

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



“EFICIENCIA DEL MÉTODO ECOLÓGICO SIN MERCURIO
RESPECTO AL TRADICIONAL CON MERCURIO EN LA
EXTRACCIÓN DE ORO EN MINERÍA ARTESANAL EN OLLACHEA
– PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. RUTH GABRIELA LEÓN BANEGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



EFICIENCIA DEL MÉTODO ECOLÓGICO SIN MERCURIO RESPECTO AL
TRADICIONAL CON MERCURIO EN LA EXTRACCIÓN DE ORO EN MINERÍA
ARTESANAL EN OLLACHEA - PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Br. RUTH GABRIELA LEÓN BANEGAS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21-12-2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

M.Sc. Eva Laura Chauca de Meza

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. Wilfredo Parra Valdivia

SEGUNDO MIEMBRO

:

Mg. Dante Mamani Sairitupac

DIRECTOR / ASESOR

:

Mg. Martha Elizabeth Aparicio Saavedra

ÁREA: Ciencias Biomédicas

LÍNEA: Gestión Ambiental

TEMA: Política Ambiental

DEDICATORIA

A Dios, quien ha forjado mi destino y me ha dirigido por el sendero correcto, por permitirme llegar hasta este gran paso, además haberme dado salud, valor para llegar a mis propósitos y por haber puesto en mi camino personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el transcurso de la presente investigación.

A mis padres Graviela Banegas Palacios y Maximiliano León Tuero, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad y por gran apoyo brindado durante en el transcurso para poder cumplir en concluir mi carrera profesional.

RECONOCIMIENTO Y AGRADECIMIENTOS

Al Center for Research in Environmental Health (CREEH Perú), el cual lidera el Programa Mercurio cero en el Perú y promueve un método ecológico libre de mercurio para la obtención de oro en la minería a pequeña escala, Organización que me brindo los recursos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la presente tesis desde la elaboración del perfil de la tesis hasta la culminación de la investigación.

A los socios y aliados de CREEH Perú, para la ejecución de la tesis desde su planteamiento hasta la culminación de la investigación.

Al Dr. Johny Ponce Canchihuamán y la Lic. Eda Palacios La Torre por su asesoría desde la elaboración del perfil, en la proyección, desarrollo y culminación de la investigación.

Al Equipo Técnico de CREEH Perú, por el asesoramiento para la implementación de la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, por abrirme sus puertas para tener una formación profesional en la Facultad de Ciencias Biológicas. A todos los docentes que fueron parte durante el proceso y culminación de mi carrera.

A Mg. Martha Elizabeth Aparicio Saavedra, directora de tesis, por el apoyo y sugerencias durante el planteamiento y ejecución de la presente investigación de tesis.

A los miembros del jurado: M.Sc. Eva Laura Chauca de Meza, M.Sc. Wilfredo Parra Valdivia y Mg. Dante Mamani Sairitupac; por los aportes de conocimiento a este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	16
ABSTRACT	17
I. INTRODUCCIÓN	18
II. REVISIÓN DE LITERATURA	20
2.1. ANTECEDENTES.....	20
2.2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.2.1. Oro.....	22
2.2.2. Actividad minera	23
2.2.3. Minería en América Latina.....	24
2.2.4. Minería artesanal aurífera en Perú.....	27
2.2.5. Mercurio	31
2.2.6. Minería sostenible	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	43
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.4. MÉTODOS	44
3.4.1. Evaluación de indicadores generales de eficiencia: económico, ambiental y social, para el proceso de obtención de oro con el método ecológico sin mercurio y tradicional con mercurio	44
3.4.2. Evaluación de indicadores específicos de eficiencia: caudal, tiempo, recurso humano, uso de bórax, uso de mercurio, oro obtenido y costos, para el proceso de obtención de oro con el método ecológico sin mercurio y tradicional con mercurio.....	49
3.4.3. Evaluación de percepción de los mineros y población de Ollachea respecto al Método Ecológico para la obtención de oro.	52

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. INDICADORES GENERALES DE EFICIENCIA: ECONÓMICO, AMBIENTAL Y SOCIAL, PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORO CON EL MÉTODO ECOLÓGICO SIN MERCURIO Y TRADICIONAL CON MERCURIO.....	53
4.1.1. Indicadores Generales del Método Tradicional en la Comunidad Minera... 53	
4.1.2. Indicadores Generales del Método Tradicional en el distrito de Ollachea... 58	
4.1.3. Indicadores Generales del Método Ecológico respecto al Tradicional. 62	
4.2. INDICADORES ESPECÍFICOS DE EFICIENCIA: CAUDAL, TIEMPO, RECURSO HUMANO, USO DE BÓRAX, USO DE MERCURIO, ORO OBTENIDO Y COSTOS, PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORO CON EL MÉTODO ECOLÓGICO SIN MERCURIO Y TRADICIONAL CON MERCURIO.....	66
4.2.1. Indicador Caudal en el Método Ecológico y Tradicional..... 66	
4.2.2. Indicador Tiempo en el Método Ecológico y Tradicional..... 67	
4.2.3. Indicador Recurso Humano en el Método Ecológico y Tradicional. 67	
4.2.4. Indicador Uso de Mercurio en el Método Ecológico y Tradicional..... 68	
4.2.5. Uso de Bórax en el Método Ecológico y Tradicional. 69	
4.2.6. Indicador Oro Obtenido en el Método Ecológico y Tradicional. 70	
4.2.7. Indicador Costo en el Método Ecológico y Tradicional..... 71	
4.3. EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN DE LOS MINEROS Y POBLACIÓN DE OLLACHEA RESPECTO AL USO DEL MÉTODO ECOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE ORO.....	74
4.3.1. Comunidad Minera..... 74	
4.3.2. Población de Ollachea 75	
V. CONCLUSIONES	78
VI. RECOMENDACIONES	79
VII. REFERENCIAS	80
ANEXOS	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del mercurio a nivel global.	34
Figura 2. Consumo mundial de mercurio en diferentes sectores productivos durante 2000 a 2005.	35
Figura 3. Comparación del Indicador Específico Caudal del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	66
Figura 4. Comparación del Indicador Específico Tiempo del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017 .RED.	67
Figura 5. Comparación del Indicador Específico Recurso Humano del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	68
Figura 6. Comparación del Indicador Específico Uso de Mercurio del Método Ecológico respecto al tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	69
Figura 7. Comparación del Indicador Específico Uso de Bórax del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	70
Figura 8. Comparación del Indicador Específico Oro Obtenido del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	71
Figura 9. Comparación del Indicador Específico Costo del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	71
Figura 10. Comparación de Indicadores Específicos del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	73

Figura 11. Percepción sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	74
Figura 12. Percepción de beneficio sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	75
Figura 13. Percepción sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	76
Figura 14. Percepción de beneficio sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea) , durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	77
Figura 15. Proceso molienda del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	95
Figura 16. Proceso deslame del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	95
Figura 17. Proceso lavado de alfombra fieltro del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	96
Figura 18. Proceso paneo del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	96
Figura 19. Proceso de fundición, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	97
Figura 20. Proceso obtención de oro ecológico sin mercurio, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	97
Figura 21. Proceso molienda del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	98
Figura 22. Proceso Quimbalete del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	98
Figura 23. Proceso liquidación del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	99
Figura 24. Proceso lavado del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	99
Figura 25. Proceso ahorcado del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.....	100

Figura 26. Proceso oro amalgamado con mercurio del MT, desarrollado en la
Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017..... 100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Importancia de la minería en países de América Latina y el Caribe en el 2010.	25
Tabla 2. Participación mundial de producción minera de los países de América Latina y el Caribe en el 2010.	26
Tabla 3. Evaluación de contribución del Producto Bruto Interno (PBI) de Perú 2011.	27
Tabla 4. Indicadores Económicos de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	46
Tabla 5. Indicadores Ambientales de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	47
Tabla 6. Indicadores Sociales de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	48
Tabla 7. Indicadores Específicos de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	51
Tabla 8. Indicador Económico de Rentabilidad (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	53
Tabla 9. Indicador Económico de Recursos (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	54
Tabla 10. Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	55
Tabla 11. Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	55

Tabla 12. Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	56
Tabla 13. Indicador Social de Seguridad y la Salud Ocupacional (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	57
Tabla 14. Indicador Social de Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	57
Tabla 15. Indicador Económico de Rentabilidad (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	58
Tabla 16. Indicador Económico de Recursos (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	59
Tabla 17. Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	59
Tabla 18. Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	60
Tabla 19. Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017. 4.1.2.3. Indicadores Sociales del Método Tradicional en el distrito de Ollachea.	61
Tabla 20. Indicador Social de Seguridad y la Salud Ocupacional (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.	61
Tabla 21. Indicador Social de Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea,	62
Tabla 22. Valoración de Indicadores Generales del ME y MT.	62
Tabla 23. Valoración de Indicadores Económicos del ME y MT.	63
Tabla 24. Valoración de Indicadores Ambientales del ME y MT.	64
Tabla 25. Valoración de Indicadores Sociales del ME y MT.	65

Tabla 26. Valoración de Indicadores Específicos del ME y MT.....	72
Tabla 27. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Rentabilidad (Comunidad Minera).	101
Tabla 28. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Recursos (Comunidad Minera).	101
Tabla 29. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Comunidad Minera).	101
Tabla 30. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Comunidad Minera).	101
Tabla 31. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Comunidad Minera).	101
Tabla 32. Análisis de frecuencia de indicador social de seguridad y la salud ocupacional (Comunidad Minera).	102
Tabla 33. Análisis de frecuencia de Indicador Social de Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública (Comunidad Minera).	102
Tabla 34. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Rentabilidad (Distrito Ollachea).....	102
Tabla 35. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Recursos (Distrito Ollachea).....	102
Tabla 36. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Distrito Ollachea).	102
Tabla 37. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Distrito Ollachea).	102
Tabla 38. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Distrito Ollachea).	103
Tabla 39. Análisis de frecuencia de Indicador Social de Seguridad y la Salud Ocupacional (Distrito Ollachea).	103
Tabla 40. Análisis de frecuencia de indicador social de aceptabilidad de la minería por la opinión pública (Distrito Ollachea).	103
Tabla 41. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Caudal en los Métodos Ecológico y Tradicional.	103
Tabla 42. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Específico Tiempo en los Métodos Ecológico y Tradicional.	104

Tabla 43. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Recurso Humano en los Métodos Ecológico y Tradicional.	104
Tabla 44. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Uso de Mercurio en los Métodos Ecológico y Tradicional.	104
Tabla 45. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Uso de Bórax en los Métodos Ecológico y Tradicional.	105
Tabla 46. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Oro Obtenido en los Métodos Ecológico y Tradicional.	105
Tabla 47. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Costo en los Métodos Ecológico y Tradicional.	105
Tabla 48. Análisis de varianza y comparación con Tukey de Indicadores Especificos de los Métodos Ecológico y Tradicional.	106
Tabla 49. Análisis de frecuencia de la Percepción sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera).	106
Tabla 50. Análisis de frecuencia de la Percepción de Beneficio sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera).	106
Tabla 51. Análisis de frecuencia de la Percepción sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea).	106
Tabla 52. Análisis de frecuencia de la Percepción de Beneficio sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea).	107

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C	Grados Celsius
FR	Frecuencia Relativa
FA	Frecuencia Absoluta
g	Gramo
GM	Gran Minería
Hg	Mercurio
Hg(0)	Mercurio elemental o metálico
Hg(II) - Hg(I)	Mercurio oxidado
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
Kg	Kilogramo
LMP	Límite Máximo Permisible
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
MA	Minería Artesanal
ME	Método Ecológico
MM	Mediana Minería
MT	Método Tradicional
PBI	Producto Bruto Interno
PM	Pequeña Minería
PML	Producción Más Limpia
SEIA	El Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental
T	Tonelada
TM	Tonelada Métrica
UIT	Unidad Impositiva Tributaria

RESUMEN

Se consideró al distrito de Ollachea para llevar a cabo la investigación, teniendo en cuenta que tiene como principal actividad económica la minería artesanal (MA) con uso de mercurio (Hg), durante Agosto a Octubre del 2017. El método ecológico (ME) en la obtención de oro es una alternativa amigable para la salud y ambiente. Se plantearon tres objetivos: 1) Evaluar indicadores generales de eficiencia: económico, ambiental y social, para el proceso de obtención de oro empleando el ME y método tradicional (MT) en minera artesanal. 2) Evaluar indicadores específicos de eficiencia del ME respecto al tradicional: caudal, tiempo, recurso humano, uso de bórax, uso de mercurio, oro obtenido y costos, para el proceso de obtención de oro en MA. 3) Evaluar la percepción de los mineros y población de Ollachea respecto al ME. Las evaluaciones de indicadores generales están en marco de minería sostenible, para lo cual se realizaron encuestas. Los datos de indicadores específicos fueron tomados durante demostraciones. La percepción del ME fue incluida en encuestas. Las comparaciones entre los indicadores estuvieron estandarizadas en escala de 0 – 100 y factor de ponderación 0 – 1. En los resultados, los indicadores generales: MT presentó $V=33$, se basaron en FR y FA; mientras que, el ME $V=100$; en indicadores específicos el ME $V=85.71$ y MT $V=42.85$. Prueba Tukey ($P \leq 0.05$) comparación de medias (\bar{x}), en caudal ($P=0.0003$) ME $\bar{x}=0.53$ L/s y MT $\bar{x}=0.03$ L/s, tiempo ($P=0.0238$) ME $\bar{x}=1.58$ h y MT $\bar{x}=4.34$ h, recurso humano ($P=0.9999$) ME $\bar{x}=2$ y MT $\bar{x}=2$, uso de Hg ($P=0.0047$) ME $\bar{x}=0$ y MT $\bar{x}=34.80$ g, uso bórax ($P=0.0036$) ME $\bar{x}=3.17$ g y MT $\bar{x}=0$, oro obtenido ($P=0.8856$) ME $\bar{x}=3.17$ g y MT $\bar{x}=3.36$ g, costos ($P=0.0039$) ME $\bar{x}=S/.3183$ y MT $\bar{x}=S/.4836$. El 91% de población no dedicada a la minera y el 94% de la Comunidad Minera consideran al ME una alternativa que permitirá promover acciones en la mejora de la calidad ambiental y por ende la salud de la población de Ollachea.

Palabras claves: Eficiencia, mercurio, minería artesanal, oro.

ABSTRACT

It was found in the district of Ollachea to carry out the research, taking into account that its main economic activity is artisanal mining (MA) with mercury (Hg) use, during August to October 2017. The ecological method (ME) Obtaining gold is a friendly alternative for health and the environment. Three objectives were proposed: 1) Evaluate general efficiency indicators: economic, environmental and social, for the process of obtaining gold using the ME and traditional method (MT) in artisanal mining. 2) Evaluate specific indicators of efficiency of the ME compared to the traditional: flow, time, human resources, use of borax, use of mercury, gold obtained and costs for the process of obtaining gold in MA. 3) Evaluate the perception of the miners and the population of Ollachea regarding ME. The evaluations of the general indicators are within the framework of a sustainable mining, for which surveys were obtained. The data of specific indicators were taken during demonstrations. The perception of ME was included in surveys. The comparisons between the indicators were standardized on a scale of 0 to 100 and weighting factor 0 - 1. In the results, the general indicators: MT presented $V=33$, were based on FR and FA; whereas, the ME $V=100$; in specific indicators ME $V=85.71$ and MT $V=42.85$. Tukey test ($P \leq 0.05$) comparison of means (\bar{X}), in flow rate ($P=0.0003$) $\bar{X}=0.53$ L/s and MT $\bar{X}=0.03$, time ($P=0.0238$) ME $\bar{X}=1.58$ h and MT $\bar{X}=4.34$ h, human resource ($P=0.9999$) ME $\bar{X}=2$ and MT $\bar{X}=2$, use of Hg ($P=0.0047$) ME $\bar{X}=0$ and MT $\bar{X}=34.80$ g, use borax ($P=0.0036$) ME $\bar{X}=3.17$ g and MT $\bar{X}=0$, gold obtained ($P=0.8856$) ME $\bar{X}=3.17$ g and MT $\bar{X}=3.36$ g and costs ($P=0.0039$) ME $\bar{X}=S/.3183$ and MT $\bar{X}=S/.4836$. 91% of the population is not dedicated to mining and 94% of the Mining Community considers that ME AL alternative that admits actions in the improvement of environmental quality and for the health of the population of Ollachea.

Keywords: Efficiency, mercury, artisanal mining, gold.

I. INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades económicas más antiguas de la humanidad, no es por nada que se clasifican las épocas prehistóricas según los minerales utilizados: Edad de Piedra, Edad de Bronce, Edad de Hierro. La actividad minera a nivel mundial se desarrolla con diferentes dimensiones; estas son funcionalmente tres: gran minería (GM), mediana minería (MM) y pequeña minería (PM) o minería artesanal (MA). La MA se desarrolla especialmente en los países en desarrollo como el Perú, en el cual usan gran cantidad de Hg para la obtención de oro. La contaminación con Hg del aire, agua, sedimentos y peces, es consecuencia de las prácticas inadecuadas utilizadas por la minería ilegal e informal durante la extracción y beneficio del oro aluvial.

La contaminación de los cursos de agua durante el desarrollo de actividades mineras, causa daños a la flora y fauna del cuerpo de agua, o resultan no aptas para otros usos, como el riego de campos agrícolas; las concentraciones de Hg en los peces usualmente exceden en gran medida las concentraciones en el agua donde viven. El Hg no es naturalmente encontrado en la flora, pero este puede estar presente en alimentos, así como puede ser expandido en cadenas tróficas. Tanto el Hg líquido, como el vapor condensado con vapores incoloros e inodoros terminan en los cursos de agua y por acción de los microorganismos acuáticos se transforman en compuestos altamente tóxicos como el metilmercurio, que es fácilmente absorbido a través de la piel, vía respiratoria y vía gastrointestinal.

El Hg llega a perjudicar a la salud humana por tres medios: vapores, ingesta de agua o alimentos contaminados y de manera dérmica. Cuando los vapores logran ingresar al cuerpo dañan los pulmones y causa daños cerebrales, los vapores más concentrados se eliminan durante el proceso de quemado del oro amalgamado. El consumo de alimentos que tienen contacto con el Hg, tales como, peces, productos agrícolas y consumo de agua. Durante el proceso de lavado y amalgamación, se tiene contacto directo con la piel, ocasionando que el Hg logre ingresar por vía dérmica.

El ME para la obtención de oro, está basado en una práctica amigable para el ambiente y salud, con desarrollo de minería sostenible, basada en sus tres aspectos: económico, ambiental y social. Los instrumentos necesarios para la obtención de oro son accesibles económicamente, además, el producto cuenta con un valor agregado, al ser libre de

mercurio. En el aspecto ambiental, evita el uso del Hg, el cual es empleado para la fusión del metal precioso. El ME es un proceso gravimétrico empleando el bórax, omite el empleo de Hg. En lo social, evita conflictos y enfrentamientos con la población, a causa de contaminación y destrucción de los recursos naturales, el ME logra mayor aceptación al ser una metodología amigable e impulsa el desarrollo de una minería sostenible.

En la región Puno la minería informal e ilegal es un problema relevante, que contraviene los derechos de poblaciones causando protestas por los impactos negativos ambientales y sociales; sin embargo, es una actividad que sustenta la economía de la región de Puno.

La población del distrito de Ollachea desarrolla como principal actividad económica a la actividad minera artesanal, actualmente utilizan Hg para procesar el mineral, a menudo en condiciones de inseguridad y peligro para el ambiente y salud. Entonces, los mineros de Ollachea al cambiar la metodología con uso del Hg por una metodología amigable, que protege la biodiversidad, conserva medios de vida y ambientes

Respecto a lo mencionado, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general: Demostrar la eficiencia del método ecológico sin mercurio respecto al método tradicional con mercurio utilizados en la extracción en minería artesanal en el distrito de Ollachea - Puno.

