# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
# FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA
# CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**TEMA:**
"**Propuesta de una restauración ecológica de un área afectada por la minería ilegal en la comunidad Yutzupino, provincia de Napo**"

**AUTOR:**
Liveya Magali Cerda Andy

**DOCENTE - TUTOR:**
M.Sc De Decker María Katharina Elisabeth

Puyo - Pastaza - Ecuador
2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

# FORMATO 4
# APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

| Criterios | Puntaje | Argumentos de la calificación |
|---|---|---|
| **1. TÍTULO** | | |
| El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito.<br>Genera expectativas de lectura que se cumplen. | 5.0 / 5 | Si cumple con lo solicitado. |
| **2. RESUMEN** | | |
| Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones. | 5.0 / 5 | Si cumple con lo solicitado. |
| **3. INTRODUCCIÓN** | | |
| Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa. | 20.0 / 20 | Si cumple con lo solicitado. |
| **4. MARCO TEÓRICO** | | |
| Marco teórico coherente y articulado con los objetivos.<br>Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio.<br>Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad. | 14.0 / 15 | Cumple parcialmente. |
| **5. METODOLOGÍA** | | |
| Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.<br>Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información. | 15.0 / 15 | Si cumple con lo solicitado. |

| | | |
|---|---|---|
| **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS** | | |
| Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras. | 25.0 / 25 | Si cumple con lo solicitado. |
| **7. CONCLUSIONES** | | |
| Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos. | 10.0 / 10 | Si cumple con lo solicitado. |
| **8. REFERENCIAS** | | |
| Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias.<br>Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa. | 4.0 / 5 | Cumple parcialmente. |
| **VALORACIÓN TOTAL** | 98 | NOVENTA Y OCHO |

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

| Recomendación | Marque con X |
|---|---|
| Aprobar | X |
| No Aprobar | |
| CALIFICACIÓN | 98 |

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MAYRA CAROLINA HERAS HERAS

MAYRA CAROLINA HERAS HERAS (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 13 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

# FORMATO 4
# APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

| Criterios | Puntaje | Argumentos de la calificación |
|---|---|---|
| **1. TÍTULO** | | |
| El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito.<br>Genera expectativas de lectura que se cumplen. | 5.0 / 5 | Conciso en informativo |
| **2. RESUMEN** | | |
| Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones. | 5.0 / 5 | Presenta información necesaria |
| **3. INTRODUCCIÓN** | | |
| Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa. | 19.0 / 20 | Si cumple |
| **4. MARCO TEÓRICO** | | |
| Marco teórico coherente y articulado con los objetivos.<br>Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio.<br>Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad. | 15.0 / 15 | Ordenado y articulado |
| **5. METODOLOGÍA** | | |
| Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.<br>Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información. | 14.0 / 15 | Expone con claridad |

| | | |
|---|---|---|
| **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS** | | |
| Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras. | 23.0 / 25 | Entrega los resultados de manera organizada |
| **7. CONCLUSIONES** | | |
| Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos. | 9.0 / 10 | De acuerdo |
| **8. REFERENCIAS** | | |
| Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias.<br>Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa. | 4.0 / 5 | Cumple en parte |
| **VALORACIÓN TOTAL** | 94 | NOVENTA Y CUATRO |

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

| Recomendación | Marque con X |
|---|---|
| Aprobar | X |
| No Aprobar | |
| CALIFICACIÓN | 94 |

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
CHRISTOPHER OSWALDO PAREDES ULLOA

CHRISTOPHER OSWALDO PAREDES ULLOA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 09 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Curiginal

Firmado electrónicamente por:
MARIA KATHARINA ELISABETH DE DECKER

## Document Information

| | |
|---|---|
| **Analyzed document** | ARTICULO FINAL_Cerda.docx (D173271005) |
| **Submitted** | 2023-08-31 01:28:00 |
| **Submitted by** | DE DECKER MARIA KATHARINA ELISABETH |
| **Submitter email** | mdedecker@uea.edu.ec |
| **Similarity** | 9% |
| **Analysis address** | mdedecker.uea@analysis.urkund.com |

## Sources included in the report

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Potencial bioacumulador de metales pesados de especies forestales en la región Amazónica ecuatoriana-BRYAN Y HARO.docx**
Document Potencial bioacumulador de metales pesados de especies forestales en la región Amazónica ecuatoriana-BRYAN Y HARO.docx (D159844413)
Submitted by: ygarcia@uea.edu.ec
Receiver: ygarcia.uea@analysis.urkund.com
**18**

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / DOCUMENTOS URKUND- VIVIANA CHICO.docx**
Document DOCUMENTOS URKUND- VIVIANA CHICO.docx (D156090155)
Submitted by: yarteaga@uea.edu.ec
Receiver: yarteaga.uea@analysis.urkund.com
**3**

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOACUMULADOR DE METALES PESADOS DE Piptocoma discolor KEYLA Y DANIELA.docx**
Document EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOACUMULADOR DE METALES PESADOS DE Piptocoma discolor KEYLA Y DANIELA.docx (D159835372)
Submitted by: ygarcia@uea.edu.ec
Receiver: ygarcia.uea@analysis.urkund.com
**1**

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Árboles maderables de nuestro entorno.pdf**
Document Árboles maderables de nuestro entorno.pdf (D127509779)
Submitted by: ne.tanguilaa@uea.edu.ec
Receiver: vdominguez.uea@analysis.urkund.com
**1**

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / informe individual Saltos Alexandra.pdf**
Document informe individual Saltos Alexandra.pdf (D155070025)
Submitted by: for2017124@uea.edu.ec
Receiver: ygarcia.uea@analysis.urkund.com
**1**

# "Propuesta de una restauración ecológica de un área afectada por la minería ilegal en la comunidad Yutzupino, provincia de Napo"

Liveya Magali Cerda Andy[1]
for2017103@uea.edu.ec

María Katharina Elisabeth De Decker [2]
mdedecker@uea.edu.ec

**Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la tierra, Carrera de Ingeniería Forestal**

**Resumen**

El progreso de la economía ha propiciado el desarrollo minero, causando grave contaminación al ecosistema. Teniendo en cuenta la información del sitio, caracterización, el contaminante a tratar se puede elegir con base en sus costos, disponibilidad de materiales y equipo para realizar el tratamiento o sistema. El objetivo de esta investigación fue elaborar una propuesta para la restauración ecológica de cuatro áreas degradadas por la minería en la comunidad Yutzupino, provincia de Napo. Mediante la interpretación de las imágenes satelitales y con ayuda del programa ArcMap se cuantificó la extensión de cada una: área afectada 1 (101 ha), área afectada 2 (9 ha), área afectada 3 (12 ha) y área afectada 4 (20 ha. Se propone para el área afectada 2 y 3 un sistema forestal conformado por balsa (*O.pyramidale Cav. ex Lam. Urb.)*, pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski)* y caoba (*S. macrophylla King)* a distancias de 3x3 metros; el área afectada 1 y 4 tienen mayor extensión por lo cual se planea incorporar un sistema agroforestal con cultivo principal cacao (*T. cacao L.*) a 3x3 metros, como sombra temporal guaba (I. edulis *Mart*) a 3x6 metros y como sombra permanente pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski)* y guayacan *(T. chrysantha (Jacq.) G. Nicholson)* a 12x12 metros. Esta alternativa se basa en implementar sistemas agroforestales y forestales con el uso combinado de especies remediadoras que estabilicen la flora, fauna regional y los bosques.

***Palabras clave:*** restauración, sistemas agroforestales, minería.

**Abstract**

The progress of the economy has favored mining development, causing serious pollution to the ecosystem. Taking into account the information of the site, characterization, the contaminant to be treated can be chosen based on its costs,

availability of materials and equipment to carry out the treatment or system. The objective of this research was to elaborate a proposal for the ecological restoration of four areas degraded by mining in the Yutzupino community, Napo province. Through the interpretation of the satellite images and with the help of the ArcMap program, the extension of each one was quantified: affected area 1 (101 ha), affected area 2 (9 ha), affected area 3 (12 ha) and affected area 4 (20 ha). A forest system made up of balsa (*O.pyramidale Cav. ex Lam. Urb*), pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski*) and mahogany (*S. macrophylla King*) is proposed for the affected area 2 and 3 at distances of 3x3 meters, the affected areas 1 and 4 are larger, so it is planned to incorporate an agroforestry system with the main crop, cacao (*T. cacao L.*) at 3x3 meters, guava (*I. edulis Mart*) as temporary shade at 3x6 meters and pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski*) and guayacan (*T. chrysantha (Jacq.) G. Nicholson*) as permanent shade at 12x12 meters This alternative is based on implementing agroforestry and forestry systems with the combined use of remedial species that stabilize the regional flora, fauna and forests.

***Keywords:*** Restoration, agroforestry systems, mining.

## Introducción

El avance de la economía ha propiciado el desarrollo minero cada vez más grande y extenso (Wang et al., 2019). La progresiva contribución del sector minero en la economía ha sido el punto central del desarrollo económico por ser fuente productora y generadora de ingresos con respecto a las exportaciones que son favorables en el contexto financiero (Espinosa Morales, 2016). La actividad minera ocupa un papel fundamental en la producción nacional, la atracción de inversión extranjera directa, la aportación al volumen de las exportaciones y por lo tanto, a la generación de divisas; y a nivel microeconómico, se vinculan con la generación de empleos y salarios, así como la dinamización de economías locales y la construcción de infraestructura en las comunidades locales (Torres Meraz et al., 2016).

La explotación y utilización de los recursos minerales también tiene efectos negativos, como aumentar la contaminación y degradación de los ecosistemas (Jiménez-Oyola et al., 2021). La minería de oro artesanal libera sus desechos mineros fácilmente al ambiente con efectos potencialmente adversos sobre los ecosistemas (Guzmán-Martínez et al., 2022). Por ello la minería de oro y en pequeña escala está entre las fuentes más importantes de metales pesados que causan severa contaminación al ecosistema (Jiménez-Oyola et al., 2021) y bosques naturales (Mountouris et al., 2002); que a su vez

perturban las comunidades biológicas afectando la densidad, diversidad de las bacterias, hongos rizosféricos, disminuyendo la abundancia y riqueza de la fauna presente (Yóplac et al., 2020), (González & Haro, 2023).

