

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**DOCTORADO EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**



**“DISMINUCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y COSTOS DE
MANEJO DE HATO POR CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN EL
ALTIPLANO PERUANO”**

Presentada por:

OSCAR JUNIOR PAREDES VILCA

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**Lima - Perú
2024**

TESIS_FINAL_PAREDES

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTE QUE CONTIENE COINCIDENCIAS

1

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

< 1%

★ repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

V.B. Dr. Luis Jimenez Diaz

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**DOCTORADO EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**“DISMINUCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y COSTOS DE
MANEJO DE HATO POR CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN EL
ALTIPLANO PERUANO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

Presentada por:

OSCAR JUNIOR PAREDES VILCA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Ph.D. Jorge Alarcón Novoa
PRESIDENTE

Dr. Luis Jiménez Díaz
ASESOR

Dr. Eric Rendón Schneir
CO-ASESOR

Dr. Abel Mejía Marcacuzco
MIEMBRO

Dra. Gladys Carrión Carrera
MIEMBRO

Dr. Edson Apaza Mamani
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado:

A Dios mi padre todo poderoso, que con su gracia me brinda todas las oportunidades que suplico y me da la dicha de cumplir con mis metas.

Con cariño a mi madre Agripina Vilca Castro, que con su ejemplo, amor, sacrificio y motivación dirige mi destino y hace que mi recorrido sea más accesible.

A mi querida abuela Felicitas Castro Medina, por ser modelo de tenacidad, trabajo, honradez y superación, que desde la eternidad seguro estoy que ruega por mí.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por forjándome en sus aulas y otorgarme esta distinción.
- A los distinguidos docentes del Doctorado en Economía de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable, por la paciencia, por compartir su vasta experiencia y conocimiento.
- Al comité de tesis, que con sus apreciaciones enriquecen el contenido del presente documento.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 BIODIVERSIDAD Y AGROBIODIVERSIDAD	7
2.2 BIODIVERSIDAD COMO BIEN ECONÓMICO	7
2.3 EFECTOS DE LA MINERÍA SOBRE LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD	10
2.4 EFECTOS DEL SECTOR AGROPECUARIO EN LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD	14
2.5 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	15
2.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA	17
2.7 FUNCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	22
2.8 FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN	22
2.9 MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	26
3.2 LUGAR DE ESTUDIO	26
3.3 TAMAÑO DE MUESTRA	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	33
4.2 ESTIMACIÓN DE MODELOS DE COSTO DE MANEJO Y CRIANZA DE VACAS	35
4.3 ESTIMACIÓN DE MODELOS DE PRODUCCIÓN DE LECHE	37
DISCUSIÓN	39
V. CONCLUSIONES	40
VI. RECOMENDACIONES	41
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	42
VIII. ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de las cinco principales cuencas productoras de leche.....	4
Figura 2. Clasificación de bienes y servicios provisto por la biodiversidad de acuerdo los criterios de rivalidad y exclusión.....	8
Figura 3. Usos del agua en el mapa de bienes públicos y privados.....	16
Figura 4. Daños potenciales causados por contaminación de aguas superficiales	17
Figura 5. Tipología del valor económico total	20
Figura 6. Potencial pecuario e hídrico de la región Puno	27
Figura 7. Función de costo de manejo y crianza de ganado.....	31
Figura 8. Niveles de pH en los ríos de Puno	34
Figura 9. Nivel educativo de productores pecuarios.....	34
Figura 10. Costo de manejo y crianza vs edad	37
Figura 11. Producción de leche vs edad de la vaca	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. PBI de Puno por actividades económicas-----	9
Tabla 2. Distritos con mayor población de ganado vacuno en la región Puno-----	28
Tabla 3. Variables del modelo de costos de manejo y crianza de ganado -----	30
Tabla 4. Variables del modelo de producción de leche-----	32
Tabla 5. Promedio de las variables de estudio -----	33
Tabla 6. Determinantes del costo de manejo y crianza de ganado vacuno -----	36
Tabla 7. Determinantes de la producción de leche -----	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estándares de calidad ambiental para agua: Categoría 3	54
Anexo 2. Formato de encuesta	57

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar las pérdidas económicas generadas por la inseguridad hídrica, la cual fue estudiada por los inadecuados niveles de pH en el agua de bebida del ganado vacuno, sus impactos fueron medidos sobre el costo de manejo y crianza del hato y la producción de leche en Puno, región altiplánica del Perú. Para ello, se aplicaron 110 encuestas a productores del lugar. Los resultados obtenidos mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios, indican en promedio, que los costos anuales de manejo y crianza se incrementan en S/ 2,135.08, y que las vacas que beben agua contaminada producen 2.09 litros menos de leche, las pérdidas anuales de producción de leche en hatos de nueve vacas son S/ 10,298.47. Siendo la pérdida de ingreso anual por productor S/12,433.5.

Palabras clave: Calidad de agua, costos de producción, producción de leche, pérdida económica por calidad de agua.

ABSTRACT

This research had for main aim to determine the economic losses triggered due to insecurity water, it was studied from unsuitable pH levels in water for livestock drinking, its impacts were measured on the cost of managing and raising the herd and milk production in Puno, altiplanic region from Peru. For that, 110 surveys were applied to domestic producers. The results obtained through ordinary least squared method, shown that the annual cost of managing and raising increase in S/ 2,135.08, and that cows that drink polluted water produce 2.09 liters less milk, the annual losses of milk production in herds that have nine cows are S/ 10,298.47. Being the annual revenue loss per producer S/12,433.5.

Keywords: Economic losses due to quality water, milk production, production cost and quality water.

I. INTRODUCCIÓN

Siendo el agua un elemento fundamental para asegurar la sostenibilidad de todas las formas de vida, el Perú mediante DS N° 004-2017 MINAM aprueba los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, a fin de establecer parámetros de elementos físicos, químicos y biológicos presentes en el agua que no representen riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente, para la adecuada administración del recurso se establecen cuatro categorías: 1) Poblacional y recreacional, 2) Actividades marino costeras, 3) Riego de vegetales y bebidas de animales y 4) Conservación del ambiente acuático. Así mismo para medir la calidad del agua Zahangeer *et al.* (2017) consideran indicadores como la turbidez, conductividad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, metales pesados y sales presentes en los cuerpos de agua.

En la región Puno espejos de agua superficial como las cuencas Ramis y Llallimayo se ven afectadas por actividades mineras, en los distritos de Ananea y Crucero que están ubicados en la cabecera de cuenca del río Ramis se explota oro de manera artesanal (Giraldo 2017), la principal evidencia de contaminación del río por la actividad minera es la alta turbidez del agua provocada por las descargas generadas en el proceso de lavado de mineral en los chutes (ANA 2017). En la cuenca del río Llallimayo de acuerdo con la inspección ocular realizada por la (ANA 2017), se verificó en campo el vertimiento de aguas residuales producto de operaciones mineras sobre el Río Chacapalca (tributario a la cuenca Llallimayo) ubicado en las coordenadas UTM, WGS 84, Zona 19 Sur, E = 300216, N = 8312054, Alt. 4450 msnm. Otra evaluación de la (OEFA 2015) revela que los parámetros fisicoquímicos del río, se encuentran por encima de los niveles permisibles, para casos de pH, arsénico, hierro y manganeso. En cuanto a la calidad de sedimentos, la cantidad de arsénico (As) encontrado en mg/kg en distintos puntos a lo largo del río es 68.1, 100 y 164, concentraciones sobre las cuales se encuentran efectos biológicos adversos, la cantidad de mercurio (Hg) encontrado en mg/kg 0.86, superan los 0.486 mg/kg recomendados en los valores guía de calidad ambiental para sedimentos en cuerpos de agua dulce de Canadá.

Así las operaciones mineras de superficie pueden destruir los ecosistemas circundantes generando pérdida en la provisión de servicios (Qian *et al.* 2018). En Meghalaya, la extracción a cielo abierto de piedra caliza ha provocado deforestación, pérdida de biodiversidad, pérdidas en la disponibilidad y calidad de agua, perturbación del paisaje, erosión del suelo, generación de desperdicios y degradación de la tierra (Lamare y Singh 2017), mediante el método Grab Lamare y Singh (2014) analizan el impacto de la minería de piedra caliza sobre la calidad del agua para ello tomaron 5 muestras de agua de distintos lugares próximos a la mina y los compararon con muestras de agua (control) extraídas de la cabecera del río Myntdu los resultados revelan que la minería a cielo abierto y la evacuación de sus aguas sobre el río generan impactos negativos en las características físico-químicas encontrándose niveles elevados de pH, alcalinidad, calcio y sulfato en las muestras de agua tomadas de los lugares cercanos a la mina. En Ghana Rajae *et al.* (2015) encontraron en el agua concentraciones de metales pesados superiores a los estándares de agua establecidos por la OMS, el arsénico, cadmio y plomo excedieron los valores de referencia en 62, 19 y 21 por ciento respectivamente producto de la actividad minera de oro artesanal y de pequeña escala.

Además de la contaminación, el cambio climático y el consumo excesivo de los cuerpos de agua generan inseguridad hídrica, lo que implica un inadecuado abastecimiento del recurso (Basu *et al.* 2015). Espejos de agua como lagos y ríos juegan un rol importante en el ciclo del agua, ciclo del carbón, ciclo del nitrógeno, cambio climático y desarrollo ecológico. La contaminación de agua superficial puede generar múltiples daños a la salud, pérdida de diversidad biológica, suspensión del suministro de agua, las técnicas más utilizadas para estimar las pérdidas de bienestar para los dos últimos casos son análisis de costo de recuperación de biodiversidad y el método de costo de reposición del servicio (Yao *et al.* 2016). El acceso a agua y suelos degradados supeditan a las comunidades a la inseguridad alimentaria, la pobreza, incluso generan conflictos (Cofie y Amede 2015). En el Perú, a nivel de regiones los conflictos sociales son de tipo medioambiental los cuales están vinculados a la actividad minera (Leon 2019). En el ámbito rural del departamento de Puno la pobreza monetaria depende significativamente del número de hectáreas de tierra y el número de parcelas que posea el agricultor (Paredes y Escobar 2018).

En países en desarrollo la calidad del agua no ha recibido la debida atención, el agua contaminada trae consigo impactos directos sobre la salud humana y otras formas de vida,

en el medio rural el ganado sufre de enfermedades e incluso muere al consumir agua contaminada, también se presentan pérdidas de hectáreas de cultivos atribuidos al riego con agua contaminada (Reddy y Behera 2006). En el caso de terneros la morbilidad y la mortalidad están asociados con el peso al nacer, además la morbilidad se asocia con el tipo de ventilación del galpón y el índice de temperatura – humedad promedio, la mortalidad depende de la dieta líquida y la morbilidad (Urie *et al.* 2018). La mortalidad del ganado además de causar pérdidas financieras para el agricultor también refleja el estado de bienestar del animal y está asociada con su raza (Reimus *et al.* 2017), por tanto el cuidado de la salud de los animales también depende de las habilidades y conocimientos que tengan los productores y los especialistas (Rushton 2017).

La salinidad del agua podría afectar la fertilidad y la digestión de los animales, el alto contenido de metales pesados puede afectar el sistema nervioso, respiratorio, cardiovascular y excretor de los animales (Rojas-Downing *et al.* 2017), por tanto el agua es considerada como un nutriente esencial y está involucrada en cada función metabólica del cuerpo. En climas semiáridos la disponibilidad de agua afecta directamente el consumo de alimentos en las ovejas (Kumar *et al.* 2016), por ejemplo mientras mayor sea la concentración de sólidos disueltos en el agua los búfalos disminuirán su consumo de agua y alimento (Sharma *et al.* 2017).

La región Puno es considerada como el primer productor de alpacas y llamas a nivel nacional, además de ser el primer productor de ganado (bovino, ovino y camélidos sudamericanos) dentro de los departamentos de las zonas alto andinas del Perú. Por ello, el ganado es visto como fuente de alimento, ingresos y empleo, las provincias que cuentan con mayor número de ganado vacuno son Puno, Melgar y Azángaro identificándose las razas Brown Swiss, Criollo, Holstein, Cebú entre otras. El caso del bovino criollo en el altiplano peruano, muestra bajos niveles de producción de carne y leche, lo cual no implica que esta especie carezca de potencial para producir, sino que ésta se encuentra limitada por el inapropiado sistema de crianza familiar tradicional (Quispe 2016). Así mismo, El Brown Swiss es la única raza bovina introducida y especializada en la producción de carne y leche y que con éxito se ha adaptado a las condiciones altoandinas del Perú (Quispe *et al.* 2016), además de tener características como tener facilidad en el momento del parto, ser robusta y resistente a las enfermedades (García y Ruiz 2012).

En lo referente a los camélidos sudamericanos los distritos con mayor número de cabezas de alpaca son Santa Lucia, Santa Rosa, Macusani y Nuñoa, el sistema de crianza es extensivo y mixto que incluye ovinos, alpacas y llamas (Paredes y Escobar 2018). Considerando que la calidad de agua es un factor determinante en la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales, debido a su relación con los requerimientos nutricionales de cada especie (Fernandez *et al.* 2010), un bovino puede consumir entre 40 a 100 litros de agua al día dependiendo de su edad y estadio fisiológico (FAO 2007).

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021), el Perú en el 2020 ha producido 2,138,028 toneladas de leche fresca, siendo 452,218 familias productoras de ellas el 14.1 por ciento son grandes y medianos productores y el 85.9 por ciento son pequeños productores. Las principales cuencas productoras son Cajamarca, Lima, Arequipa, La Libertad y Puno. La Figura 1, muestra el rendimiento de producción de leche en kilogramos por vaca al año, como se aprecia el rendimiento de la producción de Cajamarca es casi dos veces mayor que la producción de Puno, y la producción de Arequipa y Lima es incluso 3 veces por encima de la producción Puneña.



Figura 1: Rendimiento de las cinco principales cuencas productoras de leche

Considerando: 1) los efectos negativos de la minería sobre la disponibilidad y calidad de los cuerpos de agua, y 2) lo fundamental que es la calidad del agua para la producción ganadera,

por sus efectos en la salubridad, nutrición e incluso la fertilidad del ganado, lo que puede afectar la economía de los productores pecuarios. Es necesario articular la información recopilada, para formular las siguientes preguntas de investigación.

Pregunta general:

¿Cómo afecta la contaminación hídrica en los costos de manejo y crianza de un hato y en la producción de leche en la Región de Puno?

Pregunta específica:

- ¿Qué factores ambientales son los que influyen en los costos de manejo y crianza de ganado bovino en la región Puno?
- ¿Cómo afecta la baja calidad de agua en la producción de leche, según la raza del ganado en la región Puno?