Objetivos específicos:

- Evaluar indicadores generales de eficiencia: económico, ambiental y social, para el proceso de obtención de oro empleando el método ecológico y tradicional en minería artesanal en Ollachea - Puno.
- Evaluar indicadores específicos de eficiencia de método ecológico y tradicional: caudal, tiempo, recurso humano, uso de bórax, uso de mercurio, oro obtenido y costos, en el proceso de obtención de oro en minería artesanal en Ollachea - Puno.
- Evaluar percepción de los mineros y población de Ollachea respecto al uso del método ecológico para la obtención de oro en minería artesanal en Ollachea - Puno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

La producción minera a nivel mundial de Hg se valoró en 1,600 T en el 2012 (1), respecto a niveles de agua procedente de minerales de Hg puede también ser alta (superior a los 80 mg/L) y la contaminación atmosférica por la actividad industrial es inferior que la contaminación del agua a causa de procedimientos mineros (2); el cinabrio es la primordial mena de Hg, la recomposición de Hg a partir del cinabrio se logra por someter la masa a más de 500 °C y condensar emanación en vapores de: $\text{HgS} + \text{O}_2 = \text{Hg} + \text{SO}_2$. Zinc, estaño, arsénico, que están presentes de manera frecuente como impurezas, luego son extraídas con composiciones nitrosas para conseguir Hg en estado más puro (3,4).

En la región de Puno, el distrito de Ananea cuenta con una población aproximada de 25.000, los cuales están relacionados a la MA, informal y PM, causan la destrucción de ecosistemas y polución en la cuenca del río Ramis (5); el centro minero artesanal la Rinconada está ubicado a 5200 m.s.n.m, con 35.000 habitantes, el 83,3% se desempeñan en minería y el otro porcentaje al comercio (6); el Hg es usado por sencillez de empleo; durante la amalgamación existe perdidas, tanto en forma de Hg (0), como de gas (vapor de Hg) en la disgregación entre el oro y Hg (refogado), investigaciones han determinado las pérdidas de Hg en las etapas de amalgamación y refogado, 5 molinos y 6 quimbaletes, las pérdidas en los molinos oscila entre 5 y 8 g de Hg para recuperar 1 g de oro, y en el caso de los quimbaletes entre 5 y 16 g de Hg para recuperar 1 g de oro (7); así mismo, en Madre de Dios la arenilla es acumulada en contenedores y se aplica Hg para amalgamar; se utilizan 2.8 kg de Hg por un kg de oro, la amalgama está constituido de 60% de Hg y 40% de oro, es sometido a calor, el Hg se volatiliza y funde el oro, obtiene el oro refogado, el 76% de los mineros realiza esta actividad en sus campamentos y un 24% al aire libre (8).

Una opción para la extracción de oro es el ME, se ejecuta con molinos de agua, cajas, canaletas y una técnica manual mediante platos para separar el oro de la arenilla y finalmente la fundición con bórax (borato de sodio), se presenta bajo forma de cristales o como polvo blanco; el bórax tiene una densidad de 1.73, empieza a perder agua a 60 °C y la elimina totalmente a los 200 °C; funde a 75 °C, una vez fundido se deja solidificar, se eliminan restos y el oro se obtiene en botón (9); el cual, favorece el procedimiento de

unión formando una lámina que protege la formación de óxidos, disuelve los óxidos de plata, hierro, estaño, zinc, níquel (10).

En Bolivia una alternativa de recuperación mediante la explotación de yacimientos de tipo primario y secundario, fue realizada con equipo de diseño rústico como canaletas y bateas, la recuperación de oro con dicha práctica es favorable, por ejemplo, precios altos del oro en el mercado internacional 900\$us/OT (11); mientras que, en Estados Unidos los mineros artesanales extraen el mineral de más alta ley en forma manual, dejando aquel de más baja, para recuperar el mineral se produce en la planta de procesamiento, como la extracción con: picos, palas, lavado en canaletas y bateas, de fácil uso y bajo costo (12); no obstante, el desconocimiento de alternativas ajenas, resultan poco transparentes, las cuales limitan, postergan o condicionan mejoras tecnológicas; por ejemplo, el uso de retortas o la reconversión operacional a plantas con beneficio convencionales (13); una alternativa propuesta para la medición de la productividad dirigido en minería extractiva de oro consiste en la confrontación de costos, permitiendo abalzar posibles factores, etapas y desarrollo (14).

Durante los últimos años la actividad de extracción de minerales ha crecido de manera considerable en el mundo, ha generado inestabilidad por conflictos, en efecto, problemas de gobernabilidad y consecuencias económicas como sociales que pueden obstaculizar el desarrollo sostenible (15); en la cual, el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) es el encargado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales antropogénico; constituye temas de Certificación Ambiental, para lograr obtener permiso de ejecución, y Estudio de Impacto Ambiental (EIA), con la finalidad de determinar las condiciones existente y disposición del entorno, analizar el ecosistema y pronosticar los riesgos directos e indirectos, indicando las acciones de prevención y las de control (16).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Oro

Oro (Au) deriva del latín *Aurum*, es el primer metal noble que conoció el hombre, y desde ese primer instante ha generado interés, por utilización en monedas y usos decorativos; en el siglo XIX, el Au se recogía directamente de yacimientos, sin necesidad de ningún procedimiento de refinación (17); también está dispuesto de manera natural en las vetas de cuarzo y en depósitos de aluviones en estado libre o combinado, ocupa la posición 75 en abundancia de elementos en la corteza terrestre (18); por otro lado, la PM y MA de Au continúa siendo considerada rentable y socialmente sin aceptación en varios lugares donde se ha llevado a cabo, por lo que no es comprensible que se la desconozca como impulsor para el desarrollo (19).

2.2.1.1. Tipos de yacimientos de oro

A diferencia de otros minerales, el Au está presente generalmente en forma de pequeñas partículas, a pesar de encontrarse en estado metálico, no resulta apreciable a simple vista, lo que establece un grave problema para la ubicación de los yacimientos, así como para realizar una evaluación fiable; la alta densidad de este metal favorece también la existencia de pequeñas aglomeraciones auríferas naturales en la superficie terrestre, se distinguen dos tipos yacimientos de oro: primarios y secundarios; dependiendo a las condiciones geológicas de formación; el Au proveniente de los distintos tipos de yacimientos presenta por lo general unas distintas características geoquímicas que pueden acceder la distinción de sus orígenes (20).

A) Yacimientos primarios (en roca)

Están relacionados con los estadios hidrotermales de las fases tardías de actividad magmática, formándose estos yacimientos a través de las grietas y fisuras de las rocas a una cierta profundidad, producidas por los movimientos tectónicos (18); por ello, tienen un carácter principalmente filoniano, con predominio del cuarzo como mineral mayoritario, que viene acompañado por sulfuros y sulfoarseniuros de hierro (pirita-arsenopirita) y pequeñas cantidades de oro libre, por lo general en partículas del tamaño de micras a milímetros. La técnica de este tipo de explotaciones consiste en abrir

socavones, en donde los mineros trabajan introducidos en las entrañas de la tierra, con aire escaso, mucha humedad y poca luz (21).

B) Yacimientos secundarios (en aluvión)

La meteorización y disgregación mecánica de los yacimientos primarios descarga las fracciones de oro del cuarzo y los sulfuros, por lo que puede dar lugar a la constitución de enriquecimientos auríferos en las cercanías de las áreas madre; cuando por la acción del agua las partículas de oro son trasladadas, estas tienden a juntarse mecánicamente debido a su alta densidad, dando lugar a los denominados placeres auríferos (22); consecuentemente en esta fase, bajo condiciones de clima tropical, pueden intervenir también procedimientos geoquímicos de disolución- precipitación, por lo que la mayor parte de la plata que podía contener el oro primario se pierde en la disolución, incrementando la pureza del oro y alcanzar su característico color amarillo (20).

2.2.2. Actividad minera

Las variadas formas de explotación minera constituyen un origen de contaminación y alteración, que puede llegar a niveles significativos, dependiendo de los métodos, equipos, minerales, volúmenes y acceso de los materiales estériles o relaves, causan alteraciones el suelo, el aire y el agua, por separado o en forma compuesta (23); además existe varios factores que influyen en el progreso u obstrucciones de la minería del oro en un país, desde sus propiedades geológicas y metalogenéticas (riqueza esencial de la fuente de producción), hasta su consistencia política y social (22).

Se valora que a lo largo de la historia de la humanidad se han extraído de la corteza terrestre algo más de 100.000 T de oro, de las cuales 70% en los últimos 100 años; hasta el final de la Edad Antigua se estima 10.000 T el oro retirado, media de más de 3 T por año, con cerca al 20% fue de la Península Ibérica (21); actualmente la minería se desarrolla en comunidades incluyéndose en un campo sociocultural marcado por la carencia de oportunidades, instrumentos y de desarrollo, y una falta de presencia y réplica institucional a las necesidades; en ese sentido, la minería se implanta como una oportunidad laboral aledaña, rápida y segura, lo cual influye ampliamente en la conformidad de las comunidades en cuyas propiedades se labora la actividad minera (24).

La población residente y temporal ligada a la actividad minera sigue su expansión asociada a movimientos migracionales desordenados, llegan a carecer adecuadas prestaciones de atención de salud, de igual manera servicios de agua potable, carencia de manejo de residuos sólidos y aguas residuales que generan grave riesgo en la salud de las poblaciones (25); sin embargo, es útil, pero no sustentable, logra traer riquezas y empleo, pero se apropia de territorios de comunidades, impacta la salud y alteración en las relaciones sociales (26); en efecto, los cambios sociales, sumados a los impactos ambientales implican la destrucción de la organización comunitaria, lo que llega a causar desplazamientos masivos hacia las ciudades, causando crecimiento urbano (27).

2.2.3. Minería en América Latina

En América Latina, la MA aurífera emite Hg al ambiente con volumen estimado de 200 T al año, no menos de 1,0 g de Hg es usado para obtener 1,0 g de oro, destaca por su bajo desarrollo tecnológico, deterioro ambiental, precarias condiciones de seguridad; en los 90, se estimaba entre 11 y 12,5 millones de personas que dependían de la MA (28); así mismo, en Sudamérica, la minería de oro aluvial estimada entre los años 1550 y 1880 indican que una cantidad aproximada de 200.000 TM de Hg fueron expulsadas al ambiente; en Brasil, 2000 T de Hg han sido liberadas por la minera, hay al menos entre 500.000 y 1 millón de mineros para todos los países latinoamericanos, de tal cifra un quinto en Colombia (29); además, países como Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Perú, República Dominicana y Venezuela, tienen relación con la minería en términos al Producto Bruto Interno (PIB) y exportaciones (Tabla 1), la plata y el cobre son los principales metales en participación de la producción mundial, que establece 50% y el oro un 21,4 % (Tabla 2) (30).

Tabla 1. Importancia de la minería en países de América Latina y el Caribe en el 2010.

PAÍSES	Superficie terrestre (Km2)	Población (miles)	Población económica mente activa (miles)	Tasa de desempleo (porcentaje)	PIB Nacional (Millones de US\$)	PIB explotación de minas y canteras (Millones de US\$)	Exportacion es de bienes y servicios (Millones de US\$)	Exportacion es del sector minas y canteras (Millones de US\$)
Antigua y Barbuda	440	85	...	...	1 155	23	158	...
Argentina	7 736 690	39 356	19 174	8.5	262 451	11 486	64 633	4 058
Bahamas	10 010	331	161	7.9	7 498	35	3 278	...
Barbados	430	294	157	7.4	3 433	23	2 238	...
Belice	22 810	288	115	8.5	1 277	6	765	...
Bolivia	1 084 380	9 828	4 414	...	13 120	1 612	5 214	3 293
Brasil	8 459 420	192 645	94 207	9.3	1 300 312	24 297	184 054	21 600
Chile	748 800	16 604	6 682	7.1	163 879	37 200	77 154	17 249
Colombia	1 109 500	46 116	23 498	11.4	207 786	13 331	35 012	9 003
Costa Rica	51 060	4 475	2 088	4.8	26 267	61	12 861	5
Cuba	109 820	11 248	5 430	1.8	58 604	1 102	11 918	2
Dominica	750	67	...	...	341	3	140	...
Ecuador	276 840	13 601	6 723	7.3	45 789	10 671	16 088	7 430
El Salvador	20 720	7 108	2 893	5.8	20 373	123	5 410	10
Granada	340	106	...	...	608	3	196	...
Guatemala	108 430	13 344	4 325	...	34 031	537	8 604	322
Guyana	196 850	738	335	...	1 075	95	...	...
Haití	27 560	9 602	3 860	...	6 225	...	739	...
Honduras	111 890	7 176	3 398	3.9	12 417	146	6 344	250
Jamaica	10 830	2 714	1 177	9.8	12 909	470	...	...
México	1 943 950	106 448	45 353	4.8	1 018 221	79 124	289 558	39 719
Nicaragua	121 400	5 603	2 174	6.9	5 691	62	1 902	3
Panamá	74 430	3 337	1 542	7.8	19 485	...	15 587	...
Paraguay	397 300	6 120	3 080	7.2	12 222	14	6 224	...
Perú	1 280 000	27 894	14 125	8.5	107 329	12 280	30 986	9 778
República Dominicana	48 380	9 749	4 050	15.6	41 013	279	11 939	...
Saint Kitts y Nevis	260	50	...	...	512	1	218	...
San Vicente y las Granadinas	390	120	59	...	555	1	232	...
Santa Lucía	610	165	79	...	955	3	447	...
Suriname	156 000	458	157	5.5	1 867	...	...	...
Trinidad y Tobago	5 130	1 333	640	9.5	21 717	9 939	...	...
Uruguay	175 020	3 332	1 804	8.4	24 254	...	5 799	...
Venezuela (República Bolivariana)	882 050	27 460	13 836	8.1	228 071	...	70 764	...

Fuente: Naciones Unidas CEPAL (30).

Tabla 2. Participación mundial de producción minera de los países de América Latina y el Caribe en el 2010.

MINERAL	%	
	PARTICIPACIÓN MUNDIAL EN 2008	PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES
Bauxita	23,7	Brasil, Jamaica y Venezuela.
Cobre	46,4	Chile, Perú y México.
Zinc	22,2	Perú, México y Bolivia.
Molibdeno	26,6	Chile y Perú.
Plata	50,2	Perú, México, Chile y Bolivia.
Estaño	21,1	Perú y Bolivia.
Oro	21,4	Perú, México, Chile, Colombia y Argentina.
Níquel	22,0	Colombia y Cuba.
Carbón	4to lugar	Colombia.

Fuente: Naciones Unidas CEPAL (30).

La economía peruana es terciaria, se caracteriza por ser altamente productiva, coopera al PBI del país; de un PBI total de US\$ 180,000 millones, el 45% se origina en Lima, mientras el 55% en las demás regiones; esto muestra el impacto positivo que tiene la minería en la descentralización, sobre todo en zonas altoandinas del Perú (Tabla 3) (30), el desarrollo de los ingresos mediante canon minero en las regiones del Perú ha mostrado progreso desde el 1996; en el primer semestre de 2012, las regiones recibieron más de S/. 29,000 millones por este concepto, lo que considera que el aporte de la minería es de trascendencia para los gobiernos distritales, regionales y nacionales (31).

Tabla 3. Evaluación de contribución del Producto Bruto Interno (PBI) de Perú 2011.

El contexto socioeconómico peruano – 2011			
	Perú	Lima	Regiones
PBI	US\$ 180,000 millones	45 %	55 %
PBI minero	US\$ 15, 000 millones	3.5 %	96.5 %
Población	29.5 millones	30 %	70 %
Pobreza (2010)	31.30 %	15 %	45 % (3 veces Lima)
Extrema pobreza (2010)	9.8 %	1.6 %	6.5 % (4 veces Lima)

Fuente: Benavides (31).

América Latina y el Caribe ha participado activamente en el Convenio de Minamata sobre el Hg, el texto fue designado en la Conferencia de Plenipotenciarios, en Japón, el 10 de octubre de 2013, con el propósito de preservar la salud humana y ambiente, para ello contiene generalidades: a) suministro y comercio internacional de Hg, b) disminución gradual en uso de Hg, c) articulaciones financieras, asistencia técnica y transmisión tecnológica, d) atención y vigilancia de la salud y e) orientaciones acerca de reducción de uso del Hg en MA y PM (32,33); mientras que, el Perú es uno de 128 países afiliado el Convenio; en PM y MA el Convenio no define un nuevo marco normativo, solamente compromete a las partes a diseñar e implementar un Plan Nacional de Acción que facilite la adopción de tecnologías que disminuyan las emisiones de Hg o tecnologías amigables (34).

2.2.4. Minería artesanal aurífera en Perú

En la época preincaica el Au era usado de manera ornamental y religiosa, sin accionar de Hg o azogue; fue en el Tahuantinsuyo que recién se implanto de forma primitiva la administración del metal mediante pequeñas áreas de explotación; con la llegada de los españoles la minería de oro cobró importancia al igual que el Hg (35); mientras que, en los años 1938 y 1939 la producción aurífera era alrededor del 20% de la producción minera; desde 1971, año en el cual la valoración internacional del Au cobró autonomía, comenzó una época de elevación; el precio fue 850 dólares por onza en 1980; esta

situación dio comienzo a una etapa de crecimiento en la producción aurífera de Perú y en el mundo, se consolida la ejecución de la mina Yanacocha (Cajamarca) en el año 1992, en el 2007 el Perú fue el primer país productor de oro en América Latina y el quinto a nivel mundial (36).

En Perú, cerca de 1 millón de personas están ligados a la MA de oro y 250.000 personas dependen del oro extraído informalmente (37), en la actualidad existen alrededor de 50,000 mineros artesanales, cerca de 6.000 comunidades aborígenes consideradas en el Programa Especial para lograr los Títulos sobre la Tierra (PETT), más de 3.000 están en relación con empresas mineras (38); no obstante, la MA y PM es fuente de ingreso primordial, al menos 100 millones de personas en más de 55 países que dependen de esta actividad, al igual que en Perú, que la MA y PM minería produce entre el 20% y el 30% del oro del mundo (500 - 800 TM/año) (39); en consecuencia, se ha alterado primordialmente ríos, los cuales comprometen el centro social, cultural, económico y ambiental de comunidades (40,41).

Los yacimientos de oro más considerados han estado ubicados en el valle de Carabaya (Puno), cuyo río del mismo nombre era riquísimo en Au de 24 quilates de ley, que fueron explotados por la Colonia y en la República; otros yacimientos de oro, ubicados en los valles de Curimayo (Cajamarca): de Parinacocha (Ayacucho): de Marcapata (cusco) Cochasyhuas (Apurímac): las cabeceras de alrededores del río Choqueyapu (La Paz) (42); por consiguiente, en los últimos 40 años la producción global de Au se ha duplicado; pasó de 1.250 TM en 1974 a cerca de 3.000 TM en 2015, este progreso es representado por China, Australia, Rusia, Estados Unidos, Canadá y Perú; actualmente la PM y MA se desarrolla en Costa (Nasca-Ocoña, Chimbote), Sierra (Puno, Arequipa, Junín, Ancash, La Libertad) y Selva (Madre de Dios, Loreto, Junín) (43); en efecto, las exportaciones son más de US\$ 16 900 millones, considerado primer productor Latinoamericano de Au (160 TM/año), con destinos de exportación son: Suiza, Canadá y EE.UU (44).

2.2.4.1. Minería informal e ilegal

La ilegalidad es un problema de política pública, dificulta la capacidad del Estado nacional (central) para apropiarse de recursos funcionales al desarrollo (45); además, la minería informal e ilegal no percata el cuidado del ser humano, seguridad ocupacional, el pago de impuestos, tecnologías óptimas de extracción, mitigación y bioremediación (25); en consecuencia, se percibe un panorama con dos componentes generales: el primero, con

una actividad minera formal y de gran escala; el segundo, por una actividad minera a escalas menores en forma tradicional y artesanal, actualmente, la minería de hecho es la actividad de origen antrópico que mayor impacto está causando sobre los recursos naturales del país, descomposición social, cultural, política y económica de una sociedad que no comprende y no visualiza otras formas de generar crecimiento y desarrollo para el país (46).

