

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y
DEL AMBIENTE**



**“CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y POBREZA RURAL: EL CASO DE
LA CUENCA ALTA DEL RÍO VILCANOTA. CUSCO”**

Presentada por:

CARLOS HUMBERTO DE LA TORRE POSTIGO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**Lima – Perú
2015**

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a la memoria de mis padres Alberto y Rosa, y a mis suegros Carlos y María. Todos ellos amaron y cultivaron la importancia del conocimiento y del estudio.

Con profundo amor la dedico también a Amalia Cuba Salerno, querida esposa y a nuestros tres hijos: Amanda, Carola y Juan Pablo.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento sincero a los profesores de la maestría en Economía de los Recursos Naturales y del Ambiente, por la oportunidad que me brindaron de renovar y actualizar mis conocimientos profesionales. Deseo mencionar los nombres de los profesores Luis Jiménez, Alvaro Ortiz, Roger Loyola, Carlos Orihuela, Miguel Alcántara, Eric Rendón, Jorge Alarcón, Carlos Palomares, Juan Magallanes, Waldemar Mercado, Ramón Diez y Carlos Soncco.

Agradezco a los colegas José Luis Nolazco y Khalil Vega, quienes me ayudaron en los aspectos econométricos y estadísticos, y a los diversos profesionales con quienes compartí los estudios, reflexiones y trabajos prácticos, en calidad de alumnos de la maestría.

Agradezco también a los extensionistas campesinos, llamados *kamayoq*, que participaron de manera entusiasta en la aplicación de la encuesta realizada a familias de comunidades campesinas de la provincia de Canchis, en la región del Cusco, y a los directivos de las organizaciones de usuarios de agua de riego (Comisiones y Comités de Regantes) que proporcionaron información valiosa en las entrevistas personales. Ellos son los principales interesados en conocer los resultados del presente estudio.

INDICE GENERAL

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Características de la contaminación en las fuentes de agua	4
2.2 Efectos sociales y económicos de la contaminación del agua	7
2.3 Documentos revisados sobre el tema	10
2.4 Situación actual de pobreza rural en el Perú, legislación sobre agua y políticas agrarias	11
2.5 Mediciones sobre calidad del agua en el río Vilcanota	20
2.6 Marco teórico para el análisis de los efectos económicos de la contaminación del agua.	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 Tipo de investigación	35
3.2 Formulación de hipótesis	35
3.3 Identificación de variables	36
3.4 Unidad de análisis	38
3.5 Definiciones operacionales	38
3.6 Diseño de la investigación	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 Desarrollo de la investigación	42
4.2 Identificación y valoración de los efectos económicos de la contaminación del agua del río Vilcanota	49
4.3 Estimación del daño económico originado por la contaminación del agua del río Vilcanota, a nivel de la familia rural y a nivel global	55
4.4 Análisis econométrico de las variables socio económicas que influyen en la probabilidad de enfermedades de origen hídrico	59
4.5 Discusión sobre los resultados	68
V. CONCLUSIONES	72
VI. RECOMENDACIONES	75
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
VIII. ANEXOS	82
Anexo 1 Resultados de los cálculos econométricos	82
Anexo 2 Cuestionario de la encuesta aplicada	92
Anexo 3 Mapa de pobreza rural en la provincia de Canchis, Cusco	99
Anexo 4 Fotografía de acciones de contaminación de las aguas del río Vilcanota	100

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Distribución de la pobreza extrema por regiones en el Perú	13
Cuadro 2: Causas de la pobreza rural en la Región de Cusco	19
Cuadro 3: Ordenanzas del Gobierno Regional de Cusco sobre calidad de agua.	20
Cuadro 4: Presencia de la situación de pobreza en los distritos de la zona de estudio	43
Cuadro 5: Estimación de la población afectada y muestra para la encuesta	46
Cuadro 6: Organización temática de la base de datos	48
Cuadro 7: Estimación de los costos por enfermedades diarreicas y de la piel que afectan a miembros de los hogares rurales, por contacto con el agua contaminada del río Vilcanota	52
Cuadro 8: Estimación de los costos de tratamiento de enfermedades del ganado vacuno, originadas por ingesta del agua contaminada del río Vilcanota	53
Cuadro 9: Estimación de las pérdidas en productividad del ganado vacuno, originadas por ingesta del agua contaminada del río Vilcanota	54
Cuadro 10: Estimación de las pérdidas en activos pecuarios, originadas por ingesta del agua contaminada del río Vilcanota	55
Cuadro 11: Resumen de los valores estimados por familia, de los tres tipos de efectos económicos de la contaminación del agua del río Vilcanota.	56
Cuadro 12: Valoración de las pérdidas económicas para el total de la población de ocho comunidades campesinas, por causa del agua contaminada del río Vilcanota	58
Cuadro 13: Estadísticas descriptivas de las variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por contacto con agua contaminada	62
Cuadro 14: Estadísticas descriptivas de las variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por ingesta de agua contaminada	62
Cuadro 15: Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por causa del agua contaminada	63
Cuadro 16: Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada	67
Cuadro 17: Efectos marginales de cada variable explicativa sobre la probabilidad de morbilidad humana	67
Cuadro 18: Efectos marginales de cada variable explicativa sobre la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reducción del bienestar social por la contaminación del agua	27
--	----

RESUMEN

Se identifica los efectos negativos de la contaminación del agua del río Vilcanota, sobre la economía de familias rurales en zonas de pobreza; se estima el valor del daño económico, y se analiza los principales aspectos sociales, que contribuyen a la mayor probabilidad de enfermedades de origen hídrico, en personas y ganado vacuno, por contacto con el agua contaminada. Los efectos identificados son mayores costos por atención a enfermedades, reducción en niveles de productividad, y pérdida de activos pecuarios. Para la valoración se utilizó el método del costo del daño, en base a una encuesta aplicada en ocho comunidades campesinas. Los resultados indican que una familia rural dedica el 5% de su gasto anual a cubrir los costos de enfermedades de origen hídrico, de personas y ganado vacuno, y enfrenta una reducción en productividad de carne y leche, y pérdidas en activos pecuarios, que alcanzan magnitudes del 17%, y 14%, respectivamente. En total suman el 36% de su gasto anual. A nivel agregado el valor del daño económico total es de 5.2 millones de soles anuales. Para el análisis econométrico se utilizó un modelo Logit, de elección discreta con variables cualitativas. Los resultados indican que la edad del jefe de familia y su género son los aspectos sociales más importantes para reducir la probabilidad de enfermedades humanas de origen hídrico; y que el nivel de gasto en salud animal y el grado de información sobre los peligros del agua contaminada, son los aspectos más relevantes para lo mismo en ganado vacuno. El análisis efectuado revela que es de grado alto la magnitud de daño económico que genera la contaminación del agua en el río Vilcanota, implicando pérdidas en ingresos corrientes y un proceso de descapitalización, que van en sentido contrario a los esfuerzos estatales de reducción de la pobreza rural.

Palabras claves: valoración económica ambiental, medición de externalidades, método costo del daño, pobreza rural, contaminación del agua.

Abstract

The aims of this study were threefold: identify the negative effects of river water pollution on poor rural families' economies; estimate the value of economic losses, and; analyze the main social issues that increase the probability of water disease affecting family members and cattle. The main negative effects included increases in costs related to human and animal health, decreased productivity and losses of animal assets. The damage cost method was used for the economic evaluation and data was obtained from a survey carried out in eight rural communities. Results showed that a rural family dedicates 5% of its total annual spending to pay for medical costs related to water diseases, and at the same time faces a reduction in meat and milk productivity as well as losses in animal assets, to the order of 17% and 14% respectively. In total, these costs represent 36% of annual family spending. For the total number of families, annual losses are estimated at 5.2 million Peruvian Soles (2.0 million US dollars). A Logic Model and qualitative variables were used for econometric analysis. Results showed that the age and gender of the head of the rural family were the most relevant variables affecting the probability of human water-related disease. In addition, spending levels on animal health and information about water pollution were more relevant variables for reducing the probability of water borne disease amongst cattle. Water pollution of Vilcanota River is causing significant economic losses through a decrease in rural families' incomes and asset losses; which seem to contradict government efforts to overcome rural poverty.

Key words: environment economics, economic valuation, externalities, damage cost method, rural poverty, water pollution.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la pobreza rural en la sierra del Perú han identificado varias causas como las siguientes: escasa dotación de recursos, niveles modestos de productividad, poco acceso a mercados, bajo nivel de educación formal, fragmentación excesiva de la tierra agrícola, vías de comunicación insuficientes, y otras; sin embargo poca atención se ha colocado en el incremento de la pobreza como resultado de la contaminación de las fuentes de agua.

El agua y algunos recursos naturales, son considerados bajo el concepto de bienes públicos por la teoría económica. Estos recursos tienen un futuro incierto debido al interés de los usuarios individuales de maximizar los beneficios que obtienen de ellos sin asumir ningún costo. Este peligro ha sido advertido por Garrett Hardin en su célebre ensayo titulado “La tragedia de los comunes”. Las fuentes de agua, el aire y la pesca en alta mar son ejemplos de bienes públicos porque cumplen con las condiciones de no rivalidad y no exclusión en su uso. No es posible o es muy costoso, implementar mecanismos de exclusión en su uso, debido a su acceso libre a cualquier persona.

En el recorrido de un río que atraviesa varias provincias y regiones, los diversos usuarios toman el agua y arrojan desechos, sin asumir ningún costo por los efectos de contaminación del recurso. Este es un ejemplo del concepto de “externalidades económicas negativas”, porque unos usuarios transfieren costos, a otros usuarios. Es probable que estas transferencias no deseadas ocurran entre productores campesinos de una misma cuenca, siendo los usuarios de las partes bajas perjudicados por lo que reciben de las partes altas; o puede ser que los residuos de basura de los hogares de una ciudad se arrojen a un río, y luego un canal de irrigación derive esta agua contaminada para la actividad agrícola en las parcelas de una o de varias comunidades campesinas. En ambos casos, debido a la ausencia de obras físicas para evitar la contaminación y debido a la ausencia de mecanismos de regulación económica del agua en la cuenca, estarán en marcha procesos de incremento de la pobreza rural, que se manifestarán en un periodo de mediano plazo.

Los objetivos que se propone esta tesis son los siguientes:

Objetivo general: Identificar y valorizar los efectos económicos de la contaminación del agua del río Vilcanota en la región de Cusco, analizar la influencia de las variables socioeconómicas que inciden sobre la probabilidad de enfermedades de origen hídrico, y formular recomendaciones para las instituciones gubernamentales en aspectos de gestión ambiental y mitigación de la pobreza rural.

Objetivo específico 1: Identificar los principales efectos de la contaminación del agua del río Vilcanota, sobre la economía de los hogares de comunidades campesinas en zonas de pobreza rural.

Objetivo específico 2: Cuantificar el valor económico del daño que es resultado de la contaminación del río Vilcanota en su cuenca alta.

Objetivo específico 3: Determinar el grado de influencia de las principales variables socioeconómicas que inciden sobre la probabilidad de enfermedades originadas por la contaminación del agua, en las familias rurales y en el ganado vacuno, de comunidades campesinas ribereñas del río Vilcanota.

Objetivo específico 4: Proponer recomendaciones para el Gobierno Regional del Cusco y los Gobiernos Municipales con la finalidad de reducir los efectos económicos negativos de la contaminación del agua del río Vilcanota y reducir su incidencia sobre la pobreza rural.

La tesis consta de ocho capítulos. Luego de la introducción, el capítulo segundo está dedicado a la revisión de literatura y contiene seis secciones. Los temas son los siguientes: características de la contaminación en las fuentes de agua; efectos sociales y económicos de la contaminación del agua; documentos revisados sobre el tema; situación actual de la pobreza en el Perú, legislación sobre el recurso agua y políticas agrarias; mediciones sobre calidad del agua en el río Vilcanota efectuadas por las entidades estatales encargadas del monitoreo de este recurso, y el marco teórico para el análisis de los efectos económicos de la contaminación del agua.

El capítulo tercero se ocupa de los materiales y método de investigación utilizados. Este incluye el tipo de investigación, las hipótesis, la identificación de variables relevantes, la unidad de análisis, las principales definiciones operacionales y el diseño de la

investigación. En el capítulo cuarto se presenta el desarrollo del proceso de investigación; la estimación estadística del daño económico originado por la contaminación del agua del río Vilcanota, a nivel de la familia rural y a nivel global; el análisis econométrico de las variables socio económicas que influyen en la probabilidad de enfermedades de origen hídrico, y una discusión sobre los resultados.

Es necesario mencionar que el análisis econométrico realizado tiene como limitación la inexistencia de datos sobre la magnitud de los coliformes existentes en los distintos lugares de contacto que tienen las familias rurales con el agua contaminada del río. Esta falta de información no permitió estimar una función de dosis – respuesta, la cual establece la relación causal que existe entre el grado de exposición ante un agente contaminante y los efectos resultantes de ese contacto.

En el capítulo quinto se formula las principales conclusiones del estudio; en el capítulo sexto se propone algunas recomendaciones para las entidades gubernamentales y otros actores sociales. El capítulo séptimo presenta las referencias bibliográficas utilizadas, y el capítulo octavo los anexos. Estos corresponden a las cifras de salida de los cálculos econométricos, el formato de la encuesta aplicada, el mapa de pobreza de la región de Cusco, y una fotografía sobre la contaminación del agua en la cuenca alta del río Vilcanota.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CONTAMINACIÓN EN LAS FUENTES DE AGUA

El grado de contaminación de una fuente de agua se mide de acuerdo a la cantidad y tipo de elementos contaminantes. Estos se definen como aquellos que contienen “un exceso de materia o energía (calor) que provoque daño a humanos, animales, plantas y bienes, o que perturbe las actividades que se desarrollan con agua, es decir, que limitan su uso en condiciones seguras de salud para el hombre y el ambiente”. (Jiménez Cisneros 2010). En términos generales estos elementos contaminantes pueden ser de tipo biológico o tipo físico – químico, aunque de manera más específica se puede mencionar los siguientes:

- Microorganismos patógenos:

Estos son diferentes tipos de bacterias, virus, protozoarios, helmintos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis, y hepatitis. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, especialmente en niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas.

- Desechos orgánicos:

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir, en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos aumentan, la proliferación de bacterias agota el oxígeno y el agua se hace insostenible para peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno.

- Sustancias químicas inorgánicas:

En este grupo están incluidos ácidos sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están presentes en altas cantidades pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

- Compuestos minerales:

Sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos y nitritos.

- Nutrientes vegetales inorgánicos:

Los nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas.

- Compuestos orgánicos:

Son las moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, que se arrojan en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, ya que al ser productos manufacturados tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

- Sedimentos y materiales suspendidos:

Son partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto a otros materiales en suspensión en las aguas. En términos de masa total son la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos. Los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove, rellenan lagos y pantanos, obstruyen canales, ríos y puertos.

- Sustancias radiactivas:

Son isótopos radiactivos solubles que pueden estar presentes en el agua y se pueden acumular a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos, que las que tenían en el agua.

- Contaminación térmica:

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener

oxígeno, afectando la vida de los organismos. La contaminación térmica provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua.

Los procesos de contaminación del agua están estrechamente relacionados con las actividades humanas, sean estas de tipo productivo o de consumo en los hogares. Así, entre las principales fuentes de contaminación se considera las siguientes:

- Aguas residuales urbanas: Son las aguas fecales, aguas de fregado, agua de cocina. Sus principales contaminantes son la materia orgánica y microorganismos. Estas aguas suelen verterse a ríos o al mar tras una pequeña depuración.
- Aguas residuales industriales: Contienen casi todos los tipos de contaminantes (minerales, orgánicos, térmicos por las aguas de refrigeración). Estas aguas se vierten a ríos u mares tras una depuración parcial.
- Aguas residuales ganaderas: El tipo de contaminantes es materia orgánica y microorganismos. Pueden contaminar pozos y aguas subterráneas cercanas.
- Aguas residuales agrícolas: Los contaminantes que contienen son materia orgánica (fertilizantes, pesticidas). Pueden contaminar aguas subterráneas, ríos, mares, embalses, etc.
- Mareas negras: Proviene del vertido de petróleo. Las fuentes de contaminación marina por petróleo más importantes son las que se generan en las operaciones de limpieza y lastrado de las plantas petrolíferas.

La anterior lista de contaminantes fue tomada de la página web de la red de nanotecnología en el Perú. De otra parte, si se considera a la contaminación desde el punto de vista de la entidad que la genera, es necesario distinguir la denominada “contaminación puntual” de la “contaminación difusa”. La siguiente cita explica esta diferencia conceptual:

“El agua puede contaminarse por causas naturales o por motivos antropogénicos. Los recursos hídricos como arroyos, ríos, lagos o estuarios, se convierten en medios y receptores de un amplio rango de residuos y sustancias nocivas provenientes de distintas fuentes: la escorrentía urbana que incluye los efluentes industriales y el drenaje público; la agricultura, la minería y la deforestación ... Cuando se conoce el origen y al responsable de la descarga, se denominan fuentes de contaminación por descargas puntuales (DP); pero cuando no es posible identificar uno ni otro, se

enfrenta el elusivo tema de las descargas no puntuales (DNP) o difusas. (Pérez Espejo 2010).

En el caso de las comunidades campesinas y caseríos rurales del Perú que tienen canales de irrigación que obtienen agua de ríos, es muy probable la presencia conjunta de descargas puntuales y no puntuales. Estas últimas plantean el reto de que dado que no es posible identificar la fuente de contaminación de manera precisa tampoco es posible implementar mecanismos de monitoreo sobre ella. Su procedencia es diversa tal como se menciona en esta cita:

“Las descargas no puntuales incluyen la escorrentía urbana y de carreteras, así como las derivadas del uso residencial y comercial de fosas sépticas, el cortado de céspedes, la agricultura, la minería, y las actividades de construcción. También se originan en la erosión de las tierras vírgenes y tala de bosques; y abarcan los residuos de vegetación natural y de fuentes artificiales como la aplicación de fertilizantes, el uso de agroquímicos para el control de plagas y hierbas, la erosión del suelos de granjas y corrales de engorde, y el transporte y erosión provocados por el desarrollo urbano” (Pérez Espejo 2010).

2.2 EFECTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua, sea para uso agrícola o para consumo humano, tiene efectos directos sobre la situación económica y sobre la salud de las familias rurales. El deterioro de la calidad de una fuente de agua para riego afectará la calidad de los productos agrícolas y por tanto su aceptación en los mercados. Como resultado de este proceso, las familias campesinas verán disminuidos sus ingresos rurales y de manera paralela, incrementados sus gastos en atención médica para el tratamiento de las enfermedades transmitidas por el agua contaminada.

Una de las conclusiones de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo realizada en Río de Janeiro en 1992, advierte sobre este problema:

"Aproximadamente 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el consumo de agua contaminada y, en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se pierde por las enfermedades relacionadas con el agua". (Boletín del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento 1999)

Los planes de gobierno generalmente colocan entre sus principales metas, alcanzar tasas de crecimiento anuales de magnitudes importantes en las actividades económicas. Se supone que mediante un ritmo sostenido de crecimiento en la producción de bienes y servicios y en las exportaciones, habrá de manera consecuente mayores oportunidades de empleo y de ingresos monetarios para la población de un país, y por tanto se reducirá los niveles de pobreza.

En las décadas recientes, se ha demostrado que un ritmo “sostenido” de crecimiento en el producto bruto interno de un país no es necesariamente un ritmo “sostenible”, si se considera el deterioro y agotamiento de los recursos naturales involucrados. En el caso de la cuenca alta del río Vilcanota la actividad agrícola y la ganadería se expanden a buen ritmo por efecto de la introducción de sistemas de riego, nuevos cultivos y tecnologías y además por su proximidad a la carretera principal que conecta los grandes mercados de las ciudades de Cusco, Puno y Arequipa; pero de manera simultánea los residuos de los productos agroquímicos, y las aguas sucias del alcantarillado de los centros poblados, se arrojan a este río en varios puntos de su recorrido, sin ningún mecanismo de tratamiento o purificación.

Es evidente que existe una relación de retroalimentación negativa entre la actividad humana y la contaminación del río. La actividad humana deteriora la calidad del agua en un punto del río, pero en otro punto de la misma cuenca, las aguas de calidad deteriorada retornan a la actividad humana, a través de canales de riego y lugares de extracción de agua para lavado de ropa y/o consumo humano directo. La relación entre desarrollo económico y calidad del agua en los ríos es de proporción inversa, y su uso no regulado puede conducir hacia una situación de pérdida absoluta del recurso, siendo las más perjudicadas, las familias rurales que habitan en lugares donde no se dispone de servicios de saneamiento ni de monitoreo de la calidad del agua. Es lamentable que la sociedad civil no tenga un conocimiento preciso de las magnitudes de esta tendencia creciente de

contaminación del agua y de mayor pobreza rural, ni tampoco los gobiernos municipales y regionales, que tienen el mandato de proteger los recursos naturales como base de la actividad económica y la salud humana.

