

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“MEJORA DE LOS PROCESOS DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA
EN ÁREAS DE EXPLORACIÓN MINERA DE LA PROVINCIA DE
SANTIAGO DE CHUCO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

BIÓLOGO

EDUARDO ANTONIO MOLINARI NOVOA

Lima – Perú

2021

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“MEJORA DE LOS PROCESOS DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA
EN ÁREAS DE EXPLORACIÓN MINERA DE LA PROVINCIA DE
SANTIAGO DE CHUCO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Presentada por:

EDUARDO ANTONIO MOLINARI NOVOA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Edgar Hugo Sánchez Infantas
Presidente

Mg. Sc. Ayling Wetzell Canales-Springett
Miembro

Dr. Ernesto Ever Menacho Casimiro
Miembro

Mg. Sc. Diana Zulema Quinteros Carlos
Asesora

DEDICATORIA

AMDG

Mi abuelo siempre nos decía que «es de bien nacidos ser agradecidos». Sin embargo, la memoria es frágil y la naturaleza humana, ingrata. Por ello, pido disculpas por las omisiones, nacidas de la distracción y el olvido involuntario, pues son muchas las personas que, directa o indirectamente, impulsaron este trabajo, apoyando en su realización o sosteniéndome personalmente. Por lo académico, quisiera agradecer a Pierina Danós, Jacqueline Hernández, Sergio y Juan Diego Calvo-Pérez y mi asesora, Prof. Zulema Quinteros. Agradezco también a la Compañía de Jesús por el rigor ignaciano, sin el que lejos estaría de cualquier inquietud académica, *ab imo pectore, ex toto corde*.

El estudio, sin embargo, no lo es todo, y sin el tiempo o el apoyo emocional o económico de muchos, estas palabras no existirían. Por ello, quisiera dedicar este trabajo a mi hija, Isadora Almudena, culmen de la vida mía, y agradecer a su madre, sus abuelos, sus bisabuelos, sus tíos y tíos abuelos... esa maravillosa familia suya, que me sostiene y me da fuerzas para vivir. Sus nombres ocuparían largas páginas: Adriana, Aldo, Amaro, Dehera, Tatiana, Jeorgina, Patricia, Nelly, Zaira, Eduardo, Pamela, José, Alessandro, Jorge, Carmen, Grimaldina... Mención de honor para mis padres, Rommy Alejandra y Eduardo Giuseppe, por enseñarme a amar la naturaleza y llevarme con los jesuitas.

Agradezco y dedico este trabajo, también, a quienes me soportaron y ayudaron en estos meses aciagos: Ana Alarcón, Alessandra Calle, Francesco Calmet, Macla García, Marifé Llanos, Luis Mayta, Miguel Mendoza, Hadaly Monzón, Luccia Perea, Daniel Ponce, Majo Reto, Gabriel Ríos, Fernando Rodríguez, Camila Salazar, Carlos Sánchez, Yamille Sánchez, Yusarrely Solís, Junior Vélchez; mis amigos del Sur: Alfonso, Brenda y Carlos; los esejotas: Braulio, Carlos, Daniel, Diego, Enrique, Fernando y mi profesor Maurizio Medo; mis queridos exalumnos. Vaya, también, lo escrito a las memorias musicales de Chueca, Chapí, Torregrosa, Valverde y todo autor del Género Chico.

Quisiera terminar agradeciendo a quien llegó a mi vida de manera insospechada para tenderme una mano amiga, sacarme de la miasma y devolverme a la Ciencia Amable. Por eso, dedico este trabajo al Dr. Michael Dominic Richard Guiry, ficólogo de la Universidad Nacional de Irlanda – Galvia, creador de AlgaeBase y editor de *Notulae Algarum*, su revista en línea: *Dear Dr Guiry, not even a million words in English, Spanish or Irish could express my gratitude!*

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Chess Consulting & Project, en la persona de su gerente, Frank Astete, por darme la oportunidad de laborar en la empresa que dignamente dirige, y emplear lo ahí aprendido en este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 GENERALIDADES.....	5
2.2 TEORÍA ECOLÓGICA.....	7
2.3 ESTADO DEL ARTE.....	9
III. METODOLOGÍA.....	11
IV. RESULTADOS.....	13
4.1 CONTEXTO LABORAL.....	13
4.2 DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	13
4.3 PROYECTO DE SOLUCIÓN.....	14
4.4 EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	15
V. ANÁLISIS DE RESULTADOS E IMPACTOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	17
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
VII. ANEXOS.....	27
VIII. ASEGURAMIENTO.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: MATERIAL FOTOGRÁFICO.....	28
Anexo 2: PUBLICACIONES DEL AUTOR BAJO LOS AUSPICIOS DE CHESS CONSULTING & PROJECT	30

RESUMEN

El presente trabajo presenta los resultados de las mejoras propuestas como supervisor de salud, seguridad y ambiente de la empresa CHESS Consulting & Project S.A.C. en proyectos de exploración durante la fase de rehabilitación ecológica, ubicados en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad.

Se incide, principalmente, en los métodos de restauración de cobertura vegetal, los cuales contemplaban inicialmente la siembra de plántones de gramíneas nativas extraídas del ambiente natural circundante.

Se propuso sustituir la saca y puesta de dichas matas por afectar el entorno natural que no se hallaba comprendido dentro del área del proyecto, por la siembra directa de plantas forrajeras de crecimiento rápido, las que no solo evitarían la erosión, sino que crearían zonas de pastoreo focalizadas que, a la larga, beneficiarán a las comunidades circundantes y evitará que se quemen zonas previamente no afectadas para alimentar al ganado.

Hacia el fin del proyecto, la siembra se verificó exitosa, con brotes a los catorce días de siembra por voleo, y zonas aptas para el pastoreo de ganado ovino en 35 días, así como el enraizamiento y la proliferación de las matas trasplantadas de ichu. Esto fue aceptado por la población local, que participó del proceso de rehabilitación.

Palabras clave: exploración minera, minería, restauración ecológica, Santiago de Chuco

ABSTRACT

This work presents the results of the proposed improvements as supervisor of health, safety and environment of the company CHESS Consulting & Project S.A.C. in exploration projects during the ecological rehabilitation phase, located in the province of Santiago de Chuco in the department of La Libertad.

The main focus is on vegetation restoration methods, which initially contemplated the planting of native grass seedlings extracted from the surrounding natural environment.

It was proposed to replace the transplantation of living grasses by affecting the natural environment that was not included within the project area, by the direct sowing of fast-growing forage plants, which would not only prevent erosion, but would also create areas of grazing that will ultimately benefit surrounding communities and prevent previously unaffected areas from being burned to feed livestock.

Towards the end of the project, sowing was verified successful, with emergence of plantules fourteen days after broadcast sowing, and the obtention of areas suitable for grazing sheep in 35 days, as well as rooting and proliferation of transplanted *ichu* bushes. This was accepted by the local population, who participated in the rehabilitation process.

Key words: ecological restoration, mining, mining exploration, Santiago de Chuco

I. INTRODUCCIÓN

Las consultoras privadas dentro del sector minero peruano cumplen un rol crucial y sensible al asesorar, e incluso dirigir directamente, los procesos de rehabilitación ecológica tras las labores de exploración o extractivas que las empresas mineras formales (Proética, 2019), las que se encuentran obligadas a hacerlo por ley, asumiendo los costos y la titularidad formal de estos procesos (Dammert Lira & Molinelli Aristondo, 2007).