La minería ilegal e informal no solo ocasiona daños ambientales irreparables, también afecta la salud de las poblaciones aledañas e influencia actividades sociales. La salud de la población se ve afectada especialmente por la absorción en el organismo de mercurio y otros metales pesados como el plomo y el arsénico, que usan los mineros ilegales en su actividad (47,48); el aspecto económico se evidencia que la minería ilegal es preocupante, debido que estas personas al actuar al margen de la ley están evadiendo el pago de los impuestos que origina el ejercicio legal de la minería; los propietarios de las minas no invierten en ningún tipo de asesoría ni planeación para el desarrollo de la minería, adicionalmente se puede notar que la mayoría de las personas que se dedican a esta actividad ilícita, no cuenta con seguridad social y seguridad ocupacional que pueda brindar el bienestar a la vida y salud del minero (49).

Una de alternativas es implementar medidas de control sobre las actividades ilícitas que impulsen la minería ilegal de oro y promueven la realización de actividades que degradan la vida social y la salud de las comunidades en las zonas mineras; pero existen diferencias importantes entre las actividades tradicionales que practicaban los grupos indígenas, en la cual sólo se usaban herramientas manuales y tecnologías de bajo impacto, y aquella en la que se utilizan herramientas tales como bombas hidráulicas, dragas y se hace uso intensivo del mercurio para la separación del mineral de oro (50).

2.2.4.2. Marco legal de Perú

La Ley 28611 General del Ambiente N° 28611 regula acciones de protección al ambiente mediante instrumentos de gestión, ordenamiento territorial ambiental, EIA, estándares ambientales, certificación ambiental, instrumentos económicos, etc (51); por otra parte, la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental da a conocer que, el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) con propósito cumplir la política nacional del ambiente (52); mientras que, el Ministerio del Ambiente (MINAM) es la autoridad

nacional ambiental y órgano rector del SNGA, el cual está conformado por: Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH) y Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) (53).

La Minería Ilegal es aquella ejercida usando equipo y maquinaria que no son apropiadas para la actividad minera, no cumplen con las exigencias de las normas técnicas, social y medioambiental, o que se realiza en zonas en las que esté prohibido su ejercicio, toda actividad minera ejercida en zonas en las que esté prohibido el ejercicio de actividad minera, se considera ilegal; mientras que, minería informal no sin cumplen con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medioambiental que rigen dichas actividades, en zonas no prohibidas para la actividad minera y por persona, natural o jurídica, o grupo de personas organizadas para ejercer dicha actividad que hayan iniciado un proceso de formalización conforme se establece (54); por otra parte el Proceso de Formalización de la Actividad Minera de PM y MA: es aquél mediante el cual se establecen y administran los requisitos, plazos y procedimientos para que el sujeto de formalización pueda cumplir con la legislación vigente (55).

En la década de 1980 se calificó por una inadecuada legislación, lo que ocasionó que algunas operaciones mineras degradaran la naturaleza y acumularan pasivos ambientales; las políticas laborales, medioambientales y de participación social en las zonas mineras todavía no mostraban interés de gobiernos y el Estado (24); además, la Ley actualmente vigente, Ley General de Minería, fue promulgada en 1992 y posteriormente, mediante el D.S. 014-92-EM se aprobó el Texto Único Ordenado (TUO), su Reglamento se promulgó en 1994 mediante el D.S. 03-94-EM, presencia beneficios tributarios: Impuesto General a las Ventas (IGV), impuesto del 19% por la compra de bienes y servicios; Impuesto a la Renta al finalizar el año, aplicando a la utilidad una tasa de 30% (38).

Exceder los LMP generando daño la flora o la fauna, sancionado entre 100 y 10 000 UIT; exceder los LMP generando daño real a la vida o salud humanas, sancionado con una entre 150 y 15 000 UIT, exceder los LMP generando daño real a la flora o la fauna, y sin contar con título habilitante, lo que será sancionado con una multa de entre 200 y 20 000 UIT, exceder los LMP generando daño real a la vida o salud humanas, y sin contar con título habilitante, sancionado entre 250 y 25 000 UIT (56); por otro lado, la Ley General

de Salud N° 26842 “De la Higiene y Seguridad en los Ambientes de Trabajo”; manifiesta que, quienes administren actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes y servicios tienen la obligación de adoptar las medidas para garantizar la protección de la salud y seguridad (Art. 100°) (57).

2.2.5. Mercurio

Elemento químico cuyo símbolo es Hg, su número atómico es 80 y presenta un peso atómico de 200,59; punto de fusión 38,4 °C (-37,46 °F) y ebulle a 357 °C (675,05 °F) a presión atmosférica (58); así mismo, el Hg ha sido considerado como un material peligroso y elemento tóxico liberado al ambiente, es asociado con impacto ambiental debido a su toxicidad, porque a pesar de su concentración derivada de la meteorización química de las rocas permite que estos metales entren en los ciclos naturales y se encuentren en estados estables, no ocurre lo mismo con las emisiones producidas por la actividad minera, está asignando un aumento constante de la aglomeración ambiental de metales pesados que sobrepasa a las concentraciones naturales (59,60).

La producción de Hg se cuantifica en unidades llamadas ‘frascos’ (por el frasco estándar usado en esta industria 2,5 litros y 34,5 kg de peso); los principales países productores son España: Almadén, Eslovenia: Idria, Italia: Monte Amiata, Perú: Huancavelica, Estados Unidos: New Almaden, New Idria y McDermitt; minas de Huancavelica, explotadas desde la colonia, fueron las mayores productoras de intoxicaciones laborales por este metal en el Perú (61); además, la explotación de este metaloide se hacía en cantidades limitadas, destinadas al maquillaje de las mujeres de la élite gobernante; aunque su importancia radicaba más en su aplicación en la técnica del dorado fuego, aprovechando su fácil fusión a 38.9 °C (42).

2.2.5.1. Formas químicas o especiación

A) Mercurio elemental o metálico

El Hg en su forma pura es Hg elemental (Hg(0)), es un metal líquido blanco plateado, volátil a temperatura ambiente debido a su alta presión de vapor, formando vapores incoloros e inodoros de Hg (62), siendo considerado un contaminante perfecto por su capacidad para producir reacciones químicas en las que pueden participar

microorganismos que lo utilizan en sus procesos energéticos, integrándolas al medio ambiente en una transformación de compuestos inorgánicos a orgánicos (63).

B) Compuesto orgánicos e inorgánicos de mercurio

En sus estados Hg(I) y Hg(II) forma compuestos inorgánicos, como sales, sulfuros y ácidos fuertes; las sales más sustanciales son: el cloruro mercuríco (HgCl_2), cloruro mercurioso (Hg_2Cl_2), fulminato de Hg ($\text{Hg}(\text{ONC})_2$) y el sulfuro mercuríco (HgS) (63); además, los compuestos orgánicos de Hg, como dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio, son apreciados altamente tóxicos y por lo tanto dañino para la salud humana y el ambiente, la metilación o demetilación del Hg conduce a un cambio en la especie química, este proceso puede darse por la intervención de bacterias y hongos que transforman las especies inorgánicas en orgánicas y en manera viceversa (62).

2.2.5.2. Uso y aplicación de mercurio en minería artesanal

El Hg es un elemento considerablemente empleado en la minería para extraer oro tanto aluvial como de filón (roca), en el proceso de la extracción aluvial, el Hg forma una amalgama con el oro granulado que se encuentra disgregado en el sedimento del lecho del río; posteriormente (64), en consecuencia, es expulsado al ambiente en forma de gases durante el proceso de la quema de la amalgama y en estado líquido a través de los vertimientos que son esparcidos a los cuerpos de agua o que se dejan a campo abierto sin ningún tratamiento (65).

Proceso:

A) Molienda

Trituración de elementos minerales para la operación mecánica destinada a minimizar el tamaño de partículas, con el fin de liberar la mena de los materiales con poco valor económico (40); el molino (tanque cilíndrico de aproximadamente 120 cm de diámetro) es la maquinaria para reducir el tamaño de partículas y liberar el oro asociada a la pirita de las vetas, al interior de los molinos se usan billas de acero (diámetro de entre 3 y 8 cm), estas ocupan un 30% del volumen del cilindro (66).

B) Quimbalete

Es instrumento de desgaste de material refinado, obtiene una disminución evidente en el dimensión de partícula; construido con grandes bloques de granito, con una base también de granito, pero reforzada con una ligera capa de cemento (66); siendo el desgaste es producido por la fricción constante entre una de las caras del bloque sobre la base de este; el roce de las caras del quimbalete con el material se consigue por medio de un sistema de balanceo constante aplicado desde la parte superior, paralelamente adicionando agua (40).

C) Amalgamación

La amalgamación es un proceso justificado en la adherencia preferentemente del Au por el Hg, durante la fase de amalgamación es importante que la partícula de Au este libre y limpio de óxidos y minerales, el tamaño debe oscilar entre 2 y 0,02 milímetros; puede contener entre 60 y 70% de oro (67,64); el Hg concentra el Au, es decir, ambos logran formar un elemento sólido, el proceso de amalgamación en la recuperación del oro tiene dos aplicaciones: 1. Recuperación de oro fino, esta práctica es la que genera contaminación en los cuerpos de agua, 2. Extracción de oro con el propósito de alcanzar un producto de concentrado adecuado para la fundición y comercialización (68)

La primordial fuente de emanación proviene del quemando de la amalgama en ambientes libres con sartenes abiertos, este procedimiento resulta un dore que resulta con 2 o 5% de Hg restante, el propósito es suprimir el residuo, ocasionando expulsión de vapores al ambiente (29); una opción, son las retortas para el aislamiento térmico de amalgamas, generan disminución significativa de la emisión de Hg, sin embargo, su uso es precario; una retorta está basada por un compartimiento, donde la amalgama es sometida a ser calentada; la mayoría de las sales de Hg son volátiles a temperaturas que sobrepasa 400°C, más del 95% del Hg de las amalgamas de Au puede ser condensado y por ende reutilizado; esta práctica reduce el peligro de exposición (39).

2.2.5.3. Fuentes de exposición de mercurio

El Hg ha permanecido en la tierra desde su formación, mediante un ciclo atmosférico natural que está siendo perturbado por acciones antropogénicas (37); la toxicidad del Hg se relaciona con su forma química y fuentes de exposición, logran alcanzar niveles

elevados de toxicidad y se absorben con facilidad por medio de membranas biológicas, no logran ser degradados con facilidad de manera natural o biológica (2); se estima que 30% de emisiones que actualmente son emitidas a la atmósfera provienen de origen antrópico (2000 T), 10% de fuentes naturales y el resto (60%) liberadas por re-emisiones de Hg depositado y acumulado históricamente, a nivel mundial, se estimó en el 2010 la deposición atmosférica de Hg fue 3.200 T/año a la tierra y 3.700 T/año a los océanos, sin embargo, una considerable porción de lo depositado es re-emitido a la atmósfera (Figura 1) (69).

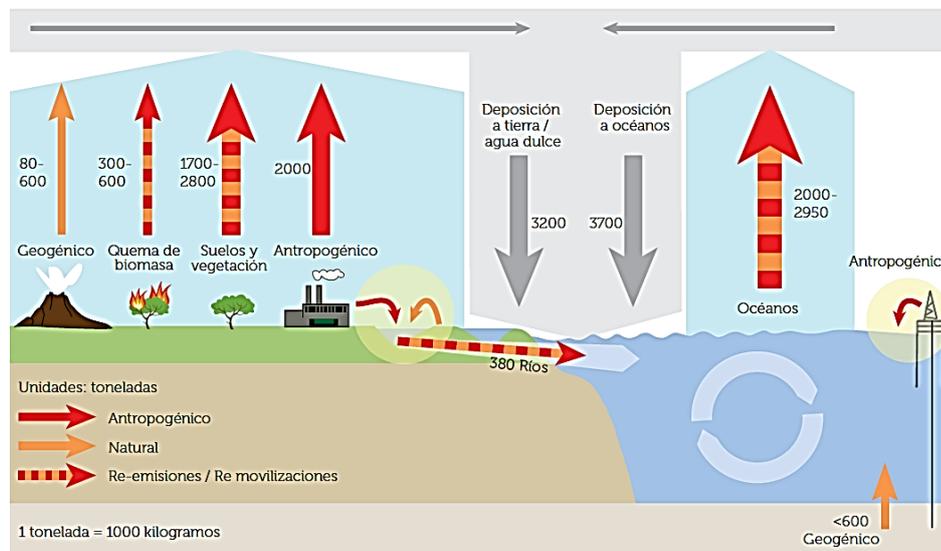


Figura 1. Ciclo del mercurio a nivel global.

Fuente: UNEP (69).

A) Naturales

La principal fuente natural de Hg es la desgasificación natural de la corteza terrestre, la evaporización de los océanos, la erosión, la disolución de los minerales de las rocas (debido a la penetración del agua por medio de éstas en tiempo prolongado), las liberaciones volcánicas, producen una asignación natural de este elemento hacia los distintos medios ecosistémicos aéreo, terrestre y acuático (70); en cada uno el Hg actúa con los seres vivos accediendo a formar parte de la biosfera, a su vez entre los diversos medios se constituye una proporción entre pérdidas y ganancias que ayuda a establecer el balance del Hg en el ambiente, las emisiones pueden llegar a ser aproximadamente 10.000 T por año (67).

B) Antropogénicas

Los compuestos del Hg son empleados en la elaboración de productos como: monómeros de vinilo, pilas y lámparas eléctricas, equipos de iluminación, termómetros (médicos, aire, laboratorio, industriales, etc.), baterías, manómetros, bombas, biocidas, pesticidas y pinturas (62), mientras en actividades extractivas el Hg(0) ha mostrado incremento de uso en minería de oro y plata en los años 2000 a 2005 (Figura 2) (70,61).

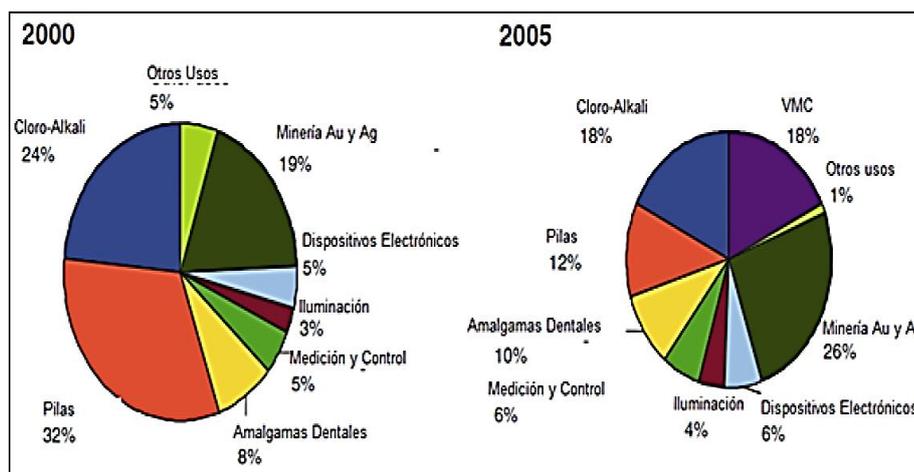


Figura 2. Consumo mundial de mercurio en diferentes sectores productivos durante 2000 a 2005.

Fuente: MAVDT (62).

Una gran parte del Hg que ahora está presente en la atmósfera es producto de muchos años de liberaciones provenientes de actividades antropogénicas; entre 40 y el 75% del Hg atmosférico actual tiene como origen fuentes antropogénicas (62), se estima que una décima parte de todas las emisiones de Hg generadas por el hombre en el mundo, provienen de estos procesos mineros (2.000 a 6.000 T por año), una práctica que tiende a incrementarse debido al aumento en los precios del oro, a pesar de los esfuerzos internacionales por minimizar la exposición del Hg mediante su control en los procesos industriales y mineros, el uso del Hg persiste y aún constituye un riesgo ambiental importante en el ámbito mundial (71).

2.2.5.4. Ciclo e impactos del mercurio

A) Mercurio en el ambiente

- El mercurio en la atmósfera

Los procesos que definen el transporte y destino del Hg en la atmósfera son las emisiones, la transformación y deposición, de origen natural o antropogénico. Entre los primeros, se encuentran la volatilización del Hg desde medios acuáticos y marinos, la liberación de gases de materiales geológicos y las emisiones volcánicas, son en forma de Hg(0) (27), asimismo las emisiones antropogénicas, están dominadas por procesos industriales y fuentes de combustión, pudiendo darse en Hg(0) u otras formas, como en forma particular, en este segundo caso (forma particular), el Hg suele encontrarse en formas oxidadas, una vez liberado a la atmósfera la residencia que varía, el Hg(0) reside alrededor de un año, mientras que el mercurio oxidado Hg(II) entre horas y meses, ya que puede ser depositado con facilidad (72).

- El mercurio en los suelos

Las especies de Hg(II) depositadas en el suelo, están sujetas a reacciones químicas y biológicas; las condiciones del suelo (pH, temperatura, contenido en ácido húmico, etc.) son normalmente favorables para la formación de compuestos inorgánicos de Hg(II) como HgCl₂, Hg(OH)₂ y compuestos inorgánicos de Hg(II) (73); ciertos elementos inorgánicos de Hg(II) tienen elevada capacidad de solubilidad, limita en gran medida la movilidad del Hg en los suelos; el metilmercurio viene dada principalmente por varios procesos microbianos, su movilidad en el ambiente es limitada (74); el contenido de Hg en el suelo alcanza niveles que rebasan los LMP causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas (desertificación), y un disturbio funcional (75).

- El mercurio en cuerpos de agua

Desde 1850, la concentración de Hg en los sedimentos de los ríos, lagos y estuarios se ha cuadruplicado desde los tiempos prehistóricos; a fines del siglo pasado la emisión total global por año a la atmósfera estuvo entre 900 y 6.200 TM incluyendo medios naturales y antropogénicas (58); los impactos más relevantes provocados por la minería a los recursos hídricos se encuentran: la eliminación directa de relaves y efluentes en los ríos, el daño en los ríos y áreas aluviales (46); una vez depositado el Hg en cuerpos de agua

perjudican de distintos aspectos físicos y químicos (luminosidad, temperatura, acidificación, etc); es considerado una etapa crítica en la contaminación debido a su solubilidad en tejidos, lo que provoca procesos de bioacumulación y biomagnificación (23,59).

La acción del Hg se sintetiza en lo siguiente: las bacterias aerobias y anaerobias transforman Hg(II) en metilmercurio, estos microorganismos pueden volver a metilar el metilmercurio formando dimetilmercurio. Este último puede transformarse en Hg(0) por la acción de bacterias productoras de metano, en condiciones anaerobias (76); existen una serie de vías a partir de las cuales el Hg puede entrar en el dominio de las aguas terrestres; Hg(II) y metilmercurio pueden ser depositados directamente desde la atmósfera seca sobre cuerpos de agua terrestre; también pueden ser incorporados a las aguas terrestres por acción de la lluvia (74).

Las aguas costeras están potencialmente afectadas en mayor grado por especies de Hg y Hg(0) liberados a la atmósfera por fuentes antropogénicas cercanas (77), el metilmercurio presenta una clara bioacumulación en las cadenas alimenticias costeras, es separada en dos grandes subgrupos, la comunidad de microinvertebrados presente en los sedimentos béticos (78); en cambio, en aguas oceánicas, el aporte de Hg es menor que en costeras, la contaminación es por fuente directamente por la atmósfera y por flujos desde las aguas costeras. El metilmercurio es un producto intermedio y el final es el dimetilmercurio, el cual es inestable a pH bajo, produciendo metilmercurio. Es por ello que esta especie sólo se encuentra en océanos a grandes profundidades, donde no hay luz y el pH es alto (79).