La siguiente cita de la Organización Mundial de la Salud (OMS) confirma que el agua contaminada genera enfermedades diarreicas agudas (EDA) y estas son la principal causa de morbilidad en familias de situación de pobreza:

“Diferentes estudios epidemiológicos han centrado sus esfuerzos en las últimas décadas, a fin de determinar cierto tipo de relación entre la contaminación hídrica y el bienestar de las personas. Los resultados de estas diferentes investigaciones empíricas, en diversos contextos, han logrado determinar un tipo de relación directa entre los niveles de contaminación hídrica y los niveles de morbilidad observados para la población. Para el caso de los países en desarrollo, la Organización Mundial de la Salud (2004) ha encontrado que las enfermedades asociadas con la contaminación del agua son la principal causa para la mortalidad. El Perú, en su condición de país en vías de desarrollo, no ha sido la excepción a este hecho, las enfermedades diarreicas agudas (EDA) son una de las principales causas de morbilidad entre los grupos de menores ingresos principalmente” (Loyola y Soncco 2006)

La mala calidad del agua afecta también a los medios de vida de las familias rurales. Ingerir agua contaminada genera enfermedades en el ganado vacuno reduciendo sus niveles de productividad. Para numerosos hogares rurales la ganadería de vacunos es una de las principales fuentes de ingresos por la venta de leche fresca y quesos artesanales. Esta relación estrecha entre calidad de agua y productividad ganadera es confirmada por el INTA de Argentina, como se aprecia a continuación:

“El agua forma parte de la alimentación de los animales. En Argentina, donde la producción de carne y leche bovina depende principalmente del pastoreo a campo, el recurso agua debería ser conocido y cuantificado en cada región ya que el agua de mala calidad puede afectar la performance del animal y constituirse en un factor limitante de la producción”.

“La calidad del agua de bebida para los animales es tan importante como la cantidad. El agua que bebe el animal debe ser limpia, inodora, incolora e insípida... La ingesta de agua de baja calidad determina pérdida de estado en los animales, falta de apetito, trastornos digestivos, reducción en la producción láctea, alteración en la reproducción y en los casos más extremos hasta la muerte”. (Cristeche y Penna 2008)

Es necesario por lo tanto, un mayor conocimiento de las relaciones entre pobreza rural y contaminación de los ríos, con la finalidad de generar información basada en el análisis económico, que pueda ser utilizada por las autoridades municipales y regionales para formular mecanismos de regulación del uso del agua en la cuenca del Vilcanota. El río Vilcanota es uno de los más importantes del departamento del Cusco, siendo además tributario principal del río Amazonas. La información que sea resultado de este tipo de estudios será un insumo principal para que el Gobierno Regional de Cusco y los Gobiernos Municipales, formulen y establezcan medidas de regulación de la calidad del agua como bien público y para conceder mayor importancia a los aspectos de monitoreo y protección de las fuentes de agua en los planes de desarrollo estratégico y en los presupuestos operativos anuales.

2.3 DOCUMENTOS REVISADOS SOBRE EL TEMA

2.3.1 Sobre medición y monitoreo de la contaminación del agua

Existen experiencias valiosas en varios países sobre la medición del grado de contaminación del agua en los ríos, sus efectos económicos y sociales, y los costos de reducción de las fuentes de contaminación (Loomis 2000), (Karr 1999), (Ribaudó 1999), (Reddy y Behera 2006).

2.3.2 Sobre el agua como bien público

Una advertencia sobre el mal uso de un bien público se puede leer en el ensayo titulado “La tragedia de los Comunes” (Hardin 1968). Los aspectos de negociación sobre los derechos de agua a partir de los postulados del teorema de Coase se han revisado en el libro de Ronald C. Griffin (2006); sin embargo un desarrollo más avanzado sobre este tema

se presenta en el libro de Elinor Ostrom, titulado “El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva” (2010).

2.3.3 Sobre valoración económica del agua en aspectos de calidad del recurso

La valoración del agua en sus distintos usos se ha revisado en el libro de Diana Gibbons (1986), y en el de Robert A. Young (2005) los métodos de valoración del agua como bien público ambiental: preferencias reveladas, costos de viaje, valoración hedónica, costos evitados, valoración contingente, y otros. David Pearce y Kerry Turner (1995), han propuesto una clasificación de los instrumentos de política desde el punto de vista de la gestión de un ecosistema, distinguiendo los siguientes componentes: regulación; adquisición y gestión, incentivos y gravámenes.

2.3.4 Sobre pobreza rural

El tema de pobreza rural en el Perú, ha recibido bastante atención en la investigación social de la última década. Un balance de estos estudios puede verse en el libro de Janina León, “Pobreza y desigualdad distributiva” (2008). Este documento recoge las distintas vertientes de análisis, siendo una de las más recientes la que distingue entre pobreza crónica y pobreza transitoria; en el tema ambiental y su impacto sobre la pobreza rural menciona los ensayos de Antonio Brack (2007) y de Elsa Galarza (2007). Otro esfuerzo de balance sobre la situación de la pobreza rural puede verse en el ensayo de Carolina Trivelli (2010)

2.4 SITUACION DE LA POBREZA RURAL, LEGISLACION SOBRE AGUA, Y POLITICAS AGRARIAS

Un primer paso en el análisis es la revisión de los aspectos generales que definen el contexto físico, social e institucional del tema elegido. Estos aspectos generales se describen a continuación y son los siguientes: las características de la contaminación del agua en los ríos; las características de la pobreza rural en el Perú; la legislación sobre el agua en el Perú; la política agraria nacional, y la política agraria del Gobierno Regional del Cusco.

2.4.1 Características de la pobreza rural en el Perú

En nuestro país son cuatro las entidades estatales que han efectuado mediciones sobre la pobreza en general, incluyendo la pobreza rural. Estas son el Banco Central de Reserva, el Ministerio de Economía y Finanzas, FONCODES y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Las dos primeras han publicado los “Mapas de Pobreza”, pero los esfuerzos más recientes e importantes corresponden al INEI y a FONCODES (MIMDES) los cuales tienen como objetivo una mejor focalización de las acciones de los programas sociales estatales de lucha contra la pobreza. Entre los documentos más recientes publicados por el INEI destacan los siguientes:

- “Mapa de pobreza. Provincial y distrital. 2007”. (INEI. 2009).
- “Perú: Perfil de la Pobreza por departamentos. 2005 – 2009”. (INEI. 2010).

La medición de la pobreza en estos estudios, utiliza dos criterios principales: las necesidades básicas insatisfechas (disponibilidad en los hogares de servicios de agua potable y desague o letrina, y servicios de electrificación por la red pública) y el gasto per cápita. El INEI ha estimado como indicadores de línea de pobreza, un ingreso mensual de 240 soles en el ámbito urbano y de 171 soles al mes en el ámbito rural. Por lo tanto, a nivel nacional, para el año 2007 se calcula que el 39.3% de la población peruana vive por debajo de la línea de pobreza y 13.7% se encuentran en una situación de pobreza extrema.

Se estima que las familias de pobreza extrema viven con menos de 18 US dólares al mes. La “pobreza extrema” se define como la “incapacidad de los ingresos del hogar para acceder a una canasta de alimentos que cubre los requerimientos mínimos nutricionales”. (FONCODES 2006). Las zonas rurales de la sierra del Perú, dedicadas a actividades agrarias son las que sufren mayores niveles de pobreza extrema. De acuerdo a un estudio realizado por una plataforma de organizaciones que promueven el desarrollo rural en departamentos de la sierra, este porcentaje bordea el 55.5%, siendo más agudo en la sierra centro. Ver cuadro 1.

Cuadro 1: Distribución de la pobreza extrema por regiones en el Perú

Regiones	Población total (En miles de personas)	Porcentaje de pobreza extrema en zona no agraria. (%)	Porcentaje de pobreza extrema en zona agraria. (%)	Porcentaje de pobreza extrema total (%)
Costa norte	4,117	8.7	21.8	10.6
Costa centro	1,883	3.7	8.6	4.2
Costa sur	588	4.8	2.8	4.7
<i>Costa total</i>	<i>6,588</i>	<i>6.9</i>	<i>17.7</i>	<i>8.3</i>
Sierra norte	2,146	31.5	57.0	45.8
Sierra centro	3,970	23.8	61.7	41.1
Sierra sur	4,145	17.3	46.6	29.6
<i>Sierra total</i>	<i>10,261</i>	<i>22.3</i>	<i>55.5</i>	<i>37.5</i>
Selva	3,875	25.7	36.4	29.0
Lima Metropolitana	8,450	3.8	0	3.8
Total	29,175	11.8	47.0	20.0

Fuente: Datos procedentes de la ENAHO 2002. INEI. Este cuadro es una versión resumida del cuadro No. 1:

“Importancia de la actividad agraria por regiones” (Coordinadora Rural 2007).

Nota metodológica: Se ha considerado que una familia es agraria, cuando más del 40% de su ingreso procede de actividades agrarias.

Es posible plantear la hipótesis que existe una fuerte relación entre pobreza rural extrema, actividades agrarias y calidad de agua, puesto que el agua es el principal recurso natural que es necesario para la agricultura.

2.4.2 Legislación sobre agua en el Perú

En la nueva ley de aguas promulgada el 2010, se considera la creación de Consejos de Cuenca, como autoridades para la gestión del agua. La primera de estas instituciones se ha creado en julio del 2011. Hasta antes de esta fecha, han sido varias las instituciones estatales con mandatos sobre la gestión del agua, algunas veces con traslapes entre sus funciones, pero las regulaciones económicas para el uso de las aguas de los ríos han sido inexistentes. Las organizaciones de usuarios de riego, como son las Juntas y las Comisiones de Regantes, reconocidas por la legislación de agua, han cumplido un rol importante en encontrar soluciones para las pugnas entre los usuarios del agua de riego por aspectos de la cantidad de agua requerida de acuerdo al ciclo de crecimiento de los cultivos o pastizales, pero han hecho poco en aspectos de conservación de la calidad de este recurso.

Se ha hecho evidente en años recientes el peligro de una situación en la cual un usuario (una gran ciudad, o una empresa minera) tiene la capacidad de alterar la calidad del agua hasta un punto en que no sea utilizable por otros usuarios. Este es un problema de carácter ambiental y no sólo de gestión hídrica, pero es lamentable que la legislación de agua no haya otorgado a las organizaciones de usuarios de riego, en las décadas pasadas, la función de vigilancia o monitoreo de la calidad de las fuentes de agua.

Existe entonces una tensión creciente entre el desarrollo económico y la contaminación de las aguas de los ríos. Ambos aspectos parecen estar vinculados en una relación inversamente proporcional, es decir, a mayor desarrollo económico menor calidad del recurso. La teoría económica neoclásica afirma que no es posible hablar de contaminación cero porque el desarrollo económico, de manera inevitable, genera efectos de contaminación, por lo tanto el problema consiste en determinar cuál es el nivel de contaminación socialmente óptimo. Sin embargo este razonamiento no nos permite tener una alerta acerca de la proximidad del momento en el cual el recurso se habrá deteriorado o perdido de manera absoluta.

Las principales normas sobre la gestión del agua, y las correspondientes referencias sobre la protección de este recurso, son las siguientes: (ANA 2011)

- **Ley de recursos hídricos. (Ley No. 29338, del 30 de marzo del 2009).**

El título V se denomina “Protección del agua”, al interior de este título, es necesario considerar los siguientes artículos:

Artículo 75. Protección del agua. (Segundo párrafo):

“La Autoridad Nacional del Agua, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos. Puede coordinar para tal efecto con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

Artículo 76. Vigilancia y fiscalización del agua:

“La Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y estado físico en el que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua, sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA – Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por la autoridad del ambiente.

También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a ésta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso”.

Artículo 79. Vertimiento de agua residual.

“La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA – Agua) y los Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

- **Reglamento de la ley No. 29338, Ley de Recursos Hídricos. (Decreto Supremo No 001 – 2010 – AG, del 23 de marzo del 2010)**

El título V “Protección del agua”, contiene los siguientes capítulos y artículos:

Capítulo I. Disposiciones generales.

Artículo 103. Protección del agua.

103.1 “La protección del agua tiene por finalidad prevenir el deterioro de su calidad, proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos; establecer medidas específicas para eliminar y reducir progresivamente los factores que generan su contaminación y degradación”.

103.2 “La Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud y demás sectores, cuando corresponda, emite disposiciones, directivas y normas complementarias al reglamento, para la conservación y protección de la calidad de las aguas”

Artículo 104. Registro para la disposición de Aguas Residuales.

La ANA implementa y mantiene actualizado el Registro Nacional de Vertimientos y Reuso de Aguas Residuales.

Artículo 105. Informe Nacional de Evaluación de Recursos Hídricos.

La ANA organiza y publica anualmente el Informe Nacional de Evaluación de Recursos Hídricos en Fuentes Naturales, definiendo sus potencialidades en función de la calidad, disponibilidades y demandas que se ejerzan sobre éstas.

Capítulo IV. Protección de las fuentes de agua.

Artículo 123. Acciones para la prevención y el control de la contaminación de los cuerpos de agua.

Artículo 124. Plan nacional de vigilancia de la calidad del agua.

Artículo 125. De la participación de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca en la protección del agua.

Artículo 126. Protocolo para el monitoreo de la calidad de las aguas.

- **Reglamento de la organización y funciones de la Autoridad Nacional del Agua – ANA. (Decreto Supremo N. 006 – 2010 – AG, del 10 de julio del 2010).**

Capítulo VI. De los órganos de línea.

Artículo 32. Dirección de gestión de calidad de los recursos hídricos.

“La Dirección de gestión de calidad de los recursos hídricos organiza y conduce las acciones en materia de protección y recuperación de la calidad de los recursos hídricos, en el marco de la Política Nacional del Ambiente, la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, y el Plan Nacional de Recursos Hídricos. Depende jerárquicamente de la Alta Dirección y tiene las siguientes funciones” (se detalla 10 funciones).

2.4.3 Política agraria nacional

La política agraria del gobierno actual, de acuerdo a sus enunciados, reconoce la importancia de la conservación de los recursos naturales y promueve el desarrollo sostenible. Esto puede apreciarse en los documentos legales sobre la reorganización del Ministerio de Agricultura, la creación del Ministerio del Ambiente, y la nueva Ley de Aguas.

Los lineamientos de política se encuentran formulados con claridad en los documentos de planificación del Ministerio de Agricultura. Por ejemplo, en el plan estratégico 2007 - 2011, se reconoce que el desarrollo del agro es fundamental para el crecimiento económico y para la eliminación de la pobreza, puesto que en el Perú “casi una tercera parte de la población vive en zonas rurales, y el 50% de sus ingresos provienen de la agricultura”. (MINAG 2008)

Los problemas para el desarrollo y la superación de la pobreza rural que se mencionan en este documento son los siguientes: alta fragmentación de la tierra y por tanto tamaño reducido de las unidades agropecuarias; malas prácticas agrarias que afectan al recurso tierra como son el riego excesivo, sobrepastoreo y deforestación; bajos niveles educativos, y en el caso de la sierra, es necesario agregar la presencia de sequías y heladas, y el acceso limitado a servicios básicos y productivos.

En el “árbol de problemas” de este documento se identifica como un problema principal el “deterioro de los recursos naturales renovables”, el cual es “producido por la contaminación de los ríos, por evacuación de excedentes de riego, relaves mineros, y aguas de drenaje contaminadas”. (MINAG 2008). Sin embargo en las páginas siguientes no se profundiza de alguna manera en el análisis de cómo este proceso negativo está contribuyendo a un aumento de la pobreza rural.

Por otra parte, el Ministerio del Ambiente ha aprobado en enero del 2103, el documento “Agenda Nacional de Acción Ambiental – Agenda Ambiente 2013 – 2014”, en el que se concede alta prioridad al tema calidad del agua. De los 18 objetivos de política ambiental, el número 7 titula: “Reducir los niveles de contaminación del agua”. Previamente en el diagnóstico de la situación ambiental al 2012, se reconoce que “el escaso tratamiento de

los efluentes o aguas servidas, el inadecuado manejo de residuos del ámbito municipal, industrial, hospitalarios, etc; los lixiviados provenientes de algunas actividades informales tales como la minería, determinan niveles de contaminación que inciden en la salud de las personas”.

2.4.4 Política agraria del Gobierno Regional del Cusco

La política agraria del Gobierno Regional del Cusco, en cambio, muestra una mayor preocupación por los aspectos de contaminación de los recursos hídricos y su relación con la pobreza rural. Esto se puede apreciar través de las ordenanzas emitidas por este gobierno en los últimos años y los planes de desarrollo de mediano plazo. El Gobierno Regional expresa sus prioridades de política agraria en el documento titulado “Plan Estratégico de Desarrollo Regional Concertado”, siendo el más reciente el “Plan Estratégico de Desarrollo Regional Concertado, Cusco al 2021”. Otro documento relevante para el conocimiento de la política agraria regional es el “Plan Estratégico de Desarrollo del Sector Agrario de la Región Cusco. 2009 - 2021”, de la Dirección Regional Agraria (DRAC), la cual ha sido transferida en años recientes desde el Gobierno Central al Gobierno Regional.

Este último documento menciona los siguientes problemas como trabas al desarrollo y causa de la pobreza rural. En el cuadro 2 se resalta en letras negritas, aquellos que tienen relación directa con la contaminación del agua:

Cuadro 2: Causas de la pobreza rural en la Región de Cusco

Aprovechamiento no sostenible de los recursos naturales en agua, suelo, flora y fauna, que ocasiona daños irreparables sobre su disponibilidad y los ecosistemas.
Bajo nivel de competitividad y rentabilidad agraria
Alta fragmentación de la propiedad de la tierra.
Deficiente infraestructura de riego,
Conflicto territorial entre provincias, distritos y comunidades.
Alta contaminación, por el uso indiscriminado de agroquímicos y aguas servidas.
Factores climatológicos adversos, como las heladas, granizadas, sequías y exceso de lluvias.
Limitado acceso a servicios básicos y productivos del pequeño productor agrario.
Débil desarrollo institucional en el sector agrario público y privado,
Inadecuado uso y manejo de los recursos de la Región, principalmente agua y suelo.
Política agraria regional limitada, duplicidad de funciones y descoordinación de las instituciones vinculadas al sector.
Erosión y degradación del suelo.
Deforestación.
Sobre pastoreo en zonas de puna, proceso que viene degradando las praderas naturales.

Fuente: “Plan Estratégico de Desarrollo del Sector Agrario de la Región Cusco. 2009 - 2021”. Dirección Regional Agraria (DRAC). Cusco.

Una revisión de las ordenanzas expedidas por el Gobierno Regional de Cusco muestra su creciente preocupación por la calidad de agua en los ríos principales de la región. Ver el cuadro 3

Cuadro 3: Ordenanzas del Gobierno Regional de Cusco sobre calidad de agua

<p>OR No. 002-2007-GRC/CRC.</p> <p>Declara en emergencia la cuenca del Vilcanota, y de necesidad pública y prioridad regional, su recuperación ambiental. (9 abril, 2007).</p>
<p>OR No. 034-2007-GRC/CRC.</p> <p>Declara en emergencia la cuenca alta del río Apurímac con el propósito de proteger el recurso hídrico para consumo humano de la población de Espinar.</p>
<p>OR No. 035-2007-GRC/CRC.</p> <p>Declárase de necesidad pública regional, el uso de los recursos hídricos del Alto Apurimac, ubicado en la provincia de Espinar, destinándose de manera preferente y prioritaria al consumo humano, desarrollo agropecuario e industrial.</p>

Fuente: “Políticas públicas y presupuesto para la pequeña agricultura en el Cusco. 2009 – 2010” Grupo Propuesta Ciudadana, Asociación Arariwa, Intermon Oxfam. 2011.

Finalmente es necesario mencionar que en el plan de desarrollo estratégico al 2021 del Gobierno Regional se ha incluido un eje temático con el título de “Gestión de recursos naturales y gestión ambiental”, el cual presenta una cartera de proyectos, esbozados a nivel de idea, que suma una cantidad total de 717,000 millones de soles, a ser ejecutados en la década 2011 -2021. Estos proyectos están referidos a temas de gran relevancia ambiental: sistemas de cosecha de agua, conservación de la biodiversidad y los recursos genéticos, forestación y promoción de la agroforestería, revaloración del conocimiento local, obras de saneamiento para evitar la contaminación de los ríos del Cusco, monitoreo del retroceso de los glaciares, sistemas de alerta temprana, mecanismos participativos de vigilancia de los recursos naturales, y otros. Sin embargo, debe advertirse la ausencia de estudios económicos sobre los procesos de contaminación que están en marcha y sus efectos sobre la situación económica de las familias campesinas.

2.5 MEDICIONES SOBRE CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO VILCANOTA

En el Perú son recientes los casos de monitoreo participativo de la contaminación en las aguas de los ríos. El 2011 se publicó el libro “Vigilancia ciudadana de la calidad del agua:

Una experiencia desde la sociedad civil en el departamento de La Libertad en el Perú”. (IPEDEHP 2011), en el cual es necesario destacar los siguientes aspectos: la base legal para el monitoreo de calidad del agua en el Perú; los métodos de medición de la calidad del agua: físico – químico, y biológico, basado en el análisis de la presencia de macro invertebrados bentónicos, y los resultados de las mediciones efectuadas en tres cuencas.

Otra experiencia similar se ha registrado en la cuenca del río Chancay – Lambayeque, el cual nace en la sierra del departamento de Cajamarca y luego baja hacia las llanuras de la costa norte en el departamento de Lambayeque. En esta cuenca un estudio elaborado por la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), identificó 83 fuentes de contaminación (53 vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, 29 botaderos de residuos sólidos, y 12 puntos de pasivos ambientales). (ANA 2011a).

Por otra parte, la Dirección General de Salud (DIGESA) del Ministerio de Salud, ha cumplido el mandato de monitoreo de la calidad del agua en algunos ríos principales hasta el año 2010, transfiriendo luego esta función a la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

2.5.1 Monitoreo realizado por la DIGESA

El nombre que utilizó la DIGESA para el río que se analiza en este estudio, fue el de “Vilcanota – Urubamba”, especificando que su recorrido es a través de las provincias de Canchis, Quispicanchis, Cusco, Urubamba, Calca y La Convención del departamento de Cusco, y parte de la provincia de Atalaya en el departamento de Ucayali.