Los procesos de rehabilitación ecológica permiten que los ecosistemas locales puedan reclamar los espacios previamente intervenidos por la actividad humana y aproximarse a su forma previa, entendida como natural (Machado, 2001a). Para ello, es necesario tomar en cuenta no solo aspectos puramente técnicos o científicos, sino también económicos y culturales (Machado, 2001b).

Con esto en consideración, las mejoras que se planteen en los procesos de restauración son útiles en tanto aumenten la probabilidad de que el ecosistema pueda restablecerse del impacto paisajístico y rehabilitar todos servicios ecológicos que esto conlleva, así estos representen un ahorro de tiempo y recursos para las empresas involucradas.

En el Perú, la actividad minera es una de las principales actividades económicas, ya que aporta alrededor del 10% del PBI y concentra más de la mitad de las exportaciones (Agencia AFP, 2020), lo que ha llevado a acuñar y promover la frase «Perú: País Minero» por parte del Ministerio de Energía y Minas (*cf.* MINEM, 2020).

Es en el mismo portal del Estado donde se puede encontrar los motivos que justifican la expresión: gran diversidad geológica, información geográfica actualizada y de alta calidad, abundancia de recursos metálicos y no metálicos, un marco jurídico promotor de inversiones, entre otros. Esta facilidad para establecer proyectos mineros atrae inversores privadas, lo que, a su vez, ha aumentado la inversión minera en un 69% durante el periodo comprendido entre los años 2019 y 2020 (Tiempo Minero, 2020; Pachas Pérez, 2014).

Como toda exploración minera está condicionada a la posterior rehabilitación del espacio físico afectado (Decreto Supremo N° 042-2017-EM, 2017), se debe considerar cualquier mejora a los métodos y procedimientos involucrados.

El presente trabajo pretende mostrar la realización del proceso de rehabilitación ambiental en el marco de las funciones del autor como supervisor de salud, seguridad y ambiente y presenta los conocimientos adquiridos en varias campañas como consultor ambiental bajo la égida de distintas empresas consultoras y cómo se aplicaron en la rehabilitación ecológica de los proyectos de exploración minera de San Antonio de Chuco y La Capilla, en la provincia de Santiago de Chuco. El objetivo de la función desempeñada era llevar a término, adecuadamente y con éxito, las labores relacionadas a la restauración de las plataformas y vías que habían sido abiertas para la extracción de muestras subterráneas de mineral (Marjoribanks, 2010).

En cumplimiento de sus funciones laborales, el autor se desempeñó como Supervisor de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de la empresa Chess Consulting & Project en las áreas afectadas por la exploración minera de los distritos de Santiago de Chuco y Quiruvilca, en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad, por lo que tuvo autoridad para supervisar, modificar o detener los procesos que afectan, directa o indirectamente, la preservación del medio natural y el objetivo final de rehabilitación de las zonas utilizadas como plataformas de perforación para la exploración minera. En esta posición, o similares en trabajos anteriores, el autor ha fortalecido sus conocimientos teóricos al enfrentarse directamente a los caracteres adaptativos de las especies silvestres y de los ecosistemas que fueron estudiados teóricamente o por un tiempo limitado en las aulas universitarias.

Ya en la presente institución, la autoridad investida en el autor le permitió intervenir directamente sobre la evaluación y rehabilitación del ambiente, así como ampliar su rango de injerencia hasta aspectos indirectamente relacionados con las ciencias biológicas, como la supervisión y el control de aspectos de seguridad y salud en el trabajo. Al utilizar los conocimientos teóricos, adquiridos durante sus estudios, y los prácticos, adquiridos por años de práctica profesional, el autor contribuye a mejorar el desempeño de la empresa ante los clientes, demostrando que se puede realizar una rehabilitación a menor costo, en menor tiempo, con menores recursos, pero con mayor coherencia ecológica y mejores resultados, como se demostrará más adelante.

En cumplimiento con la función a él asignada, el autor se encargaba de supervisar todos los procesos dentro del área del proyecto de exploración minera para constatar que estos se llevaban a cabo bajo las condiciones de seguridad personal y cuidado del medio natural

establecidos por ley (Decreto Supremo N° 042-2017-EM, 2017). En tal sentido, se verificaba la documentación de la maquinaria y los vehículos, así como la exigida al personal para el desempeño de sus funciones; se daban charlas de sensibilización en aspectos de salud y cuidado del ambiente, así como se coordinaban otras dadas por el personal de enfermería y de protección patrimonial; se coordinaba la compra de insumos tales como abono y semillas, o de servicios, como la limpieza de baños portátiles o el traslado de repuestos de maquinarias; se actuaba como primera línea de relacionamiento con las comunidades locales; se supervisaba la alimentación del personal y el cumplimiento de los protocolos establecidos por el Gobierno Nacional (Resolución Ministerial 448-2020-MINSA, 2020); y otras funciones de liderazgo.

Como egresado de una carrera científica, el autor posee las herramientas y los recursos para implementar criterios objetivos en las labores de restauración, que suelen hacerse siguiendo manuales o reglas empíricas. En el caso que nos ocupa, el procedimiento predispuesto por la autoridad local en coordinación con las comunidades consistía en el cerrado de las vías y plataformas empleando una excavadora. Tras el cerrado, se aplicaba suelo orgánico, abono y se procedía al sembrado de plantones de ichu (especies nativas del género *Jarava* Ruiz & Pavón) siguiendo un patrón de grilla de 1 m × 1m, superpuesto a las partes afectadas, con las plantas colocadas en las intersecciones, a un metro de distancia unas de otras, en un hoyo de 10 cm de profundidad, aproximadamente. Las plantas serían obtenidas por contratistas de los propietarios de las zonas circundantes, y serían sembradas por miembros de la comunidad. El procedimiento en su totalidad será analizado con mayor detalle más adelante.

Como se puede inferir del procedimiento anteriormente señalado, este puede ser mejorado aplicando conocimientos ecológicos de restauración, como, por ejemplo, integrando en el proceso elementos abióticos, como rocas (McDougall, Milner, Driscoll, & Smith, 2016), que son propias del pajonal de puna (Galán de Mera, Vicente Orellana, & Linares Perea, 2008). Asimismo, se reemplazó en diversas partes el ichu extraído de zonas no afectadas por plantas de forrajeo, a pedido de los habitantes de la zona, quienes, tradicionalmente, practican la quema de zonas vírgenes del pajonal para fomentar el brote de plantas tiernas (Schleifer, 1993; Farfán Jiménez & Hurtado Huamán, 1996; Farfán & Farfán, 2012). Al establecer zonas de pastoreo en las áreas previamente afectadas, se evita o minimiza la posibilidad de que, en el futuro, partes silvestres del pajonal sean explotadas, algo especialmente importante si consideramos que el área está poblada por campesinos que se dedican a la ganadería tanto como al cultivo de especies.

En el contexto previamente ilustrado, se tuvo como objetivo general el mejorar el proceso de rehabilitación en plataformas de exploración minera en la provincia de Santiago de Chuco. Como objetivos específicos, se buscó introducir prácticas más eficientes de saca y siembra de pastos locales, así como la inclusión de elementos abióticos en el proceso de rehabilitación y la sustitución de plantas nativas por plantas forrajeras.