B) Mercurio en la cadena trófica

En las cadenas tróficas el Hg pasa procesos de bioconcentración o bioacumulación, que es un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo vivo en determinado tiempo (76,41); el Hg se acumula en sedimentos de los cuerpos de agua, donde los microorganismos como bacterias que viven allí pueden convertirlo a la forma orgánica del metilmercurio, el cual es más tóxico por su alta solubilidad en lípidos y su facilidad para atravesar membranas; los peces por representar niveles de la cadena alimenticia acuática, son indicadores, ya que pueden bioacumular y biomagnificar; el Hg es bioamplificado casi en su totalidad por los peces en forma de metilmercurio, es de fácil fijación en los tejidos musculares y adiposos (80).

Estudios muestran que peces de naturaleza carnívoras presentan más altos niveles de Hg, debido a la elevada posición en la cadena alimenticia, y el 40% de contenido en peces se bioacumula en forma de metilmercurio quedando disponible hasta llegar al hombre por medio de la cadena trófica (25), mediante el proceso de absorción de metales pesados en plantas es generalmente el primer paso para la entrada en la cadena alimentaria; la absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta; las diferentes respuestas de las plantas vasculares a metales pesados pueden ser atribuidas a factores genéticos y fisiológicos, algunas son capaces de acumular cantidades altas de metales pesados, denominadas "hiperacumuladoras" (1).

C) Mercurio en la salud

El Hg se ha constituido en uno de los elementos de contaminación más considerables con efectos sobre la salud, se estableció que las poblaciones expuestas incluso a niveles bajos logran mostrar efectos; las tres vías por las que los seres humanos se contaminan son la inhalatoria por gases; la oral por ingesta de agua y alimentos contaminados como peces, animales y vegetales; y la dérmica (80); también, el Hg es absorbido por el tracto gastrointestinal, mientras que la vía dérmica e inhalatoria en vapores y sus compuestos tóxicos, se retiene 80% y se oxida rápidamente (81); en consecuencia, los efectos del Hg dependen de la especie, la ruta, la dosis, la duración de la exposición y la edad de los individuos expuestos; los principales sistemas afectados son el nervioso central y el renal (68).

El metilmercurio debido a la farmacocinética y farmacodinámica, tiene una gran facilidad de absorberse en muchos tejidos, reaccionando con las membranas y los complejos enzimáticos de las células del cuerpo humano; el Hg(II) se incorpora con una facilidad al ser humano a través de los peces, hortalizas, frutas y carnes, mientras que su eliminación se realiza principalmente por vía renal (riñones) y fecal (28); no obstante, la no priorización sobre salud ocupacional o seguridad y salud en el trabajo, ha generado normativas dispersas y con vacíos técnicos además de desconocimiento de la magnitud y distribución de estos problemas; la salud ocupacional y la protección del ambiente para la salud de las poblaciones en el Perú, es una de las prioridades dentro de la política nacional para el desarrollo sostenible del país (44).

2.2.6. Minería sostenible

La producción más limpia (PML) describe un desarrollo preventivo a la gestión ambiental, abarca la denominación de ecoeficiencia, por tal razón no es considerada simplemente una estrategia ambiental, está relacionada también con beneficios económicos y sociales, es un instrumento para el desarrollo sostenible (82); mientras que, la salud ambiental ocupa de las interrelaciones interactivas positivas y negativas del hombre con el medio ambiente donde se habita y trabaja (18); las metodologías ecológicas llegan a desarrollar una minería sostenible y beneficios como: recuperación rápida y eficiente a bajo costo, operación confiable, bajo costo de inversión, operación y mantenimiento, operación no contaminante y sin peligro para el ambiente, los cambios deben apoyarse en hábitos y costumbres de la sociedad minera (83).

2.2.6.1. Indicadores de sostenibilidad

A) Económico

- Rentabilidad

Para que una actividad económica sea viable se deben obtener ingresos que sustenten todos los costos, propiciando valor para la empresa (84); de la misma manera, la rentabilidad representa uno de los objetivos que se traza toda empresa minera para conocer la productividad de lo destinado al ejecutar una sucesión de actividades en un establecido lapso de duración (85); mientras que, el análisis de la rentabilidad se enfoca en la relación que existe entre los resultados de operación y los recursos disponibles de un negocio, determinan el éxito o fracaso en el manejo de sus recursos físicos, humanos y financieros (86); los indicadores de rentabilidad, denominados también de rendimiento o lucratividad, sirven para medir la efectividad de la administración de la empresa para controlar el costo y el gasto (87).

- Recursos Necesarios

Condición que se le otorga entornos, procesos, bienes, productos, servicios, objetos o instrumentos a ser utilizados; son comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas en condiciones de seguridad y comodidad de la forma más autónoma y natural posible (88); una planificación adecuada permite una mejor orientación de todas las instancias implicadas y un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles, para así,

optimizar y focalizar los beneficios derivados de las distintas acciones emprendidas; focalizar es concentrar los recursos disponibles en una población de beneficiarios potenciales, claramente identificada y luego diseñar el proyecto o programa con que se pretende atender un problema o necesidad (89).

B) Ambiental

- Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) tiene como objetivo esencial la preservación del medio que nos rodea, lo logra por medio de la adaptación de instructivo técnico ambientales que impiden, corrigen o mitigan los impactos adversos y destacan los positivos producto del desarrollo de una acción propuesta, proyectando la compensación, preservación y sostenibilidad (90,91); luego de ser Emitido el concepto técnico factible de la autoridad minera, el interesado debe entregar un PMA ante la autoridad ambiental para la aceptación y deberá gestionar permisos ambientales indispensables en el desarrollo del proyecto (92), para establecer en el instrumento rector para la ordenación territorial, gestión y progreso de las áreas protegidas (93).

- Gestión de Permisos Ambientales

Es el permiso que otorga la autoridad ambiental competente, para realizar una determinada actividad, en el marco del SEIA, el concepto de normativa de carácter ambiental, o normativa ambiental aplicable, comprende aquellas normas cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación (94); mientras que, la autoridad ambiental, deberá cumplir con una serie de deberes de carácter jurídico que permitan adecuar su actuación al marco de la legalidad; el fin es de protección, conservación y desarrollo sostenible de los recursos naturales, además de la imposición de sanciones, medios de coerción, a los que no se hace referencia (95).

- Impacto Ambiental

Se considera impacto ambiental a la alteración del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de manera natural; un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento de gestión que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas, evalúa y

permite corregir acciones, mitigar o compensar sus eventuales impactos ambientales negativos, actuando de manera preventiva (96,97,98); asimismo, el EIA consiste en la identificación y valoración de los impactos respecto a los componentes físicos, químicos y biológicos, culturales, económicos y sociales, para asegurar que las consideraciones ambientales sean explícitamente expresadas en la toma de decisiones, anticipar, evitar, minimizar y compensar los efectos negativos (99,100).

C) Social

La percepción de una persona es de interés principalmente de las propiedades objetivas y físicas de la estimulación social, resulta fácil comprender las razones de ello por los juicios sociales que están llenos de supuestos errores en ideas preconcebidas y no confían en reglas óptimas para el tratamiento de las informaciones, sino en métodos heurísticos simplificadores, como la disponibilidad y la representatividad; el comportamiento social es un conocimiento de los procesos cognitivos que sirven como mediadores entre la realidad física u objetiva y la reacción de un individuo (101).

- Seguridad ocupacional - la salud ocupacional

La seguridad y salud ocupacional evalúa los diferentes tipos de lesiones producidas en el trabajo, favorece a que los trabajadores lleven vidas social y económicamente productivas y contribuyan efectivamente al desarrollo sostenible (58); los riesgos incluidos los de salud y seguridad en el trabajo afectan la capacidad de ejecución de las organizaciones y por ende sus resultados esperados (102,98); respecto al cumplimiento de seguridad y salud ocupacional, el empresario debe optar por actos necesarios para hacer eficiente los derechos de los trabajadores respecto a evaluación de riesgos, información, actuaciones en casos de emergencia y riesgos graves e inminentes, vigilancia de la salud y constitución de servicios de prevención, todo ello es considerado un deber de protección (103).

- Aceptabilidad de la minería por la opinión pública

Una empresa minera, la comunidad local y el Estado deben interrelacionarse por la necesidad de la concepción tripartita y bajo la premisa de lograr la sinergia como prejuicio indiscutible; razón por la cual buscan demostrar e documentar a la localidad de los rendimientos que surge la actividad minera, al mismo tiempo que manifiestan respetar las reglamentaciones ambientales y sociales (104,105); los conflictos socio-ambientales son un tipo particular de enfrentamiento social donde la temática en controversia se refiere a

temas ambientales o de condición de vida de las personas, los conflictos muestran el aumento conflictividad relacionada a proyectos mineros (106).

2.2.6.2. Método ecológico para la obtención de oro

A) Principio gravimétrico

El principio gravimétrico separa minerales de diferente densidad relativa respondiendo a un movimiento, a la gravedad y a otras fuerzas como la viscosidad de un fluido que es lo que ejerce la última resistencia al movimiento, uno de los aspectos más importantes en la operación de los circuitos gravimétricos es el correcto balance de agua (107); asimismo, es una manera asequible, de nivel alto en capacidad, de costo accesible y de una efectividad procedente, para disgregar minerales pesados de la carga bruta, lo cual explica su amplio uso en la minería aurífera (108).

B) Bórax en la obtención de oro

El bórax es un tetraborato, suele llevar entre 5 y 10 moléculas de agua de hidratación. El anión está constituido por dos heterociclos de boro, oxígeno e hidroxilos, unidos entre sí, el bórax forma cristales incoloros grandes, que por calentamiento forman una masa vítrea, la transformación se realiza alrededor de los 400 °C; tiene gran capacidad para disolver óxidos metálicos, esta propiedad le hace útil en soldadura y recubrimientos ya que permite eliminar el óxido existente en la superficie del metal (109); respecto al procedimiento consta del material refinado que debe ser conducido por canales en presencia de agua, los canales tienen alfombras especiales que logra captar el oro del material, la fundición es el paso final en la producción de oro, al obtener el oro, se emplea bórax para el proceso de fundición, como agente de limpieza, por este procedimiento se recupera alrededor del 97 % de oro respecto al contenido, cuya ley es de aproximadamente 99, 50 % de oro refinado (110).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

La investigación fue realizada en el distrito de Ollachea está ubicada entre los 2774 m.s.n.m.; el distrito es capital de la provincia de Carabaya, 56,25 Km al norte de Macusani. Con límites por el norte con San Gabán, por el sur con Macusani, por el este con Ayapata, por el oeste con Corani y Marcapata. El distrito cuenta con 5566 habitantes (INEI, 2015). La Comunidad Minera Ollachea ubicada 3040 m.s.n.m., se encuentra actualmente en procesos de formalización; está integrada por 50 socios (propietarios) y 514 trabajadores, cuenta con 5 sectores mineros: Kunkurayo, Iñakata, Minapampa, Balcón de oro y Huayrusiña. Los datos de la comunidad minera están basados en el empadronamiento que se realizó en el año 2016, sin embargo, es una población fluctuante durante todo el año debido a que los trabajadores solo permanecen por cortas temporadas.

Se contó con el apoyo institucional del Centro de Investigación en Salud Ambiental (CREEH Perú), el cual lidera el Programa Mercurio cero en el Perú y promueve un método ecológico libre de Hg para la obtención de oro en la PM y MA, con el propósito de implementar el ME, que conlleva a prácticas amigables con el ambiente y salud; asimismo, apoya a la formalización y logra dar un valor agregado al oro obtenido, actualmente está en proceso de implementación en Lima (Canta y Carabayllo), Puno (Ollachea) y Madre de Dios (Laberinto). A partir de esta experiencia se considera investigar en Puno tomando como modelo la comunidad minera del distrito de Ollachea, realizar demostraciones de las ventajas y beneficios del uso del ME sin Hg con respecto al tradicional con Hg, lo que permitirá demostrar la eficacia para alcanzar una actividad minera artesanal sostenible.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo experimental y analítico: de nivel comparativo, para demostrar la eficiencia del MT con mercurio respecto al ME sin mercurio en MA en Ollachea; y descriptivo, durante el desarrollo de encuestas en el distrito de Ollachea y su Comunidad Minera.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del distrito de Ollachea cuenta con 5566 habitantes (INEI, 2015) y su Comunidad Minera con 572 entre socios (propietarios) y trabajadores. Para la valorización de indicadores generales y percepción, fueron realizadas encuestas mediante muestreo probabilístico, en el distrito (Anexo A): 100 personas y para la Comunidad Minera (Anexo B): 50 personas (socios y trabajadores) para los 5 sectores, Kunkurayo: 4, Ñakata 4, Minapampa: 20, Balcón de oro 12 y Huayrusiña: 10. Las comparaciones de los métodos fueron establecidas según previas coordinaciones de los propietarios de la Comunidad Minera.

3.4. MÉTODOS

3.4.1. Evaluación de indicadores generales de eficiencia: económico, ambiental y social, para el proceso de obtención de oro con el método ecológico sin mercurio y tradicional con mercurio.

Indicadores están basados en evidencia objetiva, que reflejan buenas prácticas relacionadas con un proceso; teniendo como fundamento medidas que reflejan la eficiencia. Tienen el objeto de lograr los resultados buscados más eficientes en términos de utilización de recursos, y más sostenibles en términos de adaptarse al cambio y proporcionar una serie de oportunidades y prácticas sólidas (111).

Para que una industria minera sea efectivamente sostenible se han de cumplir una serie de condiciones: manejo ambiental adecuado, seguridad ocupacional y la salud ocupacional, rentabilidad, recursos necesarios y aceptabilidad de la minería por la opinión pública (112).

Las comparaciones de los indicadores están estandarizadas en una escala, basándose en el mayor valor equivalente a mayor sustentabilidad. Todos los valores, independientemente de su unidad original, se transforman o adecuan a una escala. Esto posibilita la integración de varios indicadores de distinta naturaleza, en otros más sintéticos o robustos. Posteriormente, los indicadores deben ser ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad. El coeficiente multiplica, tanto el valor de las variables que forman el indicador, como el de los indicadores, para construir indicadores

de mayor nivel o índices. La ponderación, es un paso inevitable, que puede hacerse por consenso, por medio de la consulta con expertos en el tema (113,114).

En relación al marco conceptual de minería sostenible las condiciones serán relacionadas en tres indicadores generales: indicadores económicos (Rentabilidad y recursos necesarios), indicadores ambientales (Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental, Gestión de Permisos Ambientales e Impacto Ambiental) e indicadores sociales (Seguridad Ocupacional - la Salud Ocupacional y Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública). Para los indicadores específicos, se tomaron datos según las unidades de medida de los 7 indicadores planteados: Caudal, tiempo, recurso humano, uso de Hg, uso de bórax, oro y costo.

Los datos establecidos han sido estandarizados en una escala de 0 – 100 para indicadores generales y específicos, el factor de ponderación tendrá los valores de 0 – 1.

Para el caso de los valores según el factor de ponderación para el ME fueron designados mediante análisis previo de cada indicador general, las consignaciones de valores fueron planteados por criterios personales basados en revisiones bibliográficas, los cuales fueron evaluados por entidad CREEH Perú. El indicador rentabilidad (económico) determinado con factor de ponderación = 1, el ME considera rentable al ser sus ganancias mayores a la inversión. Recursos necesarios (económico) = 1, los materiales y equipos son accesibles. Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (ambiental) = 1, incluye estructuras y acciones que restringe impactos sobre el medio biofísico. Gestión de Permisos Ambientales (ambiental) = 1, emplea productos que no están prohibidos por el Estado. Impacto Ambiental (Ambiental) = 1, los impactos no dañinos para el ambiente y salud. Seguridad y la Salud Ocupacional (social) = 1, mantiene una población saludable. Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública (social) = 1, la población es de acuerdo con el desarrollo de la actividad minera. Mostrando que los indicadores generales muestran valor de 100 en la estandarización de escala, siendo eficiente y sustentable en los indicadores generales: económico, social y ambiental.

Análisis estadístico: Análisis de frecuencia: Frecuencia Relativa (FR) y Frecuencia Absoluta (FA).

3.4.1.1. Indicadores generales

Expresión matemática de Indicadores generales:

$$IG = \left(\frac{IE + IA + IS}{3} \right)$$

IG: Indicadores generales

IE: Indicadores económicos

IA: Indicadores ambientales

IS: Indicadores sociales

A) Indicadores económicos

Indicador de Rentabilidad

0: Ganancias menor a la inversión.

1: Beneficio económico generando ganancias favorables.

Indicador de Recursos Necesarios

0: Recursos no accesibles.

1: Recursos factibles.

Expresión matemática:

$$IE = \left(\frac{(I \text{ Rent.} * Fp \text{ Rent.}) + (I \text{ Recur.} * Fp I \text{ Recur.})}{2} \right) * 100$$

Tabla 4. Indicadores Económicos de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

SÍMBOLO	INDICADORES	VALOR
IE	Indicador económico	0 - 100
I Rent.	Indicador de rentabilidad	0 – 1
Fp Rent.	Factor de ponderación rentabilidad	0 – 1
I Recur.	Indicador de recursos necesarios	0 – 1
Fp Recur.	Factor de ponderación de recursos necesarios	0 – 1

B) Indicadores ambientales

Indicador de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental:

0: No logra mitigar los impactos que genera la actividad.

1: Incluye las obras y acciones que logran controlar mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el medio biofísico: agua, aire, suelo, fauna, vegetación.

Indicador de Gestión de Permisos Ambientales:

0: Recursos no permitidos por el Estado peruano.

1: Recursos permitidos por el Estado peruano.

Indicador de Impacto Ambiental.

0: Causa alteraciones ambientales (suelo, aire y agua) afectando a la diversidad biológica que habita en ella y la salud humana.

1: Impactos amigables al ambiente, biodiversidad y la salud humana.

Expresión matemática:

$$IA = \left(\frac{(I PMA * Fp PMA) + (I Perm. * F I Perm.) + (I IA * Fp IA)}{3} \right) * 100$$

Tabla 5. Indicadores Ambientales de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

SÍMBOLO	INDICADORES	VALOR
IA	Indicador de Gestión Ambiental.	0 - 100
I PMA	Indicador de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental.	0 – 1
Fp PMA	Factor de Ponderación del Plan de Manejo Ambiental.	0 – 1
I Perm.	Indicador de gestión de permisos ambientales.	0 – 1
Fp Perm.	Factor de ponderación permisos ambientales.	0 – 1
I IA	Indicador de impacto ambiental.	0 – 1
Fp IA	Factor de ponderación del impacto ambiental.	0 – 1

C) Indicadores sociales

Indicador de Seguridad y la Salud Ocupacional:

0: Población con exposición a compuestos dañinos o tóxicos.

1: Población saludable, sin amenazas a la salud.

Indicador de Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública:

0: Genera conflictos sociales.

1: La población acepta la actividad.

Expresión matemática:

$$IS = \left(\frac{(I \text{ Seg.} * Fp \text{ Seg.}) + (I \text{ Acep.} * Fp \text{ Acep.})}{2} \right) * 100$$

Tabla 6. Indicadores Sociales de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

SÍMBOLO	INDICADORES	VALOR
IS	Indicadores sociales.	0 - 100
I Seg.	Indicadores de seguridad y salud ocupacional.	0 – 1
Fp Seg.	Factor de ponderación de los indicadores de seguridad y salud ocupacional.	0 – 1
I Acep.	Indicadores de aceptabilidad de la minería por la opinión pública.	0 – 1
Fp Acep.	Factor de ponderación de los indicadores de aceptabilidad de la minería por la opinión pública.	0 – 1

3.4.2. Evaluación de indicadores específicos de eficiencia: caudal, tiempo, recurso humano, uso de bórax, uso de mercurio, oro obtenido y costos, para el proceso de obtención de oro con el método ecológico sin mercurio y tradicional con mercurio.