Con la finalidad de realizar esta tarea, estableció 15 estaciones de monitoreo en el río mencionado. La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Cusco fue la entidad encargada de la toma de las muestras de agua, la medición de los parámetros de campo y el análisis microbiológico, en tanto que la sede de DIGESA en Lima, se responsabilizó de los análisis de metales pesados.

Las siguientes estaciones de monitoreo correspondieron al ámbito del presente estudio:

- RV-01 Río Vilcanota. Ubicación: puente de acceso al Centro Experimental de la UNSAAC (Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco) en La Raya.
- RV-02 Río Vilcanota. Ubicación: 200 metros, aguas abajo, de la fábrica de tejidos Maranganí.
- RV-03 Río Vilcanota. Ubicación: 100 metros, aguas abajo, de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Sicuani.

En su clasificación de calidad de agua, DIGESA asignó a este río la clase III: “Aguas para riego de vegetales crudos y bebidas de animales”. La fecha de monitoreo más reciente fue en enero del 2007, se tomaron muestras de agua en las estaciones RV-01 hasta la RV-10. Los resultados fueron los siguientes:

- Oxígeno disuelto (OD): En casi todas las estaciones monitoreadas del río Vilcanota -Urubamba el OD cumple con la LGA - Clase III.
- Coliformes totales y coliformes termotolerantes: En casi todas las estaciones de monitoreo del río Vilcanota - Urubamba, los parámetros coliformes totales y coliformes termotolerantes **exceden el valor límite de la LGA - Clase III.**

2.5.2 Monitoreo realizado por la ANA

La ANA ha establecido una división del territorio del Perú en 13 AAA (Autoridades Administrativas de Agua). Estas se subdividen a su vez en 72 ALA (Autoridades Locales Administrativas). La cuenca alta del río Vilcanota se ha considerado dentro de la AAA XII denominada “Urubamba – Vilcanota”. La ANA ha establecido que las aguas del río Vilcanota son de categoría 3, la cual se refiere a “Riego de vegetales y bebidas de animales” (Resolución Jefatural No. 202 – 2010 ANA, del 22 de marzo del 2010).

La primera reunión para establecer un sistema participativo de monitoreo de la calidad del agua del río Vilcanota, impulsada por el ANA se realizó en noviembre del 2010. Participaron las siguientes entidades: ANA – DGCRH, ALA Sicuani, ALA Cusco, DIRESA, Municipalidad Provincial de Canchis, Junta de Usuarios del Distrito de Riego –

Sicuani. En esta reunión se identificó 12 puntos de monitoreo desde La Raya hasta la localidad de Pisac.

La ANA ha reconocido que la Empresa Prestadora de Servicios (EMSAPAL), que pertenece a la Municipalidad Provincial de Canchis, no tiene un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, por lo que las aguas servidas son vertidas de manera directa al río Vilcanota. (Informe técnico No. 007 – 2010 – ANA – DGCRH/SFA, del 29/11/2010)

Los puntos de monitoreo corresponden al ámbito de este estudio son:

- PRV – 1: Río Vilcanota. Ubicación: puente de acceso al Centro Experimental de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) en La Raya.
- PRV – 2: Río Vilcanota. Ubicación: aguas arriba, de descarga de las aguas residuales de la Fábrica de Tejidos Chectuyoq, en la localidad de Maranganí.
- PRV – 3: Río Vilcanota- Ubicación: aguas abajo, de descarga de aguas residuales, de la Fábrica de Tejidos Chectuyoq, en la localidad de Maranganí.
- PRV – 4: Río Vilcanota. Ubicación: aguas abajo, de descarga de las aguas residuales de la ciudad de Sicuani, junto al Colegio Agropecuario.

La medición de coliformes fecales en el punto PRV4, alcanza un nivel alarmante de 90,000 NMP/100 ml. **Esta cifra supera en 90 veces el nivel máximo permitido por el ECA** para agua, el cual es de 1,000 NMP/100 ml, para la categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales). De manera similar se sobrepasa el límite máximo en los puntos de recepción de las aguas residuales de las ciudades de Cusipata, Urcos, Písaq y Cusco.

Los resultados del monitoreo efectuado se resumen en el siguiente párrafo:

“Los vertimientos de aguas residuales provenientes de las ciudades de Sicuani, Cusipata, Pisac y Cusco, contribuyen al deterioro de la calidad del agua del río Vilcanota, en los puntos ubicados aguas debajo de los vertimientos de aguas residuales de tipo doméstico... **no cumplen con el ECA para agua (1000**

**NMP/100 ml) según la categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales)”.
(Informe Técnico No-007 – 2010 – ANA- DGCRH/SFA).**

En noviembre del 2012 el ANA ha realizado una segunda jornada de medición de la calidad del agua en este río, pero los resultados no han sido publicados todavía.

2.6 MARCO TEÓRICO PARA EL ANÁLISIS DE LOS EFECTOS ECONÓMICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

2.6.1 Los conceptos utilizados

El problema de los efectos negativos que genera la contaminación del agua sobre la situación económica y bienestar de un grupo humano, región o país, se aborda en la teoría económica neoclásica en la discusión acerca de la eficiencia y bienestar social. La teoría plantea que una situación de eficiencia en la asignación de recursos y por tanto de máximo bienestar posible se obtiene cuando se alcanza el óptimo paretiano. Este es un punto de asignación de recursos en el cual no es posible obtener mejores arreglos entre los actores económicos sin afectar con ello a alguna otra persona.

De acuerdo a la teoría, son los mercados actuando en competencia perfecta los que conducen a una sociedad hacia la situación óptima mencionada; sin embargo se reconoce que existen algunas situaciones en las que los mercados no pueden cumplir de manera adecuada ese rol, como son las siguientes: poder de mercado, información asimétrica, existencia de bienes públicos y externalidades. Estas son las denominadas “fallas de mercado”.

Estos dos últimos conceptos: bienes públicos y externalidades, son muy adecuados para el análisis que requiere el presente estudio. El agua de un río puede ser considerado como un “bien público” debido a que, en buena medida, cumple con las características de no exclusión y no rivalidad en su consumo, esto significa que no es posible o es de costo alto, evitar que una persona tome agua del río para consumo o uso productivo. Para lograr esto un río tendría que ser de propiedad privada y estar cercado a lo largo de su recorrido, lo cual conllevaría altos costos económicos y sociales. De manera similar si una persona toma agua de un río para consumo humano, la cantidad tomada no necesariamente evita o reduce

el consumo de otra persona, es decir, ambas personas no son rivales en el acceso a este río. Es verdad que esta situación no es absoluta porque es posible que la presencia de muchos usuarios de manera no coordinada pueda conducir al colapso de una fuente de agua.

Elinor Ostrom, premio nobel de economía 2009, ha acuñado, desde otra vertiente de análisis económico, el concepto de “recurso de uso común”. Este concepto “alude a un sistema de recursos naturales o hechos por el hombre, que es lo suficientemente grande como para volver costoso (pero no imposible) excluir a los destinatarios potenciales de los beneficios de su uso. Algunos ejemplos de sistemas de recursos son las áreas de pesca, cuencas subterráneas, áreas de pastizales, canales de riego, puentes, computadoras centrales, así como también los ríos, lagos, océanos y otros cuerpos de agua” (Ostrom 2010). Esta autora propone una teoría de la acción colectiva para ser aplicada en los procesos de negociación en aspectos de gestión sostenible de los recursos de uso común.

A partir de los conceptos mencionados es posible explicar que la contaminación del agua de un río es consecuencia de que existe una situación de libre acceso a cualquier actor social (persona individual, familia, institución o empresa) para arrojar aguas residuales, animales muertos y basura, al cauce del río, en distintos puntos de su recorrido. Es decir, todos perciben el río como un recurso que no es propiedad privada de alguien, pero a la vez, nadie sabe, o no respeta, las normas que deben cumplirse para su cuidado, ni las sanciones correspondientes.

Un segundo concepto importante es el de “externalidades”. Estos son los efectos externos a un proceso productivo o de consumo, que benefician o perjudican a otras personas que no participan en el proceso. El beneficio de una nueva carretera puede ser considerado una “externalidad positiva” para las personas reciben un incremento en el valor de sus terrenos cercanos a esa carretera; de manera similar, la extinción de vida acuática en un río por el vertimiento de aguas residuales de una ciudad, es una “externalidad negativa”. En este segundo caso, un usuario, que puede ser productor o consumidor, transfiere a otros usuarios, los nuevos costos que corresponden al deterioro que se ha generado en la calidad de un recurso natural, o de un bien de consumo. Por lo tanto, de esta manera se incrementan los costos de los productores o consumidores, que son afectados por el proceso de deterioro mencionado.

Es necesario destacar que ambos conceptos (bien público y externalidades), están estrechamente relacionados cuando no existen normas establecidas para la gestión del bien público. El libre acceso, no regulado, a un recurso que tiene el carácter de “bien público” permite por una parte, la existencia de actores sociales que cumplen un rol de “free rider”, esto es utilizar un recurso sin pagar el costo correspondiente; y por otra parte la transferencia de costos de unos usuarios a otros. Este es el caso por ejemplo de los usuarios del agua ubicados en la parte alta de la cuenca de un río, quienes pueden generar deterioros en la calidad del agua, con el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento sanitario, lo cual implica que los usuarios de la parte baja de la cuenca, reciban un recurso hídrico de menor calidad, situación que afecta de manera negativa, la salud y productividad, de personas, cultivos y crianzas.

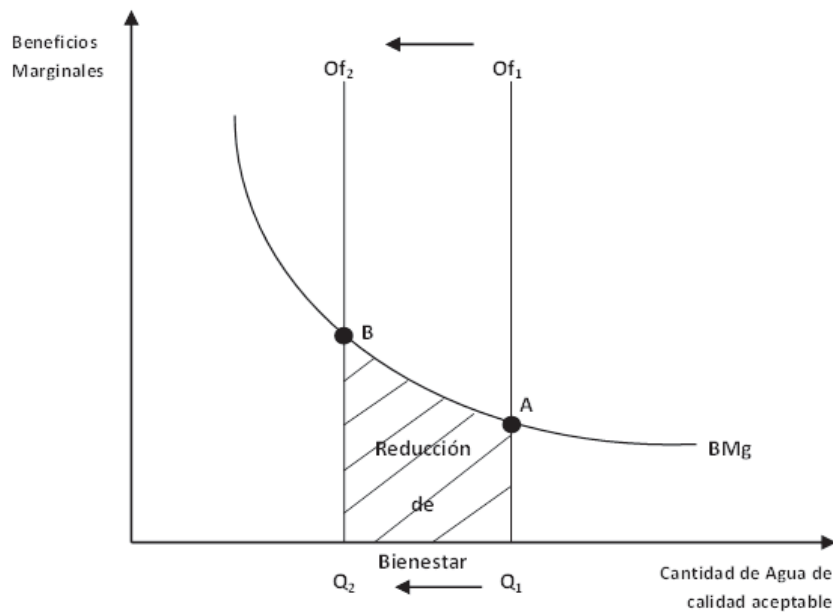
De acuerdo a J. Stiglitz es posible distinguir dos grandes grupos instrumentos para resolver externalidades: las soluciones privadas y las soluciones del sector público (Stiglitz 1988) Las soluciones privadas consisten en internalizar la externalidad, asignar derechos de propiedad, tal como propone el “teorema de Coase” y utilizar el sistema jurídico. En cambio las soluciones del sector público son soluciones basadas en los mecanismos del mercado como multas, “impuestos Pigouvianos”, subsidios, y permisos transferibles, y/o mecanismos de regulación directa. El “teorema de Coase” afirma que, en algunos casos, es posible corregir las externalidades mediante la concertación entre los usuarios del recurso sin necesidad de la intervención del Estado (Aguilar Ibarra 2010).

Llevando el análisis a un nivel global, es decir de nivel regional o nacional, la teoría económica sostiene que la presencia de “fallas de mercado” ocasiona una situación de eficiencia menor a la óptima en la asignación de recursos y en el aspecto productivo, ocasionando una reducción en el bienestar social. Esta sería debido a que el incremento en los costos marginales adicionales, que es resultado de la presencia de externalidades negativas, conduce a que los productores perjudicados produzcan en un nivel global menor al nivel óptimo, de manera simultánea los productores que no cubren los costos de la contaminación estarían produciendo en un nivel mayor al óptimo. En los estudios sobre impactos en el bienestar social, estos efectos se grafican mediante cambios en las áreas de los conceptos “excedente del consumidor” y “excedente del productor”.

En la figura 1 se grafica la reducción en el bienestar social que es resultado de la reducción en la calidad del agua. Este diagrama está inspirado en el libro de Robert A. Young (2005) y relaciona el nivel de beneficio marginal por el uso de una fuente de agua, con la cantidad de agua que cumple el estándar adecuado para determinado uso productivo. La curva de beneficio marginal (BMg) puede representar la demanda de agua de los consumidores o la disponibilidad a pagar de los productores por el recurso hídrico. En cambio las líneas Of1 y Of2 representan curvas de oferta inelásticas de este recurso.

Una reducción en la cantidad de agua con calidad adecuada para un determinado uso productivo, desde Q_1 hasta Q_2 , genera un área bajo la curva de beneficio marginal, que representa la reducción en el nivel de producción de un determinado bien desde la situación A hasta la situación B, que es atribuible a la menor cantidad de agua disponible. Se puede afirmar también que esa área representa una reducción en el excedente del consumidor.

FIGURA 1: Reducción del bienestar social por la contaminación del agua



2.6.2 El método de valoración utilizado

La teoría económica proporciona un número importante de métodos de valoración del recurso agua que no se basan en transacciones de mercado. Robert A. Young (2005) menciona y describe 17 métodos de este tipo. De ellos hemos elegido el denominado “Método del Costo del Daño” (Damage Cost Method).

Este método mide el costo del recurso involucrado en un cambio en el medio ambiente. Se utiliza para analizar los efectos sobre agua contaminada con microorganismos o con sustancias químicas. Los incrementos en los costos en los productores y la disminución su nivel de producto, ocasionados por los elementos contaminantes deben ser incluidos como costos del daño. Se considera entonces como beneficio la magnitud del daño que es posible evitar con políticas y medidas ambientales adecuadas.

Como explica R. Young, “el supuesto general de éste método es que el individuo u hogar afectados tienen disponibilidad de pagar hasta el monto del daño esperado con la finalidad de evitarlo. Por lo tanto, el costo del daño puede ser utilizado como una medida de los beneficios de las políticas propuestas para reducir o mitigar daños potenciales sobre el medio ambiente”.

Por su parte, Cristeche y Penna (2008) explican que “este supuesto descansa en el hecho de que si las personas están dispuestas a incurrir en este tipo de costos para evitar los perjuicios causados por la pérdida de algún servicio ambiental o para reemplazar ciertos servicios del ecosistema, entonces estos servicios deben valer, por lo menos, el monto que la gente paga para ello”.

Otros autores (Loyola, et al 2007) lo denominan “Método de Costos” o “Método de Costos de Reposición” y lo definen de la siguiente manera: “Este método está relacionado a estimar los valores de los servicios del ecosistema, basados en los costos de evitar los daños a los servicios, los costos de reemplazar los servicios del ecosistema y los costos de sustituirlos por otros servicios... (Este método) es apropiado utilizarlo cuando los gastos de evitar daños o reemplazarlos, se han hecho o deberán ser efectivamente realizados”. Se recomienda su uso en los casos de contaminación biológica del agua.

2.6.3 Casos de investigación similares

Los estudios sobre el valor económico de los daños generados por el agua contaminada de los ríos son escasos en el Perú y América Latina. De la búsqueda bibliográfica efectuada hemos encontrado los siguientes:

a) Valoración económica de los efectos en la salud por cambios en la calidad de agua de la cuenca del río Bogotá. Caso: Quebrada Santa Martha del Municipio El Colegio. (Ortiz 1996)

Objetivo:

El objetivo general de este estudio fue “valorar económicamente el cambio en el bienestar de la población afectada de la cuenca media del río Bogotá, específicamente en el Municipio de El Colegio, a través de los costos sobre la salud de las personas, causados por cambios en la calidad del agua de la Quebrada Santa Martha, afectada por el río Bogotá”. (Ortiz 1996: 17).

Marco Teórico:

El principal concepto utilizado en el marco teórico fue el de “externalidad”. La contaminación del agua del río Bogotá fue definida como una externalidad. Se afirma que “la externalidad genera una brecha entre el costo marginal de los productores y el costo marginal social, es decir, los productores no incluyen el efecto contaminante dentro de los costos de producción privados; este efecto sí es percibido por la sociedad y se traduce en una pérdida neta de bienestar” (Ortiz 1996:17)

El cambio en el bienestar social es analizado mediante dos métodos: el de función de dosis – respuesta, y el de costo de tratamiento. “El método de dosis – respuesta, considera la influencia que puede tener el cambio en una variable exógena, o un conjunto de variables exógenas, sobre una variable específica. Esta función informa sobre la incidencia de un cambio en la salud ante un cambio de la calidad del recurso agua y otras variables; así para nuestro caso, un cambio en las variables ambientales puede tener influencia sobre la tasa de morbilidad de la población afectada” (Ortiz 1996: 22)

El término “dosis – respuesta” proviene de los estudios toxicológicos “que relacionan cuantitativamente la dosis con los efectos causados por agentes químicos”. Se asume “que existe una relación causal entre el grado de exposición (llamado dosis) ante un agente, y la existencia de un mecanismo que es capaz de causar un efecto (denominado respuesta)” (Ortiz 1996: 23). Pero este método a la vez advierte que “no es nada sencillo observar la incidencia de un cambio en la calidad del agua sobre la salud de la población afectada, ya que ésta incidencia es a menudo: indirecta, no específica, y a largo plazo” (Ortiz 1996: 23). En este estudio se decidió utilizar el indicador de “Coliformes Totales” para medir los cambios sobre la calidad del agua y sobre un conjunto de variables socioeconómicas de cada miembro de hogar afectado.

Por su parte, el método de costo de tratamiento, consiste en calcular “el número de personas y el carácter de la incidencia, es decir, los días de trabajo perdidos, los días de actividad restringida y los días de escolaridad perdidos, aplicando a cada una de estas categorías, el coste económico correspondiente. Luego a ello se suma lo referente a los costos de diagnóstico y tratamiento para cada caso, finalmente se obtiene una aproximación del valor económico que representa un cambio en las tasas de morbilidad de la población afectada” (Ortiz 1996: 26).

Estimación econométrica:

El estudio utilizó dos modelos econométricos: el primero para estimar el cambio marginal entre morbilidad y contaminación; y el segundo para estimar la probabilidad de enfermarse con EDA (Enfermedad Diarreica Aguda) ante cambios marginales de los Coliformes Totales, y de esta manera calcular el costo económico en que incurre el posible enfermo.

El primer modelo tuvo una forma funcional lineal, en el cual la variable dependiente fue la tasa de morbilidad. Las variables independientes fueron: un indicador de contaminación hídrica: la cantidad de Coliformes Totales (COLFT); los servicios sanitarios de los miembros del hogar (SSM); el abastecimiento de agua (ABA); el tiempo de hervido del agua (HVA); y el nivel de ingreso del hogar. Para la estimación se utilizó el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, la información procedió de una muestra de 30 hogares encuestados.

El segundo modelo fue de tipo LOGIT y se estimó por el método de máxima verosimilitud. La variable dependiente fue la probabilidad de enfermarse con EDA. Las variables independientes fueron: la edad de los miembros del hogar; el nivel de educación; el ingreso per cápita, y el abastecimiento de agua. Se estimó el modelo para los 138 miembros de los 30 hogares.

Resultados:

Los resultados obtenidos en las regresiones indican que “la contaminación hídrica medida a través de los COLFT es una variable relevante, aunque no la única para explicar la morbilidad; también lo son las variables socioeconómicas como la infraestructura básica sanitaria, el nivel de educación, el abastecimiento de agua, los hábitos de limpieza y sobre todo los niveles de ingreso de los hogares afectados” (Ortiz 1996: 43).

El valor de la elasticidad de la morbilidad con respecto a la contaminación, se estimó en un 28%, esto significa que una reducción del 100% en la presencia de coliformes fecales reduciría en un 28% la tasa de enfermedad de tipo EDA. Además se estimó que si los indicadores de coliformes totales fueran bajos, la probabilidad de tener una EDA es de un 90%, y si los índices fueran altos y medios, la probabilidad sería de un 92%

La suma del costo económico de la enfermedad más el costo de tratamiento, permitió obtener un valor total de la población afectada equivalente a 1,783,179 unidades monetarias, el cual implica un coste medio económico de 39,626 unidades monetarias por mes. El costo marginal mensual para la sociedad se estimó en 5,151 unidades monetarias. La probabilidad de tener una EDA estaría suponiendo un costo económico de 36,456 unidades monetarias al mes por persona, cifra que es alta puesto que representa el 73.52% del ingreso de los hogares encuestados.