Para poder evaluar los resultados de las modificaciones, se realizó la visita periódica a las áreas rehabilitadas, y se constató el crecimiento de las plantas sembradas desde semilla, o su supervivencia, en el caso de aquellas trasplantadas, a lo largo de la estación de lluvias.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

La «remediación» ambiental, como es definida legalmente, se corresponde con el concepto de restauración ecológica, que se busca para llevar a un ecosistema alterado, degradado o destruido a un estado similar al anterior o a un nuevo estado, juzgado deseable, conforme a ciertas políticas públicas y valores sociales (Lackey, 2004). Para lograrlo, se apela a la «memoria ecológica», que refiere a las interacciones entre las especies y las estructuras del ecosistema que le permiten sostenerse en el tiempo. Es parte de la resiliencia ecológica (Gunderson, 2000), la capacidad del ecosistema para absorber impactos negativos sobre su composición biológica o estructural, reorganizarse y mantener un equilibrio adaptativo (Bengtsson, y otros, 2003).

Se busca, entonces, remediar estas y cualquier otra alteración rehabilitando el paisaje y los servicios ecosistémicos provistos, ya que estos pueden ser valorados económicamente y suelen ser aprovechados por las poblaciones circundantes al área afectada (Daily, y otros, 1997; Constanza, y otros, 1997). Sin embargo, y como se ha mencionado antes, es un proceso que requiere no solo una valoración estrictamente técnica o científica, sino también social y política, ya que algunas alteraciones del ambiente pueden ser juzgadas ventajosas para la población local (como la remoción de ciertas plantas o el establecimiento de vías), incluso en detrimento del ecosistema preexistente.

La restauración ecológica se vale del conocimiento de las sucesiones de organismos para imitar de manera acelerada el proceso natural, y busca intervenir en factores, como los componentes del suelo o la vegetación pionera (Harris, 2003; Pokorny, y otros, 2005; Firn, MacDougall, Schmidt, & Buckley, 2010; Cleland, Larios, & Suding, 2012), para encausar el proceso hacia un ecosistema “de referencia”, similar al que se podría encontrar en zonas no alteradas. Por ese motivo, a veces se requiere destruir o prevenir la proliferación de ciertos organismos, lo cual genera gastos económicos muy altos (Rowe, 2010). Evitamos usar “climáctico/climácico” porque está asociado a paradigmas de naturaleza estacionaria, en

desuso a favor de un paradigma de naturaleza evolutiva (Mola, de Torre, & Sopeña, 2018; SERFOR, 2018; Quinteros, com. pers.)

Asimismo, se considera la procedencia de las especies a utilizar para el proceso de restauración: la variabilidad genética de la población introducida puede determinar el éxito del ecosistema restaurado (Crutsinger, y otros, 2006). Por otro lado, la restitución de especies nativas con individuos de procedencia lejana puede alterar de manera significativa el ecosistema presente ya que la introducción de genes foráneos en especies de alta variabilidad genética puede resultar en la desaparición de la especie en cuestión, una expansión desmesurada o la alteración de la estructura física del ecosistema (McKay, Christian, Harrison, & Rice, 2005). Evitamos hablar de situaciones climáticas ya que no ser evidentes en la medida que los ecosistemas siguen evolucionando: siendo el clímax es el punto final de la complejización, los ecosistemas presentes, como se ha indicado más arriba, suelen estar lejos de tal estado (Mola, de Torre, & Sopeña, 2018; SERFOR, 2018; Quinteros, com. pers.)

En lo que concierne a la restauración de áreas afectadas por labores de exploración y explotación mineras, ya se ha planteado la necesidad de buscar no solo la reposición de ambientes naturales, sino también de promover el desarrollo sostenible de dichos lugares, que suelen ser rurales (Siyan, Fu, Xiaoxiao, Zhanbin, & Shaojin, 2018). En nuestro contexto, la necesidad de tratar los pasivos ambientales dejados por la minería es indiscutible, en tanto existen más de 8000 lugares, casi todos rurales, identificados con afectaciones al ecosistema local (Chappuis, 2019). Muchas veces, los trabajos de rehabilitación dan pie a expediciones científicas que mejoran nuestro conocimiento del ambiente natural (*cf.* Alonso & Dallmeier, 1998; 1999).

Se ha podido encontrar buenas prácticas que restauran el paisaje y, simultáneamente, protegen sitios históricos, sagradas o culturalmente importantes de otra manera, incluso durante las actividades realizadas (Koch, 2007). Ciertamente, la restauración de zonas minadas es una preocupación antigua, y ha sido estudiada heurísticamente por varios autores (Balaguer, Escudero, Martín-Duque, Mola, & Aronson, 2014).

Si bien es cierto que, por la naturaleza de la minería, la restauración de zonas degradadas por ella es, realmente, una reconstrucción ecológica (Cooke & Johnson, 2002), existe la posibilidad de aprovechar los espacios afectados: naturalmente, estos pueden ser usados como refugios de vida silvestre que pueden aumentar la diversidad biológica local, lo que, a su vez, mejora el éxito de y abarata los procesos de restauración en zonas afectadas (Prach,

Řehounková, Řehounek, & Konvalinková, 2011), aunque su evaluación pueda resultar conflictiva (Prach & Tolvanen, 2016). Por otro lado, se puede aprovechar la maquinaria, el personal o las modificaciones hechas para mejorar la infraestructura local y promover el desarrollo social local (Narayan Pandey, Chaubey, Gupta, & Vardhan, 2005): no se debe subestimar el potencial económico de los paisajes culturales como fuentes de ingresos turísticos o servicios ecológicos directa o indirectamente aprovechables (Huamaní Paliza, 2017).

El éxito de los procesos de rehabilitación depende de numerosos factores, los cuales suelen tener un desempeño ligeramente menor a sus contrapartes en zonas no perturbadas (Bandyopadhyay & Kumar Maiti, 2019). Más aún, algunos factores físicos del suelo y el agua léntica deben ser evaluados y aliviados de ser necesario antes de si quiera considerar la posibilidad de restauración (Bradshaw, 1997).

De cualquier modo, la naturaleza suele demostrar tenacidad y rehabilitar zonas sin necesidad de una gran intervención humana en pocas décadas (Bradshaw, 1997; Yao, Ma, Fan, Chen, & Tian, 2019), lo que representa una oportunidad para procesos de rehabilitación a bajos costos en zonas emergentes del Sur Global (Sandell Festin, Tigabu, Chileshe, Syampungani, & Christer Odén, 2019; Ahirwal & Chandra Pandey, 2020). Esto se verifica con el estudio de casos de restauración exitosos, reportados en literatura divulgativa (Science Encyclopedia, 2020), así como en documentos científicos y oficiales que reportan rehabilitaciones terminadas o en proceso (NRCS, 2006).

Como se ha demostrado, existe un registro amplio de experiencias, pruebas y disertaciones teóricas sobre la restauración ecológica (Ruiz-Jaén & Mitchell Aide, 2005; Baker & Eckerberg, 2016; U.S. Department of the Interior, 2013), por lo que se puede discutir cómo la aplicación de estos conocimientos entorno a la ecología de la restauración fueron aplicados para optimizar la rehabilitación de áreas perturbadas por la exploración minera al tiempo que se tomaba en cuenta las necesidades de la población circundante.

2.2 TEORÍA ECOLÓGICA

Tal y como se mencionó más arriba, los procesos de rehabilitación ecológica requieren conocer los aspectos teóricos de la resiliencia y sucesión ecológicas. A continuación, se revisan ambos conceptos.

El concepto de «resiliencia» fue incorporado a las ciencias biológicas por Holling desde la ciencia de materiales (Holling, 1973), en donde define la cantidad de energía que puede absorber un material en una deformación elástica que puede ser devuelta al medio tras cesar el esfuerzo de deformación (Campbell, 2008). Al ser tratado dentro del contexto ecológico, el término se aplica para definir la capacidad de un ecosistema para responder a una perturbación, resistiéndola o reponiendo lo dañado rápidamente (Gunderson, 2000) para volver a un estado de equilibrio comparable al que poseía inicialmente (Folke, y otros, 2002). Cuando la resiliencia de un ecosistema se ve superada, se produce un cambio de régimen (Folke, y otros, 2004), en el que el equilibrio original se ve reemplazado por otro, conformado por nuevos elementos, nuevas proporciones de elementos preexistentes, y nuevos intercambios de energía y materia (Scheffer, 2009).