3.4.2.1. Procesos para la obtención de oro con el método ecológico (sin mercurio)

El método funciona bajo el principio gravimétrico con suministro constante de agua. La gravimetría es el proceso utilizado para la concentración del oro, en la que las partículas más pesadas se depositan en el fondo, mientras que las partículas más ligeras continúan en la corriente y se descargan corriente abajo; es un sistema eficaz debido a que el oro es pesado, aproximadamente 7 veces más pesado que una roca del mismo tamaño. En este método es utilizado tetraborato de sodio (bórax) al finalizar el proceso para realizar la fundición (115).

Las fases a considerar durante la evaluación son:

- Molienda

Se carga el material chancado y se agrega agua, para la molienda, luego debe ser vaciado el material refinado a la primera caja de deslame.

- Desalme

Se procede a liberar el material de la primera caja y dejar correr por sus canaletas, las cuales tienen alfombras para captar el oro.

- Lavado de alfombras

Se retira las alfombras donde se captó el oro y se lava en una tina.

- Paneo

Recuperación de oro utilizando platos específicos para el paneo.

- Fundición

Lo recolectado por el paneo debe ser depositado en una pequeña bolsa, en la cual es mezclada con bórax para la fundición.

3.4.2.2. Procesos para la obtención de oro con mercurio

El proceso empieza en el quimbaleta en el que se procesa material refinado empleando Hg para su amalgamamiento, seguido de la liquidación, lavado, ahorcado y fundición (13). En las fases de amalgamación hasta la fundición se producen emisiones de mercurio en forma elemental y de vapor durante la separación oro - Hg. El metal precioso se

recupera en la fundición, mediante el calentamiento de la amalgama, “quema de la amalgama”, se hace en un recipiente por lo general al aire libre (116).

Las fases a considerar durante la evaluación son:

- Molienda

Se carga el material chancado al molino, debe permanecer 1 hora y media de molienda para obtener el material refinado.

- Quimbalete

El material refinado será procesado en el quimbalete, con un palo se va empujando el material al quimbalete, el uso de agua es continuo con una manguera, el agua que pasa por el quimbalete es eliminado por una pequeña tubería.

- Liquidación

La liquidación es el proceso en el cual se recoge lo que ha quedado en el quimbalete, obtenido contiene Hg.

- Lavado

El resultado de la liquidación es puesto en una batea, en la cual se hace el procedimiento de lavado.

- Ahorcado

Al finalizar el lavado, el material es ahorcado con una tela, quedando el oro listo para la fundición

- Fundición

Proceso en el que se obtiene el oro concentrado, apto para ser comercializado.

3.4.2.3. Indicadores específicos

Los indicadores específicos, fue llevado a cabo previas coordinaciones con los propietarios de los 4 sectores de la Comunidad Minera Ollachea y viendo la disponibilidad de recursos necesarios (material para procesar, espacio adecuado, disponibilidad de agua y recurso humano). Han sido tomados durante las demostraciones de obtención de oro con el método ecológico sin Hg y tradicional con Hg. Son 7 los indicadores planteados: Caudal (Litros/segundo), tiempo (Hora), recurso humano (Persona), uso de Hg (si/no), uso de bórax (si/no), oro obtenido (Gramo) y costos (Soles).

Expresión matemática:

$$IE = \left(\frac{(IC * Fp C) + (IT * Fp IT) + (IRH * Fp RH) + (IM * Fp M) + (IB * Fp B) + (IO * Fp O) + (I Cost. * Fp Cost.)}{7} \right) * 100$$

Tabla 7. Indicadores Específicos de los Métodos de obtención de oro Tradicional y Ecológico, para la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

SÍMBOLO	INDICADORES	VALOR
I E	Indicadores específicos	0 – 100
I C	Indicador caudal	0 – 1
Fp C	Factor de ponderación del indicador caudal	0 – 1
I T	Indicador tiempo	0 – 1
Fp T	Factor de ponderación del indicador tiempo	0 – 1
I RH	Indicador recurso humano	0 – 1
Ep RH	Factor de ponderación del indicador recurso humano	0 – 1
I M	Indicador uso de mercurio	0 – 1
Ep M	Factor de ponderación del indicador uso de mercurio	0 – 1
IB	Indicador uso de bórax	0 – 1
Fp B	Factor de ponderación del indicador uso de bórax	0 – 1
IO	Indicador oro obtenido	0 – 1
Fp O	Factor de ponderación del indicador oro obtenido	0 – 1
I Cost.	Indicador costo	0 – 1
Fp Cost.	Factor de ponderación del indicador costo	0 – 1

Análisis estadístico: Prueba de normalidad Shapiro - Wilks, análisis varianza y prueba Tukey ($P \leq 0.05$), para calcular un rango de valores que incluya la diferencia entre las medianas, con un nivel de confianza del 95%.

3.4.3. Evaluación de percepción de los mineros y población de Ollachea respecto al Método Ecológico para la obtención de oro.

La evaluación fue llevada a cabo simultáneamente adjuntando en las encuestas realizadas al distrito de Ollachea (Anexo A) y a su Comunidad Minera (Anexo B). Fue considerada las percepciones positivas y negativas respecto al ME para la obtención de oro.

En el análisis de resultados estará consolidado con la psicología social, la cual involucra cualquier proceso que exista en un grupo y/o comunidad, se remonta al tipo de interacción que se da cuando tenemos relaciones con muchas personas, donde se crean normas y patrones comportamentales, que justifican el modo de actuar de una persona dentro de cada contexto social (117).

Análisis estadístico: Análisis de frecuencia: Frecuencia Relativa (FR) y Frecuencia Absoluta (FA).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INDICADORES GENERALES DE EFICIENCIA: ECONÓMICO, AMBIENTAL Y SOCIAL, PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORO CON EL MÉTODO ECOLÓGICO SIN MERCURIO Y TRADICIONAL CON MERCURIO.

4.1.1. Indicadores Generales del Método Tradicional en la Comunidad Minera.

4.1.1.1. Indicadores Económicos del Método Tradicional en la Comunidad Minera.

El I Rent, mediante análisis de frecuencia mostró: FA=22 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.44 (44%), dando a conocer que la actividad minera desarrollada actualmente “NO” es rentable; los ingresos no son estables, en ocasiones las ganancias son menores a lo invertido. FA=28 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.56 (56%), considero que la minería “SI” rentable, mantiene una economía sustentable (Tabla 8). Para que una actividad económica sea viable se deben generar ingresos que cubran todos los costos incluyendo el financiamiento, de lo contrario se destruye valor (84). Los resultados muestran que el 56% de la población encuestada refiere que la actividad minera es rentable.

Tabla 8. Indicador Económico de Rentabilidad (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Rent			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
28	56 %	22	44 %

El I Recur. presentó FA=37 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.74 (74%), consideran que, los recursos para llevar a cabo el desarrollo de la minería en Ollachea “NO” son accesibles económicamente, además deben recurrir a otros lugares para poderlos adquirir. FA=13 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.26 (26%), los recursos, materiales e instrumentos “SI” son factibles (Tabla 9). Los recursos con fácil

acceso se otorgan a entornos, procesos, bienes, productos, servicios, objetos o instrumentos a ser utilizados; está al alcance económicamente, es decir, es mínimo el requerimiento de esfuerzo para adquirirlo (88). El Indicador Económico de Recursos muestra que, la mayoría de la población estima a los recursos empleados en la actividad minera no son factibles a la economía de los propios mineros de la comunidad de Ollachea.

Tabla 9. Indicador Económico de Recursos (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Recur.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
13	26 %	37	74 %

4.1.1.2. Indicadores Ambientales del Método Tradicional en la Comunidad Minera.

I PMA indicó FA=15 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.30 (30%), reporta que, “NO” logra mitigar los impactos que genera la actividad. FA=35 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.70 (70%), incluye obras y acciones que “SI” logran controlar mitigar, evitar, disminuir, corregir o compensar los impactos sobre el medio biofísico: agua, aire, suelo, fauna y vegetación; el impacto que genera logra ser remediado (Tabla 10). El PMA tiene como objetivo fundamental la defensa y protección del ambiente, lo cual se logra a través de la aplicación de medidas técnico ambientales que previenen, corrigen o mitigan los impactos adversos (90,91). Los resultados obtenidos expresan el desconocimiento de la Comunidad Minera de Ollachea respecto del nivel de contaminación producido por descargas contaminantes como el Hg.

Tabla 10. Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I PMA			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
35	70 %	15	30 %

I Perm. mostró FA=10 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.20 (20%), refleja que, los recursos empleados “NO” son permitidos por el Estado, como el caso específico del empleo del Hg para la obtención de oro. FA=40 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.80 (80%), las herramientas o recursos “SI” son aceptados por el Estado peruano, no es sancionado o impedido los recursos empleados (Tabla 11). La normativa referida a permisos ambientales asegura la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado (94). Existe desconocimiento de las prohibiciones y sanciones que el Estado enmarca sobre el uso del Hg.

Tabla 11. Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Perm.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
40	80 %	10	20 %

I IA mostró resultados FA=5 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.10 (10%), el ambiente “NO” es saludable, causa alteraciones ambientales afectando a la diversidad biológica que habita en ella y la salud humana. FA=45 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.90 (90%), impactos “SI” son amigables al ambiente y salud humana (Tabla 12). Los impactos ambientales se producen debidos a una actividad concreta, se manifiestan a medio o largo plazo; por ende, es posible evaluar, corregir y evitar impactos negativos (96,97,98). Los impactos ambientales causados por el Hg son en muchos casos irreversibles por resiliencia; la mayor parte de la Comunidad Minera de Ollachea no está informada acerca de las consecuencias negativas futuras que puede lograr el uso del Hg.

Tabla 12. Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I IA			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
45	90 %	5	10 %

4.1.1.3. Indicadores Sociales del Método Tradicional en la Comunidad Minera.

I Seg. tuvo FA=2 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.04 (4%), la población “NO” cuenta con protección a compuestos dañinos o tóxicos (Hg). FA=48 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.96 (96%), la población “SI” usa materiales de protección cuando están expuestos al Hg (Tabla 13). La seguridad y salud ocupacional evalúa lesiones producidas en el trabajo, estudiando algunos aspectos básicos como son el origen de los accidentes de trabajo (58). Si bien, la Comunidad Minera indica según los resultados el empleo de materiales de protección como guantes, solo lo realizan por breves momentos durante el proceso de liquidación, mientras que durante el lavado y ahorcado (proceso en la cual se tiene contacto directo de manera dérmica) lo realizan sin ningún tipo de protección.

Tabla 13. Indicador Social de Seguridad y la Salud Ocupacional (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Seg.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
48	96 %	2	4 %

I Acep. estimó FA=28 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.56 (56%), la minería “NO” es aceptada por la Comunidad Minera. FA=22 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.44 (44%), la población “SI” está de acuerdo con el desarrollo de la actividad (Tabla 14). Una empresa minera, la comunidad local y el Estado deben interrelacionarse, bajo la premisa de lograr la sinergia (104,105). Según la opinión de la Comunidad Minera el 56% da a conocer que, la población del distrito de Ollachea no acepta el desarrollo de la actividad, un aspecto importante que influye en las discrepancias es por la contaminación del río. La Comunidad Minera está en proceso de formalización, el Estado fiscaliza es el uso del Hg y su impacto.

Tabla 14. Indicador Social de Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Acep.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
22	44 %	28	56 %

4.1.2. Indicadores Generales del Método Tradicional en el distrito de Ollachea.

4.1.2.1. Indicadores Económicos del Método Tradicional en el distrito de Ollachea.

El I Rent, mediante análisis de frecuencia mostró: FA=23 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.23 (73%), dando a conocer que la actividad minera desarrollada actualmente “NO” es rentable; los ingresos no son estables, en ocasiones las ganancias son menores a lo invertido. FA=77 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.77 (77%), considero que la minería “SI” es rentable, mantiene una economía sustentable (Tabla 15). La rentabilidad representa uno de los objetivos que se traza toda empresa minera para conocer el rendimiento de lo invertido (85). El análisis de la rentabilidad es la relación que existe entre los resultados de operación y los recursos disponibles (86). Los resultados mostraron que la minería en Ollachea es una actividad rentable, además mantiene la economía del distrito.

Tabla 15. Indicador Económico de Rentabilidad (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Rent,			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
77	77 %	23	23 %

I Recur. presentó FA=85 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.85 (85%), consideran que, los recursos para llevar a cabo el desarrollo de la minería en Ollachea “NO” son accesibles económicamente, además deben recurrir a otros lugares para poderlos adquirir. FA=15 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.15 (15%), los recursos, materiales e instrumentos “SI” son factibles (Tabla 16). Una planificación adecuada permite una mejor orientación de todas las instancias implicadas y un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles, para así, optimizar y focalizar los beneficios derivados de distintas acciones (89). La población de Ollachea no dedicada a la minería menciona que, los recursos empleados en la actividad no son de fácil acceso.

Tabla 16. Indicador Económico de Recursos (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Recur.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
15	15 %	85	85 %

4.1.2.2. Indicadores Ambientales del Método Tradicional en el distrito de Ollachea.

I PMA indicó FA=79 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.79 (79%), reporta que, “NO” logra mitigar los impactos que genera la actividad los recursos empleados, evita o disminuye los efectos adversos del proyecto o actividad en cualquier fase de ejecución. FA=21 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.21 (21%), incluye obras y acciones que “SI” logran controlar mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el medio biofísico (Tabla 17). El interesado debe presentar un PMA ante la autoridad ambiental para su aprobación y posterior ejecución (92); de tal manera, para constituirse en el instrumento rector para la ordenación territorial, gestión y desarrollo (93). El resultado muestra que, los impactos generados por la minería en Ollachea no logra ser mitigado, sobre todo, la contaminación del río.

Tabla 17. Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I PMA			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
21	21 %	79	79 %

I Perm. mostró FA=83 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.83 (83%), refleja que, los recursos empleados “NO” son permitidos por el Estado, como el caso específico del empleo del Hg para la obtención de oro. FA=17 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.17 (17%), las herramientas o recursos “SI” son aceptados por el Estado peruano, no es sancionado o impedido los recursos empleados (Tabla 18). Los permisos logran proteger, conservar y aprovechar (sostenible), debe cumplir con deberes de carácter jurídico que permitan actuación en legalidad; el fin es de protección, conservación y desarrollo sostenible (95). La población del distrito de Ollachea considera las irregularidades respecto a los permisos ambientales, como el empleo del mercurio durante el proceso de obtención de oro.

Tabla 18. Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Perm.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
17	17 %	83	83 %

IIA mostró resultados FA=61 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.61 (61%), el ambiente “NO” es saludable, causa alteraciones ambientales afectando a la diversidad biológica que habita en ella y la salud humana. FA=39 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.39 (39%), impactos “SI” son amigables al ambiente y salud humana (Tabla 19). La EIA consiste en la identificación y valoración de los impactos ambientales potenciales, asegura que las consideraciones ambientales sean expresadas e incluidas en el proceso (99,100). La población de Ollachea no muestra un ambiente saludable, los impactos de la actividad minera cada vez son más visibles, no se han tomado medidas de mitigación acerca de los contaminantes como el Hg.

Tabla 19. Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Distrito Ollachea), durante la

I IA			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
39	39 %	61	61 %

actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.1.2.3. Indicadores Sociales del Método Tradicional en el distrito de Ollachea.

I Seg. tuvo FA=90 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.90 (90%), la Comunidad Minera “NO” cuenta con protección a compuestos dañinos o tóxicos (Hg). FA=10 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.10 (10%), “SI” usa materiales de protección cuando están expuestos al Hg (Tabla 20). El cumplimiento de seguridad y salud ocupacional deber general de protección, el empresario debe adoptar cuantas medidas sean necesarias para hacer eficaz los derechos de los trabajadores respecto a la evaluación de riesgos (103). La Comunidad Minera no utiliza equipos de protección durante el contacto y proceso con Hg, no cumple con lo establecido acerca de seguridad y salud ocupacional.

Tabla 20. Indicador Social de Seguridad y la Salud Ocupacional (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

I Seg.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
10	10 %	90	90 %

I Acep. estimó FA=44 con categoría de respuesta negativa “NO” FR=0.44 (44%), la minería “NO” es aceptada por la población del distrito de Ollachea. FA=56 con categoría de respuesta afirmativa “SI” FR=0.56 (56%), la población “SI” está de acuerdo con el desarrollo de la actividad (Tabla 21). Suele generar conflictos socio-ambientales, donde la temática en disputa se refiere a aspectos ambientales o de calidad de vida de las

personas (106). En el caso del distrito de Ollachea la población manifiesta que, si acepta la actividad minera, ya que, de ella depende la sustentabilidad económica dentro del distrito.

Tabla 21. Indicador Social de Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017

I Acep.			
SI		NO	
Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)	Frecuencia Absoluta (FA)	Frecuencia Relativa (FR)
56	56 %	44	44 %

4.1.3. Indicadores Generales del Método Ecológico respecto al Tradicional.

La expresión matemática de IG del ME presento $V=100$, que corresponde a la valoración de los indicadores de sustentabilidad (económico, ambiental y social). Los valores del MT fueron establecidos $V=33$, considerado el ME una alternativa amigable al ambiente y salud (Tabla 22). Sin lugar a dudas, hoy en día, la minería de hecho es la actividad de origen antrópico que mayor impacto está causando sobre los recursos naturales del país, descomposición social, cultural, política y económica de una sociedad que no comprende y no visualiza otras formas de generar crecimiento y desarrollo para el país (46).

Tabla 22. Valoración de Indicadores Generales del ME y MT.

Valoración de Indicadores Generales		
Indicadores Generales	ME	MT
Indicador Económico	100	50
Indicador Ambiental	100	0
Indicador Social	100	50
Fórmula	100	33

Valoración de Indicadores Generales del Método Ecológico:

$$IG = \left(\frac{100 + 100 + 100}{3} \right) = 100$$

Valoración de Indicadores Generales del Método Tradicional:

$$IG = \left(\frac{50 + 0 + 50}{3} \right) = 33$$

4.1.3.1. Indicadores Económicos del Método Ecológico respecto al Tradicional.

Los resultados demostraron para el ME valor de V=100, con eficiencia en los 2 Indicadores Económicos: Rentabilidad y Recursos Necesarios; el ME es considerado rentable y con recursos necesarios de fácil acceso; lo cual ayuda al fácil y adaptabilidad de desempeño (Tabla 23). Los indicadores de rentabilidad miden la efectividad (87); dan a conocer, la productividad es un factor clave para la racionalización de recursos minerales, humanos y de maquinaria, existe la preocupación por mejorar la productividad (14). El ME es una opción para lidiar con problemas de productividad, al ser eficiente y dando valor agregado como “oro ecológico”; mientras que, el MT mostró eficiencia solo en el Indicador Económico de Rentabilidad, con valor de V=50, tuvo menor eficiencia que el ME.

Tabla 23. Valoración de Indicadores Económicos del ME y MT.

Valoración de Indicadores Económicos		
Indicadores Económicos	ME	MT
Rentabilidad	1	1
Recursos Necesarios	1	0
Fórmula	100	50

Valoración de Indicadores Económicos del Método Ecológico:

$$IE = \left(\frac{(1 * 1) + (1 * 1)}{2} \right) * 100 = 100$$

Valoración de Indicadores Económicos del Método Tradicional:

$$IE = \left(\frac{(1 * 1) + (0 * 1)}{2} \right) * 100 = 50$$

4.1.3.2. Indicadores Ambientales del Método Ecológico respecto al Tradicional.

En relación a los Indicadores Ambientales, el ME obtuvo eficiencia en los 3 aspectos V=100: Cumplimiento del PMA, Gestión de Permisos Ambientales e Impacto Ambiental; dentro del PMA logra controlar y mitigar los impactos que causa al ambiente, no está expuesto al empleo de Hg, sus impactos amigables al ambiente, biodiversidad y la salud humana; en cambio, MT no manifestó eficiencia en ninguno de los Indicadores Ambientales (Tabla 24). El SEIA es el único sistema de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de impactos ambientales negativos antropogénicas (16). El ME comprende aspectos de Certificación Ambiental, que pretende desarrollar un proyecto susceptible de generar impactos negativos significativos, consigue un permiso de ejecución de la actividad y EIA.