La pérdida de los recursos naturales causada por contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos (Buendía et al., 2014) como resultado de actividades naturales (erosión, filtraciones salinas) y antrópicas (industria, agricultura, agua residuales, construcción, derrames de petróleo, minería), (Arthur et al., 2005; Yóplac et al., 2020), (González & Haro, 2023) degrada el mayor recurso natural e indispensable para la vida del planeta, el suelo (Acosta García, 2015). La contaminación del suelo presenta un efecto tóxico y crónico sobre las plantas que crecen en dicho suelos (Yadav, 2010).

Actualmente existen estudios de contaminación ambiental que se centran en el monitoreo del medio ambiente, control de la contaminación y restauración ecológica en las zonas mineras (Wang et al., 2019). Donde se propone el uso de plantas remediadoras para constituir sistemas como agroforestales, forestales, pastoril, beneficiando la conservación de la flora y fauna regional (Bini et al., 2017; Domínguez et al., 2008; Jiménez et al., 2011; Wang et al., 2019; Zhan et al., 2014), (Puma & Montaño, 2019), (González & Haro, 2023), (Erazo & Villarroel, 2023), (Reyes & Puma, 2023), (Masaquiza & Grefa, 2023), (Paredes & Rodríguez, 2020; Petróleo et al., 2013). Lo que provoca menos perturbaciones ambientales, conlleva un menor coste de reparación y puede aplicarse en grandes superficies (Gamalero et al., 2009; Liu & Liu, 2015; Moore et al., 2016; Wang et al., 2019) y de acuerdo con (Petróleo et al., 2013), (González & Haro, 2023) antes de considerar el uso de una tecnología de remediación para un sitio en particular, es indispensable contar con información del sitio, caracterización y el contaminante a tratar; posteriormente la tecnología se puede elegir en base a sus costos, disponibilidad de materiales y equipo para realizar el tratamiento.

En Ecuador la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) de oro es una actividad que existe en el país desde hace más de un siglo, y que en la actualidad afecta a muchas provincias, en cuales se han identificado: Esmeraldas, Imbabura, Carchi, Sucumbíos, Pichincha (excepto el cantón Quito), Napo, Orellana, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Pastaza, Cañar, Azuay, Morona Santiago, El Oro, Loja, Zamora Chinchipe (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2020). La minería ilegal y descontrolada causa una grave contaminación ambiental (Carling et al., 2013),especialmente en la Cordillera del Cóndor es una zona rica en minerales particularmente en oro y cobre por lo que

existen propuestas de explotación a cielo abierto por empresas privadas ocasionando efectos negativos al ecosistema, sin embargo, no hay suficientes datos que evidencien la pérdida de bosques requiriendo más exploración en la Cordillera del Cóndor para comprender la fitogeografía de esta área altamente diversa y apoyar los esfuerzos de conservación frente a la deforestación y las actividades mineras en la región (Kuhn, 2011; Rodríguez-Rodríguez et al., 2013; Zapata et al., 2021), (González & Haro, 2023). Las operaciones mineras que están ubicadas cerca de los ríos liberan grandes descargas de relaves (Carling et al., 2013; Jiménez-Oyola et al., 2021). Napo es una de las provincias más impactadas por la actividad minera, la alta presencia de oro en los ríos ha dado lugar a la explotación de este material de manera artesanal y semimecanizada sin ninguna técnica, ni responsabilidad socio-ambiental (De et al., 2016) existiendo evidencias de contaminación por metales como Cadmio (Cd), Cobre (Cu) y Plomo (Pb) (Cuenca, 2022). En la comunidad Yutzupino, las actividades de minería artesanal, semimecanizada, concesiones mineras, zonas de libre aprovechamiento, son realizadas sin ningún tipo de consideración técnica generando efectos agudos y crónicos al ecosistema como fauna existente; provocando efectos adversos al paisaje forestal, relieve, organismos (González & Haro, 2023).

Esta investigación tiene como finalidad elaborar una propuesta para la restauración ecológica de áreas contaminadas por la minería ilegal en Yutzupino mediante especies maderables y frutales que permitan la implementación de sistemas agroforestales y forestales con capacidad de remediar, estabilizar la flora y fauna regional.

## Metodología

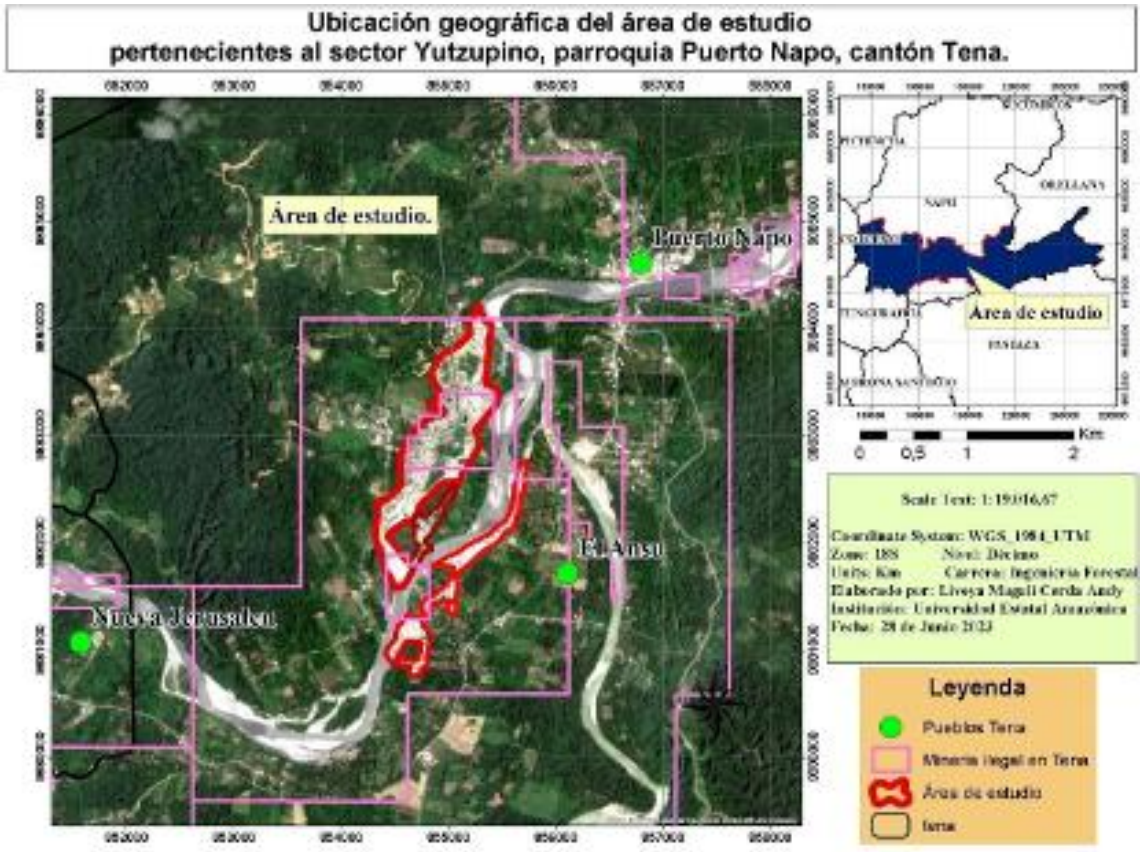
### Área de estudio

Las áreas de la minería ilegal están ubicadas en la provincia de Napo, cantón Tena, parroquia Puerto Napo, sector Yutzupino, a orillas del río Jatunyacu y un brazo izquierdo del mismo río Jatunyacu donde existe actividad de minería artesanal, semimecanizada, concesiones mineras, zonas de libre aprovechamiento (Figura 1).

Napo se caracteriza por tener un clima tropical, con precipitaciones durante todo el año ($3164\ mm$ por año), el viento en condiciones normales es de $3 m^3/s$ que equivale a 12 Km/h, la temperatura se encuentra a 24,4 °C; presenta un suelo inceptisol, ácido, con baja fertilidad (Toscano, 2019).

**Figura 1.**

*Ubicación geográfica del área de estudio.*




**Tipo de investigación**

Esta investigación fue realizada de forma descriptiva permitiendo describir características fundamentales de especies forestales y frutales para la restauración ecológica como: balsa (*O.pyramidale Cav. ex Lam. Urb*), pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski)*, caoba (*S. macrophylla King),* guayacan *(T. chrysantha (Jacq.) G. Nicholson*) y frutales: cacao (*Theobroma cacao L.*), guaba (*Inga edulis Mart*) para la restauración ecológica mediante su implementación en sistemas agroforestales y forestales.

**Metodología**

- **Análisis del área**

Se descargó una imagen satelital de Sentinel 2 del 25 de febrero del 2023, en la cual se identificó el formato de imagen: TIFF(8bits), resolución: COSTUMBRE (1414x711px) Resolución(m/px):10, resolución(m/px):10, sistemas de coordenadas: WGS84(EPSG:4326) para interpretar las dimensiones de la deforestación del área afectada por la minería ilegal en Yutzupino.

El uso de la imagen satelital actualizada de la zona degradada a través del programa ArcMap 10.5. y la herramienta "Cut Polygon Tool" permitió recortar el área según el uso de suelo identificado. Se seleccionaron todas las áreas que sufrieron alguna modificación por las actividades mineras comparando la imagen actualizada de Sentinel 2 con una imagen antigua en Google Earth. Con la ayuda de la opción "Calculate Geometry" dentro de la tabla de atributos se calculó el área de los diferentes polígonos afectados. Finalmente se aplicó la herramienta "Create Fishnet" a cada área afectada para implementar la cantidad de árboles a sembrar según su marco de plantación.