Es importante aclarar que la resiliencia en los ecosistemas complejos produce estasis, mientras que la transformabilidad garantiza la evolución del ecosistema (Mola, de Torre, & Sopena, 2018; SERFOR, 2018; Quinteros, com. pers.). Ambos procesos son importantes en sistemas complejos, aunque en rehabilitación se privilegia la resiliencia por el tiempo corto de gestión y por eso es importante el ecosistema de referencia (Cooke & Johnson, 2002).

La resiliencia de un ecosistema depende, pues, de la diversidad de especies que este alberga, su tamaño y la presencia de procesos redundantes a diferentes escalas (la herbivoría de un insecto y la de un ungulado sobre una misma planta, por ejemplo) que refuerzan el equilibrio del flujo de materia y energía en el ecosistema (Peterson, Allen, & Holling, 1998).

Es natural, pues, que la teoría de la resiliencia ecológica haya excedido los límites de las ciencias naturales, pues el estudio de los límites físicos de los ecosistemas impacta, muchas veces, sobre la conservación y el uso que se les da. Esta irrupción de lo científico en lo social ha ampliado desde hace tiempo el estudio de la resiliencia ecológica (Folke, Berkes, & Colding, 1998), para incluir entre sus procesos los aspectos sociales que suelen circundar a los ecosistemas, sobre todo, pero no exclusivamente, en áreas rurales o poco urbanizadas (Walker, Holling, Carpenter, & Kinzig, 2004; Brand, 2009).

Comprender la resiliencia de un ecosistema, sea terrestre o acuático, silvestre o urbano-rural, permite plantear estrategias para mejorar el aprovechamiento de los recursos de dicho ecosistema, sean estos bienes o servicios, lo que, en último término permite formar políticas públicas adecuadas (Tilman, 1999; Obura, 2005; Gibbs, 2009)

La sucesión ecológica, por otro lado, es uno de los aspectos de la teoría ecológica más firmemente establecidas en las ciencias biológicas (McIntosh, 1981), desde que Clements (1916) la estableció como una ley universal que afirma la necesidad de los ambientes yermos de servir como soporte físico de vegetación y, eventualmente, de vida animal cada vez más complejas, esta última usando a las plantas y los cambios que provocan como soporte estructural. Cabe recordar que si bien los estudios en sucesión primaria se han concentrado en la vegetación, la sucesión abarca todos los organismos de un ecosistema (Picaud & Petit, 2007).

Si bien el concepto primario trata sobre esta colonización de territorios nuevos, la sucesión que nos ocupa principalmente es la secundaria, en tanto las áreas perturbadas van a ser recolonizadas por vegetación nueva, así como también se introdujo un conjunto de especies alienígenas para uso forrajero.

La sucesión secundaria en zonas afectadas por la minería ha sido bien estudiada en diversas circunstancias, enfocándose principalmente en el suelo y las plantas (Ogle & Redente, 1988; Wali, 1999), aunque constatando resultados muy diversos (Prach, 1987).

Cabe mencionar que la rehabilitación de zonas suele tener resultados inferiores al reclamo espontáneo de zonas afectadas, tal y como lo demostró Šálek (2012) en su estudio sobre la diversidad de aves en antiguas zonas de minería a tajo abierto.

2.3 ESTADO DEL ARTE

Lamentablemente, la información disponible para los procesos de exploración es poca, esto debido a que los daños creados por plataformas de perforación son bastante localizados y, muchas veces, se hacen en áreas alejadas, lo que dificulta el acceso a ellas. Sin embargo, se puede asumir una analogía entre la restauración minera y la restauración de exploración minera, en donde la segunda es similar, pero de mucho menor impacto y a mucho menor escala. Asimismo, la segunda se da puntualmente a lo largo de un área extensa, mientras que la restauración minera de un tajo abierto abarca un área extensa y continua (Prach & Walker, 2020).

Para la restauración, se trabaja actualmente empleando suelo orgánico (Onésimo, Dias, Beirão, Kozovits, & Messias, 2020) de manera exitosa (aunque la cantidad de semillas introducidas sea de mayor importancia para la restauración del suelo que la incorporación de abonos, promotores de crecimiento o suelo orgánico, véase Kardol, 2007). Se sabe,

además, que, en zonas afectadas por metales pesados, es fundamental promover la fijación de nitrógeno más que la limpieza de dichos metales (Kalamandeen, y otros, 2020). En general, es importante que la biomasa bacteriana aumente para que ayude a fijar elementos en el suelo (Kaneda, Angst, & Frouz, 2020).

En zonas que anteriormente fueron muy ricas en vegetación, es crucial seleccionar adecuadamente las especies a reintroducir si se desea alcanzar un estado similar al anterior a la actividad minera, por lo que se debe priorizar el uso de familias que hayan sido previamente abundantes (Barbosa, y otros, 2021).

Para finalizar, es importante señalar que los cambios que se dan por sucesión secundaria en áreas afectadas por la actividad minera no siempre son predecibles (Rahmonov, Krzysztofik, Środek, & Smolarek-Lach, 2020), por lo que la búsqueda de bioindicadores de éxito confiable deberá ser prioritaria al estudiar este tipo de sucesión (Józefowska, Woś, Pietrzykowski, & Schlaghamerský, 2020).

III. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó considerando las actividades hechas desde diciembre de 2019 a marzo de 2021 en los proyectos de exploración minera de La Capilla y San Antonio de Chuco, distritos de Quiruvilca y Santiago de Chuco, respectivamente, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad, en la sierra norteña del Perú.

El presente trabajo es monográfico, no experimental, sin muestreo estadístico, sobre los modelos de restauración internas dadas por las directivas internas usadas (Mellado, 2019), sobre las cuales se mejoró el trabajo de replantación de cobertura vegetal, elemento crítico para la rehabilitación de las zonas recientemente perfiladas tras su intervención durante el proceso de exploración minera.

Para tal fin, se evaluó lo realizado en campañas anteriores en el área de La Capilla, donde las zonas rehabilitadas se encontraban en un estado intermedio de sucesión, tras aplicar la siembra de especies de pastos nativos siguiendo el formato usual de grilla, la que divide el terreno en cuadrados de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, y sembrando cogollos de ichu (*Jarava* sp.) en las esquinas de dichos cuadrados, sin considerar elementos abióticos ni otras especies vegetales fuera de las gramíneas locales. Estas gramíneas se extraen de áreas cercanas al área del proyecto (Mellado, 2019).

Tras la evaluación, se modificó el procedimiento en las nuevas áreas a rehabilitar, a fin de mejorar los métodos y lugares de saca, la siembra de los cogollos en las áreas intervenidas, la incorporación de suelo y material orgánico, así como también considerar la colocación de rocas en zonas naturalmente pobres en cobertura vegetal. Adicionalmente, siempre se tomó en consideración las impresiones de los actores sociales locales, así como la particularidad de los Andes, lo que demanda un tratamiento cuidadoso de las zonas y su biodiversidad (Gutiérrez-Rosati, 2006). Esta primera fase concluyó en marzo de 2020.

Para la segunda fase, se sembró semilla forrajera a fin de convertir ciertas áreas escogidas por la comunidad en zonas de pastoreo, por lo que se seleccionaron gramíneas y leguminosas para poder satisfacer las demandas de la población dentro del marco legal establecido (Decreto Supremo N° 042-2017-EM, 2017).