Tabla 24. Valoración de Indicadores Ambientales del ME y MT.

Valoración de Indicadores Ambientales		
Indicadores Ambientales	ME	MT
Cumplimiento del PMA	1	0
Gestión de Permisos Ambientales	1	0
Impacto Ambiental	1	0
Fórmula	100	0

Valoración de Indicadores Ambientales del Método Ecológico:

$$IA = \left(\frac{(1 * 1) + (1 * 1) + (1 * 1)}{3} \right) * 100 = 100$$

Valoración de Indicadores Ambientales del Método Tradicional:

$$IA = \left(\frac{(0 * 1) + (0 * 1) + (0 * 1)}{3} \right) * 100 = 0$$

4.1.3.3. Indicadores Sociales del Método Ecológico respecto al Tradicional.

En cuanto a los Indicadores Sociales, el ME alcanzó V=100: Seguridad y la Salud Ocupacional, Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública; durante el proceso no se emplea elementos sustancias toxicas, por lo tanto, no expone a los trabajadores a tener algún riesgo; sin embargo, el MT con valor V=50 es eficiente en: Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública, al ser única actividad que sustenta la economía actual del distrito de Ollachea (Tabla 25). La inestabilidad generada por estos conflictos plantea, en efecto, serios problemas de gobernabilidad y tiene consecuencias económicas y sociales que pueden mermar seriamente las perspectivas de desarrollo sostenible del país (15). En este caso, no se evidencia algún tipo de conflictos o enfrentamientos entre la Comunidad Minera y la población no dedicada a la minería.

Tabla 25. Valoración de Indicadores Sociales del ME y MT.

Valoración de Indicadores Sociales		
Indicadores Sociales	ME	MT
Seguridad y la Salud Ocupacional	1	0
Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública	1	1
Fórmula	100	50

Valoración de Indicadores Sociales del Método Ecológico:

$$IS = \left(\frac{(1 * 1) + (1 * 1)}{2} \right) * 100 = 100$$

Valoración de Indicadores Sociales del Método Tradicional:

$$IS = \left(\frac{(0 * 1) + (1 * 1)}{2} \right) * 100 = 50$$

4.2. INDICADORES ESPECÍFICOS DE EFICIENCIA: CAUDAL, TIEMPO, RECURSO HUMANO, USO DE BÓRAX, USO DE MERCURIO, ORO OBTENIDO Y COSTOS, PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORO CON EL MÉTODO ECOLÓGICO SIN MERCURIO Y TRADICIONAL CON MERCURIO.

4.2.1. Indicador Caudal en el Método Ecológico y Tradicional.

El caudal en el ME con media $\bar{X} = 0.53$ L/S; mientras en MT con media $\bar{X} = 0.03$ L/S, según la prueba Tukey ($F=37,21$; $GL=1$; $P=0.0003$) existe diferencia significada entre ambos métodos (Figura 3). En el ME el consumo de agua es constante con mayor presión y caudal, consta de cajas y canaletas por las cuales circula el agua de manera permanente (9). La fuente de agua en la Comunidad Minera es de manera natural, lo cual podría ser llevado y promovido a un cambio, tener reservorio y ser tratados para su reutilización.

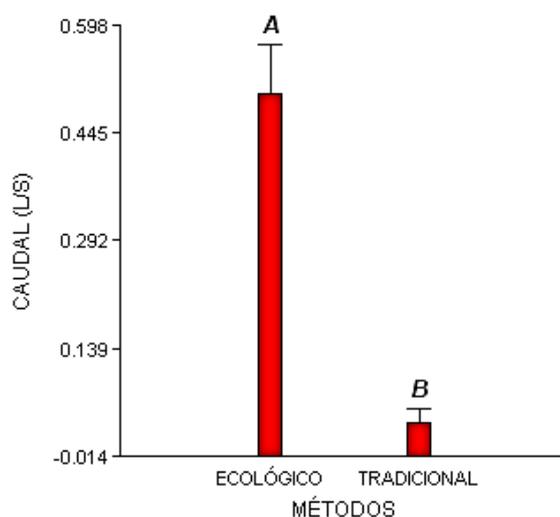


Figura 3. Comparación del Indicador Específico Caudal del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.2.2. Indicador Tiempo en el Método Ecológico y Tradicional.

Los resultados de la prueba comparativa Tukey ($F=7,75$; $GL=1$; $P=0.0238$) demuestran diferencias significativas en el tiempo empleado durante las demostraciones del ME media $\bar{X}=1.58$ Horas respecto al MT media $\bar{X}=4.34$ Horas (Figura 4). Permite mejorar y mecanizar ingenios para incrementar la producción aurífera (11), el ME llega a desarrollar una minería sostenible con recuperación rápida y eficiente, operación no contaminante y sin peligro para el ambiente (83). Durante las demostraciones se ha logrado evidenciar que es posible procesar mayor cantidad de material refinado en el ME que en el MT.

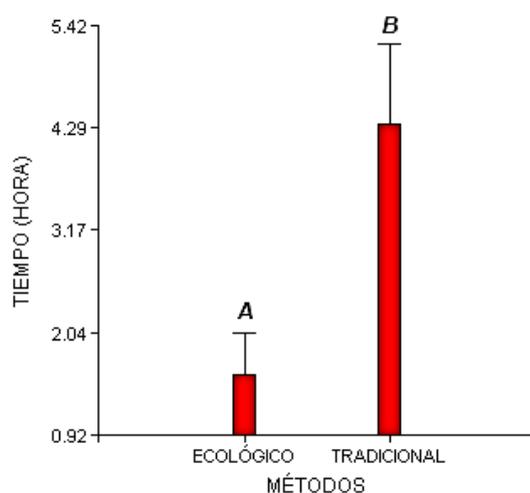


Figura 4. Comparación del Indicador Específico Tiempo del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017. RED

4.2.3. Indicador Recurso Humano en el Método Ecológico y Tradicional.

El Indicador Recurso Humano no mostró diferencias significativas en los métodos para la obtención de oro, según la prueba estadística comparativa Tukey ($F=0$; $GL=1$; $P=0.9999$), ME media $\bar{X}=2$ Personas y MT media $\bar{X}=2$ Personas; en ambas metodologías el Recurso Humano necesario es igual (Figura 5). El MT es procesado con el empleo de Hg, causa contaminación al ambiente y daños hacia la salud humana (5). Si bien, el recurso es semejante, en el ME el personal no tiene contacto con elementos o sustancias tóxicas, mientras que el MT si está expuesto al Hg.

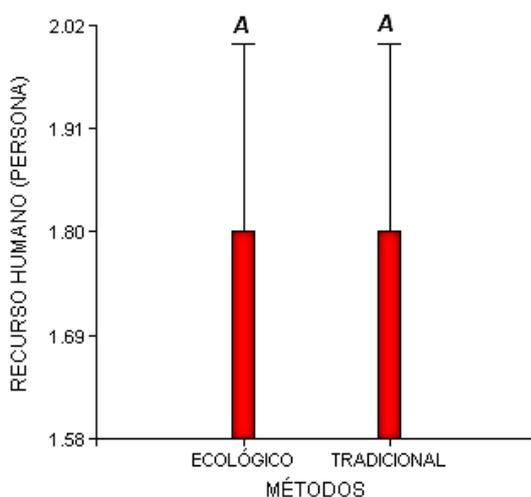


Figura 5. Comparación del Indicador Específico Recurso Humano del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.2.4. Indicador Uso de Mercurio en el Método Ecológico y Tradicional.

La prueba estadística Tukey ($F=15$; $GL=1$; $P=0.0047$) con media $\bar{X}=0$ Gramos para el ME y media $\bar{X}=34.80$ Gramos en el MT, con diferencias significativas. La media resultante en el ME se debió a que, no existe contacto con el Hg (Figura 6). En arenilla aurífera se recoge en recipientes el oro y se aplica el Hg para la amalgamación, se utilizan 2.8 kg de Hg por un kg de oro obtenido, la amalgama tiene una proporción de 60% de Hg y 40% de oro, se somete a calor (8). Los vapores emitidos al ambiente es uno de los signos más visibles que libera el Hg en el quemado (4,2), durante el desarrollo de encuestas reconocieron la emisión de vapores de mercurio al aire, vertimientos al suelo y río. En los quimbaletes entre 5 y 16 g de Hg son empleados para recuperar 1 g de oro (7). En las comparaciones los datos de consumo de Hg en el MT llegaron a 30 g para obtener 2.3 g de oro.

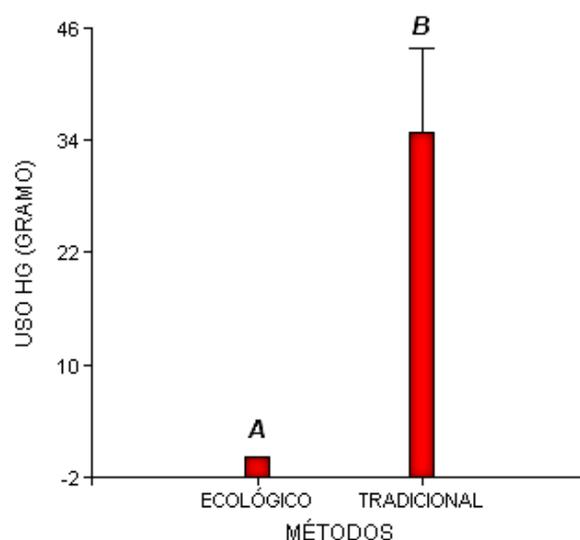


Figura 6. Comparación del Indicador Específico Uso de Mercurio del Método Ecológico respecto al tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.2.5. Uso de Bórax en el Método Ecológico y Tradicional.

La prueba Tukey ($F=16.58$; $GL=1$; $P=0.0036$) mostró diferencias significativas, para el ME media $\bar{X}=3.17$ Gramos y en el MT media $\bar{X}=0$ Gramos, en el MT no se emplea bórax en ninguno de sus procesos, para obtener la fusión del oro es empleado el Hg (Figura 7). La aplicación de bórax es en polvo blanco, eliminan las impurezas y el oro se obtiene como un botón (9), facilita el proceso de unión formando una película protectora que evita la formación de óxidos, disuelve los óxidos de plata, hierro, estaño, zinc, níquel (10). En las evaluaciones el gasto de bórax fue en una relación de 1 g de bórax para adquirir 1g de oro.

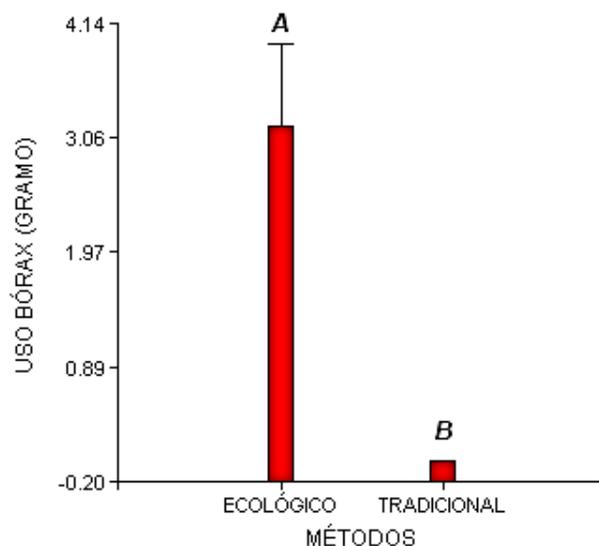


Figura 7. Comparación del Indicador Específico Uso de Bórax del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.2.6. Indicador Oro Obtenido en el Método Ecológico y Tradicional.

El Indicador Oro Obtenido no obtuvo diferencias significativas en las comparaciones según la prueba Tukey ($F=0.02$; $GL=1$; $P=0.8856$) con media $\bar{X}=3.17$ Gramos para el ME y media $\bar{X}=3.36$ Gramos del MT (Figura 8). El oro eleva su precio en el mercado internacional cuando es considerado “oro ecológico” permite a cooperativas con una buena organización sindical, mejorar y mecanizar sus ingenios para incrementar la producción aurífera permitiendo generar empleos directos e indirecto (11). La extracción del producto consiste en procedimientos rudimentarios, ideal para ser aplicado en PM Y MA (12). El oro obtenido sin mercurio obtenido durante las demostraciones se encuentra con mayor ley, que el obtenido con Hg.

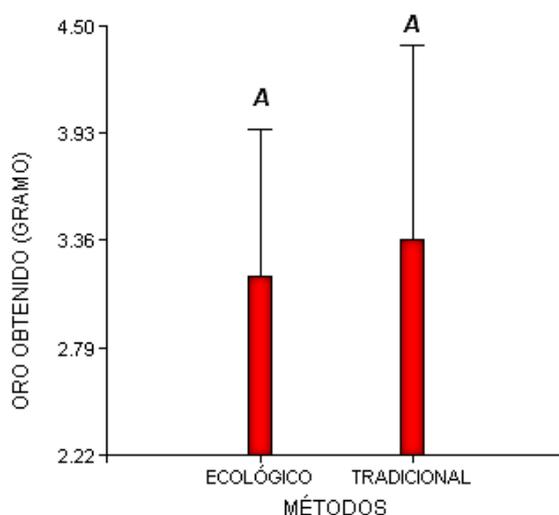


Figura 8. Comparación del Indicador Específico Oro Obtenido del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.2.7. Indicador Costo en el Método Ecológico y Tradicional.

Mostró diferencias significativas en el Indicador Costo, por la prueba de Tukey ($F=16$; $GL=1$; $P=0.0039$), media $\bar{x}=S/.3183$ en el ME y media $\bar{x}=S/.4836$ en el MT (Figura 9). Para que una actividad económica sea viable se deben generar ingresos que cubran todos los costos incluyendo el financiamiento (84). El MT genera más inversión que el ME, y es accesible.

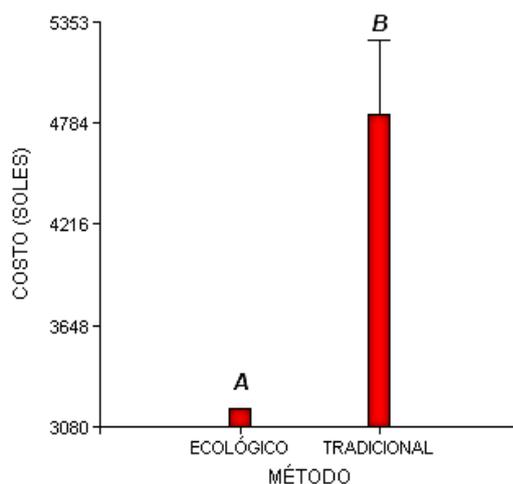


Figura 9. Comparación del Indicador Específico Costo del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.2.8. Comparación de Indicadores Específicos del Método Ecológico respecto al Tradicional.

Valoración en relación a los indicadores específicos en el ME: Caudal V=0, tiempo V=1, Recurso humano V=1, Uso de mercurio V=1, uso de bórax V=1, oro obtenido V=1 y costos V=1. Mientras el MT: Caudal V=1, tiempo V=0, Recurso humano V=1, Uso de mercurio V=0, uso de bórax V=0, oro obtenido V=1 y costos V=0. Como resultado de la expresión matemática da a conocer que el ME muestra V=85.71 y V=42.85 el Método Tradicional (Tabla 26).

Tabla 26. Valoración de Indicadores Específicos del ME y MT.

Valoración de Indicadores Específicos		
Indicadores Específicos	ME	MT
Caudal	0	1
Tiempo	1	0
Recurso humano	1	1
Uso de mercurio	1	0
Uso de bórax	1	0
Oro obtenido	1	1
Costos	1	0
Fórmula	85.71	42.85

Valoración de Indicadores Específicos del Método Ecológico:

$$IE = \left(\frac{(0 * 1) + (1 * 1) + (1 * 1) + (1 * 1) + (1 * 1) + (1 * 1) + (1 * 1)}{7} \right) * 100 = 85.71$$

Valoración de Indicadores Específicos del Método Tradicional:

$$IE = \left(\frac{(1 * 1) + (0 * 1) + (1 * 1) + (0 * 1) + (0 * 1) + (1 * 1) + (0 * 1)}{7} \right) * 100 = 42.85$$

La comparación de los indicadores específicos por la prueba Tukey ($F=15.87$; $GL=1$; $P=0.0002$) con media $\bar{x}=0.80$ en el ME y media $\bar{x}=0.37$ en el MT. (82), el ME logra minimización de residuos, prevención de la contaminación, o productividad verde, es considerada solamente como una estrategia ambiental, está relacionada con beneficios económicos y sociales (Figura 10). En cambio, el MT no cumple con las políticas de protección al ambiente (6); siendo la exposición por vapores de Hg la más tóxica (4,2). El desconocimiento de alternativas técnicas y la desconfianza que les genera tecnologías (13). Si se ha logrado apreciar dudas en los mineros acerca de la eficiencia del ME, pero las demostraciones lograron comprobar los beneficios que tiene.

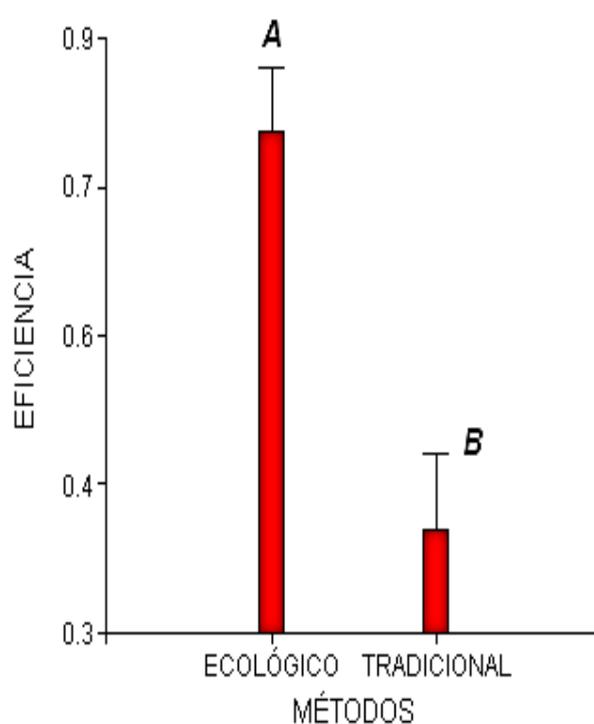


Figura 10. Comparación de Indicadores Específicos del Método Ecológico respecto al Tradicional en la obtención de oro, durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.3. EVALUACIÓN DE PERCEPCIÓN DE LOS MINEROS Y POBLACIÓN DE OLLACHEA RESPECTO AL USO DEL MÉTODO ECOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE ORO.

4.3.1. Comunidad Minera

Fue establecido como indicador el conocimiento o participación en el método ecológico, el análisis de frecuencia mostró: Conocen el ME FA=15 con categoría de respuesta negativa “NO” (Valor=0), FR=0.30 (30%); “NO” conocen el ME. FA=35 con categoría de respuesta afirmativa “SI” (Valor=1), FR=0.70 (70%); “SI” conocen o participaron en el ME (Figura 11). La utilización de Hg en la actividad minera aurífera es un problema primordial que amenaza la salud de la población y que ocasiona daños ecológicos masivos (32,117). Cuantiosos mineros artesanales desconocen sobre los peligros que el Hg logra ocasionar, ello incita no tener interés por aprender nuevas tecnologías amigables.