- **Selección de especies**

Se aplicó una revisión bibliográfica para recabar información relevante de los últimos años en buscadores: Google Académico, Dialnet, Redalyc, Scielo, Researchgate; referente a las palabras clave: estudios de restauración de ecosistemas mediante especies nativas y remediadoras, de importancia ecológica y económica y de abundancia en zonas aledañas y protectoras de riberas del río. Se estima que la revisión bibliográfica contribuya a la toma de decisiones sobre que especies elegir para la restauración ecológica, por ello se seleccionaron los estudios de: (Petróleo et al., 2013), (Camacho Veloz, 2022), (P. D. Paredes & Rodríguez, 2020), (Bravo, 2022), (Ordoñez, 2022), (Chuji, 2012), (MAGAP, 2016), (González & Haro, 2023), (Erazo & Villarroel, 2023), (Reyes & Puma, 2023), (Masaquiza & Grefa, 2023); para así crear una tabla de especies forestales (Tabla 1) y frutales (Tabla 2) con capacidad de adaptarse al clima de Napo (Tabla 1) y mediante la revisión bibliográfica (Palacios, 2016) y recursos virtuales (Garden, 2023) validar las especies identificadas.

- **Propuesta de sistema agroforestal y forestal**

Para la identificación de especies maderables y frutales que aseguren la eficacia de los dos sistemas propuestos. Se realizó una revisión bibliografía sobre estudios en suelos contaminados por la minería, así como su saneamiento y restauración ecológica, para la recuperación de estos ecosistemas.

**Resultados y Discusión**

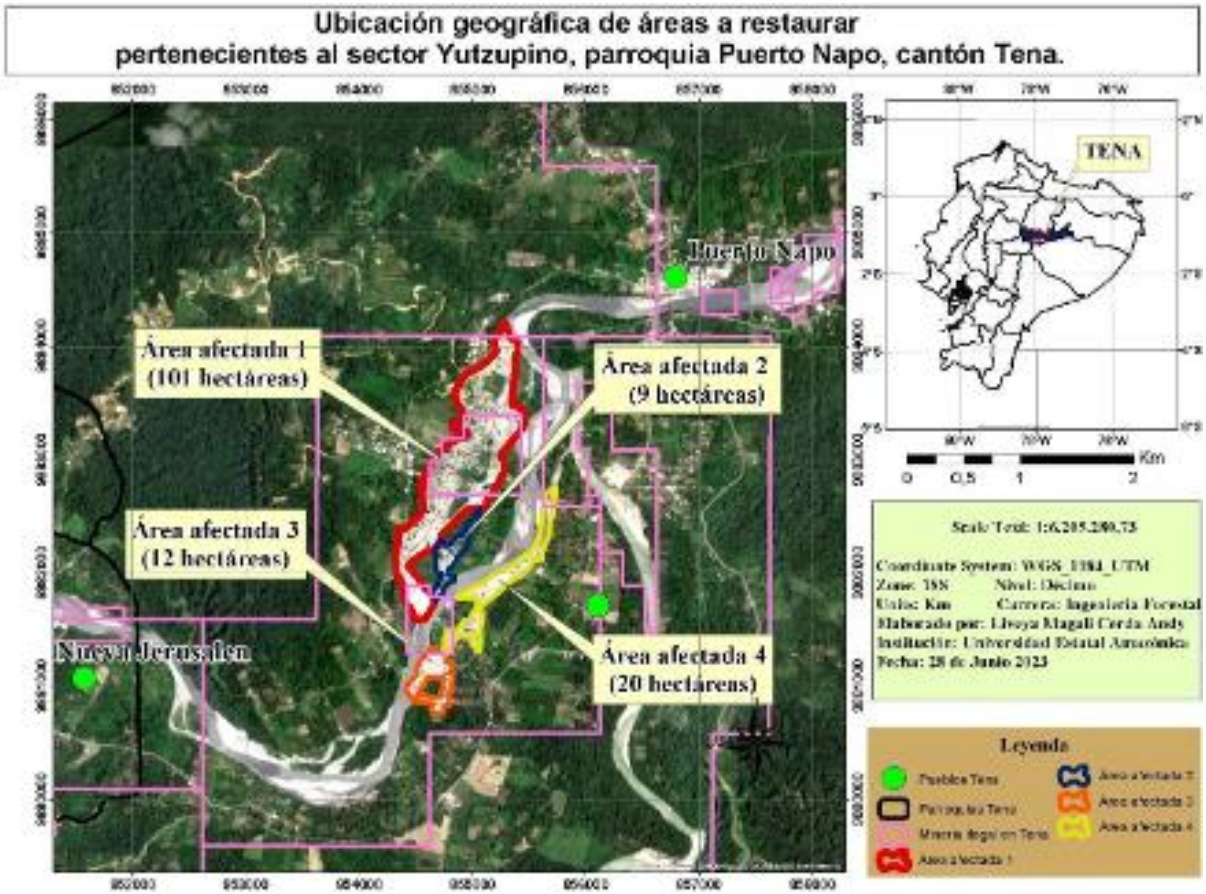
- **Situación actual del área de estudio**

Mediante la imagen satelital actual de Sentinel 2 y las imágenes antiguas de Google Earth, se identificaron cuatro áreas afectadas por la minería en Yutzupino que sufrieron cambios en su paisaje natural (Figura 2). El área contaminada 1 presenta una extensión de 101 ha, por ello se recomienda un sistema agroforestal que conlleve como cultivo

principal cacao (*T. cacao L.*) a una distancia de 3x3 metros (112 081 árboles), a modo de sombra temporal se recomienda guaba (*I. edulis Mart*) a 3x6 metros (56 022 árboles), y pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski*) como sombra permanente a 12x12 metros (7015 árboles); el área contaminada 2 presenta una extensión de nueve hectáreas, para ello se recomienda un sistema forestal mediante la especie (*O. pyramidale Cav. ex Lam. Urb)* en un marco de 3x3, con un total de 7711 árboles; el área contaminada 3 presenta una extensión de doce hectáreas y se plantea un sistema forestal a través de las especies (*P. discolor (Kunth) Pruski)* y (*S. macrophylla King)* en un marco de 6x6, con un total de 13.395 árboles; el área contaminada 4 presenta un área de veinte hectáreas y se recomienda un sistema agroforestal que lleve como cultivo principal cacao (*T. cacao L.*) a una distancia de 3x3 metros (22 204 árboles), como sombra temporal guaba ( *I. edulis Mart*) a 3x6 metros (11 121 árboles), y guayacan (*T. chrysanta (Jacq.) G. Nicholson*) como sombra permanente a 12x12 metros (1 773 árboles).

**Figura 2.**

*Ubicación geográfica del área afectada por la minería ilegal en el sector Yutzupino*



Como lo menciona (Puma & Montaño, 2019) la minería ocasiona la deforestación, cambios en las condiciones naturales del paisaje, altera ecosistemas, provoca la pérdida sustancial del suelo, provoca también inestabilidad física que implica riesgo de derrumbes, deslizamientos, erosiones y efectos negativos sobre otras actividades económicas, como la agricultura y ganadería.

De acuerdo con (GADM Tena, 2019) los ecosistema de Puerto Napo perteneciente al grupo de Bosque Nublado, corren el riesgo de perder los servicios ecosistémicos de: provisión (alimento, materias primas, agua, recursos medicinales), regulación (secuestro de carbono, regulación hídrica, peligros naturales), culturales (recreación y turismo, ciencia y educación), apoyo (hábitat para la biodiversidad, ciclo del agua, formación de suelos).

- **Revisión bibliográfica.**

Entre las especies utilizadas para el saneamiento, restauración ecológica y recuperación de ecosistemas se destacan:

**Tabla 1.**

*Lista de especies maderables como alternativa de restauración ecológica.*

| **Especies maderables** | |
|---|---|
| **Nombre común** | **Nombre científico** |
| Chuncho | *Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke* |
| Caucho | *Hevea brasiliensis (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg* |
| Balsa | *Ochroa pyramidale. Cav. ex Lam. Urb* |
| Guayacan | *Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson* |
| Laurel | *Cordia parviflora G. Don* |
| Doncel | *Otoba parvifolia (Markgr.) A.H. Gentry* |
| Pigue | *Piptocoma discolor (Kunth) Pruski* |
| Cedro | *Cedrela odorata L.* |
| Arenillo | *Acalypha diversifolia Jacq.* |
| Sangre de drago | *Croton lechleri Müll. Arg.* |
| Caoba | *Swietenia macrophylla King* |

**Fuente:** (Petróleo et al., 2013), (Camacho Veloz, 2022), (P. D. Paredes & Rodríguez, 2020), (Bravo, 2022), (Ordoñez, 2022), (Chuji, 2012), (MAGAP, 2016), (González & Haro, 2023), (Erazo & Villarroel, 2023), (Reyes & Puma, 2023), (Masaquiza & Grefa, 2023).

**Tabla 2.**

*Lista de especies frutales como alternativa de restauración ecológica.*

| Especies frutales | |
|---|---|
| **Nombre común** | **Nombre científico** |
| Cacao | *Theobroma cacao L.* |
| Guaba | *Inga edulis Mart* |
| Guayaba | *Psidium guajava L.* |

**Fuente:** (Petróleo et al., 2013), (Camacho Veloz, 2022), (P. D. Paredes & Rodríguez, 2020), (Bravo, 2022), (Ordoñez, 2022), (Chuji, 2012), (MAGAP, 2016), (González & Haro, 2023), (Erazo & Villarroel, 2023), (Reyes & Puma, 2023), (Masaquiza & Grefa, 2023).

Para reducir el aprovechamiento indiscriminado del Bosque, (MAGAP, 2016) describe una lista de especies nativas y exóticas como alternativa de reforestación para la región Costa y Oriente.