El cálculo del costo económico es útil para dimensionar las implicancias en el bienestar social derivadas de la presencia de contaminación del agua de consumo humano, tal como se expresa en la siguiente cita: “La determinación de un costo económico de contaminación involucra la valoración del bien agua que es de uso público... Este costo refleja la percepción de la sociedad sobre los beneficios proporcionados por este recurso, o el valor máximo que las personas están dispuestas a pagar para utilizar la Quebrada Santa

Martha, o el valor mínimo aceptado por ellos como compensación por la pérdida de ese usufructo”. (Ortiz 1996: 50)

b) Valoración económica del efecto en la salud por el cambio en la calidad del agua en zonas marginales de Lima y Callao. (Loyola y Soncco 2006)

Objetivo:

El objetivo principal de este estudio fue la “valoración económica del efecto en la salud por un cambio en la calidad del agua de consumo humano, mediante la estimación de la disponibilidad a pagar (DAP) de los ciudadanos por las mejoras en su bienestar”. (Loyola y Soncco 2006: 2)

Marco teórico:

El concepto principal en este estudio es el “beneficio no marginal de la reducción en la contaminación”. La variable que se pretende medir dentro del conjunto de reducciones no marginales de la contaminación, es “cómo se afecta la morbilidad a medida que la calidad del agua varía y la familia decide tomar acciones defensivas (por ejemplo, hervido del agua)”. A partir de esto se calcula la DAP por una mejora en las condiciones de salud, entendida como calidad ambiental personal y de la familia. (Loyola y Soncco 2006: 18, 19)

En el aspecto metodológico se utiliza una “función de producción de salud para cambios no marginales de la calidad ambiental”. Se considera que “éste es un método de *valoración indirecta*, ya que al ser el agua un bien esencial, los consumidores tenderán a sobrevalorar la disponibilidad del recurso por encima de su capacidad real de pago, si se utilizan metodologías de valoración directa, como es por ejemplo, la valoración contingente”.

Estimación econométrica:

Con el fin de valorar el efecto de la calidad del agua sobre la salud de la familia, se utilizó la enfermedad en las familias (morbilidad) como variable dependiente. Las variables explicativas seleccionadas fueron: el costo total de prevención y mitigación de enfermedades de origen hídrico; información sobre cuidado, manejo y tratamiento de agua; calidad del agua; práctica de hervido del agua; edad, género, nivel educativo y ocupación del jefe del hogar entrevistado; y nivel de ingresos mensuales totales de la familia.

El estudio asume una función de utilidad indirecta y utiliza los modelos de las formas funcionales de dos ecuaciones con sus respectivas formas de estimación de las medidas de bienestar. Para la estimación se utilizó el software econométrico N LOGIT, versión 3. El tamaño de la muestra fue de 383 hogares de una población urbana marginal de Lima Metropolitana.

Resultados:

La disponibilidad a pagar de la población por evitar enfermarse fue estimada en 16.4 soles mensuales (5.05 US dólares). Agregando esta cifra de acuerdo a la cantidad de hogares que no cuentan con servicios de agua potable y alcantarillado en la zona de estudio, se obtuvo una cifra total de 12,665,623 soles anuales (3,897,114 US dólares).

c) Costo de oportunidad y externalidades en el valor económico del agua superficial para uso agrícola en el valle de Mala. (Jiménez Díaz 2008)

Objetivo:

El objetivo general de este estudio fue “determinar el costo económico total del agua superficial para uso agrícola en el valle del río Mala, incorporando al costo de la oferta, el costo de oportunidad de los usos consuntivos y no consuntivos a la alternativa agrícola, así como el valor de las externalidades (positivas y negativas) económicas, aguas abajo y aguas arriba, de tal manera que se obtenga un valor real distinto al tradicional”. (Jiménez Díaz 2008: 23)

Marco teórico:

El estudio utilizó los siguientes conceptos: costo de oportunidad, externalidades económicas, costo y valor del agua, valor total del agua, tipología de los usos del agua, pago de servicios ambientales, mercado de agua y gestión del recurso hídrico.

Estimación econométrica:

El estudio utilizó los métodos de valoración contingente para valorar el servicio ambiental del recurso hídrico; el método del costo de tratamiento para estimar el valor de las pérdidas en bienestar social; y un modelo de serie de tiempo denominado “modelo autoregresivo integrado de promedios móviles” (ARIMA)

Con la finalidad de estimación de la externalidad negativa, ésta se expresó por el número de afectados con Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) para un período de cinco años (2000 – 2005). El valor económico de la contaminación se determinó siguiendo la metodología del “Costo del Tratamiento” (CT). La medición consideró dos componentes: la pérdida de la productividad por estar enfermo; y el costo del tratamiento para recuperar la salud de cada uno de los enfermos.

Resultados:

Se ha estimado que la contaminación del agua del río Mala genera enfermedades en sus pobladores, por un valor total de 218,608 US dólares anuales, por concepto de costo de tratamiento y pérdida de productividad. El valor económico de la contaminación del agua se estimó en 0.0375 US dólares por metro cúbico. (Jiménez Díaz 2008:158).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se ha efectuado una investigación de tipo descriptiva, correlacional y explicativa, puesto que se ha intentado relacionar la actividad principal de la economía de los hogares rurales de comunidades campesinas, ribereñas al río Vilcanota, con la contaminación creciente que generan las aguas residuales sin tratamiento sanitario que arrojan los hogares y establecimientos productivos de la ciudad de Sicuani.

3.2 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis general.

“La contaminación de las aguas del río Vilcanota genera efectos negativos de magnitud importante en la economía de las familias campesinas que utilizan estas aguas para sus actividades productivas y domésticas”.

Hipótesis específicas.

- 1) La presencia de elementos contaminantes en las aguas del río Vilcanota genera efectos negativos sobre diversos aspectos de la economía de los hogares rurales como los siguientes: mayores gastos por enfermedades de origen hídrico en personas y en el ganado vacuno; reducción de la productividad de leche y carne del ganado vacuno; pérdida de activos pecuarios por enfermedad grave y muerte de cabezas de ganado.

- 2) La contaminación de las aguas en la cuenca alta del río Vilcanota está generando un proceso de reducción, de magnitud importante, en el nivel de bienestar de las familias criadoras de ganado vacuno, en zonas de pobreza rural de la provincia de Canchis, Cusco.
- 3) Los diversos aspectos socioeconómicos de las familias rurales tienen un grado de influencia distinta sobre la probabilidad de enfermedades de origen hídrico de las personas y del ganado vacuno, como son el nivel de gasto en salud humana y animal, el nivel de educación y género del jefe de familia, el nivel de conocimiento sobre el riesgo para la salud de la ingesta o contacto con aguas contaminadas, y otras.
- 4) Las regulaciones ambientales del Gobierno Regional y los Gobiernos Municipales de la Región del Cusco, sobre calidad del agua en los ríos, serán más efectivas si se basan en cifras sobre el daño económico de la contaminación del agua en las distintas cuencas y micro cuencas de su ámbito.

3.3 IDENTIFICACION DE VARIABLES

VARIABLES para la estimación de la probabilidad de morbilidad de la población humana por causa del agua contaminada:

- **Gasto en salud.** Gastos realizados por la unidad familiar por concepto de enfermedades ocasionadas la mala calidad del agua.
- **Información.** Información acerca de las amenazas para la salud que surgen de la contaminación del río.
- **Calidad.** Indicios de un deterioro en la calidad del agua del río.
- **Morbilidad Humana.** Probabilidad que uno de los miembros del hogar rural se enferme por el consumo de agua de mala calidad obtenida del río contaminado.

- **Edad.** Edad en años de la persona afectada por una enfermedad generada por la mala calidad del agua.
- **Género.** Género del jefe de familia
- **Educación.** Nivel de educación formal del jefe de familia. Se espera que al tener un nivel de educación formal más alto, se tomarán mayores medidas preventivas para evitar enfermarse por el contacto con agua contaminada.
- **Gasto total del hogar.** Gastos mensuales totales en dinero, del hogar rural.
- **Lavado de ropa en el río.** Práctica de la mujer campesina de lavar ropa en las orillas del río en compañía de sus hijos menores.

VARIABLES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE MORBILIDAD DEL GANADO VACUNO POR CAUSA DEL AGUA CONTAMINADA:

- **Gasto veterinario.** Gastos realizados por la unidad familiar por concepto de enfermedades del ganado vacuno generadas por la mala calidad del agua del río.
- **Información veterinaria.** Información acerca de las amenazas para la salud del ganado vacuno que surgen de la contaminación del río.
- **Morbilidad en Vacunos.** Probabilidad que por lo menos una de las cabezas de ganado vacuno del hato de una familia rural, se enferme por el consumo de agua de mala calidad obtenida del río contaminado.
- **Género.** Del jefe de hogar.
- **Educación.** Se espera que un hogar en el cual el jefe de familia tenga un nivel de educación formal más alto, se tomarán mayores medidas preventivas para evitar las enfermedades del ganado vacuno por causa del agua contaminada.

- **Consumo del agua del río.** Práctica local de hacer que el ganado vacuno tome agua de manera directa en las playas del río o en bebederos que utilizan agua del río extraída mediante canales de irrigación.
- **Gasto total del hogar.** Gastos mensuales totales en dinero, del hogar rural.

3.4 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis fue la economía del hogar rural, en particular se analizó el gasto en salud por enfermedades de origen hídrico de personas y cabezas de ganado vacuno; y las pérdidas en dinero resultantes de la disminución de la productividad, venta de animales enfermos y muerte de cabezas de ganado por contacto con el agua contaminada del río Vilcanota.

3.5 DEFINICIONES OPERACIONALES

1) Contaminación del agua

Situación en la cual existe un exceso de elementos de materia o energía (calor) en el agua que provocan daño a humanos, animales, plantas y bienes, o que perturban las actividades que se desarrollan con agua, es decir, que limitan su uso en condiciones seguras de salud para el hombre y el ambiente.

2) Pobreza rural

Situación económica de una familia rural en la cual no es posible satisfacer cubrir las necesidades básicas de alimentación y calidad de vida (disponibilidad en los hogares de servicios de agua potable y desague o letrina, y servicios de electrificación por la red pública). El INEI ha estimado como indicadores de línea de pobreza, un ingreso mensual de 240 soles en el ámbito urbano y de 171 soles al mes en el ámbito rural.

La “pobreza extrema” se define como la “incapacidad de los ingresos del hogar para acceder a una canasta de alimentos que cubre los requerimientos mínimos

nutricionales”. Se estima que las familias de pobreza extrema viven con menos de 18 US dólares al mes.

En el presente estudio las comunidades seleccionadas se encuentran en situación de pobreza rural. Ver el mapa de la pobreza de la provincia de Canchis, departamento del Cusco, en el Anexo 3.

3) Contaminación puntual

Situación en la que se conoce el origen y al responsable de las descargas que contaminan una fuente de agua. Estas se denominan descargas puntuales (DP).

4) Contaminación difusa

Situación en la que no es posible identificar ni el origen ni el responsable de las descargas que contaminan una fuente de agua. Estas se denominan descargas no puntuales (DNP) o difusas.

5) Externalidades

Costos no deseados que se transfieren de un productor a otro o a los consumidores. Estos costos no son reconocidos ni pagados por el propietario de la unidad productiva que los genera. Este concepto es útil para el análisis de la contaminación de una fuente de agua que es compartida por varios usuarios distintos.

3.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1 Descripción del método de estimación

El objetivo de la investigación fue identificar y valorizar el daño económico que genera la contaminación del agua sobre las familias rurales que utilizan el agua del río Vilcanota para sus actividades domésticas y productivas. Para este fin se utilizó el método del costo del daño, mediante el cual se ha calculado mediante análisis estadístico, los gastos anuales que incurren los hogares rurales para curar las

enfermedades diarreicas y de la piel, que surgen del contacto con agua contaminada, y los gastos de curar enfermedades del ganado vacuno.

Además de lo anterior, se ha estimado las pérdidas por reducción de productividad y las pérdidas en activos pecuarios, por venta de ganado vacuno enfermo a un precio menor que el precio de compra, y por la muerte de cabezas de ganado por la ingesta de agua contaminada. Las cifras promedio, se utilizaron luego para estimar el valor de pérdida económica a nivel global de la población de 1,870 familias rurales, cuya economía depende en gran parte, de la ganadería de vacunos en las riberas del río Vilcanota.

De manera paralela se efectuó un análisis econométrico para estimar el grado de incidencia que tienen un conjunto de variables socio-económicas sobre la probabilidad de morbilidad en salud humana por contacto con aguas contaminadas, y la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por ingesta de estas aguas. Para este fin se ha formulado dos ecuaciones distintas y se ha precisado los modelos de estimación correspondientes a cada caso.

3.6.2 Modelos econométricos utilizados

Se formuló dos modelos de elección discreta con las siguientes finalidades:

- 1) Estimación de la probabilidad de morbilidad humana por enfermedades diarreicas y de la piel, causadas por contacto con agua contaminada.
- 2) Estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por la ingesta de agua contaminada.

3.6.3 Etapas en el desarrollo de la investigación

Para el nivel operativo el diseño de la investigación consideró tres etapas principales: la preparatoria, el trabajo de campo, y el análisis de resultados. Las acciones realizadas fueron las siguientes:

a) Etapa preparatoria

- Revisión de información secundaria sobre la provincia de Canchis, Cusco.
- Revisión de estudios anteriores sobre la contaminación del río Vilcanota.
- Elaboración de un mapa participativo sobre los puntos de contaminación del río Vilcanota en su cuenca alta, identificando las externalidades generadas por las aguas residuales de las zonas urbanas y los residuos orgánicos y químicos de las empresas ganaderas, textiles y curtiembres.
- Formulación de modelo econométrico para el análisis de los datos.
- Diseño de las encuestas necesarias para obtener la información.

b) Etapa de trabajo de campo

- Capacitación del equipo de encuestadores.
- Desarrollo de una prueba piloto para la validación del formato de la encuesta sobre gastos por enfermedades humanas y del ganado vacuno.
- Aplicación de la encuesta a una muestra de familias de ocho comunidades campesinas.
- Corrección de la calidad de los datos registrados en cada encuesta al fin de cada día.
- Entrevistas a personas claves para complementar la información que se busca obtener con las encuestas.

c) Etapa de análisis de gabinete

- Elaboración de una base de datos con la información obtenida en la encuesta.
- Análisis estadístico de los datos.
- Análisis econométrico mediante el programa STATA. .
- Redacción de un informe parcial para ser presentado y discutido con los profesores, miembros del Comité Consejero.
- Redacción de un informe final.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 Ubicación y actividades económicas de la población estudiada

La población estudiada, estuvo conformada por familias rurales de ocho comunidades campesinas que utilizan el agua del río Vilcanota para actividades agrarias (riego de pastizales, riego de parcelas de cultivo) y además para algunas tareas domésticas como el lavado de ropa. Otra forma de contacto que afecta la salud es la costumbre de los niños de jugar a las orillas del río utilizando sus agua para refrescarse e incluso bañarse. Felizmente en la última década se ha construido sistemas de abastecimiento de agua potable en estas comunidades campesinas, que utilizan fuentes de agua de las zonas altas, libres de contaminación. Por lo tanto las familias rurales, en su mayoría, no utilizan el agua del río para la bebida en sus hogares.

Los nombres de las comunidades campesinas seleccionadas para el estudio fueron: Pichura, San Pedro, Songoña, Chara, Pampa Calasaya, Sunchuchumo, Incaparte, y Pampaphalla - Pampa Ansa.

Ellas se encuentran ubicadas en las riberas de la cuenca alta del río Vilcanota, dentro del ámbito de los distritos de Sicuani, San Pablo y San Pedro de la provincia de Canchis, departamento del Cusco. Ver el mapa en el Anexo 3. Su altitud promedio es de 3,600 metros sobre el nivel del mar, su actividad económica principal es la ganadería de vacunos para carne y leche, sus cultivos principales son haba, papa, maíz, hortalizas, trigo y cebada. La población varía entre 80 a 350 familias por comunidad campesina. Los usuarios de riego están organizados en Comités de Regantes en cada comunidad campesina, y en Comisiones de Regantes cuando se trata de canales de irrigación intercomunales.

4.1.2 Situación de pobreza

De acuerdo a los estudios sobre la pobreza rural en el Perú, los distritos mencionados tienen un alto porcentaje de población en situación de pobreza y de pobreza extrema. El caso más agudo es el distrito de San Pablo, en el cual la población en pobreza es 71%, y en pobreza extrema 31%. El distrito de San Pedro presenta cifras bastante similares (70% y 28%), en cambio en el distrito de Sicuani la presencia de pobreza es menor debido a la existencia de la ciudad del mismo nombre y su actividad comercial (55% y 22%). Ver el cuadro 4 y el mapa en el anexo 3

Cuadro 4: Presencia de la situación de pobreza en los distritos de la zona de estudio

Distrito	Población (número de personas)	Porcentaje de pobreza (%)	Porcentaje de pobreza extrema (%)
Sicuani	57, 670	55.4	22.3
San Pablo	5,195	70.7	34.1
San Pedro	3,103	69.5	28.1

Fuente: INEI. Mapa de pobreza provincial y distrital 2007. Lima, Febrero 2009-

4.1.3 Modalidades de contacto con el agua contaminada

Se observó en el trabajo de campo, que las comunidades mencionadas tienen contacto con el agua del río Vilcanota, mediante dos modalidades distintas:

Modalidad 1: Contacto directo con las aguas del río en sus orillas

- En la margen derecha del río: comunidades campesinas de Incaparte y San Pedro.
- En la margen izquierda del río: comunidades campesinas de Chara y Pichura.

Modalidad 2: Contacto indirecto con el agua del río mediante canales de riego que abastecen a una o más comunidades campesinas

- En la margen derecha del río, en terrenos contiguos a los barrios de la ciudad de Sicuani, se ubica la comunidad de Pampa Phalla, que comparte el “canal de irrigación Vilcanota” con la comunidad vecina de Pampa Ansa.

- En la misma margen del río, pero aguas más abajo. las comunidades de Pampa Calasaya, Sunchochumo, Songoña e Incaparte, comparten el canal de irrigación de la “Toma Soltera”.

Es probable que los efectos negativos de la contaminación del agua del río Vilcanota, sean distintos de acuerdo al grado de contacto con esta fuente de agua. Las familias rurales de la modalidad 1 son las que reciben un mayor efecto negativo. En la modalidad 2, la comunidad más afectada es la que se ubica en primer lugar en el orden de recibir el agua del río, es decir la que se encuentra ubicada más cerca a la bocatoma del canal de irrigación.

El total de familias rurales que se encuentran en contacto con el agua del río en las 8 comunidades campesinas se ha estimado en 1,789 familias. (Ver el cuadro 5). Debe advertirse que esta cifra no es la suma de la población total de cada una de las ocho comunidades. Fue necesario indagar acerca de los barrios o sectores de estas comunidades que usan como fuente al agua del río para la actividad de crianza de ganado vacuno. Se excluyó a aquellos barrios y sectores que no usan agua del río para sus actividades agrarias, sino de otras fuentes como son manantiales, y riachuelos que proceden de lagunas de altura.

4.1.4 Obtención de la información de campo

La información fue recolectada del 1 al 12 de enero del 2013, mediante la aplicación de una encuesta estructurada, a personas que son jefes de familia, mujeres u hombres. De manera previa, el día 1 se efectuó un ejercicio de prueba de la encuesta, con tres productores elegidos al azar en la comunidad campesina de Sunchochumo.

Luego de la prueba piloto se efectuó varios ajustes al formato de la encuesta. Para facilitar su aplicación se entregó cartas a los alcaldes de los distritos de San Pablo y San Pedro, y a los presidentes de las ocho comunidades campesinas seleccionadas, explicando los objetivos del estudio y solicitando su autorización para entrevistar a por lo menos 10 personas elegidas al azar.

El equipo de entrevistadores estuvo integrado por tres personas que tienen nivel educativo de educación superior, han trabajado como promotores en organizaciones de desarrollo rural, y residen en una comunidad campesina de la zona elegida para el estudio. Ellos condujeron las entrevistas en la lengua nativa. En por lo menos la mitad de estas encuestas,

participó el autor de esta tesis, preguntando a los productores información adicional sobre aspectos productivos y ambientales.

En las comunidades elegidas, luego de la aprobación por parte de las autoridades comunales, se elaboró una lista de las personas que son productores agrarios y tienen contacto con el agua del río Vilcanota. De estas listas se eligió al azar los nombres de las personas a ser entrevistadas, sin embargo no fue posible, en todos los casos, encontrar a estas personas en sus casas en las horas programadas para la entrevista. Las entrevistas se realizaron de manera preferente en horas de la mañana, a partir de las 5 am, antes de que los jefes de familia, salgan de sus casas para hacer pastar su ganado, atender sus parcelas de cultivo, o viajar a las ferias locales. En total se registró 70 encuestas, cifra que representa un 3.9% de la población total afectada. (Ver el cuadro 5)

Cuadro 5: Estimación de la población afectada y muestra

Comunidad campesina	Número de familias que utilizan el agua del río Vilcanota.	Relevancia para el estudio	Número de encuestas tomadas por comunidad.
Pichura.	34	Todas las familias de la comunidad hacen beber a su ganado vacuno directamente en las orillas del río Vilcanota.	7
Songoña.	100	De 130 usuarios, sólo 100 utilizan el pastizal regado por un canal que toma agua del río Vilcanota, sin tratamiento sanitario.	10
Chara.	550	El total de usuarios de riego es 600, de ellos 550 utilizan agua del río mediante un canal de riego propio de esta comunidad. Las familias que viven cerca de sus orillas utilizan esta agua para lavado de ropa o para dar de beber al ganado vacuno.	10
Pampa Calasaya.	35	Esta cifra corresponde solamente a los barrios de esta comunidad que se ubican en el piso de valle, y por tanto utilizan un pastizal regado con el agua de un canal intercomunal llamado Toma Soltera.	8
Sunchochumo.	50	Esta cifra corresponde a 37 comuneros hábiles (es decir con derechos de riego) más 13 jubilados. Ellos utilizan un pastizal regado con el canal intercomunal Toma Soltera.	11
San Pedro	80	Todas las familias de la comunidad hacen beber a su ganado vacuno directamente en las orillas del río Vilcanota.	2
Pampaphalla - Pampa Ansa.	800	Esta cifra corresponde a cuatro comités de regantes que usan un canal de riego que comparten con las comunidades de Pampa Phalla y Pampa Ansa. El más afectado es el del barrio Accobamba de la comunidad de Pampa Phalla, el cual tiene 120 usuarios de riego.	10
Incaparte	140	Esta cifra corresponde a las familias que utilizan un pastizal regado por el canal de Toma Soltera. 50 de estos usuarios viven cerca de las orillas del río y son afectados por los desbordes de sus agua contaminadas.	12
Total	1789		70
Porcentaje del total			3.9 %

Fuente: Estimación del autor

4.1.5 Tratamiento de la información

Se estimó un tamaño de muestra de 65 familias. Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la fórmula que se presenta en el estudio de Loyola y Soncco (2006)

$$n = \frac{NK^2E_aE_o}{(N - 1)e^2 + (K^2E_aE_o)}$$

Siendo,

N = Tamaño poblacional

e = Es el error máximo admitido

K = Es el coeficiente de confianza

E_a = Probabilidad de que la población puede enfermarse por causa de la mala calidad del agua

E_o = Probabilidad de que la población puede enfermarse por otras causas

En este caso, se asumió que la proporción [E_a] de ocurrencia de un SI y la probabilidad [E_o] de ocurrencia de un NO sean iguales [50%] lo cual garantiza un mayor tamaño posible de la muestra. Tomando en consideración los datos mencionados, el tamaño que resulta para la muestra es de 65 familias.