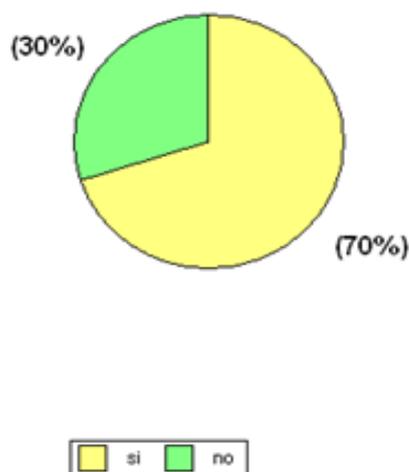


Figura 11. Percepción sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Percepción sobre beneficio: FA=3 con categoría de respuesta negativa “NO” (Valor=0), FR=0.06 (6%); “NO” tienen una percepción de beneficio acerca del ME. FA=47 con categoría de respuesta afirmativa “SI” (Valor=1), FR=0.94 (94%); considera que el ME muestra beneficios (Figura 12). La minería legal es sustentable en función de un desarrollo responsable a la incorporación de las tres variables de la sostenibilidad: crecimiento económico, protección ambiental y equidad o justicia social, por ende,

mejores oportunidades objetivas y físicas a la población (102). La percepción del ME que la Comunidad Minera estuvo direccionando a llevar a cabo una minería sustentable.

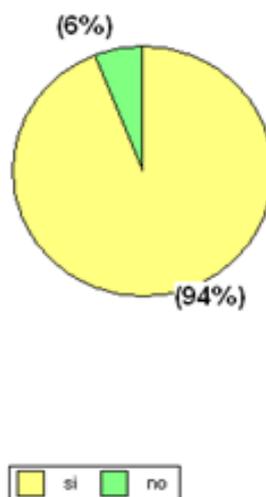


Figura 12. Percepción de beneficio sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

4.3.2. Población de Ollachea

Los resultados de la población no dedicada a la minería, con indicador conocen el ME: FA=88 con categoría de respuesta negativa “NO” (Valor=0), FR=0.88 (88%); “NO” conocen el ME. FA=12 con categoría de respuesta afirmativa “SI” (Valor=1), FR=0.12 (12%); “SI” conocen o participaron en el ME (Figura 13). En el distrito de Ollachea gran porcentaje desconoce metodologías ecológicas sin uso de Hg para la obtención de oro. Las metodologías sin empleo de Hg llegan a desarrollar una minería sostenible y beneficios como: recuperación rápida y eficiente a bajo costo, operación confiable, bajo costo de inversión, operación y mantenimiento, operación no contaminante y sin peligro para el medio ambiente (83). Los cambios deben apoyarse en otros hábitos y costumbres de la sociedad minera.

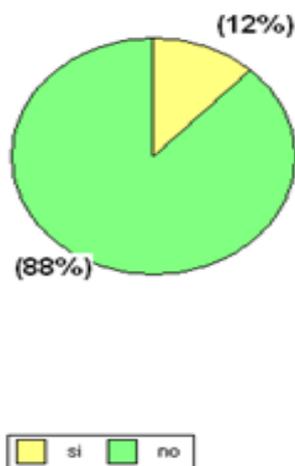


Figura 13. Percepción sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea), durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

La percepción sobre beneficio: FA=9 con categoría de respuesta negativa “NO” (Valor=0), FR=0.09 (9%); “NO” tienen una percepción de beneficio acerca del ME. FA=91 con categoría de respuesta afirmativa “SI” (Valor=1), FR=0.91 (91%); considera que el ME muestra beneficios (Figura 14). Como resultado de la percepción del ME en el distrito de Ollachea y su Comunidad Minera, se logra llegar a un término de salud ambiental. Salud ambiental se enfoca el desarrollo del hombre, donde habita y trabaja, no puede separarse de una serie de elementos ambientales, como el aire, agua, hacinamiento urbano, productos químicos, vectores de enfermedades vicisitudes sociales (18); la psicología social involucra cualquier proceso que exista en un grupo y/o comunidad, que justifican el modo de actuar de una persona dentro de cada contexto social (101). La percepción de la población de Ollachea no relacionada con la minería tuvieron opiniones positivas, el ME ayuda a continuar de desarrollando la actividad, sin perjudicar la economía del distrito.

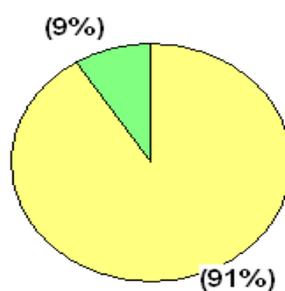


Figura 14. Percepción de beneficio sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea) , durante la actividad minera artesanal desarrollada en Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

V. CONCLUSIONES

El método ecológico demuestra mayor eficiencia que el método tradicional en los indicadores generales (económico, ambiental y social). El ME estuvo determinado con valoración 100, dando a conocer que es una metodología que logra ser sustentable; mientras que MT obtuvo valoración de 33 respecto a su eficiencia en los tres aspectos de sustentabilidad. El ME es de inversión es accesible, protege el ambiente y permite la aceptación de la población, al evitar contaminación los recursos naturales; se considera una alternativa sostenible en el desarrollo en la minería artesanal en Ollachea.

Los indicadores específicos Caudal, tiempo, recurso humano, uso de Hg, uso de bórax, oro obtenido y costos) del método ecológico son más eficientes respecto al método tradicional. Mostro diferencias significativas en la mayoría de indicadores favor del ME. Caudal ($P=0.0003$) $\bar{X}=0.53$ L/s y MT $\bar{X}=0.03$ L/s, tiempo ($P=0.0238$) ME $\bar{X}=1.58$ h y MT $\bar{X}=4.34$ h, recurso humano ($P=0.9999$) ME $\bar{X}=2$ y MT $\bar{X}=2$, uso de Hg ($P=0.0047$) ME $\bar{X}=0$ y MT $\bar{X}=34.80$ g, uso bórax ($P=0.0036$) ME $\bar{X}=3.17$ g y MT $\bar{X}=0$, oro obtenido ($P=0.8856$) ME $\bar{X}=3.17$ g y MT $\bar{X}=3.36$ g y costos ($P=0.0039$) ME $\bar{X}=S/.3183$ y MT $\bar{X}=S/.4836$. El ME evidencia los beneficios que tiene durante el desarrollo de todo el proceso hasta la obtención del producto final; los procedimientos fueron adaptados de manera favorable con la actividad minera artesanal en Ollachea.

La percepción del distrito de Ollachea y su Comunidad Minera respecto al Método Ecológico, fue expresada como una solución para evitar la contaminación ambiental y la salud, el 94% de la Comunidad Minera y el 91% del distrito considera dichos beneficios. La Comunidad Minera considero, además, como un apoyo en su proceso de formalización y oportunidades de mercados internacionales.

VI. RECOMENDACIONES

Promocionar metodologías limpias a través de instituciones relacionadas al campo minero, como el método ecológico para la obtención de oro en minería artesanal y evitar la exposición al Hg.

Realizar pruebas de eficiencia del Método Ecológico en diferentes yacimientos de oro. Indagar sobre nuevas metodologías limpias y beneficiosas en minería, mediante pruebas pilotos en yacimientos mineros en distintas regiones del país.

Investigar el grado de exposición acerca de la situación actual de contaminación del ambiente en la actividad minera y brindar soluciones para mitigar los efectos de una minería, ilegal e informal. Asimismo, desarrollar métodos de remediación para lograr restaurara los ecosistemas expuestos al Hg.

VII. REFERENCIAS

1. PRIETO J, GONZÁLEZ C, ROMÁN A, PRIETO F. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2009; 10: p. 29-44.
2. YARTO M, GAVILÁN A, CASTRO J. La contaminación por mercurio en México. *Gaceta ecológica*. 2004; 72: p. 21-34.
3. PROYECTO REGIONAL DESK. Transferencia de tecnologías limpias para el sector de la minería de Pequeña Escala. 2004;: p. 48.
4. PROYECTO BANHG. Información sobre el mercurio. (Proyecto movimiento mundial para el cuidado de la salud libre de mercurio). 2008;: p. 31.
5. LOBATO A. Evaluación ambiental y programas de remediación de la cuenca alta del río Ramis. (Tesis para optar el grado de académico de maestro en ciencias con mención en minería y medio ambiente). 2013.
6. GOYZUETA G, TRIGOS C. Riesgos de salud pública en el centro poblado minero artesanal la Rinconada (5200 msnm) en Puno, Perú. *Perú Med Exp Salud Pública*. 2009; 26: p. 41-44.
7. CUENTAS M, VELARDE J. Evaluación del uso de mercurio en los procesos de amalgamación de oro en quimbaletes y molinos en la Rinconada □ Puno. *ECIPERÚ*. 2012; 2(2): p. 66-69.
8. ÁLVAREZ J, SOTERO V, BRACK A, IPENZA C. Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio. Primera ed. Lima: Editorial Súper Gráfica E.I.R.L; 2011.
9. PONCE M. Investigación comparativa de los métodos clásicos de refinación de oro en eficiencia y costos, proceso agua regia, proceso ácido nítrico, proceso agua regia sin encuarte, proceso outokumpu modificado, para pequeñas refinerías de oro. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Metalurgista). 2005.

10. BARRIENTOS C. Evaluación de dos métodos de recuperación y refinación de los metales preciosos a nivel laboratorio a partir de los desperdicios con alto contenido de oro. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Química). 2003.
11. CHAMBI L. Recuperación de oro y plata por el proceso electrolítico tipo zadra. *Investig@ UMSA*. 2010; 1: p. 31-41.
12. PROYECTO MMSD. Minería, minerales y desarrollo sustentable – Abriendo brecha. (Proyecto minería, minerales y desarrollo sustentable). 2002; 1: p. 636.
13. MEDINA G, ARÉVALO J, QUEA F. Minería ilegal en el Perú. Instituto de ingenieros de minas del Perú. 2007; 1: p. 107.
14. JIMÉNEZ I, MOLINA J. Propuesta de medición de la productividad en minería de oro vetiforme y reconocimiento de estándares productivos sostenibles. *Ciencias de la Tierra*. 2006; 19: p. 73-85.
15. TANAKA M, HUBER L. Minería y conflicto social. *Economía y Sociedad*. 2007; 65: p. 7-17.
16. ANDÍA W. Los estudios de impacto ambiental y su implicancia en las inversiones de los proyectos. *Industrial Data*. 2012; 15: p. 17-20.
17. ALGUACIR F. El refinado del oro. *Revista de Metalurgia*. 1995; 31(3): p. 182-191.
18. REY J. La explotación minero aurífera ilegal en el sur de Bolívar Colombiano; análisis en el distrito minero de Santa Rosa (2002-2008). (Tesis para optar el título de Abogado). 2008.
19. PANTOJA F, PANTOJA S. Problemas y desafíos de la minería de oro artesanal y en pequeña escala en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*. 2016; 24: p. 147-160.
20. RODRIGUEZ R. La Minería Aurífera Romana del Noroeste de Hispania: Ingeniería minera y gestión de las explotaciones auríferas romanas en la Sierra del Teleno (León-España). *Metalla*. 2006; 1: p. 213-263.

21. LÓPEZ A. Metales preciosos: El oro. Boletín de la Real Academia de Córdoba. 2007; 1: p. 567.
22. ARAUZ A. Evolución e involución de la actividad minera aurífera en Costa Rica durante las pasadas tres décadas. Revista Geológica de América Central. 2014; 1: p. 29-37.
23. ESCOBAR J. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Primera ed. Santiago: Editorial Naciones Unidas; 2002.
24. CENTENO A. Haciendo viable la minería peruana el caso de minera Gold Land. Journal of Economics, Finance and Administrative Science. 2007; 12: p. 179-200.
25. OSORES F, ROJAS J, MANRIQUE C. Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. Acta Médica Peruana. 2012; 29: p. 38-42.
26. Red Provincial de O.N.Gs. de San Juan. Sobre el informe de impacto ambiental presentado por la Barrick Gold Corporation, del Proyecto Pascua- Lama a realizarse en la provincia de San Juan. Revista Theomai. 2005; 11: p. 1-7.
27. PEREZ M. Minería en Colombia: un asunto a analizar desde el modelo de fuerzas motrices. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2015; 1: p. 531-538.
28. OSORES F, HUAMÁN M, GRÁNDEZ G. Intoxicación por mercurio en la región de Madre de Dios: un problema de salud pública. Revista de la Facultad de 1799 Medicina Humana – Universidad Ricardo Palma. 2009; 2: p. 45-52.
29. GASCA A. Environmental exposure to mercury in gold mining: health impact assessment in Guainía. Salud Pública. 2000; 2: p. 223-250.
30. NACIONES UNIDAS CEPAL. El desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: tendencias, avances y desafíos en materia de consumo y producción sostenibles, minería, transporte, productos químicos y gestión de residuos. 2010; 1: p. 133.

31. BENAVIDES R. La minería responsable y sus aportes al desarrollo del Perú. Primera ed. Lima: Editorial Comunica; 2012.
32. IPEN. Introducción a la contaminación por mercurio para las ONG. Primera ed. California: Editorial IPEN; 2010.
33. MINAM (Ministerio del Ambiente). Convenio de Minamata sobre Mercurio: ratificación peruana / Ministerio del Ambiente. 2016; 1: p. 197.
34. LENNETT D, GUTIERREZ R. Convenio de Minamata sobre el mercurio: Manual de ratificación y aplicación. Segunda ed. Quezón: Editorial BAN Toxics; 2015.
35. RIVERA R. Rumbo minero. Sexta ed. Lima: Editorial DIGAMMA; 2016.
36. JUNQUERA C. El impacto de la minería aurífera en el Departamento de Madre de Dios (Perú). Observatorio Medioambiental. 2010; 13: p. 169-202.
37. OSORES F, GRÁNDEZ A, FERNÁNDEZ J. Mercurio y salud en Madre de Dios, Perú. Acta Médica Peruana. 2010; 27: p. 310-314.
38. LÓPEZ J, CONDORI P. Gran minería aurífera y sus repercusiones en el desarrollo económico local. Revista de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas, UNMSM. 2006; 9: p. 17-32.
39. PNUMA. El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala. 2008; 1: p. 22.
40. ANTICOI H. Procesamiento sostenible del oro en San Cristóbal. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Técnico de Minas). Universidad Politécnica de Catalunya. 2011.
41. PUCESE. Informe de valoración de pasivos socio - ambientales vinculados a la actividad minera aurífera ilegal en el norte de Esmeraldas. (Centro de Investigación y Desarrollo). 2011;: p. 68.
42. PALLARDEL D. Tecnología inka en metalurgia. El antoniano. 2014; 24: p. 33-38.

43. IIMP (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú). Oro en el Perú: Tradición y alta tecnología. Revista Minería. 2008; 1: p. 20-30.
44. OSPINA E, BAUTISTA R, VIGIL L, DIAZ J. Retos de la salud ocupacional y de la protección ambiental a inicios del siglo XXI en el Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. 2012; 29: p. 277-279.
45. RIVERA A, PARDO L. ¿Qué minería aurífera, por quiénes y con fines de qué desarrollo? Una mirada a la minería aurífera en la Zona Minera Indígena Remanso Chorrobocón. OPERA. 2014; 1: p. 95-117.
46. GÚIZA L. Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia. Opinión Jurídica. 2011; 1: p. 123-140.
47. DEFENSORÍA DEL PUEBLO. Situación de los Derechos Humanos de los Habitantes de las Riberas del Río Pilcomayo en Chuquisaca "Contaminación de la Industria Minera". Tercera ed. Lima: Editorial Canasta de fondos; 2010.
48. MINAM (Ministerio del Ambiente). Minería ilegal. 2013; 1: p. 8.
49. MILENA A, MARTINEZ M, FONSECA L. Diagnóstico y caracterización de la minería ilegal en el municipio de Sogamoso, hacia la construcción de estrategias para la sustitución de la minería ilegal. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. 2016; 15: p. 104-119.
50. RED ARA. La Contaminación por mercurio en la Guayana Venezolana: Una propuesta de Diálogo para la acción. Primera ed. Caracas: Editorial Red Ara; 2013.
51. MINAM (Ministerio del Ambiente). Ley General del Ambiente N° 28611. .
52. MINAM (Ministerio del Ambiente). D.S. N° 008 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental N° 28245. 2004.
53. MINAM (Ministerio del Ambiente). Guía del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. 2016; 1: p. 89.

54. MEM (Ministerio de Energía y Minas). D.L. N° 1105 - Decreto Legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización de las actividades de pequeña minería y minería artesanal. 2012.
55. MEM (Ministerio de Energía y Minas). D.S. N° 005 - Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal. 2009.
56. OEFA. Reflexiones sobre la potestad sancionadora del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2014; 1: p. 425.
57. MINSA (Ministerio de Salud). Manual de salud ocupacional. 2005; 1: p. 102.
58. SALAS F. Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno-Perú. Revista de Investigación de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú. 2009; 5: p. 47-53.
59. HERNANDEZ O, CASTRO F, PAEZ M. Bioacumulación de mercurio en larvas de anuros en la zona afectada por la minería de oro en el río Dagua, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. Acta Biológica Colombiana. 2013; 18: p. 341-348.
60. MORALES E, REYES R. Mercurio y salud en la odontología. Saúde Pública. 2003; 37: p. 266-272.
61. RAMÍREZ A. Intoxicación ocupacional por mercurio. Anales de la Facultad de Medicina. 2008; 69: p. 46-51.
62. MAVDT (Ministerio de Ambiente y DT. Cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia. 2010; p. 82.
63. GAIOLIA M, AMOEDOA D, GONZÁLEZA D. Impact of mercury on human health and the environment. Pediatría Práctica. 2012; 110: p. 259-264.
64. VALDERRAMA L, CHAMORRO J, OLGUIN D, RIVERA J, OYARCE J. Amalgamación de concentrado de oro obtenido en concentrador Knelson. Revista de la Facultad de Ingeniería. 2012; 27: p. 33-38.
65. ROJAS L, PRIN J, NORIEGA J, ALBORNOZ L, HIDALGO B, RAMIREZ A. Determinación de mercurio en suelos del sector minero las Claritas, Estado Bolívar,

- mediante procesos analíticos de especiación y microscopía electrónica de barrido (MEB). SABER Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente. 2008; 20: p. 343-352.
66. ROMANO R. Sentido y límites de la “Industria” minera en la América Española 1884 del siglo XVIII. Contribuciones desde Coatepec. 2006; 11: p. 159-174.
67. GREGORIO L, HERNÁN J, HENAO N, DARÍO F. Problemática ambiental ocasionada por el mercurio proveniente de la minería aurífera tradicional, en el Corregimiento de Providencia, Antioquia. (Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental). 2010.
68. RODRÍGUEZ I, JAIMES D, MANQUIÁN A, SÁNCHEZ L. Irregularidad menstrual y exposición a mercurio en la minería artesanal del oro en Colombia. Biomédica. 2015; 35: p. 38-45.
69. UNEP. Global Mercury Assessment. Sources, Emissions, Releases and 1906 Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch. 2013.
70. OLIVERO J, MENDOZA C, MESTRE J. Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el Norte de Colombia. Revista Salud Pública. 1995; 29: p. 376-379.
71. PNUMA. Evaluación mundial sobre el mercurio. 2005; 1: p. 289.
72. DELGADILLO A, GONZÁLEZ C, PRIETO F, VILLAGÓMEZ J, ACEVEDO O. Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2011; 14: p. 597- 612.
73. MILLAN R, CARPENA R, SCHMID T, SIERRA M, MORENO E, PEÑALOSA J, et al. Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: estrategias aplicables en el área de Almadén. Ecosistemas. 2007; 16: p. 56-66.
74. GAONA X. El mercurio como contaminante global: Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente. (Tesis para optar el título profesional de Doctor en Química). 2004.