**Tabla 3.**

*Lista de especies nativas y exóticas como alternativa de reforestación.*

| Nombre común | Nombre científico |
|---|---|
| Chuncho | *Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke* |
| Caucho | *Hevea brasiliensis (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg* |
| Balsa | *Ochroa pyramidale Cav. ex Lam. Urb* |
| Laurel | *Cordia parviflora G. Don* |
| Jacaranda | *Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don* |
| Pachaco | *Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake* |
| Teca | *Tectona grandis L. f* |
| Melina | *Gmelina arborea Roxb* |

**Fuente:** (MAGAP, 2016)

- **Especies consideradas**

Las especies maderables son: balsa (O.pyramidale *Cav. ex Lam. Urb*), pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski)*, caoba (*S. macrophylla King)*, guayacan *(T. chrysantha (Jacq.) G. Nicholson)*. Como especies frutales: cacao (*Theobroma cacao L.*), guaba (*Inga edulis Mart*). De acuerdo con (Puma & Montaño, 2019), (González & Haro, 2023), (Erazo & Villarroel, 2023), (Reyes & Puma, 2023), (Masaquiza & Grefa, 2023), (Paredes & Rodríguez, 2020; Petróleo et al., 2013) estas especies tienen la

capacidad de rehabilitar áreas contaminadas, paisajes forestales y restaurar el equilibrio natural; además, (GADM Tena, 2019) menciona que existe su tala indiscriminada, sin practicar planes de manejo forestal.

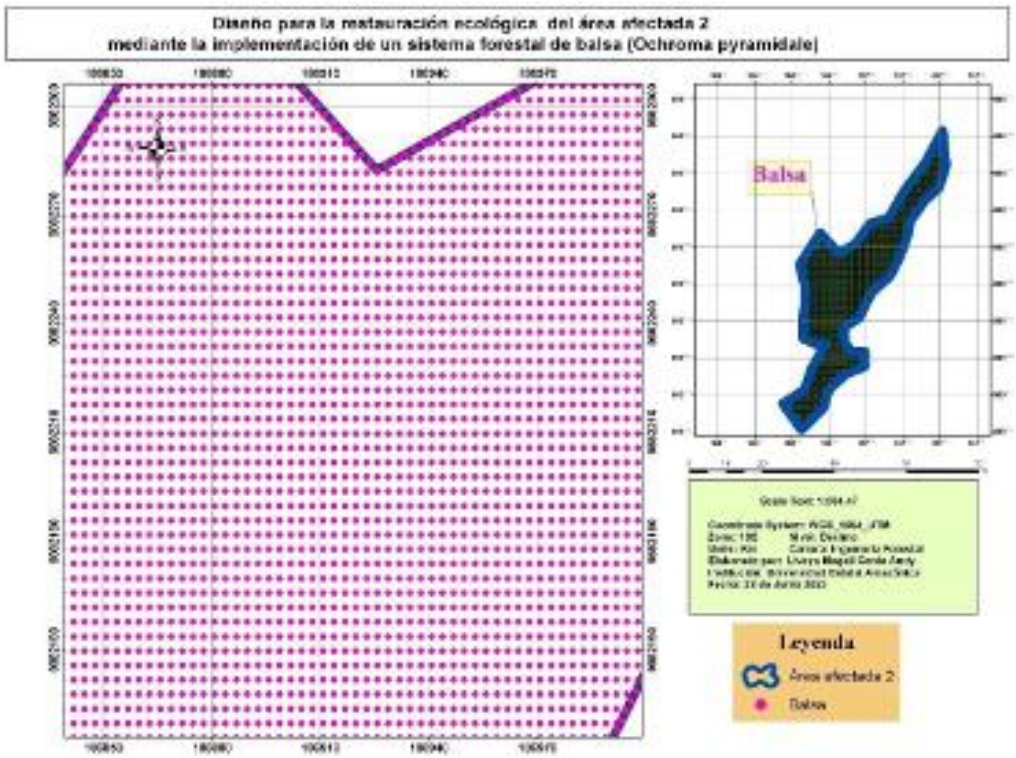
- **Implementación de sistemas agroforestales, forestales.**

**Sistemas forestales:**

El área contaminada 2 presenta un área de nueve hectáreas, mediante la herramienta *Create Fishnet* se cuantificó el número de especies en un marco de siembra establecido. Para ello se recomienda la especie (*O. pyramidale Cav. ex Lam. Urb)* en un marco de 3x3, con un total de 7711 árboles.

**Figura 4.**

*Ubicación geográfica de áreas a restaurar 2 perteneciente al sector Yutzupino, parroquia Puerto Napo, cantón Tena.*




El área contaminada 3 presenta un área de doce hectáreas, mediante la herramienta *Create Fishnet* se cuantificó el número de especies en un marco de siembra establecido. Para ello se recomiendan las especies (*P. discolor (Kunth) Pruski)* y (*S. macrophylla King)* en un marco de 6x6, con un total de 13.395 árboles.

**Figura 5.**

*Ubicación geográfica de áreas a restaurar 3 perteneciente al sector Yutzupino, parroquia Puerto Napo, cantón Tena.*

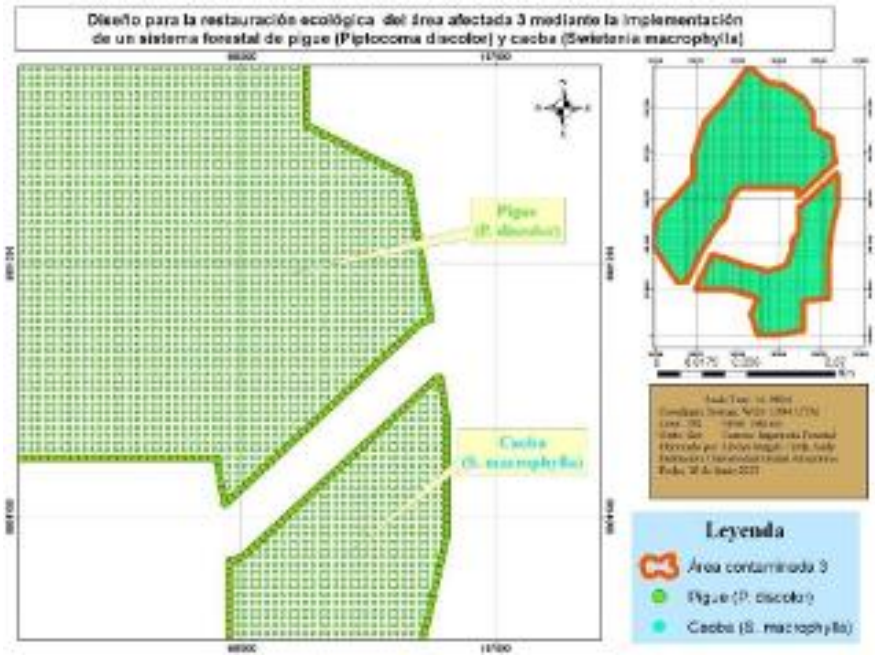
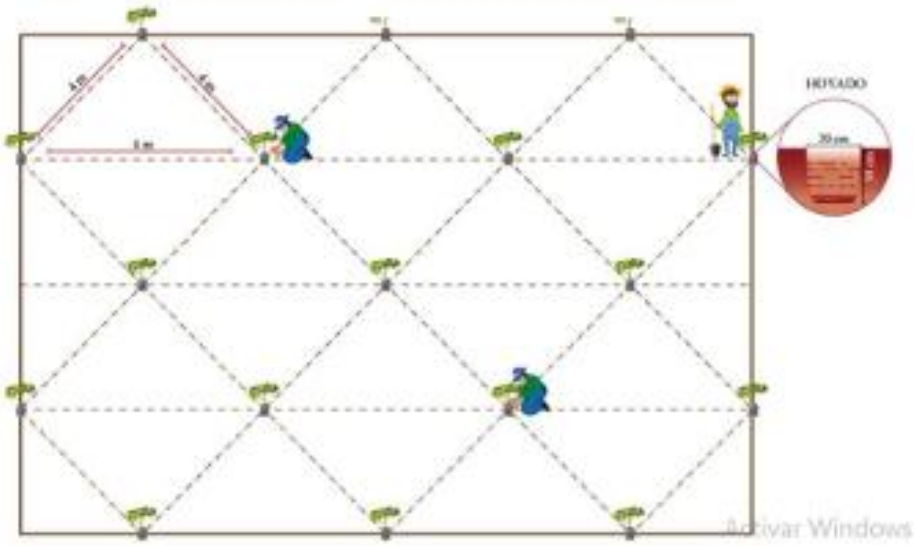



**Figura 6:**

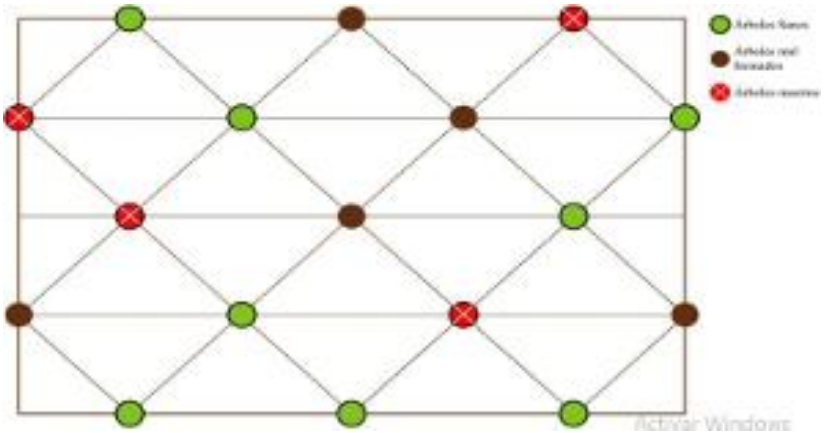
*Plan de siembra*




**Fuente :** (Puma & Montaño, 2019)

**Figura 7:**

*Plan de raleo*



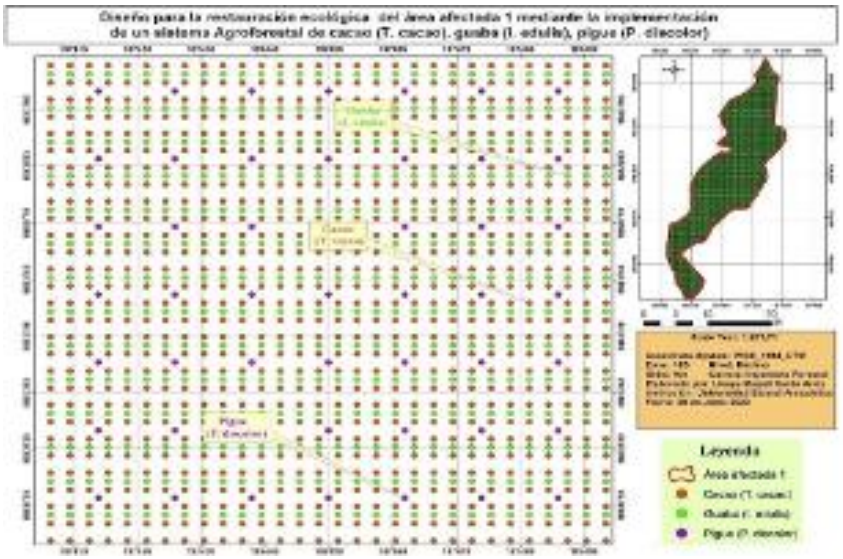
**Fuente :** (Puma & Montaño, 2019)

**Sistemas Agroforestales:**

El área contaminada 1 presenta un área de 101 hectáreas, mediante la herramienta *Create Fishnet* se cuantificó el número de especies en un marco de siembra establecido. Para ello se recomienda como cultivo principal cacao (*T. cacao L.*) a una distancia de 3x3 metros (112 081 árboles), como sombra temporal guaba (*I. edulis Mart*) a 3x6 metros (56 022 árboles), y pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski*) como sombra permanente a 12x12 metros (7015 árboles).