1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La producción de ganado es un gran contribuyente al sistema alimentario mundial y un gran consumidor de recursos hídricos. Por tanto, los problemas ambientales como la contaminación hídrica y el cambio climático generan pasivos en el sector agropecuario. Las cuencas Ramis y Llallimayo, donde se desarrolla actividad ganadera no son ajenas a estos problemas ambientales que han generado pérdidas económicas en los productores, por la morbilidad y la mortalidad de sus animales. Al respecto, no existe un método claro para evaluar el uso de recursos hídricos en la producción ganadera, debido a que gran parte del agua utilizada en su producción es destinada a la producción de alimentos para los animales (Ran *et al.* 2016). Después de haber realizado el estado del arte, se ha encontrado poca bibliografía sobre el tema en estudio, nuestra contribución es la identificación de los efectos físicos y económicos del agua contaminada sobre la producción de leche y el costo de una explotación de un hato de ganado vacuno, en la región Puno. Mediante modelos econométricos, la presente investigación pretende identificar los impactos de la calidad del agua en los costos de manejo y crianza de ganado bovino y la producción de leche.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general:

Determinar los impactos económicos de la contaminación hídrica en los costos de manejo y crianza de un hato y la producción de leche en la región Puno.

1.2.2 Objetivo específico:

- Especificar los factores ambientales que influyen en los costos de manejo y crianza de un hato en la región Puno.
- Calcular el impacto de la baja calidad de agua en la producción de leche, según la raza del ganado en la región Puno.

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general:

La contaminación hídrica afecta significativamente a los costos de manejo y crianza de un hato y a la producción de leche, generando pérdidas económicas en los ganaderos de bovinos de la región Puno.

1.3.2 Hipótesis específica:

- Los inadecuados niveles de pH del agua incrementan significativamente los costos de manejo y crianza de un hato en la región Puno.
- La baja calidad de agua afecta negativamente a la producción de leche de manera diferenciada según la raza de ganado en la región Puno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 BIODIVERSIDAD Y AGROBIODIVERSIDAD

La biodiversidad refleja la amplia variedad de vida en flora, fauna y microorganismos. Por sus características intrínsecas en cuanto a genes, individuos, poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas y biomas; expresa la complejidad de los sistemas ecológicos. Puede ser estudiada a nivel genético, de especies y de ecosistemas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2008). Análogamente, la agrobiodiversidad se refiere a la variedad y variabilidad de microorganismos, animales y plantas que son seleccionados y criados conscientemente, para ser dispuestos espacial y temporalmente con la finalidad de utilizarlos de manera directa o indirectamente para la alimentación y la agricultura (Timmermann y Robaey 2016, Kazemi *et al.* 2018, Resque *et al.* 2019). Por esa razón, Zimmerer y Vanek (2016) consideran que la agrobiodiversidad conserva dependencia recíproca con las interacciones humano – ambiente. Al respecto Toledo (1998) y Zimmerer *et al.* (2019) afirman que la intervención humana mediante la selección y domesticación de especies vegetales y animales, evolución y desarrollo de cultivos y ganado, ha estado presente en casi todos los biomas de la tierra, es por ello que la actual biodiversidad agrícola y ganadera es producto de miles de años de intervención humana (Kazemi *et al.* 2018). Por consiguiente, la biodiversidad está integrada por diversidad silvestre y diversidad domesticada, lo cual involucra a todas las especies de cultivo y ganado, comprendiendo las distintas variedades y razas entre ellas.

2.2 BIODIVERSIDAD COMO BIEN ECONÓMICO

Las diferentes dimensiones de la biodiversidad ganadera, desde el gen hasta el ecosistema, tienen características de recursos comunes, bienes del club y bienes privados que afectan la forma en que se gestionan, investigan, invierten e intercambian (Hoffmann 2011). En economía es común distinguir entre bienes privados y bienes públicos bajo el criterio de rivalidad y exclusión (Straalen Van *et al.* 2017). La exclusividad de un bien involucra su derecho de propiedad y la posibilidad de excluir a un individuo del consumo de dicho bien

mediante el cobro por el uso o disfrute (Pindyck y Rubinfeld 2018). Por su parte Parkin (2016) considera que un bien es rival cuando se va agotando mientras una persona consume de él, disminuyendo de esta forma la cantidad disponible para que otras personas puedan beneficiarse del consumo. La industria de las semillas y los países donde estas empresas tienen su sede son firmes partidarios de los derechos de propiedad privada para las nuevas variedades (Timmermann y Robaey 2016).

En consecuencia, un bien privado es altamente exclusivo y rival, debido a que para acceder al bien se debe de pagar, además el consumo de éste limita a otros usuarios de hacerlo. A partir de lo expuesto, un macho reproductor es evidentemente un bien privado por su alta rivalidad y exclusión; la certificación de semillas como la certificación genética de un animal, posee las características de un bien club debido a que es excluible mas no rival; los peces que habitan en ecosistemas acuáticos son recursos comunes debido a que es difícil excluir a los pescadores, empero mientras más pescadores sean disminuye la posibilidad de capturar peces; los bienes públicos son no rivales y no exclusivos, por consiguiente resulta difícil cobrar y excluir a las personas por el servicio de purificación del aire que brindan los árboles o los bosques.

	<i>Bienes privados</i>	<i>Recursos comunes</i>
<i>Rival</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Macho reproductor • Semillas agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Los peces de ecosistemas acuáticos.
	<i>Bien Club</i>	<i>Bienes públicos</i>
<i>No rival</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de semillas. • Certificación genética de animales – Pedigree 	<ul style="list-style-type: none"> • La purificación del aire que genera las plantaciones de árboles.
	<i>Exclusivo</i>	<i>No exclusivo</i>

Figura 2: Clasificación de bienes y servicios provisto por la biodiversidad de acuerdo los criterios de rivalidad y exclusión

La biodiversidad sea vista como: a) un bien público, b) un recurso común, c) un bien club o d) como bien privado, genera beneficios económicos a quienes la aprovechan o la explotan. Por tanto, asiste con el crecimiento de la economía de un país. La contribución de un sector al PIB es un indicador importante para las decisiones de inversión de los que diseñan

políticas, empero la participación de la ganadería en el PIB es subestimado o pobremente estimado (Dutilly *et al.* 2020). En el Perú el 20 por ciento de los ingresos fiscales son generados por actividades de minería metalúrgica (Chirinos-Peinado y Castro-Bedriñana 2020). Se considera que en países en desarrollo la minería es el vehículo que conduce al crecimiento económico sostenido (Betancur-Corredor *et al.* 2018, Dong *et al.* 2019), debido a su capacidad de crear empleos de manera directa o indirectamente (Wegenast y Beck 2020), en consecuencia a nivel local los ingresos que genera esta actividad fomenta el crecimiento económico de comunidades rurales que son ricas en minerales (Ofosu *et al.* 2020). Por consiguiente, la actividad minera formal e informal continúa creciendo en países dotados de recursos minerales, su expansión es influenciada por el incremento en el precio de los metales, así mismo la minería formal es impulsada por los gobiernos.

El PBI del departamento de Puno, de acuerdo con el INEI el año 2021 fue de 9 696.6 millones de soles (a precios constantes del 2007). Cifra que representa el 1.8 por ciento del PBI nacional. Las actividades económicas que más contribuyen al PBI del departamento de Puno son: 1) Agricultura y Ganadería 17.53 por ciento, 2) Comercio 12.13 por ciento, 3) Construcción 9.35 por ciento, 4) Administración Pública y Defensa 8.45 por ciento, 5) Manufactura 8.39 por ciento, 6) Transporte 6.58 por ciento, y 7) Minería 5.51 por ciento, entre otros. Tal como detalla la Tabla 1.

Tabla 1: PBI de Puno por actividades económicas

Actividades Económicas	PIB %
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	17.53
Pesca y Acuicultura	0.44
Extracción de Petróleo, Gas y Minerales	5.51
Manufactura	8.39
Electricidad, Gas y Agua	1.67
Construcción	9.35
Comercio	12.13
Transporte, Almacén, Correo y Mensajería	6.58
Alojamiento y Restaurantes	1.47
Telecom. y Otros Serv. de Información	5.02
Administración Pública y Defensa	8.45
Otros Servicios	23.45

Fuente: En base a datos del INEI – Compendio estadístico (2022)

No obstante, la mayoría de actividades socioeconómicas, urbanas e industriales generan toneladas de desechos (sólidos, líquidos y gaseosos) que ingresan a diversos tipos de ecosistemas (Chen *et al.* 2019), si estas operaciones degradan o deprecian la calidad ambiental son consideradas como contaminación (Ukaogo *et al.* 2020). La contaminación puede darse en tres medios: el aire, el agua y el suelo o la tierra.

En cuanto a la contaminación del suelo esta puede darse producto de procesos naturales y de la actividad antropogénica, no obstante esta última es la que aporta mayor cantidad de metales al suelo (Marrugo-Negrete *et al.* 2017), los materiales de desecho emitidos por operaciones industriales como la minería, la fundición, la metalurgia y la galvanoplastia; actividades agrícolas que emplean aguas residuales para el riego, el uso irracional de fertilizantes en la agricultura y la ganadería han causado e incluso exacerbado la contaminación por metales pesados en las tierras cultivadas (Wu *et al.* 2020).

Respecto a la contaminación del agua, los metales pesados predominan entre los desechos industriales que son vertidos predominantemente sobre los cuerpos de los ríos sin los tratamientos adecuados ni las operaciones de recuperación pertinentes, lo que puede tener efectos negativos graves sobre la toxicidad del agua, la eutrofización y la destrucción de las vidas acuáticas. Además de las industrias, concentraciones significativas de metales pesados provienen de actividades desarrolladas en minería y campos agrícolas, entre otras fuentes contaminantes como la deposición atmosférica (Chen *et al.* 2019).

2.3 EFECTOS DE LA MINERÍA SOBRE LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

Los beneficios económicos que trae consigo la minería ensombrecen los enormes volúmenes de relaves y desechos mineros que genera (Uugwanga y Kgabi 2020). Con la revolución industrial la minería se tornó en una de las actividades más peligrosas (Pérez 2016). Por tanto, la expansión de actividades mineras pueden tener considerables consecuencias sobre el medio ambiente, dejando contaminación y degradación ambiental, representando una amenaza para los ecosistemas naturales y la salud de comunidades que viven en zonas aledañas (Furlow 2014).

Los daños generados por la actividad minera, principalmente provienen de las rocas que son excavadas para la extracción del mineral, la remoción de suelos y los sedimentos generados (Betancur-Corredor *et al.* 2018). Dichas operaciones pueden provocar graves impactos en el

sistema hidrológico, sistema atmosférico y sistema del suelo (Dong *et al.* 2019). Respecto al sistema atmosférico, las partículas finas en suspensión generadas en las etapas extracción y procesamiento minero contienen metales pesados que son movilizados y dispersados por el aire, ocasionando que la contaminación se extienda incluso a lugares mucho más alejados del área minera.

En cuanto al sistema hidrológico, este se ve afectado por las partículas transportadas por el aire que se asientan en los cuerpos de agua y por los lixiviados que son evacuados a los ríos, estos desechos contienen sustancias tóxicas, ácidos y alcalinos que fluyen hacia los ecosistemas fluviales desde aguas arriba, puesto que la mayoría de las áreas mineras están ubicadas en la parte superior de las cuencas (Dong *et al.* 2019, Rodríguez-Estival *et al.* 2019). Este proceso puede alterar significativamente el flujo natural del agua y su calidad por la absorción y acumulación de agentes contaminantes.

La contaminación del suelo es influenciada por las partículas que son diseminadas por el aire y por la precipitación de lluvia ácida inducida por un proceso de evaporación y condensación de agua contaminada proveniente de ríos que contienen lixiviados. Tankari *et al.* (2019) Cuando la contaminación no es visible, se localiza y se mueve en el ambiente subterráneo (suelo y agua subterránea) su evolución y movimiento puede ser lento y permanecer incluso por décadas; el conocimiento de la contaminación ocurre solo cuando alcanza un objetivo como el suministro de agua y vegetales.

Además de estar ubicados en cabeceras de cuenca, a menudo los sitios mineros se encuentran dentro de áreas agrícolas, lo que implica graves peligros en cuanto a la producción de piensos y alimentos (Abad-Valle *et al.* 2018) y la bioacumulación en la cadena alimenticia (Tankari Dan-Badjo *et al.* 2019, Uugwanga y Kgabi 2020), esto debido a que las operaciones mineras degradan la tierra, contaminan el agua con mercurio, además de reducir las áreas de pastoreo para el ganado (Ofosu *et al.* 2020). Los elementos tóxicos pueden ingresar a los suelos agrícolas y suelos de pastoreo mediante procesos naturales (movilización del aire y ciclo hídrico) y a través del riego con agua contaminada logrando transferir los metales pesados a las plantas y otras partes del ecosistema, de esta forma ingresan en la cadena trófica afectando la salud de animales y demás seres. Incluso con niveles bajos de contaminación si estos se dan de manera prolongada o recurrente las consecuencias sobre los ciclos vegetativos pueden ser graves.

Pese al cese de actividades mineras, la dispersión de sus desechos son una fuente continua de oligoelementos tóxicos (Uugwanga y Kgabi 2020). Por otra parte, el impacto de la minería sobre el paisaje se encuentra entre los efectos más significativos y cambios irreversibles sobre todo en minería a cielo abierto (Devenin y Bianchi 2019). Los cambios en el uso de la tierra afectan la generación y la calidad de los servicios ecosistémicos (Murali *et al.* 2020). Incluso las operaciones mineras de superficie pueden destruir los ecosistemas circundantes generando pérdida en la provisión de servicios ecosistémicos (Qian *et al.* 2018). En Meghalaya, la extracción a cielo abierto de piedra caliza ha provocado deforestación, pérdida de biodiversidad, pérdidas en la calidad y disponibilidad de agua, perturbación del paisaje, erosión del suelo, generación de desperdicios y degradación de la tierra (Lamare y Singh 2017),

Durante el proceso de amalgamación de oro existe liberación de mercurio (Betancur-Corredor *et al.* 2018), por ello es que la minería de oro es considerada como una de las actividades más nocivas. De esta manera, el aumento de las actividades mineras ha provocado la liberación de grandes cantidades de contaminantes tóxicos como selenio, aluminio, cadmio, arsénico, cobre, hierro, plomo, níquel y zinc (Etteieb *et al.* 2020). Siendo el arsénico, níquel, cromo, plomo y cadmio metales altamente cancerígenos (Furlow 2014, Uugwanga y Kgabi 2020).