75. LUZARDO A. Fronteras, ambiente y desarrollo sustentable. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*. 2002; 8: p. 175-187.
76. JIMÉNEZ A. Interacción del mercurio con los componentes de las aguas residuales. (trabajo de grado en la modalidad de monografía para optar al título de Ingeniera Química). 2005.
77. BARRAGAN R. Remoción de mercurio en aguas contaminadas mediante microorganismos tolerantes, una aproximación a la biorremediación microbiana. (Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero Ambiental). 2016.
78. ÁLVAREZ R, AMANCIO F. Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha-Llanganuco periodo 2012 – 2013. (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. 2014.
79. CABAÑERO I. Acumulación-interacción de especies de mercurio y selenio en tejidos animales: desarrollo de nuevas metodologías de análisis. (Memoria presentada para optar al grado de Doctor). 2005.
80. MANCERA N, ÁLVAREZ R. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 2006; 11: p. 3-23.
81. IDROVO A, MANOTAS L, VILLAMIL G, ORTIZ J, SILVA E, ROMERO S, et al. Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquia colombiana). *Biomédica*. 2006; 21: p. 134-141.
82. ROJAS J. Siete pasos para implementar la producción más limpia en su organización. *Éxito Empresarial*. 2011; 1: p. 1-3.
83. ARAMBURÚ V. Proceso innovador para mejorar la recuperación de oro y reducir la contaminación ambiental en la minería artesanal. (Tesis para optar el grado académico de doctor en Gestión de Empresas). 2015.

84. ANDÍA W. Indicador de rentabilidad de proyectos: el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA). Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. 2011; 14: p. 15-18.
85. HOZ B, FERRER M, HOZ A. Indicadores de rentabilidad: herramientas para la toma decisiones financieras en hoteles de categoría media ubicados en Maracaibo. Revista de Ciencias Sociales. 2008; 14: p. 88-109.
86. CHÁVEZ Y. Impacto de las regalías en la rentabilidad de las empresas mineras en el Perú. (Tesis para optar el grado de Magíster en Banca Y Finanzas). 2015.
87. HOZ E, FONTALVO T, MORELOS J. Evaluación del comportamiento de los indicadores de productividad y rentabilidad financiera del sector petróleo y gas en Colombia mediante el análisis discriminante. Contaduría y Administración. 2013; 59: p. 167-191.
88. ONCE. Accesibilidad universal y diseño para todos. Arquitectura y urbanismo. 2011; 1: p. 267.
89. FERNÁNDEZ N. Manual de proyectos. Primera ed. Andalucía: Editorial Junta de Andalucía; 2002.
90. BONILLA M, VÁSQUEZ D. Plan de manejo ambiental de los residuos sólidos de la ciudad de Logroño. (Certificado en Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental). 2012.
91. DÍAZ A, HERNÁNDEZ S. Análisis del plan de acción del humedal Torca, con base en la evaluación ambiental estratégica. Revista Facultad de Ingeniería. 2014; 24: p. 9-19.
92. BOCÁNGEL D. La gestión ambiental minera en Bolivia. REDESMA. 2007; 1: p. 76-99.
93. RETAMAL J. Labor minera y protección del medio ambiente: criterios para una redefinición. Revista de Derecho. 2015; 22: p. 507-528.

94. MASSOLO L. Introducción a las herramientas de gestión ambiental. Primera ed. La Plata: Editorial Edulp; 2015.
95. PÁEZ I, AMPARO G. Las medidas preventivas ambientales, una aproximación desde el derecho administrativo. *Opinión Jurídica*. 2013; 12: p. 17-30.
96. ALONSO A, LEYVA C, CAMPO E. Evaluación de impacto ambiental: herramienta en la formación ambiental del arquitecto. *Arquitectura y Urbanismo*. 2012; 33(3): p. 38-51.
97. ARREGUI O. Sostenibilidad y estudios de impacto ambiental. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. 2006; 18: p. 22-30.
98. SILVA B. Evaluación ambiental: Impacto y daño. Un análisis jurídico desde la perspectiva científica. (Tesis para optar el grado de Doctor en Derecho). 2012.
99. MORA J, MOLINA O, SIBAJA J. Aplicación de un método para evaluar el impacto ambiental de proyectos de construcción de edificaciones universitarias. *Tecnología en Marcha*. 2015; 29: p. 133-145.
100. PASQUALINO J, CABRERA C, VANEGAS M. Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. *Prospect*. 2014; 13: p. 68-75.
101. Moscovici S. *Psicología social*. 1st ed. Paris: Paidos; 1984.
102. MOLANO J, ARÉVALO N. De la salud ocupacional a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo: más que semántica, una transformación del sistema general de riesgos laborales. *Investigación colombiana*. 2013; 23: p. 21-32.
103. ROMERAL J. Gestión de la seguridad y salud laboral, y mejora de las condiciones de trabajo. El modelo español. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*. 2012; 45: p. 1325-1339.
104. ARIAS V, LOVERA D, PUENTE L, CALDERÓN M. Contexto de la responsabilidad social minera y la gobernabilidad. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*. 2009; 12: p. 60-67.

105. ECKHARDT K, GIRONDA A, LUGO J, OYOLA W, UZCÁTEGUI R. Empresas mineras y población: estrategias de comunicación y relacionamiento. Primera ed.: Editorial Cordillera S. A. C.; 2009.
106. SÁNCHEZ L, ESPINOSA M, EGUIGUREN M. Percepción de conflictos socio-ambientales en zonas mineras: el caso del proyecto mirador en Ecuador. *Ambiente & Sociedad*. 2016; 19: p. 23-44.
107. MANUEL E. Recuperación gravimétrica de Au en el proceso de flotación de sulfuros masivos. (Tesis que para obtener el título de Ingeniero en Metalurgia y Materiales). 2015.
108. CHAUCAYANQUI B. Modelo de planta piloto para recuperación del oro de la pequeña minería y minimizar los impactos ambientales. (Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias con mención en Minería y Medio Ambiente). 2012.
109. GARCÍA M. Diseño y desarrollo de un sistema de tratamiento para la eliminación de boro en vertidos industriales. (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial). 2000.
110. ÁLVAREZ A. Recuperación de metales preciosos a partir de residuos de joyería. *Reporte Metalúrgico y de Materiales*. 2008; 1(6): p. 33-39.
111. SCHALOCK R, VERDUGO M, LEE C, LEE T, LOON J, SWART K, et al. Manual de la escala de eficacia y eficiencia organizacional. Primera ed. Salamanca, España: Editorial 1899 INICO; 2015.
112. OYARZÚN J, OYARZÚN R. Minería sostenible: Principios y prácticas. 2011; 1: p. 418.
113. MINMINAS (Ministerio de Minas y Energía). Guía minero ambiental de explotación. 2005; 1: p. 153.
114. SARANDÓN S, ZULUAGA M, CIEZA R, GÓMEZ C, JANJETIC L, NEGRETE E. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*. 2006; 1: p. 19-28.

115. PNUMA. Reducción del uso de mercurio en la minería de oro artesanal y pequeña escala. 2012; 1: p. 74.
116. UPME. Producción minera más limpia en la minería del oro en Colombia. Primera ed. Bogota: Editorial Scripto Impresores; 2007.
117. RODRÍGUEZ C. Psicología social. Primera ed. Tlalnepantla: Editorial Red Tercer Milenio; 2012.

ANEXOS

ANEXO A. Encuesta para la evaluación de indicadores generales sobre la actividad minera y percepción sobre el método ecológico, dirigido a la población del distrito de Ollachea que no está dedicada a la minería, Agosto a Octubre del 2017.

Datos personales:
 Sexo: Femenino Masculino
 Edad:

¿Cuánto tiempo vive en Ollachea? _____ Años/meses
 ¿A qué actividad se dedica? _____

Económico
 1. ¿Cree que la actividad minera en el distrito de Ollachea es rentable?
 SI NO

2. ¿Considera que las maquinarias y la implementación para desarrollar la actividad minera tradicional (con uso de mercurio) son accesibles a su economía?
 SI NO

Ambiental
 3. ¿A visto impactos negativos en el suelo, aire y/o agua causado por el uso de mercurio en la actividad minera en Ollachea? (Si su respuesta es afirmativa marque una alternativa y considere ejemplos de los impactos)
 SI NO
 SUELO AIRE AGUA
 Ejemplos: _____

4. ¿Tiene conocimiento que el uso de mercurio en la actividad minera no está permitido?
 SI NO

5. ¿Cómo ve en el futuro el ambiente si se sigue utilizando el mercurio en la actividad minera?

Social
 6. ¿Conoce los riesgos del mercurio en la salud y seguridad de las personas? (Si su respuesta es "SI" mencione ¿Cuál/Cuáles?)
 SI NO

7. ¿El desarrollo de la actividad minera en Ollachea ha generado problemas o desacuerdos con la población con la población? (Si su respuesta es "SI" mencione ¿Cuál/Cuáles?)
 SI NO

8. ¿Está de acuerdo con el desarrollo de la actividad minera en el distrito de Ollachea?
 SI NO

Método ecológico (sin mercurio) para la obtención de oro
 9. ¿Conoce sobre la alternativa de obtener oro sin el uso del mercurio "método ecológico"? (Si su respuesta es "SI" mencione ¿Cuál/Cuáles?). Si la respuesta es "No", no continuar con la pregunta 10.
 SI NO

10. ¿Considera que el "método ecológico" sin uso de mercurio tiene mayores beneficios en el cuidado de la salud y ambiente que el "método tradicional" con uso de mercurio? (Si su respuesta es "SI" mencione que beneficios)
 SI NO

ANEXO B. Encuesta para la evaluación de indicadores generales sobre la actividad minera en el distrito de Ollachea y percepción sobre el método ecológico, dirigido a la Comunidad Minera, Agosto a Octubre del 2017.

Datos personales:
 Sexo: Femenino Masculino Edad
 Cargo: Socio(a) Trabajador(a)
 Sector: Kunkurayo Iñakata Minapampa Balcón Huayrusiña
 ¿Cuánto se dedica a la actividad minera? _____ Años/meses

Económica
 1. ¿La actividad minera en el distrito de Ollachea es rentable?
 SI NO

2. ¿Las maquinarias y la implementación para desarrollar la actividad minera son accesibles económicamente?
 SI NO

Ambiental
 3. ¿A visto impactos negativos en el suelo, aire y/o agua causado por el uso de mercurio en la actividad minera en Ollachea? (Si su respuesta es afirmativa marque una alternativa y considere ejemplos de los impactos)
 SI NO
 SUELO AIRE AGUA

4. ¿Tiene conocimiento que el uso de mercurio en la actividad minera no está permitido?
 SI NO

5. ¿Cómo ve en el futuro el ambiente si se sigue utilizando el mercurio en la actividad minera?

Social
 6. ¿Conoce los riesgos del mercurio en la salud y seguridad de las personas? (Si su respuesta es "SI" mencione ¿Cuál/Cuáles?)
 SI NO

7. ¿Cuenta con equipo de protección personal (EPP) durante la exposición al mercurio? (Si su respuesta es "SI" mencione ¿Cuál/Cuales?)
 SI NO

8. ¿El desarrollo de la actividad minera en Ollachea ha generado conflictos con la población? (Si su respuesta es "SI" mencione ¿Cuál/Cuáles?)
 SI NO

_____s

Método ecológico (sin mercurio) para la obtención de oro
 9. ¿Conoce sobre la alternativa de obtener oro sin el uso del mercurio "método ecológico"? (Si su respuesta es "SI" mencione ¿Cuál/Cuáles?). Si la respuesta es "No", no continuar con la pregunta
 SI NO

10. ¿Considera que el "método ecológico" sin uso de mercurio tiene mayores beneficios en el cuidado de la salud y ambiente que el "método tradicional" con uso de mercurio? (Si su respuesta es "SI" mencione que beneficios)
 SI NO

ANEXO C. Procesos del Método Ecológico y Tradicional para la obtención de oro en minería artesanal en Ollachea – Puno.

Procesos del Método Ecológico



Figura 15. Proceso molienda del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 16. Proceso deslame del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 17. Proceso lavado de alfombra filtro del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 18. Proceso paneo del ME, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 19. Proceso de fundición, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017

Fuente: CREEH Perú.



Figura 20. Proceso obtención de oro ecológico sin mercurio, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.

Proceso del método tradicional

Figura 21. Proceso molienda del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 22. Proceso Quimbalete del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 23. Proceso liquidación del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 24. Proceso lavado del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 25. Proceso ahorcado del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.



Figura 26. Proceso oro amalgamado con mercurio del MT, desarrollado en la Comunidad Minera de Ollachea, Agosto a Octubre del 2017.

Fuente: CREEH Perú.

ANEXO D. Análisis estadísticos de indicadores generales, específicos y de percepción.

Tabla 27. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Rentabilidad (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Rent.	1	no	22	0.44	22	0.44
I Rent.	2	si	28	0.56	50	1.00

Tabla 28. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Recursos (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Recur.	1	no	37	0.74	50	1.00
I Recur.	2	si	13	0.26	13	0.26

Tabla 29. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I PMA	1	no	15	0.30	50	1.00
I PMA	2	si	35	0.70	35	0.70

Tabla 30. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Perm.	1	no	10	0.20	50	1.00
I Perm.	2	si	40	0.80	40	0.80

Tabla 31. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I IA	1	no	5	0.10	50	1.00
I IA	2	si	45	0.90	45	0.90

Tabla 32. Análisis de frecuencia de indicador social de seguridad y la salud ocupacional (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Seg.	1	no	2	0.04	50	1.00
I Seg.	2	si	48	0.96	48	0.96

Tabla 33. Análisis de frecuencia de Indicador Social de Aceptabilidad de la Minería por la Opinión Pública (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Acep.	1	no	28	0.56	50	1.00
I Acep.	2	si	22	0.44	22	0.44

Tabla 34. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Rentabilidad (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Rent.	1	no	23	0.23	100	1.00
I Rent.	2	si	77	0.77	77	0.77

Tabla 35. Análisis de frecuencia de Indicador Económico de Recursos (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Recur.	1	no	85	0.85	100	1.00
I Recur.	2	si	15	0.15	15	0.15

Tabla 36. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I PMA	1	no	79	0.79	100	1.00
I PMA	2	si	21	0.21	21	0.21

Tabla 37. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Gestión de Permisos Ambientales (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Perm.	1	no	83	0.83	100	1.00
I Perm.	2	si	17	0.17	17	0.17

Tabla 38. Análisis de frecuencia de Indicador Ambiental de Impacto Ambiental (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I IA	1	no	61	0.61	100	1.00
I IA	2	si	39	0.39	39	0.39

Tabla 39. Análisis de frecuencia de Indicador Social de Seguridad y la Salud Ocupacional (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Seg.	1	no	90	0.90	100	1.0
I Seg.	2	si	10	0.10	10	0.1

Tabla 40. Análisis de frecuencia de indicador social de aceptabilidad de la minería por la opinión pública (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
I Acep.	1	no	44	0.44	100	1.00
I Acep.	2	si	56	0.56	56	0.56

Tabla 41. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Caudal en los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CAUDAL	10	0.82	0.80	45.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.59	1	0.59	37.21	0.0003
MÉTODOS	0.59	1	0.59	37.21	0.0003
Error	0.13	8	0.02		
Total	0.72	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18403

Error: 0.0159 gl: 8

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
TRADICIONAL	0.03	5	0.06 A
ECOLÓGICO	0.52	5	0.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 42. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Específico Tiempo en los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TIEMPO	10	0.49	0.43	52.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18.99	1	18.99	7.75	0.0238
MÉTODOS	18.99	1	18.99	7.75	0.0238
Error	19.61	8	2.45		
Total	38.60	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.26339

Error: 2.4512 gl: 8

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
ECOLÓGICO	1.58	5	0.70 A
TRADICIONAL	4.34	5	0.70 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 43. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Especifico Recurso Humano en los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RECURSO HUMANO	10	0.00	0.00	24.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
MÉTODOS	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	1.60	8	0.20		
Total	1.60	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.65224

Error: 0.2000 gl: 8

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
ECOLÓGICO	1.80	5	0.20 A
TRADICIONAL	1.80	5	0.20 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 44. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Específico Uso de Mercurio en los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
USO HG	10	0.65	0.61	81.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3027.60	1	3027.60	15.00	0.0047
MÉTODOS	3027.60	1	3027.60	15.00	0.0047
Error	1614.80	8	201.85		
Total	4642.40	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=20.72070

Error: 201.8500 gl: 8

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
ECOLÓGICO	0.00	5	6.35 A
TRADICIONAL	34.80	5	6.35 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 45. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Específico Uso de Bórax en los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
USO BÓRAX	10	0.67	0.63	77.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25.09	1	25.09	16.58	0.0036
MÉTODOS	25.09	1	25.09	16.58	0.0036
Error	12.11	8	1.51		
Total	37.20	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.79409

Error: 1.5132 gl: 8

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
TRADICIONAL	0.00	5	0.55 A
ECOLÓGICO	3.17	5	0.55 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 46. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Específico Oro Obtenido en los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ORO OBTENIDO	10	2.8E-03	0.00	62.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.09	1	0.09	0.02	0.8856
MÉTODOS	0.09	1	0.09	0.02	0.8856
Error	33.42	8	4.18		
Total	33.51	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.98081

Error: 4.1772 gl: 8

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
ECOLÓGICO	3.17	5	0.91 A
TRADICIONAL	3.36	5	0.91 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 47. Análisis de varianza y comparación con Tukey del Indicador Específico Costo en los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COSTO	10	0.67	0.62	16.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6831022.50	1	6831022.50	16.00	0.0039
MÉTODO	6831022.50	1	6831022.50	16.00	0.0039
Error	3415512.00	8	426939.00		
Total	10246534.50	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=952.95632

Error: 426939.0000 gl: 8

MÉTODO	Medias	n	E.E.
ECOLÓGICO	3183.00	5	292.21 A
TRADICIONAL	4836.00	5	292.21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 48. Análisis de varianza y comparación con Tukey de Indicadores Específicos de los Métodos Ecológico y Tradicional.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EFICIENCIA	70	0.19	0.18	76.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.21	1	3.21	15.87	0.0002
MÉTODOS	3.21	1	3.21	15.87	0.0002
Error	13.77	68	0.20		
Total	16.99	69			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.21466

Error: 0.2025 gl: 68

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
TRADICIONAL	0.37	35	0.08 A
ECOLÓGICO	0.80	35	0.08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 49. Análisis de frecuencia de la Percepción sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Conocen el ME	1	no	15	0.30	15	0.30
Conocen el ME	2	si	35	0.70	50	1.00

Tabla 50. Análisis de frecuencia de la Percepción de Beneficio sobre el Método Ecológico (Comunidad Minera).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Opinión sobre beneficio	1	no	3	0.06	3	0.06
Opinión sobre beneficio	2	si	47	0.94	50	1.00

Tabla 51. Análisis de frecuencia de la Percepción sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Conocen el ME	1	no	88	0.88	100	1.00
Conocen el ME	2	si	12	0.12	12	0.12

Tabla 52. Análisis de frecuencia de la Percepción de Beneficio sobre el Método Ecológico (Distrito Ollachea).

Tablas de frecuencias

<u>Variable</u>	<u>Clase</u>	<u>Categorías</u>	<u>FA</u>	<u>FR</u>	<u>FAA</u>	<u>FRA</u>
Opinión sobre beneficio	1	no	9	0.09	9	0.09
Opinión sobre beneficio	2	si	91	0.91	100	1.00

ANEXO E. Constancia por } desarrollo de tesis.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN SALUD AMBIENTAL

CONSTANCIA

EL DIRECTOR GENERAL DEL CENTER FOR RESEARCH IN ENVIRONMENTAL
HEALTH – CREEH PERÚ, deja constancia:

Que la Señorita **RUTH GABRIELA LEÓN BANEGAS**, identificada con DNI 70189332, bachiller de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, ha realizado la Tesis titulada: **"EFICIENCIA DEL MÉTODO ECOLÓGICO SIN MERCURIO RESPECTO AL TRADICIONAL CON MERCURIO EN LA EXTRACCIÓN DE ORO EN MINERÍA ARTESANAL EN OLLACHEA - PUNO"**, desde la elaboración del perfil de la tesis hasta la culminación de la investigación en nuestra Organización.

Se expide la presente **CONSTANCIA** a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 23 de marzo del 2018



CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN SALUD AMBIENTAL
Dr. Johnny Ponce Carichnuaman
DIRECTOR GENERAL

CREEH Perú. Jr. Talara N° 418, 1E-2, Jesús María, Lima 11, Lima - Perú
Teléfono: (51-1) 583 7127. E-mail: info@creehperu.org / www.creehperu.org