**Figura 8.**

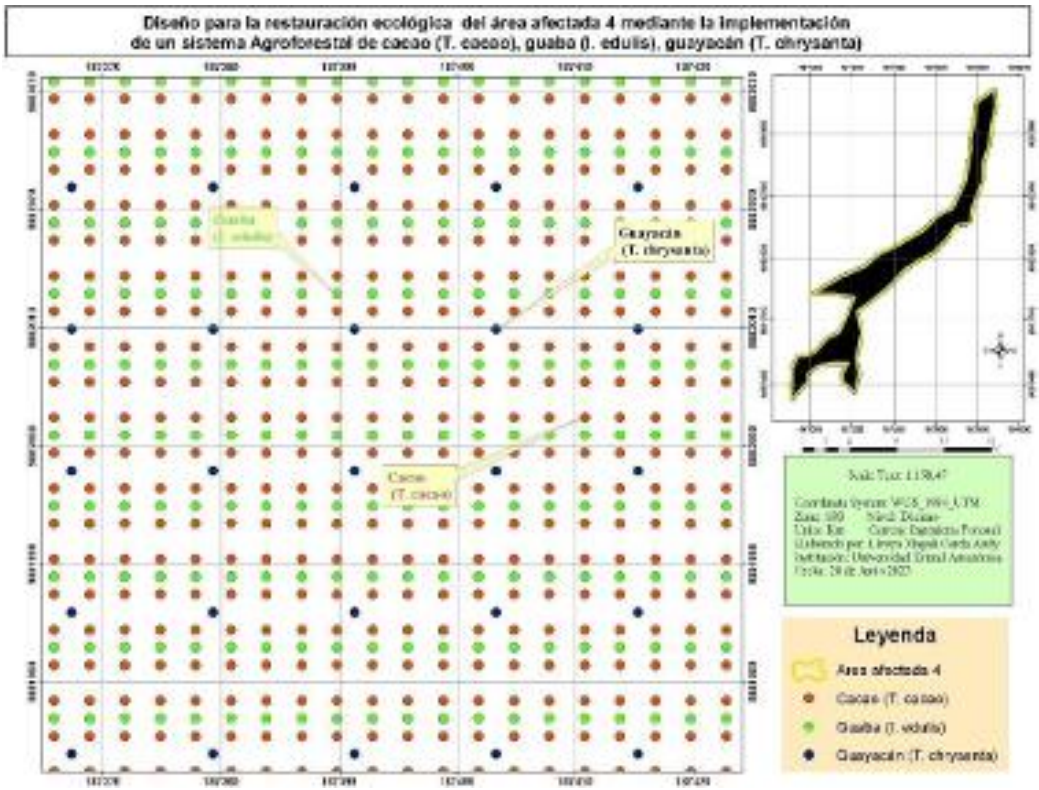
*Ubicación geográfica de áreas a restaurar 1 perteneciente al sector Yutzupino, parroquia Puerto Napo, cantón Tena.*



El área contaminada 4 presenta un área de veinte hectáreas, mediante la herramienta *Create Fishnet* se cuantificó el número de especies en un marco de siembra establecido. Se recomienda como cultivo principal cacao (*T. cacao L.*) a una distancia de 3x3 metros (22 204 árboles), como sombra temporal guaba (*I. edulis Mart*) a 3x6 metros (11 121 árboles), y guayacan (*T. chrysanta (Jacq.) G. Nicholson*) como sombra permanente a 12x12 metros (1 773 árboles).

**Figura 9.**

*Ubicación geográfica de áreas a restaurar 4 perteneciente al sector Yutzupuno, parroquia Puerto Napo, cantón Tena.*




- Diagrama del sistema

**Figura 10.**

*Diagrama horizontal-Plantación de cacao (T. cacao L.) con sombra temporal de guaba (I. edulis Mart) y sombra permanente de especies maderables: caoba (S. macrophylla King) y pigue (P. discolor (Kunth) Pruski).*

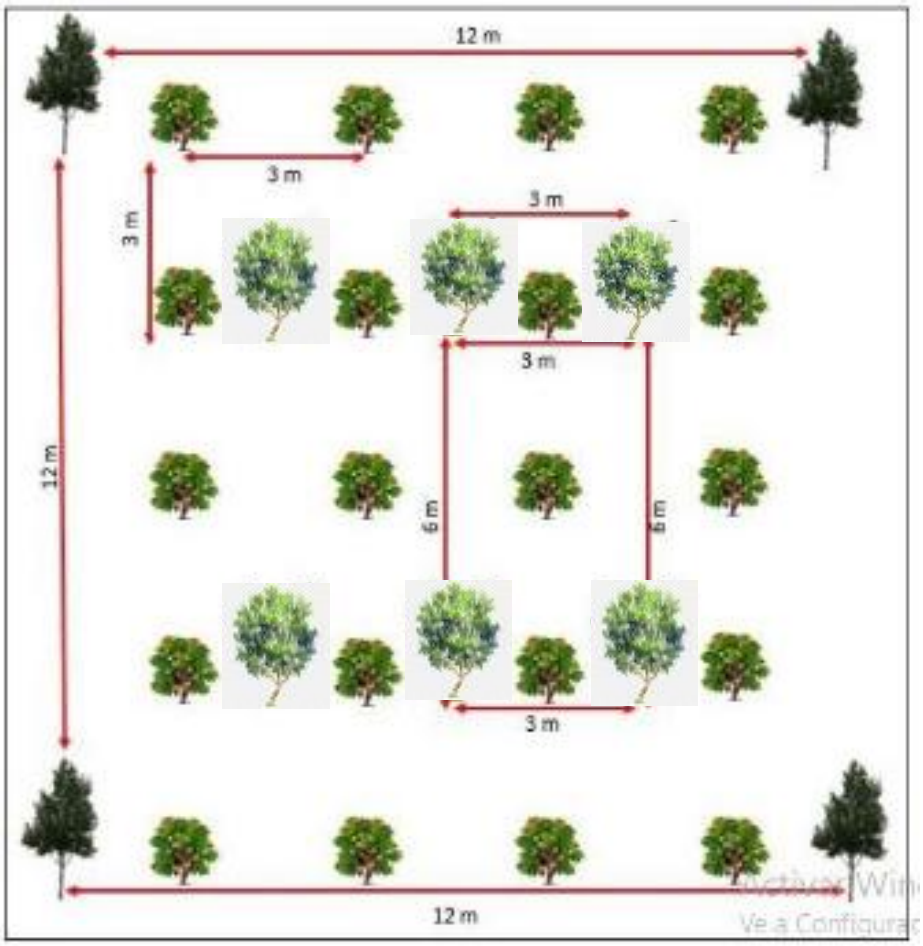



**Figura 11.**

*Diagrama vertical de la primera fila, incluye árboles maderables: caoba (S. macrophylla King), pigue (P. discolor (Kunth) Pruski) a 12 x 12 metros y cacao (T. cacao L.) cada 3 x 3 metros.*

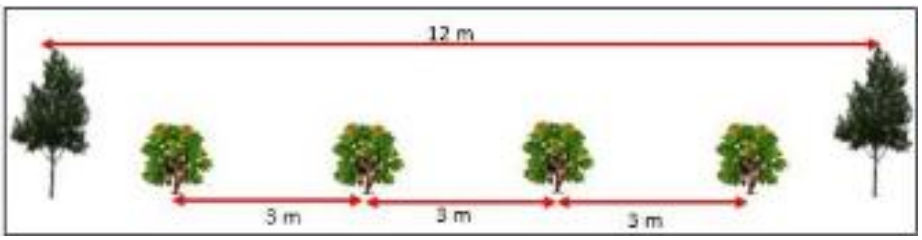
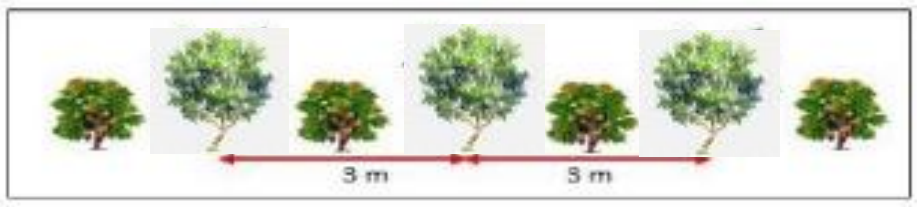



**Figura 12.**

*Diagrama vertical de la segunda fila, corresponde a cacao (T. cacao L.) cada 3 metros y guaba (I. edulis Mart) intermedio de las hileras. Las filas se repiten de similar forma.*




**Conclusión**

Mediante la interpretación de las imágenes satelitales y con ayuda del programa ArcGis se analizó la situación actual de la comunidad Yutzupino, dando como resultado cuatro áreas degradadas por la minería: área afectada 1 (101 ha), área afectada 2 (9 ha), área afectada 3 (12 ha), área afectada 4 (20 ha).