Incluso en aguas suprayacentes a áreas mineras se encontró que el plomo, cadmio y mercurio excedían los parámetros permitidos (Chen *et al.* 2019). En España, los ríos Valdeazogues y Montoro presentan bastante acumulación de mercurio y plomo en sus aguas respectivamente debido a que son afectados por la minería. Los cangrejos que habitan en dichas aguas también son damnificados dado que se encontró en el musculo de su cola alta acumulación de mercurio y plomo (Rodríguez-Estival *et al.* 2019). Mediante el método Grab Lamare y Singh (2014) analizan el impacto de la minería de piedra caliza sobre la calidad del agua para ello tomaron 5 muestras de agua de distintos lugares próximos a la mina y los compararon con muestras de agua (control) extraídas de la cabecera del río Myntdu, los resultados revelan que la minería a cielo abierto y la evacuación de sus aguas sobre el río generan impactos negativos en las características físico-químicas encontrándose niveles elevados de pH, alcalinidad, calcio y sulfato en las muestras de agua tomadas de los lugares cercanos a la mina. En Ghana Rajae *et al.* (2015) detectaron en el agua, concentraciones de metales pesados superiores a los estándares de agua establecidos por la organización mundial de la salud, el arsénico, cadmio y plomo excedieron los valores de referencia en 62 por

ciento, 19 por ciento y 21 por ciento respectivamente producto de la actividad minera de oro artesanal y de pequeña escala.

La salinidad del agua perjudicaría la fertilidad y la digestión de los animales, el alto contenido de metales pesados puede afectar el sistema nervioso, respiratorio, cardiovascular y excretor en animales (Rojas-Downing *et al.* 2017), por tanto el agua es considerada como un nutriente esencial y está involucrada en cada función metabólica del cuerpo en climas semiáridos la disponibilidad de agua afecta directamente el consumo de alimentos en las ovejas (Kumar *et al.* 2016), por ejemplo mientras mayor sea la concentración de sólidos disueltos en el agua los búfalos disminuirán su consumo de agua y alimento (Sharma *et al.* 2017).

Las muestras de suelo de pastizales colindantes con depósitos de arsénico de una mina abandonada exceden hasta en 20 veces los parámetros establecidos para arsénico (50 mg/kg), además el tejido de los pastos también presentó alta acumulación de arsénico (Abad-Valle *et al.* 2018). El ganado de la antigua zona minera de Sierra Madrona y el Valle de Alcudia en España está expuesto a niveles elevados de plomo, para examinar el impacto en la fauna, se comparó muestras de sangre, hígado y músculo de 46 ovejas adultas que se encontraban en área minera versus 21 ovejas que se ubicaban en un área de control. Las muestras de sangre fueron tomadas antes del sacrificio y las muestras de hígado y músculos fueron analizadas con animales ya muertos. Finalmente, los niveles de plomo en sangre, hígado y músculo fueron más altos en ovejas de la zona minería que las ovejas provenientes del área de control (Pareja-Carrera *et al.* 2014).

En Perú las actividades mineras se desarrollan principalmente en los andes y el altiplano, lugares donde también se desarrolla la agricultura y ganadería, estando estas últimas expuestas a los impactos de la actividad minera. En la comunidad Paccha que se encuentra ubicada cerca al complejo metalúrgico de la Oroya, el ganado se alimenta de pastizales que están expuestos a la contaminación por plomo y cadmio, mediante espectrofotometría de absorción atómica se analizó la transferencia de estos metales en la sangre y la leche de 20 vacas, los resultados señalan que la concentración de plomo en la leche es 54 por ciento mayor que en la sangre, así mismo la acumulación de cadmio en la leche es 28 por ciento mayor que en la sangre (Chirinos-Peinado y Castro-Bedriñana 2020). En la región Puno espejos de agua superficial como las cuencas Ramis y Llallimayo se ven afectadas por actividades mineras desarrolladas en los distritos de Ananea y Crucero que están ubicados

en las cabeceras de las cuencas (Giraldo 2017). En el ámbito rural del departamento de Puno la pobreza monetaria depende significativamente del número de hectáreas de tierra y el número de parcelas que posea el agricultor (Paredes y Escobar 2018).

En Europa entre el periodo 2009 al 2018 disminuyó la emisión de mercurio, así mismo en Polonia se evaluó entre esos años la concentración de mercurio en el hígado de bovinos disminuyendo en también la cantidad de mg de mercurio por kilogramo a lo largo de los años, porque lo que en la actualidad el consumo de carne e hígado de bovino es seguro (Nawrocka *et al.* 2020).

2.4 EFECTOS DEL SECTOR AGROPECUARIO EN LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

La ganadería constituye un sector estratégico para reducir la pobreza y mejorar el crecimiento económico en países en desarrollo, su contribución a la economía de un país varía de acuerdo al sistema de operación, desde pequeñas granjas de corral hasta modernos ranchos o granjas lecheras (Dutilly *et al.* 2020). Así mismo, la producción de alimentos crea oportunidades de empleo (Wegenast y Beck 2020). En los andes sur del Perú, Gilardino *et al.* (2020) identifican nueve funciones ganaderas: 1) producción de lácteos y 2) producción de carne, para mercado, 3) producción de leche para consumo familiar y 4) como alimento para terneros, 5) provisión de fertilizantes orgánicos y 6) energía de tiro, 7) papel como activo de ahorro, 8) seguro de riesgo y 9) parte de la tradición familiar.

Sin embargo, existen estudios que señalan efectos perjudiciales de la actividad ganadera en el calentamiento global, contaminación del agua, erosión del suelo, pérdida de biodiversidad y problemas de salud pública. Por ello muchos países han pasado de incrementar la producción ganadera a mitigar los efectos ambientales, esto debido a que en la mayoría de países no existe información pertinente que permita de manera confiable evaluar la contribución del sector a la economía (Dutilly *et al.* 2020).

La presencia de metales pesados en suelos agrícolas no se debe exclusivamente a la minería, las actividades agrícolas que emplean fertilizantes, pesticidas y fungicidas en el largo plazo pueden dañar el suelo. El estiércol de ganado, estiércol de aves, pesticidas y fertilizantes también contienen cadmio, mercurio, cobre, zinc y otros metales pesados (Chen *et al.* 2015). La agricultura es una fuente de contaminación difusa por sus vastas áreas de tierra, mientras que la ganadería contamina de manera puntual por su concentración en áreas predeterminadas específicamente (Garzon-Vidueira *et al.* 2020).

Los suelos del valle Sinú se utilizan principalmente para la ganadería y la agricultura, y las fuentes contaminantes de metales pesados provienen de la minería y la aplicación de pesticidas y fertilizantes agroquímicos. Los suelos del valle son irrigados con aguas del río Sinú, río arriba existe actividad minera. Se extrajeron 83 muestras de suelo hallándose cobre, níquel, zinc, plomo, cadmio y mercurio; con excepción del plomo y cadmio, todos los demás elementos excedieron los parámetros mundiales. Mediante análisis estadísticos multivariados y de conglomerados, se determinó que la contaminación del suelo se derivó principalmente de actividades agrícolas con excepción del mercurio, que posiblemente haya sido transportado por el flujo del río de la minería de oro río arriba. Por su parte la alta contaminación con níquel se deriva de fuente mixta, la agricultura y actividades mineras de ferroníquel (Marrugo-Negrete *et al.* 2017).

Durante el año 2018 se tomaron muestras mensuales para evaluar mediante análisis isotópico la contaminación del río Limia, producto de la actividad agrícola y ganadera (chanchos), los resultados indican que la contaminación del agua es baja, el 81.5 por ciento de las muestras de acuerdo a los parámetros físico químicos se encuentran dentro de la categoría bueno y muy bueno (Garzon-Vidueira *et al.* 2020).

El agua subterránea es una de las principales fuentes de agua potable en muchas ciudades y comunidades rurales, representa cerca del 20 por ciento de agua dulce en el mundo, diversos estudios han atribuido la contaminación del agua subterránea por nitratos a las condiciones de la superficie sin tomar en cuenta el papel de la hidrogeología. A través del método de mínimos cuadrados ajustados se analizó los efectos de la condición hidrogeológica y la contaminación sobre la contaminación de nitratos en el agua subterránea. La vulnerabilidad intrínseca y el nitrógeno total del suelo se utilizaron para representar las condiciones hidrogeológicas y las cargas de contaminación superficial, concluyendo que el nitrato de la superficie que contamina el agua subterránea, proviene principalmente de los fertilizantes agrícolas y el estiércol de ganado (He *et al.* 2019).

2.5 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El agua genera una amplia gama de beneficios para los seres humanos que abarcan todas las actividades económicas del sector primario y secundario (agricultura, pesca, minería, energía, manufactura). De acuerdo a su uso y bajo algunas circunstancias el agua puede estar incluido dentro de las categorías descritas en la Figura 2. El agua utilizada para irrigación y ganadería tiene una alta rivalidad pero una baja exclusión que la hace un recurso común, la

Figura 3 presenta los distintos usos del agua en un mapa de bienes públicos y privados cuyas coordenadas representan el grado de exclusión y rivalidad, los usos más cercanos al origen superior izquierdo corresponden a bienes públicos puros, mientras que los ubicados más lejos, en la parte inferior derecha se aproximan a bienes privados (Zegarra 2014).



Figura 3: Usos del agua en el mapa de bienes públicos y privados
Fuente: Zegarra (2014)

Los efectos en la contaminación de cuerpos de agua dependen de la naturaleza física y química de los contaminantes (Yao *et al.* 2016). En agua superficial, la contaminación dependerá del tipo de actividad, propiedades del suelo, características del cuerpo de agua (profundidad y flujo), características de la tierra cerca de los cuerpos de agua (uso de la tierra, pendiente y distancia de los cuerpos de agua) y condiciones meteorológicas (temperatura, lluvia, humedad y viento). Así mismo para medir la calidad del agua Zahangeer *et al.* (2017) consideran indicadores como la turbidez, conductividad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, metales pesados y sales presentes en los cuerpos de agua. Es casi imposible diseñar un método exacto para realizar una valoración de pérdidas causadas por contaminación de agua superficial, así desde la perspectiva de las funciones de cuerpos de agua (Yao *et al.* 2016) clasifica los daños por contaminación, tal como muestra la Figura 4.

El pH es la concentración de iones de hidrógeno en el agua, es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental para

Agua en el Perú es recomendable niveles de pH entre 6.5 – 8.4 para bebida de animales. Muchos animales pueden reusarse a beber agua cuando los niveles de pH son extremos (Morgan 2011) lo cual afecta el rendimiento del animal. Muestras de agua provenientes de sitios afectados por contaminación minera presentan niveles altos de pH (Aguinaga *et al.* 2018). Así mismo, donde existe bastante concentración de metales pesados el pH es menor a 4. En Brazil encuentran aguas acidas (pH 2,94-6,04) debido a contaminación minera (Galhardi y Bonotto 2016)

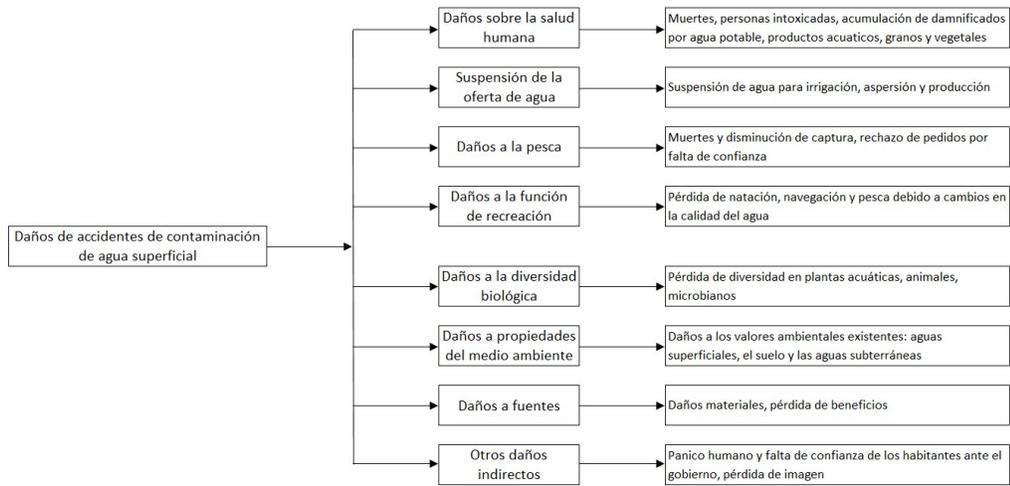


Figura 4: Daños potenciales causados por contaminación de aguas superficiales
Fuente: Yao *et al.* (2016), adaptado.

2.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Aunque los desechos de las minas están estrechamente relacionados con los impactos ambientales, los impactos en la salud humana y los receptores ecológicos están poco estudiados (Uugwanga y Kgabi 2020). Los efectos de la pérdida de vida silvestre a menudo se exploran en áreas protegidas sin ganado o mediante exclusiones que eliminan todos los ungulados grandes, incluido el ganado (Young *et al.* 2018).

De otra parte, la contaminación con cianuro y metales pesados genera pérdida de oportunidades de sustento para los agricultores (Betancur-Corredor *et al.* 2018). Existiendo pérdidas de acceso a campos de arado y tierras de pastoreo, así como a otros recursos naturales, incluidos frutas, árboles y leña, volviéndose los pobladores incapaces de producir su propia comida enfrentándose a una enorme inseguridad alimentaria (Wegenast y Beck 2020). Esto puede afianzar un ciclo de pobreza en la economía agraria a través de la pérdida

de ingresos generados por la agricultura y una reducción de la producción de alimentos y cultivos comerciales y ganadería (Ofosu *et al.* 2020). Incluso, la degradación de tierras genera gastos debido a que las familias deben pagar para poder pastorear su ganado en suelos no contaminados (Shackleton 2020).

En lugares donde la actividad minera está en marcha se preguntó sobre la percepción de impactos de la minería en los servicios ecosistémicos, la percepción de los entrevistados es que la minería tiene impactos negativos en los pastizales, el agua, el aire, el ganado y la salud humana pero genera impactos positivos en los ingresos (Murali *et al.* 2020). Es por ello que existe cambio también en la mano de obra, pasando de la actividad agrícola a la actividad minera debido a la pobreza agrícola. Los conflictos existentes entre minería y agricultura son intrincados debido a que ocupan el mismo espacio geográfico y comparten y/o compiten por los mismos insumos: la tierra, agua, trabajo y capital. Por el contrario, la actividad agrícola no afecta la integridad de los depósitos minerales no renovables (Ofosu *et al.* 2020), en contraste con la actividad minera que sí genera externalidades negativas que perjudica al sector agropecuario.

