.org/10.1344/rbd2017.41.19758

Serna, O. (2019). *Cartografía Conceptual del Bullying : Hacia la Teorización e Intervención desde la Socioformación . Autor (es): Odete Serna Huesca (Págs . 124 -141) Cartografía Conceptual del Bullyin ... July*.

UNESCO. (2005). Disponible en: http://www.unesco.org/new/es/culture/themes/cultural-diversity/cultural-expressions/the-convention/convention-text/

UN-Water, (2018). Disponible en: https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/

Wang, S., Wu, W., Liu, F., Liao, R., & Hu, Y. (2017). Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(18), 15209–15225. https://doi.org/10.1007/s11356-017-8909-5

Zarta-Ávila, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, *28*, 409–423. https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18

Zia, M. H., Watts, M. J., Niaz, A., Middleton, D. R. S., & Kim, A. W. (2017). Health risk assessment of potentially harmful elements and dietary minerals from vegetables irrigated with untreated wastewater, Pakistan. *Environmental Geochemistry and Health*, *39*(4), 707–728. https://doi.org/10.1007/s10653-016-9841-1