$N = 1789$

$e = 10\% = 0.1$ (90% de nivel de confianza)

$K = 1.64$

$E_a = 50\%$

$E_o = 50\%$

$n = 65$

La información sobre diversas variables obtenida mediante la encuesta antes mencionada permitió elaborar una base de datos en Excel, y a partir de ella, efectuar cálculos de valoración económica de la morbilidad humana y del ganado por causa del agua contaminada del Río Vilcanota. La organización de la base de datos de acuerdo a las

preguntas de la encuesta se puede apreciar en el cuadro 6. El formato de la encuesta aplicada se presenta en el Anexo 2.

Cuadro 6: Organización temática de la base de datos

<i>Sección</i>	<i>Preguntas</i>
I. Datos socio económicos	1.1 Ubicación geográfica.
	1.2 Género del encuestado.
	1.3 Edad del jefe de familia.
	1.4 Datos de los miembros de la familia (edad, sexo, nivel de educación)
	1.5 Tipo de servicios con que cuenta su vivienda.
	1.6 Actividades económicas de la familia.
	1.7 Participación de algún miembro del hogar en programas sociales
	1.8 Vivienda (Características)
II. Variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad de la población humana por causa del agua contaminada.	2.1 ¿En los últimos tres años, alguno de los miembros de su hogar, o alguno de sus vecinos, ha tenido enfermedades intestinales o de la piel, por cauda del agua del río Vilcanota?
	2.2 ¿Cuáles son los medicamentos con los que se ha curado el enfermo?
	2.3 Si se ha curado con medicamentos de la farmacia, ¿cuánto ha sido el gasto?
	2.4 ¿A quién se busca para curar enfermos y cuánto han cobrado?
	2.5 ¿Quiénes son los miembros de la familia que han cuidado a los enfermos?
	2.6 ¿Qué otros gastos han sido necesarios para curar a la persona enferma?
	2.7 En su opinión personal, ¿cómo considera la calidad del agua del río Vilcanota (Buena, Regular, Mala).
	2.8 ¿Existe vida acuática en el río Vilcanota? (Presencia de peces, sapos, ranas, aves)
	2.9 ¿Alguno de los miembros de su hogar ha recibido información que le advierte de los peligros para la salud que provienen del contacto con agua contaminada del río Vilcanota?
	2.10 ¿Cuál es el género del jefe del hogar rural en el cual se responde esta encuesta)
	2.11 ¿Cuál es el último grado o nivel de educación formal obtenido por el jefe del hogar?
	2.12 ¿Alguna de las mujeres que habitan en su hogar lava ropa en las orillas del río?
	2.13 ¿Alguno de sus niños juegan en la orilla del río en contacto con el agua?
	2.14 ¿Existe la costumbre de lavarse las manos antes de comer sus alimentos?
	2.15 ¿Cuál es el gasto total mensual del hogar?

Continuación:

III. Variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada.	3.1. En los últimos tres años, alguna cabeza de ganado vacuno de su propiedad o de un vecino cercano ha tenido alguna enfermedad por beber agua del río Vilcanota?
	3.2. ¿Cuál es el gasto total anual de familia para la curación de enfermedades del ganado vacuno?
	3.3. ¿Ha observado pérdida en el peso del ganado vacuno por causa del agua que ha bebido del río Vilcanota?
	3.4. ¿Ha observado una disminución en la producción diaria de leche de la vaca enferma por causa del agua que ha bebido del río Vilcanota?
	3.5. ¿Alguno de los miembros de su hogar ha recibido información que le advierte de los peligros para la salud del ganado vacuno por beber el agua del río Vilcanota?
	3.6. ¿El ganado vacuno de su unidad familiar bebe agua del río Vilcanota de manera directa?
	3.7. ¿Alguna vaca ha tenido que venderse por un precio más bajo del que costó comprarla, debido a que perdió mucho peso o estuvo enferma?
	3.8. ¿Alguna vaca, ternera, o toro, han muerto por este tipo de enfermedades?

Fuente: Ver formato completo de la encuesta en el Anexo 2

4.2 IDENTIFICACION Y VALORACIÓN DE LOS EFECTOS ECONOMICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA DEL RIO VILCANOTA

4.2.1 Análisis de los costos generados por enfermedades humanas de origen hídrico

Utilizando los criterios de valorización del método denominado “Costo del Daño” (Damage Cost), se identificó y valorizó los costos de tratamiento de enfermedades intestinales y de la piel, que afectan a miembros de las familias rurales, y que se originan por el contacto con el agua contaminada del río Vilcanota. Los aspectos considerados fueron los siguientes:

- Costo del tratamiento (honorarios del médico o sanador local) de enfermedades de origen hídrico. La mayoría fueron enfermedades de la piel.
- Costo de los medicamentos, naturales y químicos.
- Ingresos perdidos de la persona que estuvo enferma y de la persona que cuidó al enfermo. Estos ingresos no percibidos se estimaron mediante el criterio de

costo de oportunidad, utilizando como referencia el jornal que se paga localmente por tareas agrarias simples.

- Otros gastos de curación: transporte del enfermo hasta la posta médica más cercana o hasta el hospital en la ciudad de Sicuani; compra de alimentos y bebidas especiales, etc.

En el cuadro 7 se presenta las cifras de gastos promedio de las familias rurales por causa de enfermedades de origen hídrico. Es posible apreciar que el gasto promedio en las familias de comunidades que tienen contacto directo con las aguas del río, es mayor, al gasto promedio de las familias de las comunidades más alejadas de las riberas, las cuales tienen contacto con las aguas contaminadas solamente a través de los canales de riego. El gasto anual promedio del primer grupo es de 247 soles, en cambio el del segundo grupo es de 172 soles. El promedio del gasto anual para el conjunto de familias rurales analizadas es de 205 soles (80 US dólares).

4.2.2 Análisis de los costos generados por enfermedades del ganado vacuno de origen hídrico

Con el mismo método se identificó los costos adicionales para la producción pecuaria, generados por la ingestión de agua contaminada. Se consideró los costos de tratamiento para las enfermedades de origen hídrico del ganado vacuno: los honorarios de los veterinarios y los gastos de medicamentos. De manera similar a lo anterior, el gasto anual promedio es mayor en el primer grupo (252 soles) en comparación al segundo grupo (213 soles). El promedio del gasto anual para el conjunto de familias rurales analizadas es de 230 soles (90 US dólares). Ver el cuadro 8

4.2.3 Análisis del efecto en productividad

Se consideró los siguientes aspectos:

- Pérdida de productividad de leche, medida en litros por día por vaca.
- Pérdida de productividad de carne, medida por la disminución en el peso.

El valor de la pérdida anual promedio en el primer grupo fue de 274 soles en carne, y de 1,037 soles en leche; en cambio en el segundo grupo fue de 310 soles en carne y de 1,066 soles en leche. El promedio del valor de la pérdida anual para el conjunto de familias

rurales analizadas fue de 294 soles en productividad de carne y 1,066 soles en productividad de leche. (572.7 US dólares). Ver el cuadro 9

4.2.4 Análisis de pérdidas en activos pecuarios

Se consideró los siguientes aspectos:

- Pérdidas por la venta de cabezas de ganado enfermo a un precio menor que el de su adquisición.
- Pérdidas por cabezas de ganado por la muerte causada por la ingestión de agua, pasto contaminado, productos plásticos y otros tipos de basura que acarrea el río.

El valor de las pérdidas en activos pecuarios, en promedio, fue de 447 soles por venta de ganado enfermo por debajo de su precio de adquisición; y 680 soles por cabezas de ganado muertas debido a la ingestión de aguas contaminadas y/o basura que acarrea el río. Ver el cuadro 10

Cuadro 7: Estimación de los costos por enfermedades diarreicas y de la piel que afectan a miembros de los hogares rurales, por contacto con el agua contaminada del río Vilcanota

<i>Nombre de la comunidad campesina afectada</i>	<i>Promedio del gasto anual en servicios brindados por médicos o sanadores locales</i> <i>(En soles)</i>	<i>Promedio del gasto anual en medicamentos en el hogar rural</i> <i>(En soles)</i>	<i>Ingreso no percibido por la persona enferma y por la persona que le cuidó. (Criterio de costo de oportunidad).</i> <i>(En soles)</i>	<i>Otros gastos necesarios para la curación de miembros de la familia.</i> <i>(En soles)</i>	<i>Promedio del gasto anual total por concepto de enfermedades humanas de origen hídrico.</i> <i>(En soles)</i>
<i>Modalidad 1: Contacto directo con el río.</i>					
Incaparte	15.4	9.7	82.5	3.6	111.2
San Pedro	25.0	175.0	120.0	4.0	324.0
Chara	3	295	243	15.2	556.2
Pichura	0	0	0	17.1	17.1
<i>Promedio en modalidad 1</i>					<i>247.2</i>
<i>Modalidad 2: Contacto a través de canales de riego.</i>					
Pampa Phalla	14.0	9.4	124.0	22.2	169.6
Pampa Ccalasaya	0.6	8.8	0	7.0	16.4
Sunchuchumo	9.6	32.6	209.0	59.0	310.2
Songoña	4.2	39.2	100	2.1	145.5
<i>Promedio en modalidad 2</i>					<i>171.7</i>
<i>Promedio total (Soles)</i>					<i>205.1</i>
<i>Promedio total (US Dólares)</i>					<i>80.1</i>
<i>TC: 2.56</i>					

Fuente: Estimación del autor, en base a cifras resultantes de la encuesta aplicada. El cálculo de promedios se hizo con una ponderación basada en el número de encuestas aplicadas en cada comunidad.

Cuadro 8: Estimación de los costos de tratamiento de enfermedades del ganado vacuno, originadas por ingesta del agua contaminada del río Vilcanota

<i>Nombre de la comunidad campesina afectada</i>	<i>Promedio del gasto anual por concepto de enfermedades del ganado vacuno, de origen hídrico. (En soles)</i>
Modalidad 1: <i>Contacto directo con el río.</i>	
Incaparte	151.3
San Pedro	790.0
Chara	274.0
Pichura	241.4
Promedios en modalidad 1	252.4
Modalidad 2: <i>Contacto a través de canales de riego.</i>	
Pampa Phalla	232.7
Pampa Ccalasaya	144.1
Sunchuchumo	237.9
Songoña	219.3
Promedios en modalidad 2	212.6
Promedio total (En soles)	230.2
Promedio total (US Dólares)	89.9
TC: 2.56	

Fuente: Estimación del autor, en base a cifras resultantes de la encuesta aplicada. El cálculo de promedios se hizo con una ponderación basada en el número de encuestas aplicadas en cada comunidad.

Cuadro 9: Estimación de las pérdidas en productividad del ganado vacuno, originadas por ingesta del agua contaminada del río Vilcanota

<i>Nombre de la comunidad campesina afectada</i>	<i>Pérdida en peso del ganado enfermo (Kilos)</i>	<i>Pérdida en producción de leche por enfermedad (Litros/vaca/día)</i>
Modalidad 1: Contacto directo con el río.		
Incaparte	14	3
San Pedro	25	7
Chara	15	4
Pichura	8	3
Promedios en modalidad 1	13.7	3.6
Modalidad 2: Contacto a través de canales de riego.		
Pampa Phalla	16	4
Pampa Ccalasaya	21	4
Sunchuchumo	15	4
Songoña	11	3
Promedios en modalidad 2	15.5	3.7
Promedio total	14.7	3.7
Pesos relativos de los promedios calculados	Equivale al 7.4 % de una vaca de 200 kilos de peso	Equivale al 46% de un rendimiento promedio diario de 8 litros por vaca
Valoración de las pérdidas anuales promedio por familia (Soles por año)	Valor de la pérdida en carne (*)	Valor de la pérdida en leche (**)
En modalidad 1	274	1,037
En modalidad 2	310	1,066
En promedio general	294	1,066

(*) Supuestos para el cálculo: Venta de 4 vacas o toros por año; precio del kilo de carne en pie: 5 soles.

(**) Supuestos para el cálculo: Hato promedio familiar: 2 vacas lecheras; precio en chacra: 0.8 soles por litro. Se consideró un período de producción de seis meses en un año.

Fuente: Estimación del autor, en base a cifras resultantes de la encuesta aplicada. El cálculo de promedios se hizo con una ponderación basada en el número de encuestas aplicadas en cada comunidad.

Cuadro 10: Estimación de las pérdidas en activos pecuarios, originadas por ingesta del agua contaminada del río Vilcanota

<i>Nombre de la comunidad campesina afectada</i>	<i>Pérdida por venta de ganado enfermo por debajo de su precio de compra. (En soles)</i>	<i>Pérdida por la muerte de ganado vacuno. (En soles)</i>	<i>Pérdida en activos pecuarios. (En soles)</i>
	<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(1) + (2)</i>
Modalidad 1:			
Contacto directo con el río.			
Incaparte	508	670	1,178
San Pedro	133	700	833
Chara	394	667	1,061
Pichura	722	333	1,056
Promedios en modalidad 1	496	595	
Modalidad 2:			
Contacto a través de canales de riego.			
Pampa Phalla	483	1333	1,817
Pampa Ccalasaya	483	583	1,067
Sunchuchumo	508	717	1,225
Songoña	163	329	492
Promedios en modalidad 2	408	748	
Promedio total (En soles)	447	680	1,127
Promedio total (En US Dólares)	174.6	265.6	440.2
TC: 2.56			

Fuente: Estimación del autor, en base a cifras resultantes de la encuesta aplicada.

4.3 ESTIMACION DEL DAÑO ECONOMICO ORIGINADO POR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA DEL RIO VILCANOTA, A NIVEL DE LA FAMILIA RURAL Y A NIVEL GLOBAL

4.3.1 Estimación a nivel de la familia rural

En el cuadro 11 se resume los valores que corresponden a los tres efectos económicos analizados, en términos de soles promedio por familia, diferenciando los dos grupos de comunidades campesinas afectadas. Las cifras resultantes indican que una familia rural que se encuentra expuesta al contacto con el agua contaminada del río Vilcanota, puede recibir efectos económicos negativos de los siguientes órdenes de magnitud: 435 soles por gastos en enfermedades de personas y del ganado vacuno; 1,360 soles por reducción de productividad, en carne y leche del ganado vacuno; 1,127 por pérdidas en activos pecuarios. Estos tres efectos suman la cantidad de 2,922 soles anuales, que equivalen a 1,142 US dólares.

En términos porcentuales con respecto al gasto anual promedio de una familia rural, los efectos anteriores representan las siguientes magnitudes: 5.4 % por gastos de atención de enfermedades de origen hídrico; 17.1% por el efecto de reducción en la productividad; 14.1% por pérdidas en activos pecuarios. Si una familia es afectada por los tres tipos de efectos mencionados, el valor del daño generado por la contaminación del agua puede alcanzar una magnitud del 36.6 % de su presupuesto de gasto anual.

Cuadro 11: Resumen de los valores estimados por familia, de los tres tipos de efectos económicos de la contaminación del agua del río Vilcanota.

<i>Tipos de efectos económicos que son resultado de la contaminación del agua del río Vilcanota</i>	<i>Modalidad 1: Contacto directo con el río.</i>	<i>Modalidad 2: Contacto a través de canales de riego.</i>	<i>Promedio total (En soles)</i>	<i>Porcentaje del gasto corriente anual (*)</i>
(1) Gasto en enfermedades de los miembros de los hogares rurales	247.2	171.6	205.1	
(2) Gasto en enfermedades del ganado vacuno	252.5	212.6	230.2	
(3) Subtotal: Gasto en enfermedades			435.3	5.4%
(4) Reducción de la productividad en carne de ganado vacuno	274.0	310.0	294.0	
(5) Reducción de la productividad en leche de ganado vacuno	1,037.0	1,066.0	1,066.0	
(6) Subtotal: Reducción de productividad			1,360.0	17.1%
(7) Pérdida en activos pecuarios por venta a menor precio de la compra.	496	408	447	
(8) Pérdida en activos pecuarios por muerte de cabezas de ganado	595	748	680	
(9) Subtotal: Pérdidas en activos pecuarios.			1,127	14.1%
(10) Valor total promedio de los efectos económicos por familia. (En soles, por año)	2,901.7	2,916.2	2,922.3	36.6%
(11) Valor total promedio de los efectos económicos por familia. (En US dólares, por año) TC: 1 USD = 2.56 Soles	1,133.5	1,139.1	1,141.5	

(*) El gasto promedio de las familias rurales se estimó en 664 soles mensuales, lo cual en un año significa 7,968 soles.

Fuente: Estimación del autor, en base a cifras resultantes de la encuesta aplicada.

4.3.2 Estimación a nivel global de ocho comunidades campesinas ganaderas

En el cuadro 12 se presenta las cifras que corresponden a la valoración de las pérdidas económicas para el total de la población de ocho comunidades campesinas ganaderas, que son generadas por la presencia de elementos contaminantes en las aguas del río Vilcanota. Esta población es de 1,789 familias rurales.

La primera cifra calculada es de 778,215 soles anuales (equivalente a 303,951 US dólares) y corresponde a las pérdidas por gastos en curación de enfermedades de origen hídrico de los miembros de las familias rurales y de cabezas de ganado vacuno. Esta cifra esta subvaluada en el componente de salud humana, es decir, no refleja el gasto real de tratamiento de las enfermedades de origen hídrico que afectaron a personas, porque los gastos fueron cubiertos por un seguro estatal que protegen a la población rural en zonas de pobreza (Seguro Integral de Salud - SIS), y por lo tanto los gastos reales efectuados son desconocidos por los jefes de familia que respondieron a la encuesta.

La segunda cifra corresponde a la reducción en la productividad del ganado vacuno. Esta cifra es de 2.4 millones de soles anuales, e incluye pérdidas en peso del ganado, lo cual se traduce en carne, y en litros de leche por vaca por día. Su magnitud debe ser considerada como una primera aproximación al análisis de pérdidas en productividad pecuaria, puesto que un cálculo más exacto debería hacerse mediante el método de funciones de dosis – respuesta.

La tercera cifra se refiere a las pérdidas en activos pecuarios, es decir, cabezas de ganado vacuno vendidas a un precio por debajo del precio de compra, o muertas por efectos de la contaminación del agua. Esta cifra es de 2.0 millones de soles anuales. Si se suma el valor económico de los tres distintos efectos, la suma total asciende a 5.2 millones de soles anuales, equivalente a 2.0 millones de US dólares.

El valor total estimado del daño económico de la contaminación del agua del río Vilcanota, acumulado para un periodo de tres años, es equivalente al costo de inversión de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Sicuani, capital de la provincia de Canchis, y segunda en tamaño en la región de Cusco.

Cuadro 12: Valoración de las pérdidas económicas para el total de la población de ocho comunidades campesinas, por causa del agua contaminada del río Vilcanota

	<i>Valoración de las pérdidas anuales por familia</i>	<i>Valor en soles</i>	<i>Valor en US dólares</i>
1	Gasto promedio anual, por familia, por enfermedades de la población rural. (Viene del cuadro 7)	205	80.1
2	Gasto promedio anual, por familia, enfermedades del ganado vacuno. (Viene del cuadro 8)	230	89.8
3	Gasto total anual promedio, por familia, por enfermedades que son resultado de la contaminación del agua (1 + 2)	435	169.9
4	Pérdida total anual por gastos en enfermedades de la población rural, para un universo de 1,789 familias: [(3) x 1789]	778,215	303,951
5	Pérdida promedio, por familia, por reducción de productividad (Viene del cuadro 9)	1,360	531.2
6	Pérdida total anual por reducción en la productividad de carne y leche, para un universo de 1,789 familias [(5) x 1789]	2,433,040	950,406
7	Pérdida promedio anual, por familia, en activos pecuarios (Viene del cuadro 10)	1,127	440.2
8	Pérdida total anual en activos pecuarios, para un universo de 1,789 familias [(7) x 1789]	2,016,203	787,579
9	Valor de la pérdida económica total anual para un universo de 1,789 familias. (4) + (6) + (8)	5,227,458	2,041,976

Fuente: Estimación del autor, en base a cifras resultantes de la encuesta aplicada.

4.4 ANÁLISIS ECONOMÉTRICO DE LAS VARIABLES SOCIO ECONÓMICAS QUE INFLUYEN EN LA PROBABILIDAD DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO

4.4.1 Los modelos de elección discreta

Con la finalidad de analizar el grado de influencia que tienen un conjunto de variables socio económicas sobre la probabilidad de existencia de enfermedades de origen hídrico de la población humana y del ganado vacuno en la zona de estudio, se optó por utilizar un modelo de regresión de elección discreta.