Se debe generar un marco para el uso eficiente de los recursos y protección de la biodiversidad así prevenir conflictos sociales (Betancur-Corredor *et al.* 2018). Puesto que el acceso a agua y suelos degradados supeditan a las comunidades a la inseguridad alimentaria, la pobreza, provocando conflictos (Cofie y Amede 2015). En el Perú, a nivel de regiones los conflictos sociales son de tipo medioambiental los cuales están vinculados a la actividad minera (Leon 2019).

La valoración económica de ecosistemas es importante ya que genera información que permite reducir conflictos, derivados de la disyuntiva entre la conservación de ecosistemas o la transformación para usos agrícolas, urbanos o industriales. Esta información, busca a través de la estimación de los beneficios económicos y de los costos de oportunidad asociados a la protección ambiental dar a conocer al público la importancia de los ecosistemas, en especial cuando existe una fuerte demanda para su modificación (Enríquez 2004). De esta manera Vásquez *et al.* (2007), la economía ambiental pretende evitar la subvaloración del ambiente en la toma de decisiones, a través de la incorporación del valor económico de estos cambios ambientales dentro del análisis costo beneficio.

La valoración económica de bienes y servicios ambientales responde a un proceso de naturaleza compleja, dada la singularidad de las interrelaciones entre los conjuntos de

factores que en ella intervienen (Ripka de Almeida *et al.* 2018). La valoración ambiental puede definirse, como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir las expectativas de beneficios y costos derivados de algunas acciones tales como: uso de un activo ambiental, realización de una mejora ambiental, generación de un daño ambiental, entre otros (Azqueta 1994).

Herruzo (2002), el concepto de valor económico surge debido a la necesidad de reflejar el bienestar de las personas, así un objeto o una experiencia tendrá valor económico si aumenta el bienestar de quien lo consume o disfruta. Por tanto, el valor económico es antropocéntrico porque este se determina y surge por las preferencias individuales de cada persona.

La teoría del valor económico total *VET* desarrollado por Pearce (1993) y Pearce y Turner (1990), sostiene que este está compuesto por un valor de uso o valor de uso activo *VUA* y por un valor de no uso o valor de uso pasivo *VUP*. El valor de uso a su vez está compuesto por un valor de uso directo *VUD*, el valor de uso indirecto *VUI* y el valor de opción *VO*. Por su parte el valor de no uso comprende al valor de legado *VL* y al valor de existencia *VE* y valor altruista *VA* (Bertram y Rehdanz 2013).

$$VET = VUA + VUP \quad (1)$$

$$VUA = VUD + VUI + VO \quad (2)$$

$$VUP = VL + VE + VA \quad (3)$$

$$VET = VUD + VUI + VO + VL + VE + VA \quad (4)$$

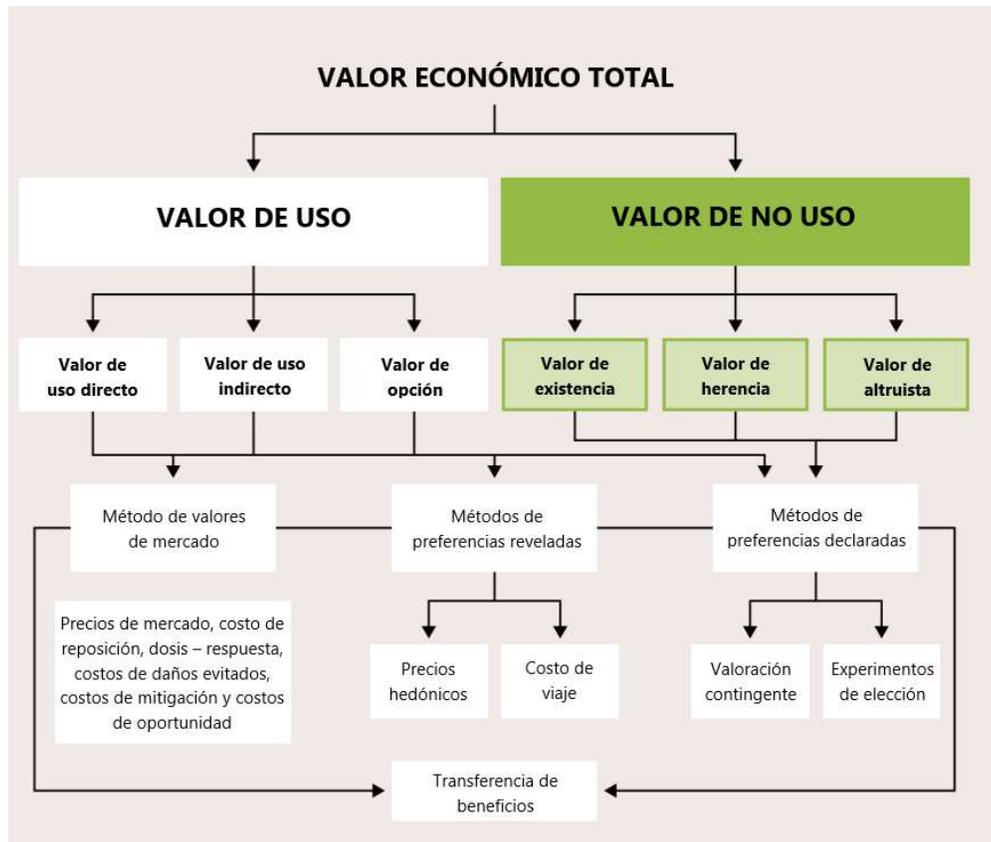


Figura 5: Tipología del valor económico total

Fuente: The economics of land degradation (2019), adaptado.

El valor de uso, hace referencia a la utilidad de los atributos de la naturaleza. Las personas que utilizan bienes ambientales, se ven afectadas por cualquier cambio que ocurra respecto a la calidad, existencia o accesibilidad de estos. En el caso de un parque natural, éste tiene un valor de uso para aquellos que lo visitan (Azqueta *et al.* 2007). Precisamente, este valor se refiere a los beneficios que obtiene un individuo o la sociedad por el uso o consumo de bienes y servicios ecosistémicos, caracterizándose por la exclusión y rivalidad en su consumo, asemejándose a un bien privado, tal es el caso de la madera, las semillas y la recreación entre otros (Minam 2015) y (Minam 2016).

Para estimar el valor monetario que las personas asignamos ha determinado bien ambiental, existen métodos de valoración económica basados en técnicas directas o indirectas. Se habla de técnicas de medición directa cuando el individuo declara sus preferencias en mercados hipotéticos, así mismo se hace mención a técnicas de medición indirecta cuando el individuo revela sus preferencias en un mercado real (Mendieta 2000).

Los métodos indirectos se apoyan en las relaciones que se establecen en las funciones de producción, de bienes y servicios entre los bienes y servicios ambientales objetos de valoración, estas relaciones pueden ser: *i) complementariedad*, cuando el disfrute de los bienes ambientales, requiere el consumo de bienes privados, siendo los métodos de precios hedónicos y costo de viaje los que se apoyan en este tipo de relaciones; *ii) sustituibilidad*, cuando los bienes ambientales entran en la función de producción de bienes y servicios, junto con otros insumos que pueden ser adquiridos en el mercado y que podrían reemplazarlos en estas funciones (Azqueta *et al.* 2007).

El método de la función de producción estima cuánto contribuye un determinado servicio del ecosistema al suministro de otro bien o servicio del ecosistema, que normalmente se comercializa en los mercados comerciales (Bertram y Rehdanz 2013), para ello se puede estimar los costos incurridos por un aumento (disminución) de la calidad ambiental. Este aumento (disminución) en los costos conduce a una disminución (aumento) en la cantidad de suministros para una demanda dada asociada con un aumento (disminución) del precio económicamente óptimo. Lo que se mide aquí es el cambio en el bienestar asociado con el cambio en el costo de provisión. Estos métodos pueden resultar muy útiles para las decisiones políticas en la práctica, ya que a menudo se dispone de datos sobre costos (The economics of land degradation 2019).

Una externalidad ocurre cuando las actividades de un agente económico afectan las actividades de otro agente de una forma que no se refleje en las transacciones del mercado (Nicholson y Snyder 2015). Estas externalidades modifican la función de utilidad o producción de un tercero. Utilizando la teoría económica varios estudios demuestran que las contribuciones de los insumos ambientales pueden generar diferencias en la eficiencia de producción, se puede medir el valor de los insumos ambientales utilizando el enfoque de función de producción (Gregg y Rolfe 2016). Al respecto Freeman III *et al.* (2014), sostienen que los cambios provocados en el medio ambiente, como la contaminación del aire y del agua, pueden variar la provisión en calidad y cantidad de los recursos naturales y que estos no solamente proveen bienes y servicios de forma directa a los consumidores, también sirven como insumos en los procesos de producción. El costo del daño evitado es un método relacionado que estima los valores de los servicios ecosistémicos con base en los costos de evitar daños debido a la pérdida de servicios.

Para el caso de contaminación hídrica de ríos, la cual puede afectar la producción agropecuaria, puesto que el agua es utilizada para bebida de animales o riego, así lo señala Araya 2018, el agua es el principal factor limitante en la producción de cultivos en regiones semiáridas, por tanto, la escases de agua en la producción pueden afectar los costos de producción del cultivo, en consecuencia el problema puede ser abordado desde dos enfoques:

2.7 FUNCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

$$CT = f(P_k, P_L, Q, q)$$

Donde

CT = Costo total de producción

P_k = Precio de insumos variables (químicos, materia prima)

P_L = Precio del factor trabajo

Q = Nivel de producto producido

q = Calidad o cantidad ambiental

2.8 FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

$$Q = f(K, L, q)$$

Donde:

K = Insumo fijo

L = Insumo variable

Q = Nivel de producto producido

q = Cantidad o calidad ambiental

En consecuencia: 1) para la función de costos de producción, mientras mayor sea la concentración del contaminante, mayor será el costo total; y 2) para la función de producción, mientras mayor sea la concentración del contaminante, menor será el nivel de producción.

De otra parte, es importante hacer notar que los pequeños productores o la producción ganadera extensiva no registra sistemáticamente los ingresos y egresos que genera

periódicamente (Cevallos *et al.* 2021). Esta falta de información dificulta la cuantificación de costos, en el ámbito académico, no existe estudios fidedignos, de costos de producción que se hayan basado en una muestra probabilística (Barrera Perales *et al.* 2018), los estudios de costos existentes son para empresas específicas que si cuentan con una gestión de costos. Como los procesos de producción, de los cuales deriva la información requerida para el análisis y gestión de costos de producción no se encuentran documentados de manera formal; es la experiencia del productor-gerente la que guía las actividades a desarrollar y las decisiones tomadas en los sistemas ganaderos, cuya orientación es la obtención de leche y carne (Meleán y Ferrer 2019).

Los costos de producción de la actividad agropecuaria son los insumos complementarios a la oferta biológica para la producción. En el caso de la ganadería, los insumos son aquellos que están destinados a cubrir deficiencias en la alimentación, lo cual implica invertir en siembra de pasturas y ensilado de granos (Rudi 2013) y compra de vacunas y proteínas para el desarrollo del ganado (Rodríguez *et al.* 2021).

2.9 MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS

La técnica de análisis econométrico es mediante la metodología de mínimos cuadrados ordinarios, la cual nos permite establecer una relación funcional entre dos variables (la variable endógena y cada una de las variables exógenas del modelo). La elección de la forma que tome el modelo: regresión lineal, logarítmica o semi logarítmica, depende de cómo se ajusten los datos al modelo.

Gujarati (2004), este procedimiento plantea utilizar, como estimación de los parámetros, aquella combinación de $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, que minimice los errores que el modelo cometerá. Si se dispundría a priori de los parámetros estimados podríamos escribir el modelo de regresión lineal como:

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + U_i$$

Y el estimado como:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_{2i} + \hat{\beta}_3 x_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ki}$$

Por tanto, podríamos computar el error o residuo que el modelo comete en la estimación de cada valor de la variable endógena comparando, de forma inmediata, el valor real de la variable endógena en cada observación con el valor estimado:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

Este error dependería, del valor asignado a las estimaciones de los parámetros β ; el método de MCO sugiere utilizar aquella combinación de parámetros estimados que minimice la suma al cuadrado de todos los errores cometidos para las “n” observaciones disponibles:

$$\hat{\beta}_{MCO} \rightarrow \min(S) = \min \sum_{i=1}^n (e_i)^2$$

Para obtener algebraicamente una expresión de cálculo operativa para los estimadores MCO, procedemos de la forma matricial como sigue:

La expresión a minimizar es:

$$(S) = \sum_{i=1}^n (e_i)^2 = \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki} \right)^2$$

Para obtener los valores de cada uno de los “k” parámetros $\hat{\beta}_j$ que minimizan esta expresión derivamos con respecto a cada uno de ellos e igualamos a cero, obteniendo “k” expresiones del tipo:

$$\frac{\partial(S)}{\partial \hat{\beta}_j} = 2 \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki} \right) \cdot (-x_{ji}) = 0$$

Estas expresiones, se denominan “ecuaciones normales”. En este sistema de las ecuaciones normales las incógnitas son los parámetros $\hat{\beta}_j$ a estimar y los valores conocidos son los datos muestrales recogidos de la “y” y de las “x”.

Observadas una a una, para cada parámetro, las expresiones de las ecuaciones normales son:

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{1i} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{1i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{1i} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{1i}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{2i} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{2i} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{2i}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{3i} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{3i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{3i} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{3i}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{ki} = \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} + \hat{\beta}_3 \sum_{i=1}^n x_{3i} x_{ki} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{ki}$$

Lo que, teniendo en cuenta las expresiones matriciales del vector endógeno “ y ” y de la matriz de variables exógenas “ x ”, puede expresarse matricialmente como:

$$X'Y = X'X\hat{\beta}$$

De donde se obtiene despejando la expresión final matricial del vector de parámetros estimados $\hat{\beta}_j$:

$$\begin{aligned} X'Y &= X'X\hat{\beta} \\ (X'X)^{-1}X'Y &= (X'X)^{-1}X'X\hat{\beta} \\ \hat{\beta} &= (X'X)^{-1}X'Y \end{aligned}$$

Para el caso de variables explicativas binarias, Wooldridge (2015) manifiesta que el efecto parcial de cambiar x_1 de cero a uno, manteniendo todas las demás variables fijas, simplemente es:

$$G(\beta_0 + \beta_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k) - G(\beta_0 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k) \quad (\theta)$$

Por ejemplo, si “ y ” es una variable dependiente que refleja un indicador de empleo y x_1 es una variable binaria que indica la participación en un programa de capacitación laboral, entonces (θ) es el cambio en la probabilidad del empleo debido a este programa de capacitación.

En la ecuación (θ) , el signo del parámetro β_1 es suficiente para determinar, si el programa tuvo un efecto positivo o negativo. Sin embargo, para hallar la magnitud del efecto, se tiene que estimar la cantidad en (θ) .