Como propuesta para la restauración ecológica de las cuatro áreas degradadas se recogió datos de investigaciones con uso de especies remediadoras para la recuperación de sitios contaminados por la minería. Donde sobresalen balsa (O.pyramidale *Cav. ex Lam. Urb*), pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski)*, caoba (*S. macrophylla King)*, guayacan *(T. chrysantha (Jacq.) G. Nicholson)* cacao (*T. cacao L.*), guaba (*I. edulis Mart*); el uso combinado de las especies maderables y frutales seleccionadas permite rehabilitar áreas contaminadas, paisajes forestales y restaurar el equilibrio natural; además, se adaptan a las condiciones edáficas, climáticas de la comunidad Yutzupino.

Se propone para el área afectada 2 y 3 un sistema forestal conformado por (O.pyramidale), pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski)* y caoba (*S. macrophylla King)* a distancias de 3x3 metros; el área afectada 1 y 4 tienen mayor extensión deforestada por ende se planea un sistema agroforestal con cultivo principal cacao ( *T. cacao L.*) a 3x3 metros , como sombra temporal guaba (*I. edulis Mart*) a 3x6 metros y como sombra permanente pigue (*P. discolor (Kunth) Pruski)* y guayacan *(T. chrysantha (Jacq.) G. Nicholson)* a 12x12 metros.

**Referencias**

Acosta García, F. (2015). Guía para la planeación de proyectos de caracterización y de remediación de suelos contaminados con hidrocarburos. En *guía para obtener el título de ingeniera química* (pág. 131). Universidad Nacional Autónoma de México, México: UNAM.

Arthur, E. L., Rice, P. J., Rice, P. J., Anderson, T. A., Baladi, S. M., Henderson, K. L. D., & Coats, J. R. (2005). Phytoremediation—An Overview. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *24*(2), 109–122. https://doi.org/10.1080/07352680590952496

Bini, C., Maleci, L., & Wahsha, M. (2017). Potentially toxic elements in serpentine soils and plants from Tuscany (Central Italy). A proxy for soil remediation. *CATENA*, *148*, 60–66. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.014

Bravo, J. (2022). Valoración del recurso forestal del campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicado en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. *Repositorio Digital*

*UTEQ*, 62. https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6632/1/T-UTEQ-221.pdf

Buendía, H., Cruz, F., Meza, C., & Arévalo, J. (2014). Fitorremediación De Suelos Contaminados Por Hidrocarburos De Petróleo. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, *I*(30), 114.

Camacho Veloz, P. A. (2022). *Aplicación de la fitorremediación en áreas afectadas por contaminantes en Ecuador*.

Carling, G. T., Diaz, X., Ponce, M., Perez, L., Nasimba, L., Pazmino, E., Rudd, A., Merugu, S., Fernandez, D. P., Gale, B. K., & Johnson, W. P. (2013). Particulate and Dissolved Trace Element Concentrations in Three Southern Ecuador Rivers Impacted by Artisanal Gold Mining. *Water, Air, & Soil Pollution*, *224*(2), 1415. https://doi.org/10.1007/s11270-012-1415-y

Chen, G., Wang, X., Wang, R., & Liu, G. (2019). Health risk assessment of potentially harmful elements in subsidence water bodies using a Monte Carlo approach: An example from the Huainan coal mining area, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *171*, 737–745. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.101

Chuji, W. (2012). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. *Tesis*, 1–57.

Cuenca, C. (2022). *Escuela Superior Politécnica De Historia, Situación Actual Y Desafíos De La Minería Aurífera Artesanal Y Pequeña Escala En La Región Amazónica Del Ecuador*.

De, C., De Rocas, M., Docente, I., & Burbano, D. (2016). *Universidad Central Del Ecuador Facultad De Geología, Minas, Petróleos Y Ambiental Carrera De Minas*.

Domínguez, M. T., Marañón, T., Murillo, J. M., Schulin, R., & Robinson, B. H. (2008). Trace element accumulation in woody plants of the Guadiamar Valley, SW Spain: A large-scale phytomanagement case study. *Environmental Pollution*, *152*(1), 50–59. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.05.021

Dooyema, C. A., Neri, A., Lo, Y., Durant, J., Dargan, P. I., & Swarthout, T. (2012). *Research | Children ' s Health Outbreak of Fatal Childhood Lead Poisoning Related to Artisanal Gold*. *120*(4), 601–607.

Douterlungne, D. (2005). Establecimiento de acahuales a través del manejo. *Ecosur*. http://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/1721

Erazo, G., Izurieta, J., Cronkleton, P., Larson, A., & Putzel, L. (2014). El uso de pigüe (Piptocoma discolor) por los pequeños productores de Napo, Ecuador Manejo sostenible de una especie pionera de madera para los medios de vida locales. *Brief*, *26*, 2. https://www.cifor.org/publications/pdf_files/infobrief/4424-infobrief.pdf

Erazo, & Villarroel. (2023). *Identificación de especies arbóreas de interés forestal con capacidad de fitorremediacion para sitios contaminados por la minería, Amazonía ecuatoriana*. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Escobar, A., Romero, M., Vásquez, D., & Lobo, A. (2019). *Producción de Cacao en Sistemas Agroforestales*. 282. http://sicacao.info/wp-content/uploads/2021/10/Guia-Produccion-de-cacao- en-SAF.pdf

Espinosa Morales, K. J. . H. A. A. . M. P. E. (2016). (2016). *"La participación de la minería y sus beneficios económicos*. *10*(1), 1–21. https://core.ac.uk/download/pdf/151722755.pdf

Fernández, M. C. (2003). *La caoba, Una alternativa para áreas deforestadas de la Huasteca Potosina*. (Issue 4).

GADM Tena. (2019). *Actualización PDOT-PUGS-2020-2023*. 699.

Gamalero, E., Lingua, G., Berta, G., & Glick, B. R. (2009). Beneficial role of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on plant responses to heavy metal stress. *Canadian Journal of Microbiology*, *55*(5), 501–514. https://doi.org/10.1139/W09-010

Garden, M. B. (01 de Mar de 2023). *Tropicos.org*. Obtenido de https://tropicos.org/

García-Vásquez, G., Cadena-Piedrahita, D., & Sánchez-Vásquez, V. (2019). Evaluación y Planificación de Sistemas Agroforestales Sustentables de Cacao (Theobroma cacao L.) y Bambum (Guadua angustifolia K.). *Revista Ciencia e Investigación*, *4*(4), 10–21. https://doi.org/10.5281/zenodo.3473533

González, & Haro. (2023). *Potencial bioacumulador de metales pesados de especies forestales en la región Amazónica ecuatoriana: Estudio de caso comunidad El Capricho.* Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

González, J. E., Papue, A., González, V., Borja, A., & Oliva, D. (2018). Crecimiento y conservación del Piptocoma discolor (Pigüe) en la Provincia de Pastaza – Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, *6*(3), 366–379. http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/380

Guzmán-Martínez, F., Arranz-González, J. C., García-Martínez, M. J., Ortega, M. F., Rodríguez-Gómez, V., & Jiménez-Oyola, S. (2022). Comparative Assessment of Leaching Tests According to Lixiviation and Geochemical Behavior of Potentially Toxic Elements from Abandoned Mining Wastes. *Mine Water and the Environment*, *41*(1), 265–279. https://doi.org/10.1007/s10230-021-00800-3

Isabe, L. C. J. (2021). "Revisión bibliográfica de los protocolos de manejo de biocontroladores (coccinélidos) en su captura, aislamiento y propagación salache-ceypsa 2020-2021". *Universidad Técnica de Cotopaxi*, *1*, 101. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf

Jiménez-Oyola, S., Chavez, E., García-Martínez, M. J., Ortega, M. F., Bolonio, D., Guzmán-Martínez, F., García-Garizabal, I., & Romero, P. (2021). Probabilistic multi-pathway human health risk assessment due to heavy metal(loid)s in a traditional gold mining area in Ecuador. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *224*. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112629

Jiménez, M. N., Bacchetta, G., Casti, M., Navarro, F. B., Lallena, A. M., & Fernández-Ondoño, E. (2011). Potential use in phytoremediation of three plant species growing on contaminated mine-tailing soils in Sardinia. *Ecological Engineering*, *37*(2), 392–398. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.11.030

Kuhn, R. (2011). No todo lo que brilla es oro: conflictos socio ambientales alrededor de dos proyectos de minería a gran escala en el Ecuador. *Universidad Andina Simón Bolívar Sede*, 88. http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/2259%5Cnhttp://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2259/1/T0952-MELA-Kuhn-No todo.pdf

Kumar Yadav, K., Gupta, N., Kumar, A., Reece, L. M., Singh, N., Rezania, S., & Ahmad Khan, S. (2018). Mechanistic understanding and holistic approach of phytoremediation: A review on application and future prospects. In *Ecological Engineering* (Vol. 120, pp. 274–298). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.039

Liu, Z., & Liu, S. (2015). [Development of bioremediation in China--a review]. *Sheng wu gong cheng xue bao = Chinese journal of biotechnology*, *31*(6), 901–916.

MAGAP. (2016). *Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales. Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries.* 68. http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2014/06/SPF-FOLLETO-PIF-2014-050614.pdf

Masaquiza, & Grefa. (2023). *Propuestas de especies forestales árboreas y arbustivas con potencial*

*bioacumulador de metales pesados en áreas de extracción minera.* Puyo: Universidad Estatal Amazónica .

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2020). *Línea de base nacional*. *Lìnea de base nacional para la mineria artesanal y en pequeña escala de Oro en Ecuador*, 33–80. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/NAP-Inventario-de-Mercurio-Ecuador.pdf

Moore, F., Dehbandi, R., Keshavarzi, B., & Amjadian, K. (2016). Potentially toxic elements in the soil and two indigenous plant species in Dashkasan epithermal gold mining area, West Iran. *Environmental Earth Sciences*, *75*(3), 268. https://doi.org/10.1007/s12665-015-5026-y

Moreira, D., & Castro, C. (2017). Sistemas agroforestales: adaptación y mitigación en la producción de banano y cacao | IICA - EUROCLIMA. *Euroclima*, 12. http://euroclima.iica.int/content/sistemas-agroforestales-adaptación-y-mitigación-en-la-producción-de-banano-y-cacao

Mountouris, A., Voutsas, E., & Tassios, D. (2002). Bioconcentration of heavy metals in aquatic environments: the importance of bioavailability. *Marine Pollution Bulletin*, *44*(10), 1136–1141. https://doi.org/10.1016/s0025-326x(02)00168-6

Mukrimaa, S. S., Nurdyansyah, Fahyuni, E. F., YULIA CITRA, A., Schulz, N. D., غسان, د., Taniredja, T., Faridli, E. M., & Harmianto, S. (2016). Universidad Nacional Agraria Sistemas Agroforestales. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, *6*(August), 128.