En este tipo de modelos, “la variable dependiente o variable objetivo puede ser una variable categórica (es decir, cualitativa), circunstancia que usualmente se produce en los casos en que el propósito es explicar o predecir la probabilidad que individuos elijan alguna de las alternativas que puede representar dicha variable endógena, y también encontrar la probabilidad de que un acontecimiento suceda” (Alarcón y Nolazco 2014)

La variable endógena categórica en estos modelos puede ser dicotómica, si tiene sólo dos alternativas posibles, o policotómica, si tiene más de dos alternativas. En el primer caso los modelos son llamados de variable dependiente binomial o también modelos probabilísticos, puesto que mediante ellos se estima probabilidades de ocurrencia de un determinado evento. Los principales son el modelo lineal de probabilidad (MLP), el modelo LOGIT y el modelo PROBIT (ó NORMIT)

Los modelos LOGIT y PROBIT buscan superar las limitaciones del modelo MLP. Para ello, el modelo LOGIT se basa en una función de distribución logística para relacionar las variables regresoras y las probabilidades, en cambio el modelo PROBIT se basa en una función de probabilidad normal. Estos dos modelos son estimados por el método de máxima verosimilitud, a diferencia del modelo MLP que se estima a través del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) (Alarcón y Nolazco 2014: 255)

El modelo LOGIT permite calcular un conjunto de “efectos marginales, también denominados **efectos de impacto**, para un individuo en particular, o también para valores promedio. Este cálculo implica obtener el cambio en la probabilidad que $Y_i = 1$, dado un cambio unitario en alguna de las variables explicativas X_i (manteniendo constante el resto de variables explicativas en dicho individuo” (Alarcón y Nolazco 2014: 256)

4.4.2 Formulación de los modelos para el estudio

Para este estudio se ha formulado dos modelos de elección discreta con variables dicotómicas, de tipo LOGIT:

a) Modelo para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por causa de contacto con agua contaminada:

Las variables seleccionadas para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por causa del agua contaminada fueron las siguientes:

Gasto en salud (GSALUD): Variable continua, conformada por los gastos realizados por la unidad familiar por concepto de enfermedades ocasionadas por la mala calidad del agua.

Morbilidad Humana (MORBHUM): Variable que indica la probabilidad de que por lo menos uno de los miembros del hogar rural se enferme por el consumo de agua de mala calidad obtenida del río contaminado.

Información (INF): Variable binaria, toma el valor de 1 si el entrevistado y los miembros de su hogar han recibido información acerca de las amenazas para la salud que surgen de la contaminación del río; toma el valor de 0 si es el caso contrario.

Edad (EDAD): Variable continua, representa la edad en años de la persona afectada por una enfermedad generada por la mala calidad del agua.

Género (GEN): Variable binaria acerca del género del jefe de familia. Toma el valor de 1 si es de género masculino y 0 si es de género femenino.

Educación (EDUC): Variable categórica del 1 al 9. (1: sin instrucción, 2: primaria incompleta, 3: primaria completa, 4: secundaria incompleta, 5: secundaria completa, 6: técnica, 7: universitaria incompleta, 8: universitaria completa, 9: no declara)

CONTM: Variable binaria, toma el valor de 1 si alguna mujer que habitan en el hogar lava ropa en las orillas del río Vilcanota, 0 si es el caso contrario.

CONTN: Variable binaria, toma el valor de 1 si algunos niños que habitan en el hogar juegan en la orilla del río Vilcanota en contacto con el agua, 0 si es lo contrario.

LAVMM: Variable categórica del 1 al 3. (1: Si la madre tiene costumbres de lavarse las manos todas las veces; 2: Si la madre tiene costumbres de lavarse las manos algunas veces; 3: Si la madre no tiene costumbre de lavarse las manos)

La ecuación general del modelo econométrico que se ha formulado para estimar la probabilidad de morbilidad humana causada por contacto con agua contaminada es la siguiente:

$$\text{PROB (MORBHUM)} = f (\text{GSALUD, INF, EDAD, GEN, EDUC, CONTM, CONTN, LAVAMM})$$

b) Modelo para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno causada por la ingesta de agua contaminada:

Las variables seleccionadas para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada, fueron las siguientes:

Gasto veterinario (GVET): Variable continua, conformada por los gastos realizados por la unidad familiar por concepto de enfermedades del ganado vacuno generadas por la mala calidad del agua del río.

Información veterinaria (INFVET): Variable binaria, toma el valor de 1 si el entrevistado y los miembros de su hogar han recibido información acerca de las amenazas para la salud del ganado vacuno que surgen de la contaminación del río; toma el valor de 0 si es el caso contrario.

Morbilidad en Vacunos (MORBVAC): Variable que indica la probabilidad que por lo menos una de las cabezas de ganado vacuno del hato de una familia rural, se enferme por el consumo de agua de mala calidad obtenida del río contaminado.

Género (GEN): Variable binaria acerca del género del jefe de hogar. Toma el valor de 1 si es de género masculino y 0 si es de género femenino.

Educación (EDUC): Variable categórica. Se espera que un hogar en el cual el jefe de familia tenga un nivel de educación formal más alto, se tomarán mayores medidas preventivas para evitar las enfermedades del ganado vacuno por causa del agua contaminada.

La ecuación general del modelo econométrico para estimar la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por ingesta de agua contaminada se ha formulado de la siguiente manera:

$$\text{PROB (MORBVAC)} = f (\text{GVET, INFVET, MORBVAC, GEN, EDUC})$$

4.4.3 Magnitudes de las estadísticas descriptivas

En el cuadro 13, se puede apreciar que la media del gasto en salud es 205.10 soles, lo que viene a ser el promedio de gastos anuales en que incurren las familias encuestadas, por concepto de enfermedades intestinales o de la piel, ocasionadas por contacto con el agua contaminada del río Vilcanota. Además se observa que la edad promedio del jefe de familia es de 51 años de edad.

Cuadro 13: Estadísticas descriptivas de las variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por contacto con agua contaminada

Variable	Media	Std. Dev	Mínimo	Máximo	Casos
GSALUD	205.10	387.47	0	2140	70
INF	0.60	0.49	0	1	70
EDAD	51.50	10.67	28	80	70
GEN	0.56	0.50	0	1	70
CONTM	0.35	0.51	0	2	70
CONTN	0.55	0.50	0	1	70
LAVMM	1.07	0.26	1	2	70
EDUC	4.57	2.12	2	9	70

Fuente: Elaboración del autor. Ver anexo 1.

De manera similar en el cuadro 14, es posible apreciar que la media del gasto veterinario es de 230.22 soles, ésta cifra representa el gasto promedio anual de la familia para la curación de enfermedades del ganado vacuno por ingesta de agua contaminada. En este caso, la desviación standard es menor, debido a que el valor máximo es la mitad en magnitud comparando con el caso anterior.

Cuadro 14: Estadísticas descriptivas de las variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por ingesta de agua contaminada

Variable	Media	Std. Dev	Mínimo	Máximo	Casos
GVET	230.22	225.91	0	1060	70
INFVET	0.46	0.50	0	1	70
EDAD	51.50	10.67	28	80	70
GEN	0.56	0.50	0	1	70
EDUC	4.57	2.12	2	9	70

FUENTE: Elaboración del autor. Ver Anexo 1

4.4.4 Estimación de los modelos econométricos

Tomando en cuenta la información generada en las encuestas, se estimó los modelos econométricos para la probabilidad de morbilidad humana por causa del agua contaminada y para la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por la misma causa. Para el cálculo se utilizó un modelo Logit, y el software econométrico Stata versión 11. En el Anexo 1 se presenta información detallada sobre las regresiones efectuadas.

a) Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por causa del agua contaminada

En el cuadro 15 se presenta los valores correspondientes a cinco modelos distintos de estimación. De ellos fue elegido el **modelo 5**, debido a que presenta uno de los criterios Akaike (AIC) y Schwarz (BIC) más bajos en comparación al resto de modelos. Asimismo, todos los coeficientes son significativos al 5% excepto el que corresponde a la variable INF. Además este modelo tiene uno de los mayores estimadores de verosimilitud (Log-Likelihood).

Cuadro 15. Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por causa del agua contaminada

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
	MORBHUM	MORBHUM	MORBHUM	MORBHUM	MORBHUM
CONSTANTE	-0.383 (0.29)	-0.343 (0.42)	5.102 (0.03)	3.597 (0.18)	3.85 (0.04)
GSALUD	0.009 (0.06)	0.009 (0.07)	0.011 (0.00)	0.011 (0.00)	0.011 (0.00)
INF		-0.074 (0.90)	0.628 (0.37)	0.643 (0.37)	0.626 (0.39)
EDAD			-0.097 (0.00)	-0.091 (0.02)	-0.079 (0.02)
GEN			-1.293 (0.07)	-1.306 (0.06)	-1.34 (0.04)
EDUC			-0.137 (0.42)	-0.090 (0.59)	
CONTM			-0.538 (0.47)		
CONTN			0.759 (0.33)		
LAVMM				1.146 (0.34)	
Log Likelihood	-36.24	-36.23	-30.25	-30.42	-31.13
Chi2	3.59	3.97	26.72	29.08	25.84
AIC	76.48	78.46	76.49	74.83	72.25
BIC	80.98	85.21	94.48	90.57	83.49

Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value. Todas las estimaciones fueron corregidas por problemas de heteroscedasticidad utilizando los errores estándar robustos de Hubert-White. Ver anexo 1.

Fuente: Elaboración del autor.

Tomando los datos que corresponden al **modelo 5**, se puede explicitar la siguiente relación funcional:

Modelo econométrico:

$Prob(MORBHUM) = 3.85 + 0.011GSALUD + 0.626INF - 0.079EDAD - 1.34GEN \quad (1)$

Análisis de los resultados:

En la expresión (1) se puede observar que la probabilidad de ocurrencias de enfermedades en una familia rural por el agua contaminada, tiene relaciones de causalidad importantes con las variables de Edad y de Género. Los signos negativos indicarían que si las personas son de más edad y de sexo masculino, disminuye la probabilidad de presencia de enfermedades por agua contaminada. Esto sería explicado por el hecho de que los jefes de familia varones y de mayor edad tienen mayor conciencia de los riesgos que existe en el contacto directo con el agua contaminada del río. Los campesinos de cultura Quechua son educados en la observación permanente de la naturaleza, de esta manera ellos han percibido que en los últimos 20 años se ha hecho escasa o imposible la vida de peces y batracios en el río Vilcanota. Esto ha sido declarado en la encuesta (ver preguntas 2.7 y 2.8).

La relación de causalidad entre presencia de enfermedades y gasto total en salud, no es clara en este modelo, debido a que la información sobre gastos en salud no es completa. Esto es debido a que la mayoría de las familias encuestadas están utilizando el seguro médico denominado Seguro Integral de Salud (SIS) (ver respuestas a pregunta 1.5 en la encuesta), el cual es gratuito, proporciona un servicio que satisface a las familias rurales, y está disponible en postas médicas cercanas (a no más de 30 minutos por medio de vehículo motorizado) a sus hogares. De esta manera, los gastos en salud que las familias han declarado en las encuestas están subestimados debido a que ellos no pagaron esos gastos de manera directa.

De manera similar la relación de causalidad con la variable información no es clara. En las respuestas a la encuesta muchas familias han declarado que no existen programas de sensibilización, intensivos y continuos, acerca de los riesgos para la salud humana que conlleva la contaminación de las aguas del río Vilcanota, sólo han escuchado esporádicas declaraciones por radio de algunos profesionales, y algunas actividades en los colegios secundarios por el Día Mundial del Agua. De acuerdo a la teoría, se hubiese esperado que

el signo de la variable INF sea negativo, ya que a mayor información acerca de la calidad del agua en el río, corresponde una menor probabilidad de morbilidad. Los resultados de la estimación indican que esta variable no es significativa, por ser el coeficiente de p-value mayor que 0.2. El valor estimado es 0.39.

b) Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada

Los resultados que corresponden a la morbilidad del ganado vacuno se pueden ver en el cuadro 16. Se presenta cinco modelos para estimar la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por contacto con el agua contaminada proveniente del río Vilcanota. Comparando dichas estimaciones, se concluye que **el mejor modelo es el 4**. En comparación al resto de modelos, ofrece coeficientes estadísticamente significativos al 10%, excepto para la variable INFVET. Este modelo presenta valores de AIC y BIC bastante bajos en comparación al resto de modelos. El valor de su estimador de verosimilitud (Log-Likelihood) no es el más bajo.

Modelo econométrico:

$$Prob(MORBVAC) = 2.772 - 0.005GVET - 1.274INFVET + 0.573EDUC \quad (2)$$

Análisis de los resultados:

En la expresión (2) se puede observar que existe una relación de causalidad importante entre los gastos en curación del ganado vacuno e información sobre el riesgo en salud que representa la contaminación del agua del río, y la probabilidad de ocurrencia de enfermedades de este tipo de ganado. El signo negativo indica que la relación es inversa, es decir, a mayor gasto en salud animal y mayor información sobre el riesgo ambiental, menor será la presencia de enfermedades en el ganado vacuno. Comparando con el caso de morbilidad humana, se observa ahora que la relación entre el gasto en salud y la probabilidad de morbilidad en el ganado vacuno, es la esperada. Esto confirma la explicación anterior, puesto que en referencia al ganado vacuno no existe un seguro médico que cubra estos gastos, por tanto estos son pagados de manera directa por al

productor rural. Además de esto, debe señalarse, que una parte importante, de estos gastos tienen un carácter preventivo (vacunas, vitaminas, etc)

En cuanto a la variable educación (EDUC) se hubiese esperado que el signo de la relación de causalidad fuese negativo, puesto que a mayor grado de educación formal que tenga el jefe de hogar debería corresponder una menor probabilidad de la ocurrencia de enfermedades en el ganado vacuno. Esta aparente contradicción puede aclararse si se observa que los niveles altos de educación formal que han declarado los jefes de hogar en las encuestas no se refieren a conocimientos en agronomía, veterinaria o en aspectos de medio ambiente. La mayoría de estas personas son profesores de educación primaria o secundaria, por lo tanto es probable que sus mayores niveles de conocimientos no impliquen necesariamente una mayor conciencia del peligro ambiental que acarrear las aguas contaminadas del río.

4.4.5 Análisis de los efectos marginales o efecto impacto de cada variable explicativa

Luego del análisis de cada modelo escogido, se analizó el efecto marginal de cada variable explicativa. En el cuadro 17 se presenta los efectos marginales que corresponden a cada una de las variables explicativas cuando la variable dependiente es la probabilidad de morbilidad humana (MORBHUM). Se observa una relación coherente sólo en lo correspondiente a la variable “Edad del jefe de familia”. De acuerdo a las cifras obtenidas, esta variable reduce la probabilidad de morbilidad humana, por causa del agua contaminada, en 1.1 por ciento. No se obtuvo coherencia similar para los valores y signos de las otras variables (gasto en salud, información y género).

En un nivel general, el modelo estima una probabilidad alta (83.4%), de que una persona obtenga enfermedades por contacto con el agua contaminada del río Vilcanota.

Cuadro 16: Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
	MORBVAC	MORBVAC	MORBVAC	MORBVAC	MORBVAC
CONSTANTE	3.736 (0.03)	4.322 (0.00)	5.679 (0.07)	2.772 (0.08)	1.946 (0.08)
GVET	-0.003 (0.00)	-0.003 (0.04)	-0.002 (0.13)	-0.005 (0.00)	-0.005 (0.01)
INFVET		-1.141 (0.34)	-1.157 (0.35)	-1.274 (0.29)	-1.152 (0.30)
EDAD			-0.039 (0.47)		
GEN			1.327 (0.28)		1.281 (0.25)
EDUC				0.573 (0.07)	1.946 (0.04)
Log Likelihood	-13.77	-13.28	-12.49	-11.84	-11.27
Chi2	4.89	4.43	5.41	9.38	11.27
AIC	31.55	32.57	34.97	31.68	32.55
BIC	36.05	39.31	46.22	40.67	43.79

Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value. Todas las estimaciones fueron corregidas por problemas de heteroscedasticidad utilizando los errores estándar robustos de Hubert-White. Ver anexo 1

Fuente: Elaboración del autor.

Cuadro 17. Efectos marginales de cada variable explicativa sobre la probabilidad de morbilidad humana

Variables explicativas	Modelo 5
GSALUD	0.001
INF	0.090
EDAD	-0.011
GEN	-0.003
Probabilidad (MORBHUM=1)	0.834

Fuente: Elaboración del autor. Ver anexo 1

En el cuadro 18 se presenta los efectos marginales de las variables regresoras cuando la variable dependiente es la morbilidad del ganado vacuno (MORBVAC). La coherencia de los signos y magnitudes son más claros que en el caso anterior. Los resultados indican que si se incrementa el gasto anual en salud del ganado vacuno (GVET) en 100%, la probabilidad de morbilidad disminuye en 0.01%. Esta magnitud es muy modesta y podría estar indicando que el nivel actual de gasto de las familias campesinas en salud del ganado vacuno es de un nivel muy bajo, por lo que su efecto en la reducción de la morbilidad animal es ínfimo.

Se observa en cambio que la disponibilidad de información en las familias rurales sobre los peligros para salud del ganado vacuno cuando beben agua del río (INFVET), tiene mayor importancia en la reducción de la probabilidad de morbilidad de este tipo de ganado. Si esta información se incrementa en 100%, la morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada decrece en un 3.2 por ciento. Esta cifra es también modesta, pero es coherente con las opiniones de las familias encuestadas, quienes afirman que son escasos, pero muy útiles, los programas radiales o de capacitación a los productores, de parte de los municipios, o del gobierno regional, que alertan sobre los riesgos de la contaminación del agua del río sobre la salud del ganado.

En un nivel general el modelo estima una probabilidad muy alta (97.6%) de que una cabeza de ganado vacuno adquiriera una enfermedad por beber agua contaminada del río Vilcanota.

Cuadro 18: Efectos marginales de cada variable explicativa sobre la probabilidad de morbilidad de ganado vacuno

Variables	Modelo 4
GVET	-0.0001
INFVET	-0.0324
EDUC	0.0131
Probabilidad (MORBVAC=1)	0.976

Fuente: Elaboración del autor. Ver anexo

4.5 DISCUSION SOBRE LOS RESULTADOS

Es necesario precisar algunas reflexiones para la discusión de los resultados obtenidos, como son las siguientes:

1. El análisis en el presente estudio tiene dos partes: la primera es una estimación de los efectos económicos que genera la contaminación del agua del río Vilcanota, sobre las familias de comunidades campesinas ribereñas; la segunda es un análisis del grado de incidencia que tienen un conjunto de variables socio – económicas (nivel de educación formal, género, gasto en salud humana, gasto en salud del ganado vacuno, información sobre contaminación ambiental) sobre la probabilidad de enfermedades humanas y del ganado vacuno, de origen hídrico.

2. Este estudio continua en la línea de investigación sobre deterioro de la calidad del agua y sus efectos económicos, iniciada por otros investigadores del Perú y del área andina (Luis Jiménez, Roger Loyola, Carlos Soncco, Haydeé Ortiz), sin embargo este estudio se distingue de los anteriores en que su objeto de análisis se ha colocado de manera principal en los efectos de la contaminación del agua sobre la ganadería de vacunos, puesto ésta es la principal fuente de ingresos de la población rural, en las riberas del río Vilcanota. En estas comunidades el efecto sobre la salud humana es menor porque las familias rurales no beben agua del río, pero sí tienen contacto las mujeres para el lavado de ropa y los niños para sus juegos. Las fuentes utilizadas para agua potable son manantiales que se originan en las zonas altas.

3. El concepto de “externalidades” ha demostrado tener alto grado de relevancia para el análisis económico de los efectos de la contaminación del agua de un río de gran importancia social y económica como es el Vilcanota en la región de Cusco. Este concepto permite identificar los costos no deseados que los productores agrarios deben enfrentar por la falta de tratamiento de las aguas residuales que arroja al río la población de la ciudad de Sicuani.

4. En este estudio no se ha estimado el ingreso de las familias campesinas debido a que ellas son renuentes a brindar este tipo de información, por ello se decidió tomar datos de sus gastos corrientes, los cuales permiten un buen grado de aproximación al conocimiento de la situación económica de estas familias rurales. Los datos de la encuesta revelaron un nivel de gasto corriente promedio mensual de 664 (255 US dólares). Esta cifra excluye a la comunidad de San Pedro, la cual es sede de grandes comerciantes en ganado vacuno en la provincia de Canchis, Cusco.

5. El análisis de los datos recogidos por la encuesta, nos recordó la importancia de reunir información adicional sobre los aspectos económicos, sociales y culturales de la realidad local, que es afectada por un problema ambiental. Los signos de algunas relaciones entre las variables de los modelos econométricos seleccionados pudieron ser interpretados con mayor claridad, con el apoyo de la información social y cultural correspondiente. La experiencia ha demostrado también la ventaja de que las encuestas sean conducidas por personas que dominan el idioma nativo, y sean residentes en alguna de las comunidades

afectadas, debido a que conocen las actividades productivas locales, sus desafíos y problemas.

6. El análisis de relaciones de causa – efecto ha mostrado relaciones importantes entre las variables de edad y género y la ocurrencia de enfermedades humanas (EDAS y Dermatitis) por causa del contacto con el agua contaminada del río Vilcanota. Los signos negativos indicarían que cuando los jefes de familias son personas de edad mayor y sexo masculino, es menor la probabilidad de presencia de estas enfermedades. Una explicación podría provenir del hecho de que los jefes de familia son campesinos de cultura Quechua educados en la observación permanente de la naturaleza. Ellos han percibido, que en los últimos 20 años, se ha convertido en escasa o imposible la vida de peces y batracios en el río Vilcanota.