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación científica que se empleó en el presente estudio es el explicativo. Puesto que explica un hecho de tal forma que este sea comprensible, Charaja (2009) sostiene que la investigación explicativa aborda hechos de la realidad relacionándola con una causa o varias causas. Precisamente el interés de la investigación explicativa, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta y por qué se relacionan dos o más variables (Hernández *et al.* 2014). Finalmente, Mendoza (2014) coincide con lo dicho por los autores antes mencionados, y afirma que el objetivo central de la ciencia es determinar qué causa qué, así mismo señala que en la investigación económica se necesita predecir y explicar, para ello se requiere el uso de modelos, que están contruidos en base a la teoría y a algunas preposiciones auxiliares, requisitos que cumple el presente trabajo de investigación.

3.2 LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación analizó el impacto del agua con niveles de pH fuera de los parámetros establecidos en los Estándares de Calidad para Agua de bebida de animales en el Perú, en: 1) los costos de manejo y crianza de ganado; y 2) la producción de leche bovina, en la región Puno. El departamento de Puno goza de grandes extensiones de suelo que son aptas para el crecimiento de pastos naturales y pastos cultivados, además de contar con suficiente recurso hídrico, estos atributos impulsan el potencial de la actividad ganadera en la región. Sin embargo, no toda la región es apta para desarrollar esta importante actividad es así que existen determinadas zonas en las que es factible desarrollar la ganadería a gran escala, de acuerdo con el Plan Regional de Gestión de Riesgos y Desastres 2016 -2021 las provincias que cuentan con mayor potencial pecuario son: Melgar, Carabaya, Huancané, Moho, Azángaro, Lampa, San Román, Puno, El Collao y Chucuito, tal como se muestra en la Figura 6 (a), la sección (b) de la misma muestra el potencial hídrico de la región.

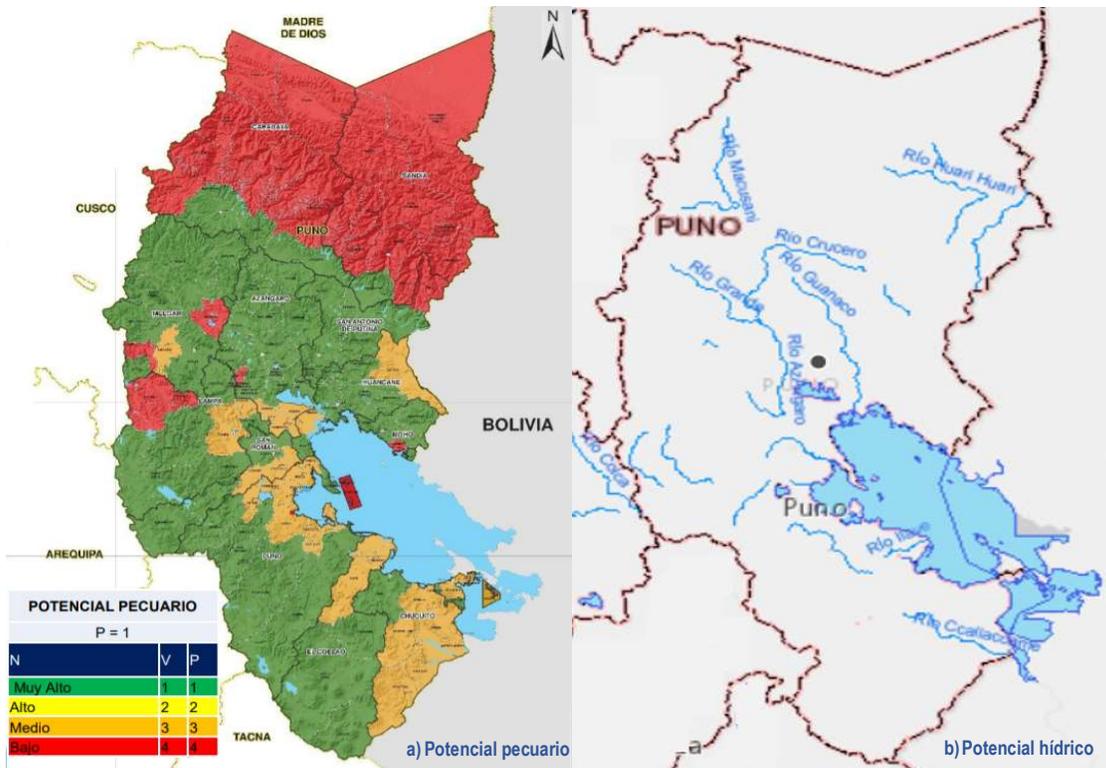


Figura 6: Potencial pecuario e hídrico de la región Puno

Fuente: a) Gobierno Regional Puno (2016), b) Geo, ANA (2020)

3.3 TAMAÑO DE MUESTRA

La población de estudio fueron los ganaderos de las principales zonas productoras de la región Puno, a quienes se les aplicó una encuesta. El levantamiento de información requiere que en lo mayor posible la muestra represente a la población, por tanto es recomendable aplicar técnicas de muestreo probabilístico (Pérez 2010), debido a que los resultados obtenidos mediante el muestro no probabilístico son poco confiables o válidos, en vista que los sujetos considerados en este tipo de muestra no dan la certeza de representar a la población de estudio (Otzen y Manterola 2017).

Frente a la disyuntiva entre utilizar muestro estratificado o por conglomerados, Pérez (2010) sostiene que para desarrollar un muestreo estratificado se requiere disponer de una lista de la población a muestrear para posteriormente estratificarla de acuerdo a alguna característica o variable de tal forma que exista heterogeneidad entre estratos pero homogeneidad al interior de ellos. Por otro lado, en caso no se disponga de una lista de la población a investigar, se puede dividir la población de estudio por clúster o áreas geográficas que pueden ser de igual o de diferente tamaño de las cuales se elabora un listado y se selecciona

aleatoriamente algunas de ellas siendo esta la primera etapa del muestro por conglomerados. Es necesario resaltar que entre conglomerados existe homogeneidad y al interior de ellos existe heterogeneidad, la segunda etapa del muestreo por conglomerados involucra la selección de la muestra al interior de cada clúster.

De las técnicas de muestro probabilístico, el muestreo por conglomerados bietapico es el que mejor se adaptó al presente estudio, puesto que no se dispone de una lista o padrón de ganaderos, pero si conocemos de distritos (áreas geográficas) que tienen gran potencial ganadero. El anexo 2 contiene información de los distritos de la región Puno en los cuales la población se dedica a la crianza de ganado vacuno, ovino y alpacuno. La Tabla 2 resume el muestreo por conglomerados en 2 etapas, siendo la primera la lista de 27 distritos que poseen mayor número de cabezas de ganado sobre la cual se seleccionan de forma aleatoria algunas de ellas. En la segunda etapa, se asignó cierta cantidad de encuestas por distrito de acuerdo a la proporción de cabezas de ganado que representa cada distrito.

Tabla 2: Distritos con mayor población de ganado vacuno en la región Puno

Provincia	Distritos	Promedio de cabezas de ganado	Tasa por distrito	Número de encuestas
Puno	Puno	17620.0	0.022	2
	Acora	63883.3	0.080	9
	Capachica	11776.7	0.015	2
	Mañazo	22993.3	0.029	3
	Pichacani	33413.3	0.042	5
	Tiquillaca	10946.7	0.014	2
Azángaro	Azángaro	31823.3	0.040	4
	Muñani	39423.3	0.049	5
	San Anton	26003.3	0.033	4
	San Jose	29183.3	0.037	4
Carabaya	Macusani	44180.0	0.055	6
	Crucero	31253.3	0.039	4
Chucuito	Juli	46916.7	0.059	6
Huancané	Huancané	-	-	-
	Taraco	-	-	-
	Vilquechico	39360.0	0.049	5
Lampa	Lampa	43426.7	0.054	6
	Ocuviri	22163.3	0.028	3
	Pucara	20286.7	0.025	3
	Santa Lucia	52198.3	0.065	7
Melgar	Ayaviri	23243.3	0.029	3
	Antauta	27840.0	0.035	4

	Llalli	9240.0	0.012	1
	Nuñoa	81720.0	0.102	11
	Orurillo	17786.7	0.022	2
San Román	Cabana	15356.7	0.019	2
	Cabanillas	35246.7	0.044	5
TOTAL		797285.0	1	110

De los 27 distritos seleccionados, extraemos una muestra la cual nos indica que debemos realizar el levantamiento de información en 25 distritos ganaderos de la región Puno.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Para

$N = 27$; $p = q = 0.5$; $Z_{0.05} = 1.96$ y $E = 0.05$, obtenemos:

$$n_1 = \frac{27 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (27 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = \frac{25.93}{0.065 + 0.9604} = 25.22$$

De acuerdo con la información del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2019) existen 128645 productores pecuarios en la región Puno, de los cuales según la Agencia Agraria de Noticias (2020) 10 mil son afectados por la contaminación minera. Martínez (2012) sugiere en caso de poblaciones infinitas o desconocidas el tamaño óptimo de la muestra mediante muestreo aleatorio simple es obtenido con:

Sí, 10 mil productores pecuarios son afectados por la contaminación minera, entonces q representa el porcentaje de productores afectados por la contaminación hídrica.

$$q = \frac{100 * 10000}{128645} = 7.8\%$$

$$p = 100 - q = 92.2\%$$

$$n = \frac{128645 * 1.96^2 * 0.078 * 0.922}{0.05^2 * 128644 + 1.96^2 * 0.078 * 0.922} = \mathbf{110}$$

Empleando el enfoque de costos de producción al *manejo y crianza de ganado vacuno*. Se consideraron las siguientes variables, como variable dependiente *Costo total*, la cual tiene como variables explicativas a la *Cantidad total de ganado vacuno* por hatos, *Cantidad de ganado enfermo* por hatos, la *Edad* del productor y su *Edad*², y como variable ambiental el nivel de *pH* en el agua, tal como se describe en la Tabla 3. Para evitar problemas de correlación entre variables independientes, la variable *Tasa de enfermos*, es el cociente de la cantidad de enfermos entre la cantidad total de ganado por hatos. El modelo econométrico queda especificado de la siguiente manera.

$$\text{COSTO TOTAL} = \beta_0 + \beta_1 \text{TASA DE ENFERMOS} - \beta_2 \text{EDAD} + \beta_3 \text{EDAD}^2 + \beta_4 \text{pH} + \mu$$

Tabla 3: Variables del modelo de costos de manejo y crianza de ganado

Nombre de la variable	Tipo	Definición
<i>Variable Dependiente</i>		
COSTO_TOTAL	Cuantitativa	Costo Total de manejo y crianza de ganado vacuno por hatos medido anualmente en Soles.
<i>Variables Independientes</i>		
CTGV	Cuantitativa	Cantidad total de ganado vacuno por hatos.
CGE	Cuantitativa	Cantidad de ganado enfermo por hatos.
TASA_ENFERMOS	Cuantitativa	Cociente de CGE/CTGV por hatos.
EDAD	Cuantitativa	Edad del productor pecuario en años.
pH	Cualitativa	Variable Dummy que toma el valor de 1 cuando el pH del agua no es apto para consumo de ganado. Y es igual a 0 en caso contrario.

La relación entre la variable *Costo total* y las variables *Cantidad de enfermos* por hatos, o *Tasa de enfermos* por hatos, es positiva, lo cual quiere decir que mientras más enfermos exista por hatos o mayor sea la tasa de enfermos por hatos, mayor será el costo de manejo y crianza. Dicha relación es mostrada en la Figura 7.

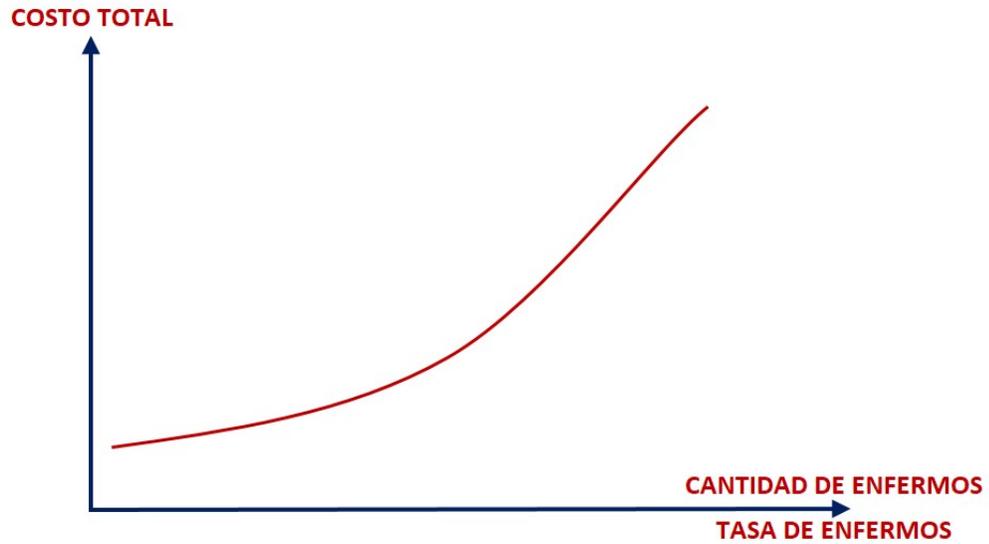


Figura 7: Función de costo de manejo y crianza de ganado

Para efectuar el modelo de función de producción de leche, se preguntó por las siguientes variables: *LT Leche*, variable endógena que hace referencia a la cantidad de litros de leche extraída de la mejor vaca del hato, la cual es explicada por las siguientes variables independientes, *PH* variable ambiental que mide la calidad del agua, *EDAD_VACA*, *NUM_PARTOS* la cual mide la cantidad de partos que tuvo la vaca durante su vida, *PARTO_RECIENTE* y *R* que es la raza de la vaca. Tal como detalla la Tabla 4.

$$\begin{aligned}
 \text{LT LECHE} = & \beta_0 + \beta_1 \text{PH} + \beta_2 \text{EDAD_VACA} - \beta_3 \text{EDAD_VACA}^2 + \beta_4 \text{NUM_PARTOS} \\
 & + \beta_4 \text{PARTO_RECIENTE} + \beta_4 \text{R} + \mu
 \end{aligned}$$

Tabla 4: Variables del modelo de producción de leche

Nombre de la variable	Tipo	Definición
<i>Variable Dependiente</i>		
Producción de leche LT_LECHE	Cuantitativa	Cantidad de litros de leche que produce diariamente la mejor vaca del hato.
<i>Variables Independientes</i>		
Calidad del agua pH	Cualitativa	Adopta el valor de 1: cuando el pH del agua no es apto para consumo de ganado; y 0: en caso contrario.
Edad de la vaca EDAD_VACA	Cuantitativa	Edad de la vaca en años.
Número de partos NUM_PARTOS	Cuantitativa	Número de partos que tuvo la vaca.
Parto reciente PARTO_RECIENTE	Cualitativa	Adopta el valor de 1: cuando la vaca parió dentro de los últimos 2 meses; y 0: en caso contrario.
Raza R	Cualitativa	Adopta el valor de 1: cuando la vaca es criolla; 2: cuando la vaca es Bronw Swiss y 3: cuando la vaca es Holstein.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

En promedio cada hato está integrado por nueve vacas, el costo medio de manejo y crianza del hato es de 1,907.66 Soles. La edad mínima de los ganaderos encuestados es 23 años y la máxima 82, estando su edad media próxima a 55 años. En promedio, cada vaca tiene una edad de 3.7 años, ha tenido dos partos en toda su vida y produce 13.75 litros de leche diarios, el 47 por ciento de ellas tiene parto reciente, y el 28 por ciento de los hatos encuestados presentan niveles inadecuados de pH en el agua, tal como muestra la Tabla 5.