Se priorizó la introducción de semilla, ya que ha sido demostrado que eso, y no la introducción de abonos o suelo orgánico, es lo que determina el éxito de la rehabilitación en los lugares trabajados (Kardol, 2007). Esta segunda fase se dio por concluida durante marzo de 2021.

En el presente trabajo, se mostrará cómo el mejorado proceso de rehabilitación ha repercutido a favor del proceso de la rehabilitación ecológica y en los costos y tiempos de la empresa consultora.

IV. RESULTADOS

4.1 CONTEXTO LABORAL

Chess Consulting & Project es una empresa especializada en la consultoría minera, con énfasis en las fases de exploración, que provee servicios de *outsourcing* en las áreas de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Comunidades (SSOMAC), Relacionamento Comunitario y Evaluación Socioambiental.

Su misión, extraída de su página web chess.pe, es: «Chess Consulting & Project se crea con el principal objetivo de brindar soporte integral a sus proyectos en la gestión estratégica del negocio en áreas críticas y consultoría especializada en Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Relaciones Comunitarias.»

Su visión es: «Establecer relaciones duraderas y estables con nuestros clientes durante los siguientes diez años, logrando convertir Chess Consulting & Project en una empresa de referencia en la gestión SSOMAC durante todas las fases de la explotación minera, con énfasis en la primera fase de exploración minera.»

Dentro del trabajo, como se mencionó anteriormente, el autor se desempeñó como Supervisor de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en las áreas afectadas por la exploración minera de los distritos de Santiago de Chuco y Quiruvilca, en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad, por lo que tuvo autoridad para supervisar, modificar o detener los procesos que afecten, directa o indirectamente, la preservación del medio natural y el objetivo final de rehabilitar las zonas utilizadas como plataformas de perforación para la exploración minera y otras zonas afectadas por actividades conexas, tales como vías de accesos afirmados, estacionamientos, áreas para la colocación de baños y almacenes, etc.

4.2 DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Como se mencionó con anterioridad, el autor, dentro del desempeño de sus funciones, era requerido de mejorar el proceso de rehabilitación en zonas afectadas por el trabajo de exploración minera en el pajonal de puna del distrito de Santiago de Chuco.

En tal sentido, el autor debía verificar que los procedimientos planteados en gabinete se lleven a cabo adecuadamente, o modificarlos si fuera necesario en función a las necesidades de campo.

4.3 PROYECTO DE SOLUCIÓN

Para mejorar el proceso de rehabilitación en plataformas de exploración minera en la provincia de Santiago de Chuco, se tomó en consideración la opinión de los habitantes de la zona, así como el marco legal establecido. En tal sentido, se propuso iniciar con áreas rehabilitadas con plantas de la zona (*Jarava* sp.), extraídas de pajonales privados bajo la supervisión del autor. Este fue el principal medio de restauración en el proyecto La Capilla, del distrito de Quiruvilca. Asimismo, se llevó a cabo este procedimiento en alrededor de dos tercios de las áreas afectadas en el proyecto Antonio de Chuco, en el distrito de Santiago de Chuco.

Específicamente, el proyecto de La Capilla, en el distrito de Quiruvilca, tuvo un área rehabilitada por resiembra de plantines de ichu de 46 685 metros cuadrados, a razón de una planta por metro cuadrado; mientras que el proyecto de Antonio de Chuco, en el distrito de Santiago de Chuco, tuvo un área rehabilitada de 28 447 metros cuadrados, de los cuales 16 614 fueron rehabilitados con plantines a razón de una planta de ichu por metro cuadrado, mientras que 11 833 recibieron semilla forrajera. Se trabajó con equipos variables, durante 8 horas diarias, todos los días, con un promedio de 15 metros cuadrados restaurados por persona por día de trabajo, contabilizando faltas, permisos y otras eventualidades.

Para el otro tercio de áreas afectadas en el proyecto Antonio de Chuco, se propuso la siembra por voleo de una mezcla 3/1/1 por volumen (en litros) de semillas de *Lolium multiflorum* Lam. («raigrás italiano»), *Dactylis glomerata* L. («dactilo») y *Trifolium repens* L. («trébol blanco»). Cabe señalar que la población se rehusó a aceptar una planta originalmente propuesta, *T. pratense* L. («trébol rojo»), ya que la consideran tóxica para su ganado. Por ello, se reemplazó el trébol rojo por el blanco, para evitar conflictos comunitarios. Es importante destacar que no existen semillas nativas de calidad forrajera disponibles en el mercado. Aquí aparece una oportunidad de investigación con gran potencial de negocio que podría ser aprovechada por futuros estudiosos de la flora y la agricultura de especies altoandinas nativas de nuestro país.

Para introducir prácticas más eficientes de saca y siembra de pastos locales, se capacitó a los trabajadores para evitar la destrucción de la raíz durante la saca, usando palas y barretas en

vez de la extracción manual, por otro lado, se priorizó la saca de plantas de los bordes de los caminos por estar más expuestas y ser de más fácil remoción.

Finalmente se tomó en cuenta la introducción de elementos abióticos en el proceso de rehabilitación al llevar desde zonas ribereñas rocas grandes que sirvan como nodrizas para las semillas sembradas, así como también su uso disminuyó la cantidad de plantas sembradas, optimizando el proceso.

Para evaluar el avance de la rehabilitación, se hacían visitas cada semana para verificar el crecimiento de las plantas. Si las plantas trasplantadas habían enraizado adecuadamente, y las plantas sembradas habían brotado y alcanzado 5 cm de altura tras dos semanas, la rehabilitación se consideraba exitosa. Las áreas cubiertas por la rehabilitación se mencionan más arriba.

4.4 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Tras la conclusión del proyecto, se dio por finalizada exitosamente la rehabilitación de ambos proyectos, cubriendo el 100% de las áreas afectadas, que no solo incluían las áreas afectadas por la perforación, sino por actividades conexas, como aquellas afectadas por vías, las impactadas por la colocación de baños o almacenes temporales.

Se constató que las áreas rehabilitadas estaban siendo repobladas por vegetación, tanto de especies forrajeras como otras nativas de los géneros *Jarava*, *Astragalus* L. y *Calceolaria* L., que crecieron oportunamente, todo esto dentro del marco cronológico preestablecido. La mejora evitó el gasto total de semilla introducida, las que revirtieron a la comunidad, quienes la emplearon para resembrar zonas de pastoreo. Cabe señalar que el excedente de semilla producida se dio tanto por la compra programada, que proyectaba un gasto mayor de semillas al real, así como la reclamación espontánea de las áreas menos afectadas por las plantas circundantes (*Jarava*, *Astragalus* y *Calceolaria*) así como el probable crecimiento de propágulos en el suelo de préstamo usado para la resiembra, proveniente del mismo ecosistema, aunque de áreas alejadas de los proyectos en sí.

Debido a que se ha introducido semilla exótica para forrajeo, la empresa minera, a través del área de Relaciones Comunitarias, se comprometió a hacer seguimiento para capacitar a los caseríos involucrados en el adecuado manejo de las áreas afectadas donde no se ha utilizado plantines nativos para resiembra.

Cabe mencionar que, como supervisor, el autor no tuvo acceso a las cantidades totales que la empresa minera contratante compró de semillas, suelo orgánico y abono. Sin embargo, al fin del trabajo, se entregó a la comunidad 3750 kg de abono, 30 de semilla de trébol y 150 kg de semillas de gramíneas en total, lo que podría sugerir un uso eficiente de los recursos.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS E IMPACTOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las metas se lograron dentro del periodo previsto por la minera que contrató a Chess Consulting & Project, con un excedente de semillas reportado con anterioridad. En tal sentido, queda claro que se contó con los recursos necesarios y aun así se dispuso de un excedente.