Navarro, M., & Mendoza, I. (2006). Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales. *Historia*, 67. http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5288e/A5288e.pdf

Nesta Bortey-Sam, Shouta M.M. Nakayama, Yoshinori Ikenaka, Osei Akoto, Elvis Baidoo, Yared Beyene Yohannes, Hazuki Mizukawa, Mayumi Ishizuka. (2015). Human health risks from metals and metalloid via consumption of food animals near gold mines in Tarkwa, Ghana: Estimation of the daily intakes and target hazard quotients (THQs). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *111*. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.09.008

Njinga, R. L., & Tshivhase, V. M. (2019). Major Chemical Carcinogens in Drinking Water Sources: Health Implications Due to Illegal Gold Mining Activities in Zamfara State-Nigeria. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *111*(1), 737–745. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.101

Núñez, R., Vong, Y. M., Ortega, R., & Olguín, E. (2017). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Over The Rim*, 191–199.

Ordoñez, A. (2022). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. In *Tesis*. http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf

Palacios, C. W. (2016). *Árboles del Ecuador familias y géneros.* Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.

Paredes, N., Monteros-Altamirano, Á., Lima, L., Caicedo, C., Bastidas, S., Tinoco, L., Fernández, F., Vargas, Y., Pico, J., Subía, C., Burbano, A., Chanaluiza, A., Sotomayor, D., Díaz, A., Intriago, J., Chancosa, C., Andrade, A., & Enríquez, G. (2022). Manual del cultivo de cacao sostenible para la Amazonía ecuatoriana. In *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* (Vol. 125).

Paredes Campos, P. D. S., & Rodríguez Rojas, J. J. (2020). *Revisión sistemática: Especies vegetales en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados.* Trujillo – Perú.

Pauchi, Lliquin. (2023). *Desarrollo de los Sistemas Agroforestales en el Ecuador, teniendo en cuenta su clasificación mediante una revisión documental.* Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Paredes, P. D., & Rodríguez, J. J. (2020). Revisión sistemática: Especies Vegetales en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados. In *Universidad Andina del Cusco*. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Petróleo, D. E. L., Apoyo, U. N., La, P., & Ecológica, R. (2013). *Artículo divulgativo*. *1997*, 1996–1999.

Puma, K., & Montaño, J. (2019). Propuesta piloto de reforestación en suelo degradado por minería artesal, utiliznado balsa Ochroma Pyramidale ( Cav, ex.Lam. ) Urb en el barrio 18 de marzo Parroquia Ahuano Provincia Napo. *Microorganismos degradadores del aserrín de calycophyllum spruceanum (bent.) Hook y guazuma crinita c.martius. A diferentes niveles de humedad en condiciones naturales*, 0–3. https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/532

Quijia-Quijia, M., Castillo-Torres, S., Vasquez-Castillo, W., & Racines-Oliva, M. (2020). Fenología floral de la guaba (Inga edulis) en un valle interandino del Ecuador. *Enfoque UTE*, *11*(3), 25–34. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v11n3.526

Quilumba, C. (2012). Comportamiento inicial de tres especies forestales : Myroxylum balsamum (Bálsamo), Cybistax donnell smithii (Guayacán Blanco), Cedrela odorata (Cedro de montaña ), en asociación con Theobroma cacao (Cacao) y Zea mayz (Maíz) en el cantón Shushufindi, provi. *Universidad Técnica Estatal De Quevedo Facultad De Ciencias Ambientales Carrera De Ingeniería Forestal*, 1–70. https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2319/1/T-UTEQ-0037.pdf

Reyes, & Puma. (2023). *Evaluación del potencial bioacumulador de metales pesados de Piptocoma discolor en sitios contaminados por la minería*. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Rodríguez-Rodríguez, E. F., Neill, D., Alvítez-izquierdo, E., Arroyo-, S. J., & Núñez-zapata, J. A. (2013). *Cordillera Del Cóndor Y Áreas Adyacentes En El Perú , Current Status of the Flora Studies in the Cordillera Del Condor and Adjacent Areas in Peru , 2006*. *1*(1), 101–120.

Rojas-Rodríguez, F., & Torres-Córdoba, G. (2009). *Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Balsa*.

Sodhi-Berry, N., Reid, A., Fritschi, L., Musk, A. B., Vermeulen, R., de Klerk, N., & Peters, S. (2017). Cancer incidence in the Western Australian mining industry (1996-2013). *Cancer Epidemiology*, *49*, 8–18. https://doi.org/10.1016/j.canep.2017.05.001

Torres. (2009). *Efecto de la Fertilización con Bioles durante la Fase de Vivero de Swietennia macrophylla (CAOBA)*. 123.

Torres Meraz, N. D., Barrón Pastor, D., & Neri Guzmán, J. C. (2016). *Impactos económicos y sociales de la minería en charcas, s.l.p.: Vol. Primera ed*. http://www.ipicyt.edu.mx/

Toscano, S. A. S. (2019). *Aplicación de la normativa vigente y mecanismos participativos utilizados para la actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial, PDOT, de la parroquia rural Pomona, cantón y provincia de Pastaza, en el año 2016*.

Villavicencio, L. (2013). Caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en San Miguel, Veracruz, ,México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, *19*(1), 67–80. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.051

Wang, Z., Liu, X., & Qin, H. (2019). Bioconcentration and translocation of heavy metals in the soil-plants system in Machangqing copper mine, Yunnan Province, China. *Journal of Geochemical Exploration*, *200*(February), 159–166. https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.02.005

Wong, H., & Eudocio, E. (2016). Estudio Fenológico de Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson y Tabebuia billbergii (Bureau & K. Schum.) Standl. en la Reserva Ecológica de Arenillas.

*UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA La Universidad Católica de Loja*, 61.

Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, *76*(2), 167–179. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007

Yadav, K. K. (2018). Mechanistic understanding and holistic approach of phytoremediation: a review on application and future prospects. En Elsevier, *Ecological Engineering 120.* (págs. 274-298.). William J. Mitsch.

Yóplac, K. E., Tuesta, O., Pariente, E., & Guzmán, W. (2020). Prospección de especies arbóreas para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, Amazonas, Perú. *Revista Forestal Del Perú*, *35*(1), 31. https://doi.org/10.21704/rfp.v35i1.1474

Zapata, N., Perez, A., Burgess, K., Rea, E., Neill, D., Cevallos, D., Persson, C., & Øllgaard, B. (2021). Pseudolycopodiella iuliformis (Lycopodiaceae, Lycopodielloideae) in Ecuador and Peru; a disjunct species between the Guyana Shield and the Cordillera del Cóndor. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, *42*(2), 133–139. https://doi.org/10.26807/remcb.v42i2.903

Zhan, H., Jiang, Y., Yuan, J., Hu, X., Nartey, O. D., & Wang, B. (2014). Trace metal pollution in soil and wild plants from lead–zinc smelting areas in Huixian County, Northwest China. *Journal of Geochemical Exploration*, *147*, 182–188. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.10.007

## Marco Teórico:

### Minería Ilegal

La minería ilegal, es una problemática que ha existido por varias décadas en los países latinoamericanos y que va creciendo de forma exponencial en estas economías emergentes al punto que, en muchas situaciones se pierda el control de frenar dicha actividad. La minería ilegal es un tema que se encuentra fuera de control, al no aplicarse las medidas correctivas adecuadas para su erradicación ya que, la no gestión eficiente del estado conlleva a la afectación poblacional, ambiental y económica (González & Haro, 2023). Opuesta de toda acción que genere bienestar a la población situada a su alrededor, afecta diferentes ámbitos sociales y actúa con el uso indebido de los recursos del bien común, ocasionando una afectación al ecosistema natural de la región (Perilla Suárez, 2021). La naturaleza es la principal afectada por el desarrollo de la explotación minera realizada de forma irresponsable, la minería supera el sesenta por ciento de la explotación total en nuestro país, además de contaminación a gran escala causa enfrentamientos entre la sociedad civil y las empresas privadas, problema que se da por la ausencia de los entes estatales o personal no capacitado para tareas de prevención de contaminante(Soria & Cáceres Anibal, 2022), (González & Haro, 2023), (Erazo & Villarroel, 2023).

La minería ilegal en el Ecuador, como en todos los países latinoamericanos subdesarrollados, ha causado serios daños a la salud, los habitantes de las áreas contaminadas, principalmente niños, están expuestos a los metales pesados en múltiples

vías, a saber, agua potable, aguas superficiales, suelos y partículas suspendidas (Chen et al., 2019; Nesta Bortey-Sam, Shouta M.M. Nakayama, Yoshinori Ikenaka, Osei Akoto, Elvis Baidoo, Yared Beyene Yohannes, Hazuki Mizukawa, Mayumi Ishizuka, 2015; Njinga & Tshivhase, 2019). Varias enfermedades podrían atribuirse a la exposición a metales pesados, como el aumento riesgo de cáncer en la población expuesta (Sodhi-Berry et al., 2017) o muertes relacionadas con el envenenamiento por plomo debido a la contaminación ambiental masiva por actividades de procesamiento del mineral de oro (Dooyema et al., 2012). El interés por el oro a gran escala fortaleció verdaderas empresas sin control, su ilegalidad trae consecuencias destructivas hacia el ecosistema y al ambiente de sectores cercanos a las minas (Ulloa Sánchez, 2019).