Tabla 5: Promedio de las variables de estudio

VARIABLE	OBS.	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO
COSTO_TOTAL	109	1,907.66	2,674.26	0	16,000.00
CTGV	109	9.86	6.83	1	45
CGE	109	2.03	3.59	0	18
EDAD	109	54.96	11.43	23	82
pH	109	0.28	0.453	0	1
LT_LECHE	109	13.75	5.72	3	35
EDAD_VACA	109	3.72	1.20	2	9
NUM_PARTOS	109	2.44	1.06	0	5
PARTO_RECIENTE	109	0.47	0.50	0	1

La Autoridad Nacional del Agua, cada año realiza el levantamiento de información respecto a parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de los cuerpos de agua, como ríos y lagos. La Figura 8, muestra información respecto a los niveles de pH registrados en las cuencas lecheras de la región Puno durante el periodo 2021, aquellos ríos cuyos niveles de pH están por debajo de 6.5 y por encima 8.4 son inadecuados para bebida de animales. Los ríos que presentan inadecuados parámetros de pH, están ubicados en: 1) Unidad hidrográfica Pucará –R. Pataqueña, R. Chacapalca y R. Llallimayo-, 2) Unidad hidrográfica Huancané –R. Tuyto y R. Huancané, 3) Unidad hidrográfica Coata -R. Vilavila y R. Coata- y 4) Unidad hidrográfica Ilave – R. Ilave y R. Callacame-.

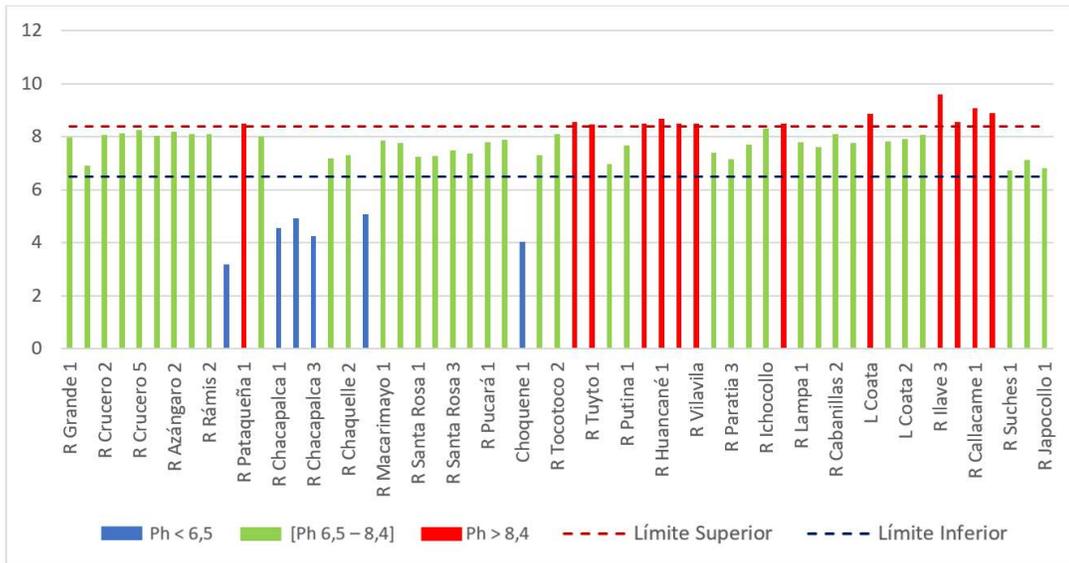


Figura 8: Niveles de pH en los ríos de Puno

Respecto al nivel educativo alcanzado por los productores pecuarios, de acuerdo con la Figura 9, el 37.86 por ciento cuenta con estudios a nivel de primaria y el 39.81 por ciento a nivel de secundaria, el 14.56 por ciento ha alcanzado estudios técnicos, solamente el 5.82 por ciento logra poseer estudios universitarios.

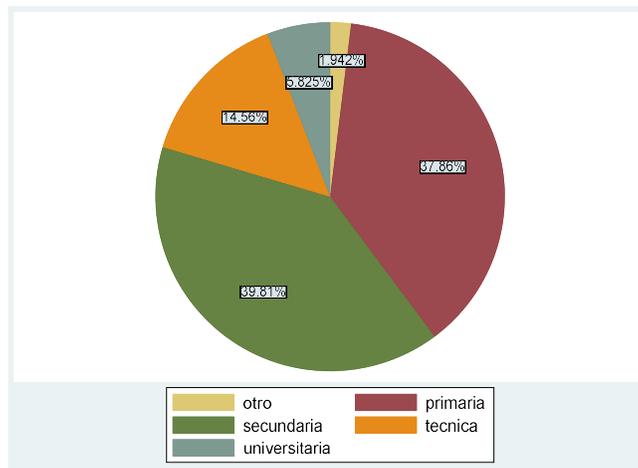


Figura 9: Nivel educativo de productores pecuarios

4.2 ESTIMACIÓN DE MODELOS DE COSTO DE MANEJO Y CRIANZA DE VACAS

La Tabla 6, exhibe los resultados de los modelos de costo de manejo y crianza de ganado vacuno aplicando la metodología de mínimos cuadrados ordinarios. Es preciso señalar que en los modelos uno y tres, todas las variables son significativas estadísticamente al uno y cinco por ciento, empero el modelo tres es el que mejor explica a la variable COSTO_TOTAL, debido a que el modelo uno presenta problemas de multicolinealidad, los impactos por variable son:

- En promedio, un incremento del uno por ciento en la TASA_ENFERMOS del hato, genera que el COSTO_TOTAL aumente en 20.95 Soles por hato, manteniendo los demás factores constantes.
- Ganaderos cuya agua empleada para bebida de animales presenta niveles de pH fuera de los parámetros recomendados, gastan en promedio 2,135 Soles más respecto de aquellos productores cuyo pH del agua está dentro del parámetro, ceteris paribus.
- La variable EDAD nos indica que (1) mientras el productor es más joven, *tiene menos experiencia*, por tanto incurre en mayores costos de manejo del hato, (2) al pasar de los años el productor adquiere mayor edad, *es más maduro y tiene mayor experiencia en cuanto al manejo del hato*, con lo cual reduce sus costos de manejo y crianza; y (3) cuando el productor ya es un adulto mayor, *tiene menos capacidad para administrar el hato*, en consecuencia comienza nuevamente a incrementar su COSTO_TOTAL. Con la información obtenida en la Tabla 6 y tomando derivadas, se obtiene que a los 60.9 años el productor minimiza el COSTO_TOTAL.

Tabla 6: Determinantes del costo de manejo y crianza de ganado vacuno

VARIABLE DEPENDIENTE: COSTO_TOTAL				
VARIABLES INDEPENDIENTES	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
	COEFICIENTES			
CTGV	107.74***	115.33***	-	-
CGE	236.18***	249.18***	-	-
TASA_ENFERMOS	-	-	2,095.13***	2,265.46***
pH	1,543.03***	1,423.19***	2,135.08***	2,165.19***
EDAD	-266.57**	-272.74**	-334.06***	-289.84**
EDAD2	2.26**	2.31**	2.74**	2.44**
NE				
Primaria	-	-93.39	-	255.92
Secundaria	-	416.77	-	917.94
Técnica	-	-231.69	-	505.84
Universitaria	-	-580.41	-	1669.96
Constante	7,469.11**	7,530.29**	10,624.13***	8,485.92**
R2	0.5563	0.5687	0.4316	0.4506
Akaike (AIC)	1,952.07	1,956.99	1,977.07	1981.37

*** Sig. al 1 por ciento; ** Sig. al 5 por ciento

La Figura 10, muestra de forma detallada la relación entre EDAD y COSTO_TOTAL. A los 61 años el COSTO_TOTAL se minimiza a 1,460.89 Soles. A los 20 años el COSTO_TOTAL es de 6,057.81 Soles; y a los 30 años, el COSTO_TOTAL es 4,087.21, por tanto, en ese tramo en 10 años obtenidos de experiencia, el COSTO_TOTAL disminuye en 1,970.6 Soles. Del mismo modo, a los 51 años de edad el COSTO_TOTAL es igual a 1,732.69 Soles, mientras que a los 61 años es de 1,460.89 Soles, lo cual nos indica que durante esos 10 años de experiencia conseguidos, la disminución en el COSTO_TOTAL se redujo en 27.18 Soles.

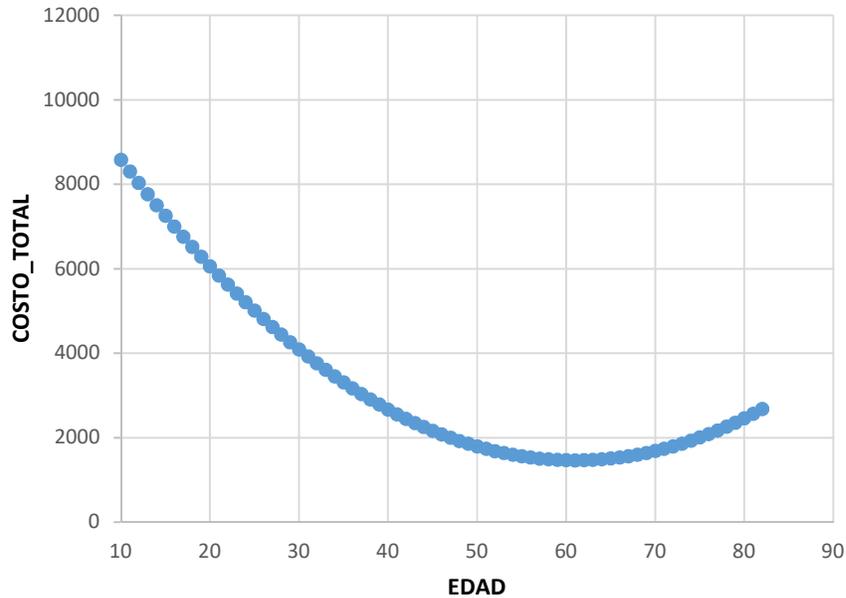


Figura 10: Costo de manejo y crianza vs edad

4.3 ESTIMACIÓN DE MODELOS DE PRODUCCIÓN DE LECHE

Los modelos econométricos presentados para explicar la producción de leche, son cuadráticos respecto a la edad de la vaca y es lineal respecto de las demás variables explicativas. Como se aprecia en la Tabla 7, el mejor modelo es el cuadrático con variable interactiva puesto que tiene menor valor de criterio de Akaike. Los impactos por variable son:

- La producción de leche con respecto a la EDAD_VACA, presenta en una primera etapa una relación positiva, hasta llegar a un punto en el cual mientras persista el aumento en la EDAD_VACA, la producción de leche LT_LECHE tiende a disminuir.
- En promedio, un incremento en uno en el número de partos de la vaca NUM_PARTOS, induce a que la producción de leche LT_LECHE aumente en 1.6 litros, manteniendo todos los demás factores constantes.
- Si una vaca se encuentra amamantando PARTO_RECIENTE, su producción de leche en promedio es mayor en 4.14 litros respecto de aquellas vacas que no hayan parido recientemente.

- La variable raza R nos indica que en promedio: 1) una vaca de raza Brown Swiss produce 4.62 litros de leche más que una vaca criolla y 2) a su vez una vaca de raza Holstein produce 9.91 litros de leche más que una criolla.
- En promedio, el agua con niveles de pH fuera del rango recomendado genera que la producción de leche LT_LECHE caiga 2 litros.

Tabla 7: Determinantes de la producción de leche

VARIABLE DEPENDIENTE: LT_LECHE		
VARIABLES INDEPENDIENTES	MODELO	
	CUADRÁTICO	CUADRÁTICO CON VARIABLES INTERACTIVAS
EDAD_VACA	3.915103 ***	4.257481 ***
EDAD_VACA ²	-0.5325676 ***	-0.5573287 ***
NUM_PARTOS	1.747516 ***	1.603128 ***
PARTO_RECIENTE	3.974146 ***	4.14702 ***
pH	-2.984496 ***	-2.094598 **
R		
Brown Swiss (BS)	4.684589 ***	4.628059 ***
Holstein (HLS)	8.777866 ***	9.918796 ***
BS*pH	-	-0.3455599
HLS*pH	-	-7.32669 **
Criterio de Akaike	573.4433	569.4167

*** Sig. al 1 por ciento; ** Sig. al 5 por ciento

La Figura 11, muestra el diagrama de dispersión de las variables LT_LECHE por vaca respecto de la EDAD_VACA, en promedio a la edad de 3.81 años una vaca alcanza su máxima LT_LECHE en cerca de 14 litros de leche diarios, como se puede apreciar la línea que atraviesa los puntos refleja una curva cóncava.

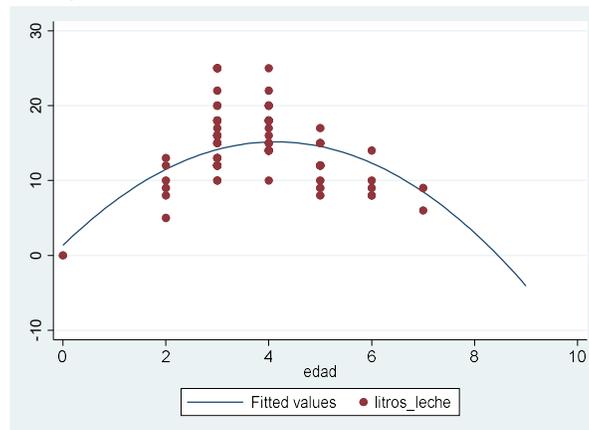


Figura 11: Producción de leche vs edad de la vaca

DISCUSIÓN

Respecto a los inadecuados niveles de pH, como muestran los resultados de Cuentas *et al.* (2019) en el río Choquene en la región Puno, el pH promedio es de 2.7. Valor que es producto de los pasivos ambientales mineros que afectan la vida acuática del mismo río y de los bofedales circundantes, similares impactos en la calidad del agua fueron obtenidos por (Lamare y Singh 2014, 2017; Rajae *et al.* 2015). Así mismo, los modelos de costos de crianza y manejo del hato y producción de leche, demuestran que los inadecuados niveles de pH incrementan los costos de crianza y disminuyen la capacidad productiva del ganado perjudicando a las familias cuya principal fuente de ingresos es la ganadería, estos resultados corroboran las teorías de (Betancur-Corredor *et al.* 2018; Ofosu *et al.* 2020; Shackleton 2020; Wegenast y Beck 2020).