El beneficio económico principal fue para la comunidad del proyecto Antonio de Chuco, que recibió una cantidad significativa de recursos agrícolas gratuitamente, tras el beneficio económico principal que fue el alquiler de sus terrenos y la participación como mano de obra no calificada en ambos proyectos.

Sin embargo, el trabajo no estuvo exento de dificultades, principalmente sociales, lo que interrumpía las labores esporádicamente, así mismo, el personal de enlace con la minera no siempre atendía las necesidades del proyecto a la velocidad debida (por ejemplo, la compra de semilla y abono durante la campaña). Pese a todo, la rehabilitación fue exitosa.

En lo profesional, el autor aprendió a identificar empíricamente las señales de una planta trasplantada para poder determinar si esta estaba prosperando, algo que los trabajadores del pueblo hacían sin problema. Asimismo, algunos aspectos de evaluación edafológica (pH, composición mineral, compactación) fueron refinados a partir del conocimiento básico obtenido durante la formación universitaria.

Sin embargo, uno de los aspectos más importantes fue el aprendizaje social que tuvo el autor. Como científicos, los egresados de esta carrera solemos pronto pasar por alto, si no de plano despreciar, los conocimientos y las creencias tradicionales de las comunidades con las que se trabaja. Si bien es cierto que las creencias y supersticiones no son parte del quehacer científico, es importante respetarlas para poder interactuar con las comunidades que reciben nuestro trabajo. Eso sin contar con los conocimientos etnobotánicos que las comunidades comparten libremente con quien se muestra interesado y respetuoso.

En tal sentido, la formación universitaria que el autor recibió en la universidad fue suficiente para su desempeño profesional. Sin embargo, se sugiere incorporar cursos de evaluación

ambiental (sobre todo de componentes abióticos), de rehabilitación y restauración ecológica, así como proveer oportunidades de aprender a evaluar el suelo, componente fundamental de los ecosistemas, como ya se ha demostrado varias veces a lo largo del presente trabajo.

Asimismo, se sugiere incorporar cursos o capítulos que tengan que ver con el manejo de especies exóticas, sobre todo aquellas que puedan tener importancia económica, tales como las plantas de forrajeo.

Finalmente, el autor desea destacar la importancia del apoyo a la labor académica en su trabajo. Chess Consulting & Project dio los recursos y el tiempo necesarios para su investigación taxonómica, lo que permitió que el autor publicara artículos en sistemática de criptógamas e historia de la botánica en revistas científicas y de difusión (Anexo 2), fuera elegido como parte del comité editorial de una revista científica y participara como contribuyente de la base de datos AlgaeBase. El fomentar la participación en actividades académicas debe ser la piedra angular de la formación de los estudiantes en sus últimos años, lo que permitirá crear toda una cultura de investigación en los centros de trabajo donde estos laboren.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia AFP. (20 de Agosto de 2020). Minería puede ser el salvavidas para economía peruana en recesión. *Gestión*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2020, de <https://gestion.pe/economia/mineria-puede-ser-el-salvavidas-para-economia-peruana-en-recesion-noticia/>
- Ahirwal, J., & Chandra Pandey, V. (2020). Ecological rehabilitation of mine-degraded land for sustainable environmental development in emerging nations. *Restoration Ecology*, (en prensa).
- Alonso, A., & Dallmeier, F. (Edits.). (1998). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru. Cashiriari-3 Well Site and the Camisea and Uruamba Rivers* (Vol. 2). Wáshington, D. C.: Smithsonian Institution.
- Alonso, A., & Dallmeier, F. (Edits.). (1999). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Peru. Pagoreni Well Site: Assessment and Training* (Vol. 3). Wáshington, D. C.: Smithsonian Institution.
- Baker, S., & Eckerberg, K. (2016). Ecological restoration success: a policy analysis. *Restoration Ecology*, 24(3), 284-290.
- Balaguer, L., Escudero, A., Martín-Duque, J. F., Mola, I., & Aronson, J. (2014). The historical reference in restoration ecology: Re-defining a cornerstone concept. *Biological Conservation*, 176, 12-20.
- Bandyopadhyay, S., & Kumar Maiti, S. (2019). Evaluation of ecological restoration success in mining-degraded lands. *Environmental Quality Management*, 29(1), 89-100.
- Barbosa, R. S., Pereira, G. F., Ribeiro, S. S., Hage, A. L., Costa, G. F., Salomão, R. P., & Schwartz, G. (2021). Key species selection for forest restoration after bauxite mining in the Eastern Amazon. *Ecological Engineering*, 162, 106190.
- Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., . . . Nyström, M. (2003). Reserves, Resilience and Dynamic Landscapes. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32(6), 389-396.

- Bradshaw, A. (1997). Restoration of mined lands—using natural processes. *Ecological Engineering*, 8(4), 255-269.
- Brand, F. (2009). Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics*, 68(3), 605-612.
- Campbell, F. C. (2008). *Elements of Metallurgy and Engineering Alloys*. Russell: ASM International.
- Chappuis, M. (2019). Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú. *Medio Ambiente y Desarrollo*(168), 1-46.
- Cleland, E. E., Larios, L., & Suding, K. N. (2012). Strengthening Invasion Filters to Reassemble Native Plant Communities: Soil Resources and Phenological Overlap. *Restoration Ecology*, 21(3), 290-298.
- Clements, F. E. (1916). *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Washington: Carnegie Institution of Washington Publication Sciences.
- Constanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., . . . van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Cooke, J. A., & Johnson, M. S. (2002). Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: A review of theory and practice. *Environmental Reviews*, 10(1), 41-71.
- Crutsinger, G. M., Collins, M. D., Fordyce, J. A., Gompert, Z., Nice, C. C., & Sanders, N. J. (2006). Plant Genotypic Diversity Predicts Community Structure and Governs an Ecosystem Process. *Science*, 313, 966-968.
- Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P. R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., . . . Woodwell, G. M. (1997). Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology*(2), 1-16.
- Dammert Lira, A., & Molinelli Aristondo, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Osinergmin. Lima: Osinergmin.
- Decreto Supremo N° 042-2017-EM. (22 de Diciembre de 2017). Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera. *El Peruano*. Lima, Perú.

- Farfán Jiménez, A., & Hurtado Huamán, F. (1996). *Las Quemadas e Incendios de Formaciones Vegetales en la Región Inka: los Casos de los Valles de Paucartambo, la Convención y Yanatile*. Cuzco: Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente.
- Farfán, R., & Farfán, E. (2012). *Producción de Pasturas Cultivadas y Manejo de Pastos Naturales Altoandinos*. Moquegua: INIA-Gobierno Regional de Moquegua.
- Firn, J., MacDougall, A. S., Schmidt, S., & Buckley, Y. M. (2010). Early emergence and resource availability can competitively favour natives over a functionally similar invader. *Oecology*, 163, 775-784.
- Folke, C., Berkes, F., & Colding, J. (1998). *Linking Social and Ecological Systems: Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *AMBIO: A Journal of the Human Environment VOL*, 31(5), 437-440.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557-581.
- Galán de Mera, A., Vicente Orellana, J. A., & Linares Perea, E. (2008). Flora, paisajes y vegetación en América del Sur. *Comunicación Técnica* (págs. 1-22). Madrid: Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible.
- Gibbs, M. T. (2009). Resilience: What is it and what does it mean for marine policymakers? *Marine Policy*, 33(2), 322-331.
- Gunderson, L. G. (2000). Ecological Resilience—In Theory and Application. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31, 425-439.
- Gutiérrez-Rosati, A. (2006). *¿Qué lenguaje debemos hablar con las montañas?* Lima: Asociación Desarrollo Medio Ambiental Sustentable.
- Harris, J. A. (2003). Measurements of the soil microbial community for estimating the success of restoration. *European Journal of Soil Science*, 54(4), 801-808.

- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(3), 425-439.
- Huamaní Paliza, F. (2017). *Paisajes culturales en América Latina*. Lima: Ministerio de Cultura.
- Józefowska, A., Woś, B., Pietrzykowski, M., & Schlaghamerský, J. (2020). Colonisation by enchytraeids as a suitable indicator of successful biological reclamation of post-mining technosols using alders. *Applied Soil Ecology*, 145, 103300.
- Kalamandeen, M., Gloor, E., Johnson, I., Agard, S., Katow, M., Vanbrooke, A., . . . Galbraith, D. (2020). Limited biomass recovery from gold mining in Amazonian forests. *Journal of Applied Ecology*, 57(9), 1730-1740.
- Kaneda, S., Angst, Š., & Frouz, J. (2020). Development of Nutrient Uptake by Understory Plant *Arrhenatherum elatius* and Microbial Biomass during Primary Succession of Forest Soils in Post-Mining Land. *Forests*, 11(2), 247.
- Kardol, P. (2007). *Plant and soil community assembly in secondary succession on ex-arable land*. Wageningen: Wageningen University.
- Koch, J. M. (2007). Alcoa's Mining and Restoration Process in South Western Australia. *Restoration Ecology*, 15(s4), S11-S16.
- Lackey, R. T. (2004). Societal values and the proper role of restoration ecologists. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(1), 45-46.
- Levanets, A., & Guiry, M.D. (2021). Validation of desmid names (*Desmidiaceae*, *Zygnematophyceae*) described by G.A. Prowse from Malaysia and Singapore. *Notulae Algarum*, 193, 1-3.
- Machado, A. (2001a). Restauración ecológica: una introducción al concepto (I). *Medio Ambiente Canarias*, 21, 31-34.
- Machado, A. (2001b). Restauración ecológica: una introducción al concepto (y II). *Medio Ambiente Canarias*, 22, 28-32.
- Marjoribanks, R. (2010). *Geological Methods in Mineral Exploration and Mining*. Berlín: Springer.

- McDougall, A., Milner, R. N., Driscoll, D. A., & Smith, A. L. (2016). Restoration rocks: integrating abiotic and biotic habitat restoration to conserve threatened species and reduce fire fuel load. *Biodiversity and Conservation*, 25, 1529-1542.
- McIntosh, R. P. (1981). Succession and Ecological Theory. En D. C. West, H. H. Shugart, & D. B. Botkin, *Forest Succession* (págs. 10-23). Nueva York: Springer.
- McKay, J. K., Christian, C. E., Harrison, S., & Rice, K. J. (2005). “How Local Is Local?”— A Review of Practical and Conceptual Issues in the Genetics of Restoration. *Restoration Ecology*, 13(3), 432-440.
- Mellado, F. (2019). *Memorándum*. Lima: Lellingieria.
- MINEM [Ministerio de Energía y Minas]. (2020 de Noviembre de 2020). *Perú: País Minero*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: <http://mineria.minem.gob.pe/institucional/peru-pais-minero/>
- Mola, I., de Torre, R., & Sopeña, A. (2018). *Guía Práctica de Restauración Ecológica*. Madrid: Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica.
- Narayan Pandey, D., Chaubey, A. C., Gupta, A. K., & Vardhan, H. (2005). *Mine Spoil Restoration: A strategy combining rainwater harvesting and adaptation to random recurrence of droughts in Rajasthan*. Jaipur: International Network on Ethnobotany.
- Nesom, G. L. 2020. *Phaseolaster*, a replacement name for *Phaseolaria* Nesom (Asteraceae). *Phytoneuron*, 2020(93), 1.
- NRCS [Natural Resources Conservation Service]. (2006). *Final Watershed Plan and Areawide Environmental Impact Statement*. Massachusetts: USDA.
- Obura, D. O. (2005). Resilience and climate change: lessons from coral reefs and bleaching in the Western Indian Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63(3), 353-372.
- Ogle, P. R., & Redente, E. F. (1988). Plant Succession on Surface Mined Lands in the West. *Rangelands*, 10(1), 37-42.
- Onésimo, C. M., Dias, D. D., Beirão, M. V., Kozovits, A. R., & Messias, M. C. (2020). Ecological succession in areas degraded by bauxite mining indicates successful use of topsoil. *Restoration Ecology*, 29(1), e13303.

- Pachas Pérez, D. (2014). La Exploración Minera en el Perú: Un Breve Alcance sobre las Principales Autorizaciones para el Desarrollo de un Proyecto de Exploración en el Perú. *Derecho & Sociedad*, 42, 321-328.
- Peterson, G., Allen, C. R., & Holling, C. S. (1998). Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. *Ecosystems*, 1, 6-18.
- Picaud, F., & Petit, D. P. (2007). Primary succession of Orthoptera on mine tailings: role of vegetation. *Annales de la Société Entomologique de France*, 43(1), 69-79.
- Pokorny, M. L., Sheley, R. L., Zabinski, C. A., Engel, R. E., Svejcar, T. J., & Borkowski, J. J. (2005). Plant Functional Group Diversity as a Mechanism for Invasion Resistance. *Restoration Ecology*, 13(3), 448-459.
- Prach, K. (1987). Succession of vegetation on dumps from strip coal mining, N. W. Bohemia, Czechoslovakia. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 22, 339-354.
- Prach, K., & Tolvanen, A. (2016). How can we restore biodiversity and ecosystem services in mining and industrial sites? *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 13587-13590.
- Prach, K., & Walker, L. R. (2020). Mines. En K. Prach, & L. R. Walker, *Comparative Plant Succession among Terrestrial Biomes of the World* (págs. 202-218). Cambridge: Cambridge University Press.
- Prach, K., Řehouňková, K., Řehounek, J., & Konvalinková, P. (2011). Ecological Restoration of Central European Mining Sites: A Summary of a Multi-site Analysis. *Landscape Research*, 36(2), 263-268.
- Proética. (2019). *Riesgos de corrupción en el sector minero: informe Perú*. Lima: Proética.
- Rahmonov, O., Krzysztofik, R., Śródek, D., & Smolarek-Lach, J. (2020). Vegetation- and Environmental Changes on Non-Reclaimed Spoil Heaps in Southern Poland. *Biology*, 164, 164.
- Resolución Ministerial 448-2020-MINSA. (1 de Julio de 2020). Lineamientos para la vigilancia, prevención y control de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a COVID-19. *El Peruano*. Lima, Perú.
- Rowe, H. I. (2010). Tricks of the Trade: Techniques and Opinions from 38 Experts in Tallgrass Prairie Restoration. *Restoration Ecology*, 18(S2), 253-262.