**Fitorremediación.**

La fitorremediación se define como una tecnología sustentable que se basa en el uso de especies vegetales para reducir *in situ/ex situ* la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos contaminados por la minería; las plantas conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de contaminantes; restaurando el ecosistema, fauna, flora (Núñez et al., 2017), (González & Haro, 2023).

**Especies Remediadoras**

**Especies más utilizadas en fitorremediación**

Las plantas hiperacumuladoras han renovado la tecnología de la fitorremediación con su capacidad innata de absorber metales pesados como Cd, Co, Mn, Ni, Pb, Zn; (Kumar Yadav et al., 2018). De acuerdo con (Petróleo et al., 2013), (Reyes & Puma, 2023), (Masaquiza & Grefa, 2023), (González & Haro, 2023), (Erazo & Villarroel, 2023) se destacan las especies utilizadas como cultivos (maderables o frutales, ya sean comerciales o en huertos para uso familiar) como : *A. reticulata, B. crassifolia, C. odorata, C. arietinum, C. aurantium, C. limon, C. ternatea, C. nucifera, C. tapia, D. lablab, G. orientalis, G. max, G. herbaceum, H. vulgare, I. inicuil, I. laurina, I. edulis, N. tabacum, P. vulgaris, P. sativum, P. guajava, S. vulgare, S. macrophylla, T. rosea, P. discolor, O. pyramidale, T. cacao, T. aestivum y Z. mays.*

**Sistemas agroforestales (SAF)**

Los sistemas agroforestales (SAF), contemplan la implementación de acciones para salvaguardar la productividad sostenible de la agricultura en el contexto del cambio climático y por tanto desarrollan estrategias y acciones de adaptación y mitigación de

emisiones. En la Amazonía ecuatoriana, específicamente en la provincia de Napo, los sistemas tradicionales de producción de cacao con enfoque agroecológico denominados ¨Chakras¨ son establecidos especialmente por las comunidades indígenas; estas son pequeñas parcelas integrales que satisfacen tanto las necesidades alimentarias como la venta en el mercado local, para la generación de ingresos monetarios. Además, el sistema Chakra, es una alternativa agrícola para mitigar el cambio climático, ya que previene la expansión de la frontera agrícola, disminuye la deforestación y favorece la conservación de la biodiversidad (N. Paredes et al., 2022).

Los sistemas agroforestales son una muy buena opción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero como cacao y guadua que corresponderse positivamente en la dimensión económica y social para que la evaluación general de esos sistemas sea sustentable; por lo que se debe considerar también que el diseño agroforestal no limite la productividad del cultivo principal, reduciendo los ingresos del agricultor (García-Vásquez et al., 2019)

**Caracterización de los Sistemas Agroforestales**

De acuerdo con (Villavicencio, 2013) (Pauchi, Lliquin, 2023)una caracterización se puede dividir en 4 criterios: socioeconómico, estructural, ecológico y funcional. El análisis socioeconómico de los SAF se basa principalmente en la sostenibilidad y la conservación de los recursos y su biodiversidad. El análisis estructural de los sistemas radica en describir la presencia de los componentes del sistema, su localización espacial y ajustes de tiempo y el espacio. El análisis funcional consiste en la identificación de los ingresos y salidas del sistema, se distingue en dos fases biofísica (agua, energía solar, nutrientes del suelo, sombra y control de erosión) y socioeconómico son productos que pueden ser comparados, vendidos en términos económicos como el terreno, equipos agrícolas, plantas y trabajadores

**Tipos de Sistemas Agroforestales.**

La clasificación de los Sistemas Agroforestales (SAF), es necesaria para su caracterización, evaluación y mejora. Según (Mukrimaa et al., 2016),(Moreira & Castro, 2017), (Pauchi, Lliquin, 2023) debido a la complejidad de los sistemas agroforestales, es difícil clasificarlos en un solo escenario, por lo que se toma en cuenta las siguientes variables: función, estructura, espacio, extensión ecológica, escala socioeconómica de producción y tiempo de ciclo; por ende los SAF se dividen en cuatro tipos: sistemas

agrosilviculturales, sistemas silvopastoriles, sistemas agrosilvopastoriles y sistemas especiales.

**Clasificación de los sistemas según la función del componente**

**Producción**

- Agricultura Migratoria
- Método Taungya
- Asociación de árboles o arbustos con cultivos anuales
- Árboles en parcelas o dispersos en cultivos perennes
- Huertos Caseros Mixtos
- Cultivos anuales en los espacios entre hilera de especies leñosa.

**Producción y servicios**

- Cercas Vivas
- Barreras cortavientos
- Árboles de sombra en los cultivos agrícolas anuales y perennes
- Árboles para la conservación y protección de los suelos (factores abióticos y bióticos) (Moreira & Castro, 2017), (Pauchi, Lliquin, 2023).

**Descripción de las especies maderables y frutales seleccionadas.**

- ***Ochroma pyramidale Cav. ex Lam. Urb* (Balsa).**

  Árbol grande, de copa tipo caliciforme. El fuste es liso y puede presentar gambas. La corteza es lisa, gris, pálida y con cicatrices lineales, pero internamente fibrosa. Presenta un follaje perennifolio, sus hojas son simples y alternas, acorazonadas, de 20 a 40 cm de largo, borde liso y con pelos epidérmicos rojizos. Es una especie hermafrodita, las flores son aromáticas, vistosas, de cinco pétalos, blancas pubescentes y con el cáliz color verde, son polinizadas por insectos nocturnos. Produce frutos secos, tipo cápsula dehiscente, largos y en forma de bastón; son semi leñosos y cilíndricos de 14 a 24 cm de largo recubiertos de lana. De su parecido a patas de liebres o conejos se deriva su nombre científico. Las semillas son abundantes en forma de pequeña gota, ovoides, de 3 a 5 mm de largo, color castaño oscuro y se encuentran envueltas en lana amarillenta y sedosa (Rojas-Rodríguez & Torres-Córdoba, 2009). Ha sido utilizado ancestralmente por los agricultores tradicionales como pieza clave para el acortamiento del período de descanso de sus acahuales, la recuperación de los niveles de materia orgánica del suelo y el control de arvenses, además en Centroamérica O. pyramidale se

aprovecha comercialmente (madera balsa) y se emplea para la recuperación y rehabilitación de áreas degradadas (Douterlungne, 2005), (González & Haro, 2023).

- ***Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson* (guayacán).**

  De la familia Bignoniaceae. Crece entre 0-2 000 msnm. Habita en el bosque seco pluvioestacional, bosque seco andino y bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonía. Árbol caducifolio, entre 12-20 m de altura y 20-40 cm de DAP. Fuste recto, escasamente ramificado, copa amplia, extendida e irregular. Corteza fisurada pardo-oscuro. Fuste cilíndrico, copa amplia extendida e irregular. Hojas palmadas compuestas, opuestas, ápice agudo y bordes aserrados, de 5 foliolos, de 6-12 cm de longitud, envés áspero y ligeramente pubescente por el envés. Flor tubular, 5 cm de longitud, con pedúnculo, cáliz de 5 sépalos cafés; corola de 5 pétalos amarillos, en inflorescencia racimosa. Fruto una cápsula cilíndrica pubescente (parecida a una vaina) de 15-30 cm de longitud, verde (tierna) y café (madura), contiene abundantes semillas aladas. Florece dos veces en el año en junio-julio y noviembre-diciembre. Se propaga por semilla y es de lento crecimiento(Wong & Eudocio, 2016), (González & Haro, 2023).

- ***Theobroma cacao L.* (cacao).**

  La planta de cacao es perenne, posee 20 cromosomas (2n), su polinización es cruzada (alógama) y la reproducción puede ser de forma sexual (por semillas) o asexual (por ramas). Supera fácilmente los cuatro metros de altura, dependiendo de la calidad del sitio. La raíz pivotante puede alcanzar hasta 3 m de largo según el tipo de suelo y la ubicación del nivel freático del agua en el subsuelo. Las raíces secundarias se desarrollan en los primeros 40 cm de profundidad del suelo. Si se habla de plantas injertadas, este sistema radical se mantendría. Sin embargo, si hablamos de plantas producidas por "ramillas", el sistema radicular es fasciculado con 3-4 raíces principales, que tratan de cumplir las funciones de la raíz pivotante (Quilumba, 2012)

- ***Inga edulis Mart* (guaba).**

  La guaba es un árbol de copa densa, aparasolada y ancha con ramificaciones, que alcanza hasta de 30 m de altura, con diámetros de 30 a 60 cm de tronco. Posee una corteza recta, cilíndrica y de color marrón claro. Sus hojas son compuestas paripinnadas, con una longitud de 15 a 25 cm. Posee un raquis con glándulas en

forma de cráter, en el cual se encuentran de 4 a 6 pares de foliolos opuestos. Presenta foliolos con base obtusa, aguda u oblonga de color verde oscuro. Las inflorescencias son racimos terminales que pueden medir entre 7 y 12 cm de diámetro polar. Las flores son hermafroditas, con ovario supero, de color blanco; llegan a medir entre 3.5 a 4 cm de diámetro polar. Posee un cáliz y corona tubular con 5 a 4 lóbulos, en los cuales existen numerosos estambres con filamentos filiformes que presentan un diámetro polar entre 3 a 4 cm (Quijia-Quijia et al., 2020)

***Piptocoma discolor (Kunth) Pruski* (pigue).**

Es un árbol de madera blanda y crecimiento rápido que puede alcanzar una altura máxima de 30 m.; el diámetro del tronco es de aproximadamente 60 cm., con forma cilíndrica y presenta ramificaciones por encima del tercio inferior, crece en suelos limosos y arcillosos de bosques secundarios tempranos y tardíos de la región amazónica. La mayor densidad de los árboles de *Piptocoma discolor* se presenta en el bosque secundario del cantón y provincia Pastaza, donde comprende un radio de 25 a 30 km, además, se encuentra desde los 500 hasta los 1500 m.s.n.m y la temperatura media es de 20oC. Esta especie presenta un promedio del 95 % de germinación y en estudios previos realizados, la sobrevivencia de las plántulas de esta especie, al ser trasplantadas, muestra una supervivencia de 95,8 % y a los 2.5 años su altura es de 3,21 m., y el diámetro de 7,2 cm (González et al., 2018)