7. La relación de causalidad entre morbilidad humana y el gasto de las familias en la curación de estas enfermedades es imprecisa. Una explicación puede provenir de que la información sobre gastos en salud no es completa, debido a que la mayoría de las familias encuestadas están utilizando un seguro médico denominado Seguro Integral de Salud (SIS), el cual es gratuito, proporciona un servicio que satisface a las familias rurales, y está disponible en postas médicas cercanas a sus hogares. De esta manera, los gastos en salud que las familias han declarado en las encuestas estarían subestimados debido a que ellos no pagaron esos gastos con el dinero de sus hogares.

8. La variable “Información” sobre los riesgos para la salud por causa del agua contaminada no revela ser significativa en cuanto a su relación con la morbilidad humana. Muchas familias han declarado que no existen programas de sensibilización, intensivos y continuos, acerca de los riesgos para la salud humana que conlleva la contaminación de las aguas del río Vilcanota.

9. En el caso de la morbilidad de ganado vacuno, las relaciones funcionales indicaron mayor coherencia entre las variables explicativas: “gastos en curación del ganado vacuno” e “información sobre el riesgo en salud que representa la contaminación del agua del río” con respecto a la variable dependiente: “ocurrencia de enfermedades del ganado vacuno”. El signo negativo indicó que la relación es inversa, es decir, a mayor gasto en salud animal

y mayor información sobre el riesgo ambiental, menor será la presencia de enfermedades en el ganado vacuno.

10. La variable “Educación del jefe del hogar” (EDUC) indica una relación imprecisa con la ocurrencia de enfermedades en el ganado vacuno. Esta interrogante puede aclararse si se observa que los niveles altos de educación formal que han declarado los jefes de hogar en las encuestas no se refieren a conocimientos en agronomía, veterinaria o en aspectos de medio ambiente. La mayoría de estas personas son profesores de educación primaria o secundaria, por lo tanto es probable que sus mayores niveles de conocimientos no impliquen necesariamente una mayor conciencia del peligro ambiental que acarrearán las aguas contaminadas del río.

11. El análisis de los efectos marginales ha mostrado magnitudes modestas. Por ejemplo los resultados indican que si se incrementa el gasto anual en salud del ganado vacuno, la probabilidad de morbilidad disminuye en un 0.01%. Una interpretación de esto sería que el nivel actual de gasto de las familias campesinas en salud del ganado vacuno es de un nivel muy bajo, por lo que su efecto en la reducción de la morbilidad animal es ínfimo.

12. Otro resultado importante a ser mencionado, consiste en el valor estimado de las probabilidades de morbilidad humana y animal por contacto con el agua contaminada del río Vilcanota. Las magnitudes son altas, reflejando así la gravedad de este problema ambiental. La probabilidad de morbilidad humana es 83.4%, la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno es 97.6%. Sin embargo estas cifras son bastante gruesas, sería conveniente efectuar estimaciones más precisas buscando relacionar la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno con respecto a diversos tipos de elementos contaminantes en el río, por ejemplo diferenciando los efectos de los coliformes fecales, de los efectos de residuos químicos como es el cromo que utilizan los talleres de curtiembre en la ciudad de Sicuani.

V. CONCLUSIONES

1. En el caso de la cuenca alta del río Vilcanota se ha calculado que los efectos por contaminación del agua alcanzan una magnitud de 2,922 soles anuales por familia (1,142 US dólares), lo cual representa el 37% de su gasto anual promedio. Este daño económico afecta a un grupo humano de 1,789 familias, cuya actividad económica principal es la ganadería de vacunos utilizando aguas contaminadas del río mencionado. Estas familias habitan en ocho comunidades campesinas de los distritos de San Pablo, San Pedro y Sicuani; en los dos primeros el nivel de pobreza afecta a más del 70% de la población, y la pobreza extrema bordea el 30%. Se ha estimado que el valor económico total del daño sobre la población mencionada es 778,215 soles anuales, cantidad que equivale a 303, 951 US dólares anuales.

2. El gasto promedio anual de una familia rural por concepto de enfermedades de origen hídrico es de 203 soles anuales (80 US dólares). Esta cifra es mayor en las comunidades campesinas que tienen contacto directo con las orillas del río Vilcanota, en ellas el gasto promedio anual es de 247 soles. En cambio en las comunidades que reciben el agua del río mediante canales de irrigación, el gasto promedio es de 172 soles anuales. Estas diferencias en las cifras confirman el mayor riesgo que existe si se tiene contacto de manera directa con el agua contaminada en las orillas del río Vilcanota.

3. El gasto promedio anual por concepto de enfermedades del ganado vacuno que son de origen hídrico, es de 230 soles (90 US dólares). De manera similar al caso anterior, las cifras de gasto fueron mayores en las comunidades que están ubicadas en las orillas del río, en ellas el gasto promedio anual fue de 252 soles, en cambio en las comunidades que reciben agua del río mediante canales de irrigación, el gasto promedio fue de 213 soles anuales

4. Las aguas residuales de la ciudad de Sicuani se arrojan sin tratamiento sanitario al río Vilcanota, estas son luego utilizadas para la irrigación de pastizales y para el lavado de ropa en comunidades campesinas ribereñas. Se ha estimado que la magnitud de estas externalidades es del 5.4 % del gasto promedio anual de una familia rural. Es decir, estos son los mayores costos que debe asumir una familia rural que utiliza el agua contaminada del río para fines productivos.

5. Las familias rurales enfrentan también un efecto de reducción en productividad de carne y leche de vacunos, que es de una magnitud del 17.1% de su gasto anual. Este efecto es causado por la pérdida de peso y la reducción en la productividad de leche diaria, cuando el ganado vacuno se enferma debido a la ingestión del agua del río. Las familias rurales declaran que ellas saben que la calidad de estas aguas es deficiente, y que por tanto afecta la salud de su ganado, pero no disponen de otras fuentes de este recurso, en cantidad suficiente para las necesidades de sus animales. Esta cifra tiene una implicancia sobre los estudios de costo/beneficio de la actividad ganadera en las provincias de la región del Cusco en las cuales se utiliza el agua del río Vilcanota. El porcentaje calculado de reducción de productividad por causa de la contaminación del agua, implica una reducción del beneficio económico esperado por un inversionista.

6. Un tercer efecto es la pérdida en activos pecuarios. Se ha estimado que el valor de las pérdidas por concepto de cabezas de ganado que se venden a un precio menor que el de compra, por estar enfermas de manera grave; o que mueren por la ingestión de basura y plásticos en las orillas del río; es de una magnitud del 14.1% de su gasto anual. Este efecto es importante en la economía agraria campesina porque indica una pérdida de ahorros y por tanto en su capacidad de capitalización y crecimiento económico. La gravedad de este problema no ha recibido todavía la atención que merece por parte de las entidades estatales que promueven el desarrollo agrario. Una alternativa sería el diseño de alguna modalidad de seguro agrario que permita proteger al productor de los daños que provienen de la contaminación del agua..

7. El valor económico total de la reducción en la productividad del ganado vacuno es de 2.4 millones de soles anuales; y el valor económico total en la pérdida de activos es de 2.0 millones de soles anuales. La suma total de los tres efectos mencionados es de 5.2 millones de soles anuales, equivalente a 2.0 millones de US dólares anuales. Esta cifra es significativa porque acumulada en un período de tres años, es similar al costo de inversión de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Sicuani, la cual tiene una

población cercana a los 70,000 habitantes, y es la segunda en tamaño en la región de Cusco.

8. Las variables con mayor influencia sobre la probabilidad de morbilidad humana generada por enfermedades de origen hídrico, son la edad del jefe de familia y el género. Esto significa que se puede esperar una menor presencia de enfermedades de este tipo en los hogares rurales en los cuales el jefe de familia es de edad madura y es de género masculino. Estos resultados se obtuvieron mediante el análisis econométrico, utilizando un modelo LOGIT de elección discreta, los resultados mencionados tienen coeficientes de significación al 5%

9. En referencia a la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por la misma causa, las variables con mayor grado de influencia son el gasto veterinario, y la información sobre el riesgo de la ingestión de agua contaminada. Esto significa que se puede esperar una menor presencia de enfermedades de origen hídrico en el ganado vacuno, en los hogares rurales en los cuales se realiza un mayor gasto en aspectos veterinarios y existe mayor conciencia sobre el peligro del agua contaminada. Estos resultados se obtuvieron mediante el análisis econométrico mencionado, teniendo coeficientes de significación al 10%

10. Los efectos de la contaminación del agua son mayores en las comunidades en las cuales las personas y el ganado vacuno tienen contacto directo con estas aguas en las orillas del río. Por otra parte las probabilidades de morbilidad son muy altas: 83% en morbilidad humana y 97% en morbilidad animal. Estas cifras indican una situación de emergencia sanitaria que los Gobiernos Municipales de los distritos de Sicuani, San Pablo y San Pedro, de la provincia de Cuzco, deben atender de manera prioritaria.

VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de este estudio es posible plantear algunas recomendaciones tanto para los investigadores en temas agrarios y ambientales, como también para los que toman decisiones en la formulación de políticas gubernamentales y normas en aspectos de medio ambiente, salud pública y desarrollo agrario, en los ámbitos nacional, regional y local:

Con respecto al objetivo general:

Se recomienda difundir la importancia de los estudios acerca de las relaciones entre contaminación de las fuentes de agua y causas de la pobreza rural. El grado de contaminación de los ríos muchas veces no es perceptible para el ojo humano, pero es real la transmisión de enfermedades que afectan a la población humana y otros seres vivos. La agricultura y la ganadería son altamente sensibles a los efectos negativos de la contaminación, la falta de atención a este problema encarece los costos y resta sostenibilidad a la seguridad alimentaria y los negocios agrarios en nuestro país.

Con respecto al objetivo 1:

Se recomienda profundizar en el estudio económico de los efectos económicos de la contaminación de las fuentes de agua sobre las actividades productivas. Son necesarios estudios más rigurosos sobre los efectos sobre la productividad de carne y leche del ganado vacuno y de otras especies animales que constituyen la principal fuente de ingresos monetarios y de ahorros de miles de familias rurales que habitan en zonas de situación de pobreza. Esta recomendación se dirige de manera principal a los investigadores agrarios, y a los formuladores de proyectos de negocios rurales, puesto que el porcentaje calculado de reducción de productividad por causa de la contaminación del agua, implica una reducción del beneficio económico esperado por un inversionista. Otro tema importante es el diseño

de alguna modalidad de seguro agrario que permita proteger al productor de los daños generados por la contaminación del agua.

Con respecto al objetivo 2:

Se recomienda profundizar en las estimaciones de los mencionados efectos a nivel agregado, es decir a nivel de las principales cuencas y microcuencas en cada región. Estos estudios deben abarcar los efectos negativos de la contaminación sobre los diversos usos del agua: producción agraria, consumo humano, uso industrial, minero y energético, recreativo, y otros. Esta información será valiosa para la gestión económica y ambiental de los espacios provinciales y distritales. Esta recomendación se dirige a los profesionales del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), y de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), con sus correspondientes ALAs (Autoridad Local del Agua).

Con respecto al objetivo 3:

Se recomienda destinar mayores recursos a campañas mediáticas en aspectos ambientales referidos a la conservación de la calidad de las fuentes de agua: ríos, lagunas, manantiales. En muchas zonas rurales un mayor grado de conciencia sobre los peligros de la contaminación contribuirá de manera decisiva para que los productores agrarios eleven su nivel de gasto en prevención de enfermedades de origen hídrico de los miembros de sus familias y del ganado vacuno. Esta recomendación se dirige al Gobierno Regional de Cusco y a los Municipios de nivel provincial y distrital.

Con respecto al objetivo 4:

1. Se recomienda a los gerentes de desarrollo económico y ambiental de los Gobiernos Regionales y Municipales otorgar un mayor grado de prioridad en sus presupuestos de inversión anual, a la construcción o ampliación de plantas de tratamiento de aguas residuales; a la implementación de otras alternativas tecnológicas complementarias como puede ser la colocación de filtros a la entrada de los canales de irrigación que toman agua del río Vilcanota, y la instalación de bebederos para el ganado vacuno con agua de fuentes no contaminadas.

2. Se recomienda a los funcionarios de las Autoridades Locales de Agua (ALAs) conceder mayor importancia a la participación de los directivos de los Comités de Regantes que existen desde hace varias décadas en cada comunidad campesina, en las tareas de monitoreo participativo de las fuentes de agua. Estos Comités de Regantes, que son el primer escalón organizativo de la Junta Nacional de Usuarios de Riego del Perú, podrían conformar un tejido social de gran efectividad y bajo costo para la vigilancia y protección de la calidad del agua en ríos, lagunas de altura y manantiales.

3. A los profesionales de la Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad (ONDS) de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), entidad que lidera y articula a las entidades que conforman el Sistema Nacional de Previsión y Gestión de Conflictos, se recomienda que en los procesos de formación de capacidades locales que dedica a los funcionarios de Gobiernos Regionales y Municipales, se incluya herramientas participativas de medición de las externalidades negativas en las cuencas y micro cuencas y de estimación de los daños económicos, actuales y potenciales, que son resultado de la contaminación de los ríos y otras fuentes de agua. Este tipo de herramienta analítica sería un elemento positivo y valioso para las discusiones en mesas de diálogo sobre conflictos ambientales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR IBARRA, A; PEREZ ESPEJO, R, AVILA, S. 2010. Soluciones de la teoría económica para la contaminación del agua. En libro Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario. UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas. MX.

ALARCÓN NOVOA, J. y NOLAZCO CAMA, J. 2014. Econometría con E – Views y aplicaciones en Economía Agrícola, Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Fondo Editorial UNALM. 2014. Lima. PE

ANA (AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, PE). 2011a. Urge manejo integral de la cuenca Chancay – Lambayeque. Revista Agronoticias. No. 368. Agosto. Lima. PE

_____. 2011b. Compendio de normas vigentes emitidas por la Autoridad Nacional del Agua a julio 2011. Lima. PE

BOLETÍN DEL COMITÉ SECTORIAL DE AGUA Y SANEAMIENTO. 1999. Agosto. Lima. PE

BRACK, A. 2007. Retos del Ministerio del Ambiente. Rev. Economía y Sociedad, No. 67. CIES. Lima. PE

CRISTECHE, E. y PENNA J. 2008. Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. IES. INTA. AR.

COORDINADORA RURAL. 2007. Una agenda agraria para el desarrollo de la sierra del Perú. Lima. PE

FONCODES (FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL, PE). 2006. Mapa de pobreza en el Perú. Lima.

GALARZA, E. 2007. Los costos económicos del cambio climático. Rev. Economía y Sociedad, No. 67. CIES. Lima. PE

GIBBONS, D.C. 1986. The economic value of water. Resources for the Future. Washington, US.

GRIFFIN, R. C. 2006. Water resource economics: the analysis of scarcity, policies and projects. MIT Press. Cambridge, MA. US

GRUPO PROPUESTA CIUDADANA, ASOCIACIÓN ARARIWA, INTERMON OXFAM. 2011. Políticas públicas y presupuesto para la pequeña agricultura en el Cusco. 2009 – 2010. Lima. PE

HARDIN, G. 1968. The Tragedy of Commons. Rev. Science 162. 1968. pp. 1243 – 1248.

INEI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA, PE). 2009. Mapa de pobreza. Provincial y distrital. 2007. Lima.

_____. 2010. Perú: Perfil de la Pobreza por departamentos. 2005 – 2009. Lima.

IPEDEHP (INSTITUTO PERUANO DE EDUCACION EN DERECHOS HUMANOS Y LA PAZ, PE). 2011. Vigilancia ciudadana de la calidad del agua: Una experiencia desde la sociedad civil en el departamento de La Libertad en el Perú.

JIMÉNEZ CISNEROS, B. 2010. Soluciones tecnológicas a la contaminación del agua. En libro Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario. UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas. MX

JIMÉNEZ DÍAZ, L. 2008. Costo de oportunidad y externalidades en el valor económico del agua superficial para uso agrícola en el valle de Mala. Asamblea Nacional de Rectores. Lima. PE

KARR, R. J. 1999. Defining and measuring river health. Freshwater Biology (1999) 41 221 -234. University of Washington. US.

LEÓN, J. 2008. Pobreza y desigualdad distributiva. CIES. Lima. PE

LOOMIS, J; KENT, P; STRANGE, L; FAUSCH, K; COVICH, A. 2000. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics* 33 (2000) 103 - 107. US

LOYOLA, R. y SONCCO, C. 2006. Valoración económica del efecto en la salud por el cambio en la calidad del agua en zonas marginales de Lima y Callao. CIES. Universidad Nacional Agraria de La Molina. Lima. PE.

LOYOLA, R; GARCIA, E; SONCCO, C; ELGEGREN, J. 2007. Valoración del servicio ambiental de provisión de agua con base en la reserva nacional Salinas y Aguada Blanca – Cuenca del río Chili. PROFONANPE. Lima. PE

MARTÍNEZ ALIER, J. 1999. Introducción a la economía ecológica. Rubes Editorial SL. ES.

MARTÍNEZ ALIER, J. y SCHLUPMANN K. 1991. La ecología y la economía. Fondo de Cultura Económica. MX

MINAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PE). 2008. Plan Estratégico del Sector Agricultura. 2007 -2011. Lima.

MINAM (MINISTERIO DEL AMBIENTE, PE). 2013. Agenda Ambiente. Perú 2013 – 2014. Lima.

ORTIZ H. 1996. Valoración económica de los efectos en la salud por cambios en la calidad de agua de la cuenca del río Bogotá. Caso: Quebrada Santa Martha del Municipio El Colegio. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Postgrado de economía del medio ambiente y recursos naturales. Santa Fé de Bogotá. CO

OSTROM, E. 2010. El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva. Fondo de Cultura Económica. MX.

PEARCE, D. y TURNER, K. 1995. Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Celeste Ediciones. Madrid. ES

PÉREZ ESPEJO, R. 2010. La contaminación difusa. En libro: Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario. UNAM. Instituto de Investigaciones Económicas. MX

REDDY, V. R. y BEHERA, B. 2006. Impact of water pollution on rural communities: an economic analysis. *Ecological Economics* 58 (2006) 520 – 537.

RIBAUDO, M; HORAN, R; SMITH, M. 1999. Economics of water quality protection from non point sources: theory and practice. US Department of Agriculture. Washington DC.

STIGLITZ, J. E. 1988. Las externalidades y el medio ambiente. Capítulo 9, del libro *La economía del sector público*. Editorial Rústica. ES.

TRIVELLI, C. 2010. Las caras de la pobreza. Oxfam America: Informe Perú 2009 – 2010. Lima. PE

YOUNG, R. A. 2005. Determining the economic value of water: concepts and methods. *Resources for the future*. Washington, US

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS ECONOMÉTRICOS

Cálculo del cuadro 13

Estadísticas descriptivas de las variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por causa del agua contaminada

```
. sum gsalud inf edad gen contm contn lavmm educ
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
gsalud	70	205.1071	387.4696	0	2140
inf	70	.6	.4934352	0	1
edade	70	51.5	10.67945	28	80
gene	70	.5571429	.5003105	0	1
contm	70	.3571429	.5117663	0	2
contn	70	.5571429	.5003105	0	1
lavmm	70	1.071429	.2593989	1	2
educ	70	4.571429	2.123515	2	9

Cálculo del cuadro 14

Estadísticas descriptivas de las variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada

```
. sum gvet infvet edad gen educ
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
gvvet	70	230.2286	225.9155	0	1060
infvet	70	.4571429	.5017567	0	1
edade	70	51.5	10.67945	28	80
gen	70	.8428571	.3665631	0	1
educ	70	4.571429	2.123515	2	9

Cálculo del cuadro 15

Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad humana por causa del agua contaminada

```
. *Modelo I
. logit morbhum gsalud, robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -46.179813
Iteration 1: log pseudolikelihood = -38.765927
Iteration 2: log pseudolikelihood = -36.369586
Iteration 3: log pseudolikelihood = -36.239934
Iteration 4: log pseudolikelihood = -36.239656
Iteration 5: log pseudolikelihood = -36.239656
```

```

Logistic regression                Number of obs =          70
                                Wald chi2(1) =          3.59
                                Prob > chi2 =          0.0581
Log pseudolikelihood = -36.239656 Pseudo R2 =          0.2152

```

```

-----+-----
      |           |           |           |           |           |           | | |
      | morbhum |           | Robust   |           |           |           |
      |         | Coef.   | Std. Err. | z     | P>|z| | [95% Conf. Interval] |
-----+-----
      | gsalud | .0094273 | .0049756 | 1.89  | 0.058 | -.0003246 .0191793
      | _cons  | -.3833693 | .3610773 | -1.06 | 0.288 | -1.091068 .3243293
-----+-----

```

Note: 0 failures and 1 success completely determined.

```

. estimates store eq01

.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm1= -(_b[_cons]/_b[gsalud])

. *DAP promedio
. egen dap_logitmm1= mean(-(_b[_cons]/_b[gsalud]))

. *Visualizar
. br dap_logitm1 dap_logitmm1

.
. *Modelo II
. logit morbhum gsalud inf, robust

```

```

Iteration 0: log pseudolikelihood = -46.179813
Iteration 1: log pseudolikelihood = -39.485171
Iteration 2: log pseudolikelihood = -36.415675
Iteration 3: log pseudolikelihood = -36.231579
Iteration 4: log pseudolikelihood = -36.231432
Iteration 5: log pseudolikelihood = -36.231432

```

```

Logistic regression                Number of obs =          70
                                Wald chi2(2) =          3.97
                                Prob > chi2 =          0.1371
Log pseudolikelihood = -36.231432 Pseudo R2 =          0.2154