- Ruiz-Jaén, M. C., & Mitchell Aide, T. (2005). Restoration Success: How Is It Being Measured? *Restoration Ecology*, 13(3), 569-577.
- Šálek, M. (2012). Spontaneous succession on opencast mining sites: implications for bird biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1417-1425.
- Sandell Festin, E., Tigabu, M., Chileshe, M. N., Syampungani, S., & Christer Odén, P. (2019). Progresses in restoration of post-mining landscape in Africa. *Journal of Forestry Research*, 30, 381-396.
- Scheffer, M. (2009). *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton: Princeton University Press.
- Schleifer, M. (1993). Las especies nativas y la deforestación en los Andes. Una visión histórica, social y cultural en Cochabamba, Bolivia. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 22(2), 585-610.
- Science Encyclopedia. (7 de 11 de 2020). *Restoration Ecology. Some Successful Examples Of Restoration Ecology*. Obtenido de Science Encyclopedia: <https://science.jrank.org/pages/5851/Restoration-Ecology-Some-successful-examples-restoration-ecology.html>
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). (2018). *Lineamientos para la Restauración de Ecosistemas Forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre aprobado mediante R.D.E N° 083-2018-MINAGRI-SERFOR-DE*, Lima, Perú. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Siyan, Z., Fu, C., Xiaoxiao, L., Zhanbin, L., & Shaojin, H. (2018). Rethinking the Ecological Restoration of Mining Areas from the Perspective of Rural Revitalization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 392, 042035.
- Tiempo Minero. (4 de Marzo de 2020). *Perú: Inversión en exploración minera aumentó en el 2019*. Obtenido de Tiempo Minero: <https://camiper.com/tiempominero/peru-inversion-en-exploracion-minera-aumento-en-el-2019>
- Tilman, D. (1999). Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(11), 5995-6000.

- U.S. Department of the Interior. (2013). Mitigation, Reclamation, Restoration and Recovery. En U. D. Interior, *Economic Report FY 2012* (págs. 73-80). Washington, D. C.: U.S. Department of the Interior.
- Wali, M. K. (1999). Ecological succession and the rehabilitation of disturbed terrestrial ecosystems. *Plant and Soil*, 213, 195-220.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, Adaptability and Transformability in Social–ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5[1-9].
- Yao, H., Ma, J., Fan, Y., Chen, X., & Tian, M. (2019). Assessing the naturalness of a restored coal mine area on the Loess Plateau, China. *PLoS ONE*, 14(7), e0219447.

VII. ANEXOS

Anexo 1: MATERIAL FOTOGRÁFICO



Foto 1: Trabajos de rehabilitación en La Capilla.



Foto 2: Trabajos de rehabilitación en Antonio de Chuco.



Foto 3: El autor (de azul) con su equipo de trabajo.



Foto 4: Labores de alcantarillado a favor de la comunidad.

Anexo 2: PUBLICACIONES DEL AUTOR BAJO LOS AUSPICIOS DE CHESS CONSULTING & PROJECT

Las siguientes publicaciones fueron hechas con el apoyo de la empresa del autor, y se pueden encontrar libremente en la Red.

Mayta, L. & **Molinari-Novoa, E.A.** (2021). *Andicolea*, a replacement name for *Loricaria* (Compositae, Gnaphaliinae). *Plant and Fungal Systematics* 66(1), 48-52.

Vouilloud, A.A., **Molinari-Novoa, E.A.** & Guiry, M.D. (2021). Nomenclatural notes on algae. VII. *Stauroneis catalanorum*, a replacement name for *Stauroneis signata* Frenguelli (Ochrophyta, Stauroneidaceae). *Notulae Algarum* 199, 1-3.

Molinari-Novoa, E. (2021). Poorly known names authored by Antonio Raimondi. *Italian Botanist* 11, 63-76.

Molinari-Novoa, E.A. & Guiry, M.D. (2021). Nomenclatural notes on algae. VI. Validation or replacement of various algal names. *Notulae Algarum* 186, 1-6.

Molinari-Novoa, E.A. & Guiry, M.D. (2021). Nomenclatural notes on algae. V. New names for various algal taxa, mostly at the species rank. *Notulae Algarum*, 184, 1-17.

Molinari-Novoa, E.A. & Guiry, M.D. (2021). Nomenclatural notes on algae. IV. Further replacement names for various algal taxa. *Notulae Algarum*, 183, 1-10.

Molinari-Novoa, E.A. & Guiry, M.D. (2021). Nomenclatural notes on algae. III. Further replacement names for various algal taxa. *Notulae Algarum*, 179, 1-7.

Ponce Quintana, D.I., Guiry, M.D. & **Molinari-Novoa, E.A.** (2021). Nomenclatural notes on algae. II. Replacement names for some diatoms. *Notulae Algarum*, 178, 1-3.

Molinari-Novoa, E.A., Mayta, L.F., Sánchez Ocharan, C.E. & Guiry, M.D. (2021). Nomenclatural notes on algae. I. Replacement names for various algal taxa. *Notulae Algarum*, 177, 1-9.

Molinari-Novoa, E.A. & Guiry, M.D. (2021). Transfer of *Cystoseira rayssiae* Ramon to *Gongolaria* Boehmer. *Notulae Algarum*, 174, 1.

Singh, D.K., Majumdar, S., Singh, D. & **Novoa, E.A.M.** (2020). *Ramudaria* – A New Name for *Udaria* (Lophocoleaceae, Marchantiophyta). *Indian Journal of Forestry*, 43(29), 190-191.

Molinari-Novoa, E.A. & Guiry, M.D. (2020). Reinstatement of the genera *Gongolaria* Boehmer and *Ericaria* Stackhouse (*Sargassaceae*, *Phaeophyceae*). *Notulae Algarum*, 172, 1-10.

Molinari-Novoa, E.A. & Guiry, M.D. (2020). *Flintia*, gen. nov. a replacement genus name for the invalid genus name *Parallela* E.A.Flint (*Microsporaceae*, *Chlorophyceae*). *Notulae Algarum*, 168, 1-3.

Molinari-Novoa, E.A.; Guiry, M.D. & Williams, D.M. (2020). Algal generic names honouring Johannes Claudius Tempère (1846-1926). *Notulae Algarum*, 164, 1-4.

Sierra, R. & **Molinari-Novoa, E.A. (2020).** *Neoechinodiscus*, a new name for *Echinodiscus* Etayo & Diederich (lichenicolous Helotiales). *Opuscula Philolichenum*, 19, 172-173.

Molinari-Novoa, E.A. (2020). Pedro Pena, ¿un botánico sefardí? *eSefarad*, 97560.

Adicionalmente, y gracias al soporte de Chess Consulting & Project, el autor es contribuyente de AlgaeBase, parte del comité editorial de *Notulae Algarum* (ISSN 2009-8987), ha actuado como revisor ScienceOpen (DOI: 10.14293/S2199-1006.1.SOR-LIFE.APBI9QN.v1.RTUATK) y para otras revistas (*cf.* Nesom, 2020; Levanets & Guiry, 2021) y ha participado en eventos académicos como ponente o asistente.

VIII. ASEGURAMIENTO

El autor declara que todos los datos derivados de la empresa se han utilizado con la autorización del representante legal.



Chess Consulting & Project S.A.C.
RUC 20603584725

CERTIFICADO DE TRABAJO

El Sr. **Frank Astete Flor**, Identificado con DNI N° 43050007, Gerente General de la empresa **CHES Consulting & Project S.A.C.**, con RUC **20603584725**.

CERTIFICA QUE:

El Sr. Dn. **Eduardo Antonio Molinari Novoa**, identificado con el número de pasaporte **117062532**, labora en nuestra empresa como **Supervisor de Medio Ambiente** desde el 27 de diciembre de 2019 hasta la actualidad, y cuenta con los permisos necesarios de nuestra empresa para la realización de su Trabajo Profesional.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Lima, 9 de abril de 2021

Atentamente.



Dirección: Calle Botoneros 203 int 101- Las Gardenias – Santiago de Surco – Lima
Celular: 987 783 200