La calidad del agua puede generar pérdidas o ganancias para los productores, los niveles de pH distantes al neutro enferman al animal, en consecuencia, incrementan los costos de manejo y crianza, puesto que el productor debe invertir más en alimento y medicamentos para recuperar el buen estado de salud del animal esto genera pérdidas financieras, tal como lo señala (Reimus *et al.* 2017). De otra parte, las habilidades del productor influyen significativamente reduciendo los costos de manejo y crianza, la Figura 10 muestra cómo mientras más edad posee el productor esté va ganando mayor experiencia en la administración del hato, resultados que corroboran las teorías de (Meleán Romero y Ferrer 2019; Rushton 2017) quienes sostienen que es la experiencia del productor la que coadyuva con la toma de decisiones para una mejor administración del hato.

El rendimiento en la producción de leche es heterogéneo de acuerdo con la raza de la vaca, la Tabla 7 muestra que vacas Holstein y Brown Swiss producen más leche que una vaca criolla en el altiplano peruano, resultados que ratifican las evidencias de (Quispe 2016) quien manifiesta que el bovino criollo tiene una baja producción de leche, y los hallazgos de (Hansen *et al.* 2006; Heins *et al.* 2006; Prendiville *et al.* 2010; Rincon *et al.* 1982) quienes ratifican que vacas Holstein producen más leche respecto a las demás razas de vacas como Brown Swiss, Jersey Ayrshire. Si bien, el nivel de pH distinto al neutro disminuye la producción de leche, este afecta de manera distinta al ganado siendo el impacto mayor y de manera estadísticamente significativa en vacas de raza Holstein, este resultado concuerda con la tesis de (Reimus *et al.* 2017) de que las pérdidas económicas están asociadas con la raza del animal.

V. CONCLUSIONES

La contaminación hídrica por inadecuados niveles de pH en el agua para bebida de animales impacta negativamente en la economía de los productores, incrementando los costos de crianza y manejo del hato en 2,135.08 Soles y generando una pérdida de ingresos equivalente a dos litros de leche; anualmente un hato de nueve vacas con un precio de 1.50 Soles por litro de leche deja de percibir 10,298.47 Soles, siendo la pérdida económica por contaminación hídrica global anual de S/12,433.5

El costo promedio de manejo y crianza de ganado por hato es de 1,907.66 Soles. Cuando el ganado de un hato ingiere agua con niveles de pH por debajo de 6.5 o por encima de 8.4, los costos de manejo y crianza se incrementan en 2,135.08 Soles, lo que representa un incremento en los costos equivalente a 111.92 por ciento, siendo un incremento significativo para las finanzas de los ganaderos.

El modelo de variables interactivas comprueba una disminución en la producción de leche, debido a la ingesta de agua con inapropiados niveles de pH. Sin embargo, las vacas de raza Holstein son las más sensibles, puesto que su producción de leche disminuye en aproximadamente 7.33 litros de manera estadísticamente significativa cuando la vaca bebe agua de baja calidad; en cuando a vacas de raza Brown Swiss existe una disminución de 0.345 litros empero esta no es estadísticamente significativa, lo cual posiblemente se deba a que este tipo de ganado es más robusto.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario que el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA, en la ejecución de su función fiscalizadora, investigue y analice el cumplimiento de los efluentes de las actividades mineras en cuanto a los Límites Máximos Permisibles, a fin de establecer amonestaciones o multas, las cuales puedan reinvertirse para poder recuperar la buena calidad del recurso hídrico de las zonas afectadas.

El Gobierno Regional de Puno, los Gobiernos Locales y las Organizaciones Ganaderas, deben de consensuar en los talleres de Presupuesto Participativo, la priorización de proyectos de inversión pública destinados a recuperar la calidad ambiental de las cuencas hidrográficas de la Región Puno. Así mismo, fomentar proyectos productivos sostenibles y amigables con el medio ambiente local, en los cuales no solamente se les dote de recursos y capacitación técnica para la producción, sino también educación financiera para una mejor administración de sus recursos, así como talleres de educación ambiental y economía circular, que permitan que las actividades productivas sean sustentables en el tiempo y amigables con el medio ambiente.

La Universidad Nacional del Altiplano, mediante las facultades de Biología, Ingeniería Agrícola y sus laboratorios de aguas, deben de realizar un monitoreo permanente de las cuencas hidrográficas de la región Puno, a fin de generar datos que permitan la realización de investigaciones que vinculen el uso del recurso hídrico con actividades productivas y la salubridad de los ciudadanos.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abad-Valle, P., Álvarez-Ayuso, E., Murciego, A., Muñoz-Centeno, L. M., Alonso-Rojo, P., & Villar-Alonso, P. 2018. Arsenic distribution in a pasture area impacted by past mining activities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147, 228–237.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.031>
- Agencia Agraria de Noticias. 2020. 10 mil ganaderos son afectados por contaminación minera. <https://agraria.pe/noticias/10-mil-ganaderos-son-afectados-por-contaminacion-minera-22763>
- Agua, A. N. Del. 2017. Resolución Directoral N° 378-2017-ANA_AAA.TIT (p. 13).
- Aguinaga, O. E., McMahon, A., White, K. N., Dean, A. P., & Pittman, J. K. 2018. Microbial Community Shifts in Response to Acid Mine Drainage Pollution Within a Natural Wetland Ecosystem. *Frontiers in Microbiology*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01445>
- Ambiental, O. de E. y F. 2015. INFORME N °258-2015-OEFAI/DE-SDCA (p. 164).
- Autoridad Nacional del Agua. 2017. Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca (Primera ed).
- Azqueta, D. 1994. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw Hill.
- Azqueta, D., Alviar, M., Dominguez, L., & O’Ryan, R. 2007. Introducción a la Economía Ambiental (Segunda). McGRAW-HILL.
- Barrera Perales, O. T., Sagarnaga Villegas, L. M., Salas González, J. M., Leos Rodríguez, J. A., & Santos Lavalle, R. 2018. Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. *Mundo Agrario*, 19(40), e077.
<https://doi.org/10.24215/15155994e077>
- Basu, M., Hoshino, S., & Hashimoto, S. 2015. Many issues, limited responses: Coping

- with water insecurity in rural India. *Water Resources and Rural Development*, 5, 47–63.
- Bertram, C., & Rehdanz, K. 2013. On the environmental effectiveness of the EU Marine Strategy Framework Directive. *Marine Policy*, 38, 25–40.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.016>
- Betancur-Corredor, B., Loaiza-Usuga, J. C., Denich, M., & Borgemeister, C. 2018. Gold mining as a potential driver of development in Colombia: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 199, 538–553.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.142>
- Cevallos, A., Taipe, M., & Caiza, F. 2021. Costo real de producción del litro de leche, en pequeños ganaderos de la comunidad de Sivicusig, cantón Sigchos, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4474–4489.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.632
- Charaja, F. 2009. *El MAPIC en la Metodología de la Investigación (Primera)*.
- Chen, M., Cai, Q., Nie, J., & Zeng, Q. 2015. Adsorption Characteristics of Lead (Pb²⁺) and Cadmium (Cd²⁺) by an Isolated Bacterium from Soil Samples Obtained from a Tungsten Mine. *Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal*, 14(3), 525–532. [http://neptjournal.com/upload-images/NL-53-11-\(9\)G-60.pdf](http://neptjournal.com/upload-images/NL-53-11-(9)G-60.pdf)
- Chen, M., Li, F., Tao, M., Hu, L., Shi, Y., & Liu, Y. 2019. Distribution and ecological risks of heavy metals in river sediments and overlying water in typical mining areas of China. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 893–899.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.029>
- Chirinos-Peinado, D. M., & Castro-Bedriñana, J. I. 2020. Lead and cadmium blood levels and transfer to milk in cattle reared in a mining area. *Heliyon*, 6(3), e03579.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03579>
- Cofie, O., & Amede, T. 2015. Water management for sustainable agricultural intensification and smallholder resilience in sub-Saharan Africa. *Water Resources and Rural Development*, 6, 3–11.

- Cuentas, M., Velasquez, O., Arizaca, A., & Huisa, F. 2019. Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque - Puno. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(2), 34–49.
http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2_a04.pdf
- Devenin, V., & Bianchi, C. 2019. Characterizing a mining space: Analysis from case studies in Chile and Australia. *Resources Policy*, 63, 101402.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101402>
- Dong, L., Tong, X., Li, X., Zhou, J., Wang, S., & Liu, B. 2019. Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1562–1578.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.291>
- Dutilly, C., Alary, V., Bonnet, P., Lesnoff, M., Fandamu, P., & de Haan, C. 2020. Multi-scale assessment of the livestock sector for policy design in Zambia. *Journal of Policy Modeling*, 42(2), 401–418. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.07.004>
- Enríquez, R. 2004. *Introducción al análisis económico de los recursos naturales y del ambiente*.
- Etteieb, S., Magdouli, S., Zolfaghari, M., & Brar, S. 2020. Monitoring and analysis of selenium as an emerging contaminant in mining industry: A critical review. *Science of The Total Environment*, 698, 134339.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134339>
- Fernandez, A., Schenone, N., Perez, A., & Volpedo, A. 2010. Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *AUGM DOMUS Revista Científica Del Comité de Medio Ambiente Del Grupo Montevideo*, 1, 45–66.
- Food and Agriculture Organization. 2007. BUENAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS (BPA) EN LA PRODUCCIÓN DE GANADO DE DOBLE PROPÓSITO BAJO CONFINAMIENTO, CON CAÑA PANELERA COMO PARTE DE LA DIETA (p. 143). <http://www.fao.org/3/a1564s/a1564s00.pdf>
- Freeman III, M., Herriges, J., & Kling, C. 2014. *The Measurement of Environmental and*

- Resource Values (Third). <http://econonse.org/wp-content/uploads/2016/07/Freeman-Herriges-Kling-2014.pdf>
- Furlow, B. 2014. Mining pollution: a legacy of contamination. *The Lancet Oncology*, 15(6), 558. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)70157-3](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(14)70157-3)
- Garcia, M., & Ruiz, E. 2012. Guia Técnica “Mejoramiento genético para engorde de ganado vacuno” (M. E. C. Garcia Salas & E. Ruiz Figueroa, Eds.; Primera). Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-a-ganado.pdf>
- Garzon-Vidueira, R., Rial-Otero, R., Garcia-Nocelo, M. L., Rivas-Gonzalez, E., Moure-Gonzalez, D., Fompedriña-Roca, D., Vadillo-Santos, I., & Simal-Gandara, J. 2020. Identification of nitrates origin in Limia river basin and pollution-determinant factors. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 290, 106775. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106775>
- Gilardino, A., Quispe, I., Pacheco, M., & Bartl, K. 2020. Comparison of different methods for consideration of multifunctionality of Peruvian dairy cattle in Life Cycle Assessment. *Livestock Science*, 240, 104151. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104151>
- Giraldo Maca, U. F. 2017. MINERÍA INFORMAL EN LA CUENCA ALTA DEL RAMIS IMPACTOS EN EL PAISAJE Y EVOLUCIÓN DEL CONFLICTO SOCIO AMBIENTAL. PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU.
- Gobierno Regional Puno. 2016. Plan Regional de Gestión del Riesgo de Desastres 2016 - 2021 (p. 152). [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/OTROS/PLAN REGIONAL DE GESTION DE RIESGO DE DESASTRES 2016 - 2021.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/OTROS/PLAN_REGIONAL_DE_GESTION_DE_RIESGO_DE_DESASTRES_2016_-_2021.pdf)
- Gregg, D., & Rolfe, J. 2016. The value of environment across efficiency quantiles: A conditional regression quantiles analysis of rangelands beef production in north Eastern Australia. *Ecological Economics*, 44–54.
- Hansen, J. V., Friggens, N. C., & Højsgaard, S. 2006. The influence of breed and parity on milk yield, and milk yield acceleration curves. *Livestock Science*, 104(1–2), 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.03.007>

- He, B., He, J., Wang, L., Zhang, X., & Bi, E. 2019. Effect of hydrogeological conditions and surface loads on shallow groundwater nitrate pollution in the Shaying River Basin: Based on least squares surface fitting model. *Water Research*, 163, 114880. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114880>
- Heins, B. J., Hansen, L. B., & Seykora, A. J. 2006. Production of Pure Holsteins Versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2799–2804. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72356-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72356-6)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. 2014. *Metodología de la investigación (Sexta)*. Mc Graw Hill.
- Herruzo, C. 2002. *Fundamentos y métodos para la valoración de bienes ambientales. Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural*. Universidad Politecnica de Madrid.
- Hoffmann, I. 2011. Livestock biodiversity and sustainability. *Livestock Science*, 139(1–2), 69–79.
- Kazemi, H., Klug, H., & Kamkar, B. 2018. New services and roles of biodiversity in modern agroecosystems: A review. *Ecological Indicators*, 93, 1126–1135. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.018>
- Kumar, D., De, K., Kumar, A., Kumar, K., Sahoo, A., Mohammad, S., & Naqvi, K. 2016. Effect of water restriction on physiological responses and certain reproductive traits of Malpura ewes in a semiarid tropical environment. *Journal of Veterinary Behavior*, 12, 54–59.
- Lamare, R. E., & Singh, O. P. 2014. Degradation in Water Quality due to Limestone Mining in East Jaintia Hills, Meghalaya, India. *International Research Journal of Environment Sciences*, 3, 13–20.
- Lamare, R. E., & Singh, O. P. 2017. Changes in Soil Quality in Limestone Mining Area of Meghalaya, India. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(2), 545–550. https://d1wqtxtslxzle7.cloudfront.net/57305589/Changes_in_Soil_Quality_in_Limestone_Mining_Area_Meghalaya.pdf?1536135541=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DChanges_in_Soil_Quality_in_Limestone_Min.p

df&Expires=1609040189&Signature=I0ILzS9f

Leon Mendoza, J. C. 2019. DETERMINANTES ECONÓMICOS Y SOCIOPOLÍTICOS DE LOS CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES EN EL PERU. Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research, 21(2), 122–138.

Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernández, J., & Díez, S. 2017. Assessment of heavy metal pollution, spatial distribution and origin in agricultural soils along the Sinú River Basin, Colombia. Environmental Research, 154, 380–388.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.021>

Martínez, C. 2012. Estadística y muestreo (13°). ECOE ediciones.

Meleán Romero, R., & Ferrer, M. A. 2019. Gestión de costos de producción en ganadería bovina del Municipio Valmore Rodríguez, Zulia-Venezuela. Revista de Ciencias Sociales, 4, 250–264.

Mendieta, J. C. 2000. Economía Ambiental.
<https://valoracionambien.files.wordpress.com/2014/11/economia-ambiental-mendieta.pdf>

Mendoza, W. 2014. Cómo investigan los economistas. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

MINAM. 2015. Manual de valoración económica del patrimonio natural (M. del Ambiente (ed.)). <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/09/MANUAL-VALORACIÓN-14-10-15-OK.pdf>

MINAM. 2016. Guía de valoración económica del patrimonio natural (Segunda).
<http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GVEPN-30-05-16-baja.pdf>

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, 2017 (testimony of MINAM).

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. 2019. Perfil productivo y competitivo de las principales especies de productos pecuarios. Microsoft Power BI.
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA5NjFjYTQtODM4My00YmE0LWIwYWIzTE1MzhiM2MyOGQwIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3L>

Tk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. 2021. En el Perú existen más de 2 millones de productores de leche. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/498220-midagri-en-el-peru-existen-mas-de-2-millones-de-productores-de-leche>
- Morgan, S. E. 2011. Water Quality for Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 27(2), 285–295. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.02.006>
- Murali, R., Ikhagvajav, P., Amankul, V., Jumabay, K., Sharma, K., Bhatnagar, Y. V., Suryawanshi, K., & Mishra, C. 2020. Ecosystem service dependence in livestock and crop-based production systems in Asia's high mountains. *Journal of Arid Environments*, 180, 104204. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104204>
- Nawrocka, A., Durkalec, M., Szkoda, J., Filipek, A., Kmiecik, M., Żmudzki, J., & Posyniak, A. 2020. Total mercury levels in the muscle and liver of livestock and game animals in Poland, 2009–2018. *Chemosphere*, 258, 127311. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127311>
- Nicholson, W., & Snyder, C. 2015. *Teoría Microeconómica Principios Básicos y Aplicaciones* (11/2015). CENGAGE Learning.
- Ofosu, G., Dittmann, A., Sarpong, D., & Botchie, D. 2020. Socio-economic and environmental implications of Artisanal and Small-scale Mining (ASM) on agriculture and livelihoods. *Environmental Science & Policy*, 106, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.005>
- Otzen, T., & Manterola, C. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Paredes Mamani, R. P., & Escobar-Mamani, F. 2018. El rol de la ganadería y la pobreza en el área rural de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(1), 39–60.
- Pareja-Carrera, J., Mateo, R., & Rodríguez-Estival, J. 2014. Lead (Pb) in sheep exposed to mining pollution: Implications for animal and human health. *Ecotoxicology and*

- Environmental Safety, 108, 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.07.014>
- Parkin, M. 2016. Microeconomics (12th ed.). PEARSON EDUCACION DE MEXICO S.A. DE C.V.
- Pearce, D. 1993. Economic values and the natural world.
https://books.google.com.pe/books?id=AEMgGGhV0qIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Pearce, D., & Turner, K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. The Johns Hopkins University Press.
- Pérez, C. 2010. Técnicas de muestreo estadístico (1ra ed.). IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.
- Pérez Cebada, J. D. 2016. Mining corporations and air pollution science before the Age of Ecology. *Ecological Economics*, 123, 77–83.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.001>
- Pindyck, R., & Rubinfeld, D. 2018. Microeconomía (9th ed.). PEARSON EDUCACION DE MEXICO S.A. DE C.V.
- Prendiville, R., Pierce, K. M., & Buckley, F. 2010. A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F1 cross with regard to milk yield, somatic cell score, mastitis, and milking characteristics under grazing conditions. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2741–2750. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2791>
- Qian, D., Yan, C., Xiu, L., & Feng, K. 2018. The impact of mining changes on surrounding lands and ecosystem service value in the Southern Slope of Qilian Mountains. *Ecological Complexity*, 36, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2018.08.002>
- Quispe, J. 2016. EL BOVINO CRIOLLO DEL ALTIPLANO PERUANO: ORIGEN, PRODUCCION Y PERSPECTIVAS. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 18(3).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.215>
- Quispe, J., Belizario, C., Apaza, E., Maquera, Z., & Quisocala, V. 2016. Desempeño productivo de vacunos Brown Swiss en el altiplano peruano. *Revista de*

- Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research, 18(4), 411–422.
<https://doi.org/10.18271/ria.2016.216>
- Rajae, M., Obiri, S., Green, A., Long, R., Cobbina, S., Nartey, V., Buck, D., Antwi, E., & Basu, N. 2015. Integrated Assessment of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Ghana—Part 2: Natural Sciences Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 8971–9011.
<https://doi.org/10.3390/ijerph120808971>
- Ran, Y., Lannerstad, M., Herrero, M., Van Middelaar, C., & De Boer, I. 2016. Assessing water resource use in livestock production: A review of methods. *Livestock Science*, 187, 68–79.
- Reddy, R., & Behera, B. 2006. Impact of water pollution on rural communities: An economic analysis. *Ecological Economics*, 58, 520–537.
- Reimus, K., Orro, T., Emanuelson, U., Viltrop, A., & Mõtus, K. 2017. Reasons and risk factors for on-farm mortality in Estonian dairy herds. *Livestock Science*, 198, 1–9.
- Rincon, E., Schermerhorn, E., Mc Dowell, R., & Mc Daniel, B. 1982. Estimation of Genetic Effects on Milk Yield and Constituent Traits in Crossbred Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 65(5), 848–856.
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(82\)82275-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(82)82275-3/pdf)
- Ripka de Almeida, A., Luiz da Silva, C., & Hernández Santoyo, A. 2018. Metodos de valoración económica ambiental: instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 246–255.
<http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Rodríguez-Estival, J., Morales-Machuca, C., Pareja-Carrera, J., Ortiz-Santaliestra, M. E., & Mateo, R. 2019. Food safety risk assessment of metal pollution in crayfish from two historical mining areas: Accounting for bioavailability and cooking extractability. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 185, 109682.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109682>
- Rodríguez, Y., Lias, A., & Sánchez, A. 2021. Procedimiento para determinar y analizar los costos reales ganaderos. *Cofin Habana*, 15(1).

<https://revistas.uh.cu/cofinhab/article/view/660>

- Rojas-Downing, M., Nejadhashemi, P., Harrigan, T., & Woznicki, S. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145–163.
- RUDI, E. R. 2013. Desagregación de ingresos y costos en la ganadería de cría y recría bovina. *Revista Del Instituto Internacional de Costos*, 11, 1–21.
- Rushton, J. 2017. Improving the use of economics in animal health – Challenges in research, policy and education. *Preventive Veterinary Medicine*, 137, 130–139.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2008. *La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo* (p. 56).
- Shackleton, R. T. 2020. Loss of land and livelihoods from mining operations: A case in the Limpopo Province, South Africa. *Land Use Policy*, 99, 104825.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104825>
- Sharma, A., Kundu, S., Tariq, H., Kewalramani, K., & Yadav, R. 2017. Impact of total dissolved solids in drinking water on nutrient utilisation and growth performance of Murrah buffalo calves. *Livestock Science*, 198, 17–23.
- Straalen Van, F., Witte, P., & Buitelaar, E. 2017. Self-Organisation in Oosterwold, Almere: Challenges with Public Goods and Externalities. *Journal of Economic and Social Geography*, 108(4), 503–511.
- Tankari Dan-Badjo, A., Ibrahim, O. Z., Guéro, Y., Morel, J. L., Feidt, C., & Echevarria, G. 2019. Impacts of artisanal gold mining on soil, water and plant contamination by trace elements at Komabangou, Western Niger. *Journal of Geochemical Exploration*, 205, 106328. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.06.010>
- The economics of land degradation. 2019. Valuation of ecosystem services (p. 40). www.eld-initiative.org
- Timmermann, C., & Robaey, Z. 2016. Agrobiodiversity Under Different Property Regimes. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 29(2), 285–303.

<https://doi.org/10.1007/s10806-016-9602-2>

Toledo, A. 1998. *Economía de la Biodiversidad*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Ukaogo, P. O., Ewuzie, U., & Onwuka, C. V. 2020. Environmental pollution: causes, effects, and the remedies. In *Microorganisms for Sustainable Environment and Health* (pp. 419–429). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00021-8>

Urie, N., Lombard, J., Shivley, C., Koprak, C., Adams, A., Earleywine, T., Olson, J., & Garry, F. 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101, 9229–9244.

Uugwanga, M. N., & Kgabi, N. A. 2020. Assessment of metals pollution in sediments and tailings of Klein Aub and Oamites mine sites, Namibia. *Environmental Advances*, 2, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2020.100006>

Vásquez, F., Cerda, A., & Orrego, S. 2007. *Valoración económica del ambiente : fundamentos económicos, econométricos y aplicaciones*.

Wegenast, T., & Beck, J. 2020. Mining, rural livelihoods and food security: A disaggregated analysis of sub-Saharan Africa. *World Development*, 130, 104921. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104921>

Wooldridge, J. M. 2015. *Introducción a la Econometría* (5th ed.). CENGAGE LEARNING.

Wu, W., Qu, S., Nel, W., & Ji, J. 2020. The impact of natural weathering and mining on heavy metal accumulation in the karst areas of the Pearl River Basin, China. *Science of The Total Environment*, 734, 139480. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139480>

Yao, H., You, Z., & Liu, B. 2016. Economic Estimation of the Losses Caused by Surface Water Pollution Accidents in China From the Perspective of Water Bodies' Functions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2), 154. <https://doi.org/10.3390/ijerph13020154>

- Young, T. P., Porensky, L. M., Riginos, C., Veblen, K. E., Odadi, W. O., Kimuyu, D. M., Charles, G. K., & Young, H. S. 2018. Relationships Between Cattle and Biodiversity in Multiuse Landscape Revealed by Kenya Long-Term Exclosure Experiment. *Rangeland Ecology & Management*, 71(3), 281–291.
- Zahangeer, M., Carpenter-Boggs, L., Rahman, A., Haque, M., Uddin, R., Moniruzzaman, M., Qayum, A., & Muhammad, H. 2017. Water Quality and Resident Perceptions of Declining Ecosystem Services at Shitalakkah Wetland in Narayangonj City. *Sustainability of Water Quality and Ecology*.
- Zegarra, E. 2014. *Economía del Agua conceptos y aplicaciones para una mejor gestión*. Impresiones y Ediciones Arteta E.I.R.L.
- Zimmerer, K. S., de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Meza, K., Plasencia Amaya, F., Cruz-Garcia, G. S., Tubbeh, R., & Jiménez Olivencia, Y. 2019. The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
- Zimmerer, K., & Vanek, S. 2016. Toward the Integrated Framework Analysis of Linkages among Agrobiodiversity, Livelihood Diversification, Ecological Systems, and Sustainability amid Global Change. *Land*, 5(2), 10. <https://doi.org/10.3390/land5020010>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Estándares de calidad ambiental para agua: Categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ --N) + Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 2. Formato de encuesta

VACAS	
Vacas : Brown Swiss:	Vacas : Holstein:
<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="0"/>
Vacas : Criollo:	Vacas : Otros:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Vacas : Brown Swiss Enfermas:	Vacas : Holstein Enfermas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Vacas : Criollo Enfermas:	Vacas : Otros Enfermas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Vacas : Brown Swiss Muertas:	Vacas : Holstein Muertas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Vacas : Criollo Muertas:	Vacas : Otros Muertas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Chillora	Puno	Sub suelo
	Puno	
	Capachica	
Cuál es su Edad	5. ¿Cuál fue su máximo nivel de estudios alcanzado?	
<input type="text" value="51"/>	<input type="text" value="a. Primaria"/>	
6. ¿Cuántos animales usted cría, en el último año?		

OVEJAS	
Ovejas : Ovj Corriedale:	Ovejas : Hampshire Down:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Ovejas : Merinos:	Ovejas : Cara Negra:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Ovejas : Otro:	
<input type="text" value="25"/>	
7. ¿Cuántas: tiene por ingesta de dieta líquida? Ovejas : Corriedale Enfermas:	Ovejas : Hampshire Down Enfermas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Ovejas : Merinos Enfermas:	Ovejas : Cara Negra Enfermas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Ovejas : Otro Enfermas:	
<input type="text" value="0"/>	
7. ¿Cuántas: tiene por ingesta de dieta líquida? Ovejas : Corriedale Muertas:	Ovejas : Hampshire Down Muertas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Ovejas : Merinos Muertas:	Ovejas : Cara Negra Muertas:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Ovejas : Otro Muertas:	
<input type="text" value="0"/>	

ALPACAS

Alpacas : Huacaya:

0

Alpacas : Suri:

0

Alpacas : Huacaya Enfermas:

0

Alpacas Suri Enfermas:

0

Alpacas : Huacaya Muertas:

0

Alpacas Suri Muertas:

0

9. ¿Cuántas hectareas dispone actualmente para crianza del ganado?

3

10. Durante el año los gastos en el ganado por rubro son:

BOVINOS :

OVINOS :

10.1 Gastos en vacunas de :

100

0

ALPACUNOS :

0

10.2 Gastos Gastos en medicamentos de :

BOVINOS :

OVINOS :

ALPACUNOS :

0

0

0

10.2 Gastos Gastos en Forraje de :

BOVINOS :

OVINOS :

ALPACUNOS :

960

0

0

10.3 Gastos Gastos en mantenimiento de pasturas de :

BOVINOS :

OVINOS :

ALPACUNOS :

0

0

0

11. ¿Siembra pastos o forraje para su ganado ?

SI NO

12. ¿Cuántas Ha sembró?

5000

13. ¿Cuántos litros de leche extrae diariamente por vaca?

6

14. Raza de la vaca

Brown Swiss

15. Edad promedio de las vacas del establo

7

16. Número de partos de la vaca

4

17. Tiene parto reciente

SI NO

20. Cuantos años de experiencia tiene como gandero:

22

17.1 en caso SI, cantidad partos :

4

18. Usted considera que el agua, que bebe el ganado esta contaminado

SI NO

19. Cuál cree usted que es la fuente principal de contaminación del agua:

- La agricultura
- La minería
- Las ciudades
- Natural