```

```

-----+-----
      |           |           |           |           |           |           | | |
      | morbhum |           | Robust   |           |           |           |
      |         | Coef.   | Std. Err. | z     | P>|z| | [95% Conf. Interval] |
-----+-----
      | gsalud | .0094714 | .0051323 | 1.85  | 0.065 | -.0005878 .0195305
      | inf    | -.0739966 | .5998816 | -0.12 | 0.902 | -1.249743 1.10175
      | _cons  | -.3426717 | .4269358 | -0.80 | 0.422 | -1.17945 .494107
-----+-----

```

Note: 0 failures and 1 success completely determined.

```

. estimates store eq02

.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm2= -(_b[_cons]+_b[inf]*inf)/_b[gsalud]

. *DAP promedio
. egen dap_logitmm2= mean(-(_b[_cons]+_b[inf]*inf)/_b[gsalud])

. *Visualizar
. br dap_logitm2 dap_logitmm2

.
. *Modelo III
. logit morbhum gsalud inf edade gene educ contm contn, robust

```

```

Iteration 0: log pseudolikelihood = -46.179813
Iteration 1: log pseudolikelihood = -35.31007
Iteration 2: log pseudolikelihood = -30.718471
Iteration 3: log pseudolikelihood = -30.249284
Iteration 4: log pseudolikelihood = -30.246879
Iteration 5: log pseudolikelihood = -30.246879

```

```

Logistic regression                Number of obs =          70
                                Wald chi2(7) =         26.72
                                Prob > chi2 =          0.0004
Log pseudolikelihood = -30.246879 Pseudo R2 =          0.3450

```

```

-----+-----
      |           |           |           |           |           |           | | |
      | morbhum |           | Robust   |           |           |           |
      |         | Coef.   | Std. Err. | z     | P>|z| | [95% Conf. Interval] |
-----+-----
      | gsalud | .0114514 | .0032598 | 3.51  | 0.000 | .0050623 .0178406

```

```

      inf | .6281875 .7030927 0.89 0.372 -.7498489 2.006224
edade | -.0974974 .0374933 -2.60 0.009 -.170983 -.0240118
gene | -1.292943 .7269824 -1.78 0.075 -2.717803 .131916
educ | -.1376326 .1701892 -0.81 0.419 -.4711972 .195932
contm | -.5388491 .7415145 -0.73 0.467 -1.992191 .9144926
contn | .7593917 .7752935 0.98 0.327 -.7601556 2.278939
_cons | 5.102539 2.355357 2.17 0.030 .486123 9.718954
-----

```

Note: 0 failures and 2 successes completely determined.

```

. estimates store eq03

.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm3= -(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[edade]*edade + _b[gene]*gene + _b[educ]*educ+
_b[contm]*contm+ _b[contn]*contn)/_b[gsalud]

. *DAP promedio
. egen dap_logitmm3= mean(-(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[edade]*edade + _b[gene]*gene + _b[educ]*educ+
_b[contm]*contm+ _b[contn]*contn)/_b[gsalud])

. *Visualizar
. br dap_logitm3 dap_logitmm3

.
. *Modelo IV
. logit morbhum gsalud inf edade gene educ lavmm, robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -46.179813
Iteration 1: log pseudolikelihood = -35.079891
Iteration 2: log pseudolikelihood = -30.853463
Iteration 3: log pseudolikelihood = -30.420324
Iteration 4: log pseudolikelihood = -30.418238
Iteration 5: log pseudolikelihood = -30.418238

Logistic regression                               Number of obs =          70
                                                    Wald chi2(6) =          29.08
                                                    Prob > chi2 =          0.0001
Log pseudolikelihood = -30.418238                Pseudo R2 =          0.3413
-----

```

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
gsalud	.0108531	.0037997	2.86	0.004	.0034058	.0183004
inf	.6430449	.7245208	0.89	0.375	-.7769898	2.06308
edade	-.0909744	.0387146	-2.35	0.019	-.1668536	-.0150952
gene	-1.30696	.687168	-1.90	0.057	-2.653785	.0398646
educ	-.0902763	.1658908	-0.54	0.586	-.4154162	.2348636
lavmm	1.146092	1.124683	1.02	0.308	-1.058247	3.350431
_cons	3.59705	2.672796	1.35	0.178	-1.641534	8.835635

Note: 0 failures and 1 success completely determined.

```

. estimates store eq04

.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm4= -(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[edade]*edade + _b[gene]*gene + _b[educ]*educ+
_b[lavmm]*lavmm)/_b[gsalud]

. *DAP promedio
. egen dap_logitmm4= mean(-(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[edade]*edade + _b[gene]*gene + _b[educ]*educ+
_b[lavmm]*lavmm)/_b[gsalud])

. *Visualizar
. br dap_logitm4 dap_logitmm4

.
. *Modelo V
. logit morbhum gsalud inf edade gene , robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -46.179813
Iteration 1: log pseudolikelihood = -35.903736
Iteration 2: log pseudolikelihood = -31.455198
Iteration 3: log pseudolikelihood = -31.129497
Iteration 4: log pseudolikelihood = -31.128622
Iteration 5: log pseudolikelihood = -31.128622

Logistic regression                               Number of obs =          70
                                                    Wald chi2(4) =          25.84
                                                    Prob > chi2 =          0.0000
Log pseudolikelihood = -31.128622                Pseudo R2 =          0.3259
-----

```

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
gsalud	.0108148	.0037993	2.85	0.004	.0033684	.0182612

```

      inf | .6260861 .7373342 0.85 0.396 -.8190625 2.071235
    edade | -.0792644 .034861 -2.27 0.023 -.1475906 -.0109381
      gene | -1.343338 .6645267 -2.02 0.043 -2.645787 -.04089
      _cons | 3.85349 1.867917 2.06 0.039 .1924401 7.514539
-----

```

Note: 0 failures and 1 success completely determined.

```

. estimates store eq05

.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm5= -(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[edade]*edade + _b[gene]*gene )/_b[gsalud]

. *DAP promedio
. egen dap_logitmm5= mean(-(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[edade]*edade + _b[gene]*gene)/_b[gsalud])

. *Visualizar
. br dap_logitm5 dap_logitmm5

.
.
. *Comparacion de modelos
. estimates table eq01 eq02 eq03 eq04 eq05, star stats(N ll chi2 aic bic)

```

Variable	eq01	eq02	eq03	eq04	eq05
gsalud	.00942734	.00947136	.01145143***	.01085307**	.01081479**
inf		-.07399657	.62818747	.64304489	.6260861
edade			-.09749736**	-.09097439*	-.07926437*
gene			-1.2929434	-1.30696	-1.3433383*
educ			-.13763261	-.09027629	
contm			-.53884914		
contn			.75939173		
lavmm				1.1460922	
_cons	-.38336927	-.34267175	5.1025387*	3.5970504	3.8534897*
N	70	70	70	70	70
ll	-36.239656	-36.231432	-30.246879	-30.418238	-31.128622
chi2	3.5899657	3.9742152	26.723584	29.082793	25.840959
aic	76.479312	78.462863	76.493757	74.836476	72.257243
bic	80.976302	85.208349	94.481719	90.575943	83.499719

legend: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

```

. estimates table eq01 eq02 eq03 eq04 eq05, b(%7.2f) se(%7.2f) stats(N ll chi2 aic bic)

```

Variable	eq01	eq02	eq03	eq04	eq05
gsalud	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
inf		-0.07	0.63	0.64	0.63
		0.60	0.70	0.72	0.74
edade			-0.10	-0.09	-0.08
			0.04	0.04	0.03
gene			-1.29	-1.31	-1.34
			0.73	0.69	0.66
educ			-0.14	-0.09	
			0.17	0.17	
contm			-0.54		
			0.74		
contn			0.76		
			0.78		
lavmm				1.15	
				1.12	
_cons	-0.38	-0.34	5.10	3.60	3.85
	0.36	0.43	2.36	2.67	1.87
N	70	70	70	70	70
ll	-36.24	-36.23	-30.25	-30.42	-31.13
chi2	3.59	3.97	26.72	29.08	25.84
aic	76.48	78.46	76.49	74.84	72.26
bic	80.98	85.21	94.48	90.58	83.50

legend: b/se

Cálculo del cuadro 17

Efectos marginales de cada variable explicativa sobre la probabilidad de morbilidad humana

. *Estimo el efecto impacto o Efecto marginal:COMANDO - MFX
. mfx

Marginal effects after logit
y = Pr(morbhum) (predict)
= .83435131

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
gsalud	.0014947	.00032	4.60	0.000	.000858	.002131		205.107
inf*	.090375	.13091	0.69	0.490	-.166208	.346958		.6
edade	-.0109551	.00807	-1.36	0.175	-.026777	.004867		51.5
gene*	-.1787978	.12175	-1.47	0.142	-.417423	.059828		.557143

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

. *EVALUANDO LA PREDICCIÓN - MODELO LOGIT
. logit morbhum gsalud inf edade gene , robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -46.179813
Iteration 1: log pseudolikelihood = -35.903736
Iteration 2: log pseudolikelihood = -31.455198
Iteration 3: log pseudolikelihood = -31.129497
Iteration 4: log pseudolikelihood = -31.128622
Iteration 5: log pseudolikelihood = -31.128622

Logistic regression	Number of obs	=	70
	Wald chi2(4)	=	25.84
	Prob > chi2	=	0.0000
Log pseudolikelihood = -31.128622	Pseudo R2	=	0.3259

morbhum	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
gsalud	.0108148	.0037993	2.85	0.004	.0033684 .0182612
inf	.6260861	.7373342	0.85	0.396	-.8190625 2.071235
edade	-.0792644	.034861	-2.27	0.023	-.1475906 -.0109381
gene	-1.343338	.6645267	-2.02	0.043	-2.645787 -.04089
_cons	3.85349	1.867917	2.06	0.039	.1924401 7.514539

Note: 0 failures and 1 success completely determined.

. estat classification

Logistic model for morbhum

Classified	True		Total
	D	~D	
+	34	8	42
-	10	18	28
Total	44	26	70

Classified + if predicted Pr(D) >= .5
True D defined as morbhum != 0

Sensitivity	Pr(+ D)	77.27%
Specificity	Pr(- ~D)	69.23%
Positive predictive value	Pr(D +)	80.95%
Negative predictive value	Pr(~D -)	64.29%
False + rate for true ~D	Pr(+ ~D)	30.77%
False - rate for true D	Pr(- D)	22.73%
False + rate for classified +	Pr(~D +)	19.05%
False - rate for classified -	Pr(D -)	35.71%
Correctly classified		74.29%

. logit morbhum gsalud inf edade gene , robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -46.179813

```

Iteration 1: log pseudolikelihood = -35.903736
Iteration 2: log pseudolikelihood = -31.455198
Iteration 3: log pseudolikelihood = -31.129497
Iteration 4: log pseudolikelihood = -31.128622
Iteration 5: log pseudolikelihood = -31.128622

```

```

Logistic regression          Number of obs   =       70
                             Wald chi2(4)         =       25.84
                             Prob > chi2          =       0.0000
Log pseudolikelihood = -31.128622  Pseudo R2       =       0.3259

```

```

-----+-----
          |           Robust
          |           Coef.   Std. Err.   z   P>|z|   [95% Conf. Interval]
-----+-----
    gsalud |   .0108148   .0037993   2.85  0.004   .0033684   .0182612
         inf |   .6260861   .7373342   0.85  0.396  - .8190625   2.071235
    edade  |  -.0792644   .034861   -2.27  0.023  - .1475906  -.0109381
    gene   |  -1.343338   .6645267  -2.02  0.043  -2.645787  -.04089
    _cons  |   3.85349   1.867917   2.06  0.039   .1924401   7.514539
-----+-----

```

Note: 0 failures and 1 success completely determined.

```
. fitstat
```

Measures of Fit for logit of morbhum

```

Log-Lik Intercept Only:   -46.180   Log-Lik Full Model:   -31.129
D(65):                   62.257   LR(4):                30.102
                             Prob > LR:                0.000
McFadden's R2:           0.326   McFadden's Adj R2:   0.218
Maximum Likelihood R2:   0.350   Cragg & Uhler's R2:  0.477
McKelvey and Zavoina's R2: 0.828   Efron's R2:          0.348
Variance of y*:          19.090   Variance of error:   3.290
Count R2:                 0.743   Adj Count R2:        0.308
AIC:                      1.032   AIC*n:               72.257
BIC:                      -213.895  BIC':                -13.108

```

Cálculo del cuadro 16

Modelos para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada

```

.
. *****
. * Estimación de Modelo LOGIT
. *****
.
. *Modelo I
. logit morbvac gvet, robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1: log pseudolikelihood = -13.882415
Iteration 2: log pseudolikelihood = -13.778433
Iteration 3: log pseudolikelihood = -13.778385
Iteration 4: log pseudolikelihood = -13.778385

Logistic regression          Number of obs   =       70
                             Wald chi2(1)         =        4.90
                             Prob > chi2          =       0.0269
Log pseudolikelihood = -13.778385  Pseudo R2       =       0.1013

-----+-----
          |           Robust
          |           Coef.   Std. Err.   z   P>|z|   [95% Conf. Interval]
-----+-----
    gvet   |  -.0029469   .0013318  -2.21  0.027  -.0055571  -.0003367
    _cons  |   3.736195   .6980293   5.35  0.000   2.368083   5.104307
-----+-----

. estimates store eq01

.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitml= -(_b[_cons]/_b[gvet])

. *DAP promedio
. egen dap_logitmml= mean(-(_b[_cons]/_b[gvet]))

. *Visualizar
. br dap_logitml dap_logitmml

```

```

. *Modelo II
. logit morbvac gvet infvet, robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1: log pseudolikelihood = -15.202485
Iteration 2: log pseudolikelihood = -13.337095
Iteration 3: log pseudolikelihood = -13.287173
Iteration 4: log pseudolikelihood = -13.286931
Iteration 5: log pseudolikelihood = -13.286931

Logistic regression      Number of obs =      70
                        Wald chi2(2) =      4.44
                        Prob > chi2 =      0.1088
Log pseudolikelihood = -13.286931  Pseudo R2 =      0.1334

```

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
morbvac gvet	-.0026661	.0012832	-2.08	0.038	-.0051811	-.0001512
infvet	-1.140821	1.197968	-0.95	0.341	-3.488795	1.207154
_cons	4.322288	1.223244	3.53	0.000	1.924774	6.719801

```
. estimates store eq02
```

```

. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm2= -(b[_cons]+b[infvet]*infvet)/b[gvet]

. *DAP promedio
. egen dap_logitmm2= mean(-(b[_cons]+b[infvet]*infvet)/b[gvet])

. *Visualizar
. br dap_logitm2 dap_logitmm2

```

```

. *Modelo III
. logit morbvac gvet infvet edade gene, robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1: log pseudolikelihood = -15.115507
Iteration 2: log pseudolikelihood = -12.853637
Iteration 3: log pseudolikelihood = -12.499281
Iteration 4: log pseudolikelihood = -12.489449
Iteration 5: log pseudolikelihood = -12.48944
Iteration 6: log pseudolikelihood = -12.48944

Logistic regression      Number of obs =      70
                        Wald chi2(4) =      5.42
                        Prob > chi2 =      0.2470
Log pseudolikelihood = -12.48944  Pseudo R2 =      0.1854

```

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
morbvac gvet	-.0020045	.0013384	-1.50	0.134	-.0046277	.0006187
infvet	-1.157159	1.248196	-0.93	0.354	-3.603578	1.28926
edade	-.0398832	.0556518	-0.72	0.474	-.1489588	.0691924
gene	1.32764	1.25102	1.06	0.289	-1.124314	3.779595
_cons	5.679937	3.140719	1.81	0.071	-.4757589	11.83563

```
. estimates store eq03
```

```

. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm3= -(b[_cons]+b[infvet]*infvet + b[edade]*edade + b[gene]*gene)/b[gvet]

. *DAP promedio
. egen dap_logitmm3= mean(-(b[_cons]+b[infvet]*infvet + b[edade]*edade + b[gene]*gene)/b[gvet])

. *Visualizar
. br dap_logitm3 dap_logitmm3

```

```

. *Modelo IV
. logit morbvac infvet gvet educ, robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1: log pseudolikelihood = -14.231043
Iteration 2: log pseudolikelihood = -11.924273
Iteration 3: log pseudolikelihood = -11.840434
Iteration 4: log pseudolikelihood = -11.840187
Iteration 5: log pseudolikelihood = -11.840187

```

```

Logistic regression                Number of obs   =       70
                                   Wald chi2(3)     =       9.38
                                   Prob > chi2      =      0.0246
Log pseudolikelihood = -11.840187  Pseudo R2     =      0.2278

```

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
morbvac						
infvet	-1.274078	1.197839	-1.06	0.287	-3.621799	1.073643
gvvet	-.0046738	.0016626	-2.81	0.005	-.0079324	-.0014152
educ	.5728752	.3023422	1.89	0.058	-.0197046	1.165455
_cons	2.771965	1.579304	1.76	0.079	-.3234145	5.867345

```

. estimates store eq04
.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm4= -(_b[_cons]+_b[inf]*inf+_b[educ]*educ)/_b[gvvet]
.
. *DAP promedio
. egen dap_logitmm4= mean(-(_b[_cons]+_b[inf]*inf+_b[educ]*educ)/_b[gvvet])
.
. *Visualizar
. br dap_logitm4 dap_logitmm4
.
. *Modelo V
. logit morbvac gvvet inf gene educ, robust
Iteration 0:  log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1:  log pseudolikelihood = -14.17818
Iteration 2:  log pseudolikelihood = -11.463075
Iteration 3:  log pseudolikelihood = -11.278323
Iteration 4:  log pseudolikelihood = -11.276267
Iteration 5:  log pseudolikelihood = -11.276266

```

```

Logistic regression                Number of obs   =       70
                                   Wald chi2(4)     =      11.27
                                   Prob > chi2      =      0.0237
Log pseudolikelihood = -11.276266  Pseudo R2     =      0.2645

```

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
morbvac						
gvvet	-.0046112	.0017941	-2.57	0.010	-.0081276	-.0010948
infvet	-1.151767	1.111443	-1.04	0.300	-3.330156	1.026622
gene	1.281407	1.110157	1.15	0.248	-.8944606	3.457274
educ	.619803	.3018381	2.05	0.040	.0282113	1.211395
_cons	1.946414	1.110061	1.75	0.080	-.2292663	4.122094

```

. estimates store eq05
.
. *DAP por persona encuestada
. gen dap_logitm5= -(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[educ]*educ + _b[gene]*gene )/_b[gvvet]
.
. *DAP promedio
. egen dap_logitmm5= mean(-(_b[_cons]+_b[inf]*inf + _b[educ]*educ + _b[gene]*gene)/_b[gvvet])
.
. *Visualizar
. br dap_logitm5 dap_logitmm5
.
.
. *Comparacion de modelos
. estimates table eq01 eq02 eq03 eq04 eq05, star stats(N ll chi2 aic bic)

```

Variable	eq01	eq02	eq03	eq04	eq05
gvvet	-.00294687*	-.00266614*	-.0020045	-.0046738**	-.00461119*
infvet		-1.1408206	-1.1571593	-1.2740782	-1.1517672
edade			-.03988319		
gene			1.3276405		1.2814065
educ				.57287515	.61980303*
_cons	3.7361952***	4.3222877***	5.6799374	2.7719651	1.9464138
N	70	70	70	70	70
ll	-13.778385	-13.286931	-12.48944	-11.840187	-11.276266
chi2	4.896301	4.4362106	5.4179506	9.382711	11.270138
aic	31.556769	32.573862	34.978881	31.680374	32.552532
bic	36.05376	39.319348	46.221357	40.674355	43.795008

legend: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Cálculo del cuadro 18

Efectos marginales de cada variable explicativa sobre la probabilidad de morbilidad de ganado vacuno

```

. *****
. *Efecto Impacto o Efecto Marginal
. *****
.
. *Estimo Logit
. logit morbvac infvet gvet educ, robust

Iteration 0:  log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1:  log pseudolikelihood = -14.231043
Iteration 2:  log pseudolikelihood = -11.924273
Iteration 3:  log pseudolikelihood = -11.840434
Iteration 4:  log pseudolikelihood = -11.840187
Iteration 5:  log pseudolikelihood = -11.840187

Logistic regression              Number of obs   =           70
                                Wald chi2(3)     =           9.38
                                Prob > chi2       =          0.0246
Log pseudolikelihood = -11.840187  Pseudo R2      =          0.2278

-----+-----
      |               Robust
      |               Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----+-----
      |
infvet | -1.274078   1.197839   -1.06  0.287   -3.621799   1.073643
      |
gvet   | -.0046738   .0016626   -2.81  0.005   -.0079324   -.0014152
      |
educ   | .5728752   .3023422    1.89  0.058   -.0197046   1.165455
      |
_cons  | 2.771965   1.579304    1.76  0.079   -.3234145   5.867345
-----+-----

.
. *Estimo el efecto impacto o Efecto marginal:COMANDO - MFX
. mfx

Marginal effects after logit
      y = Pr(morbvac) (predict)
      = .97662292

-----+-----
variable |      dy/dx   Std. Err.      z    P>|z|     [ 95% C.I. ]     X
-----+-----
infvet* | -.0324275   .03685    -0.88  0.379   -.10466   .039805   .457143
gvet   | -.0001067   .00007   -1.55  0.122   -.000242  .000028   230.229
educ   | .0130791    .00948    1.38  0.167   -.005492  .03165    4.57143
-----+-----

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

.
. *EVALUANDO LA PREDICCIÓN - MODELO LOGIT
. logit morbvac infvet gvet educ, robust

Iteration 0:  log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1:  log pseudolikelihood = -14.231043
Iteration 2:  log pseudolikelihood = -11.924273
Iteration 3:  log pseudolikelihood = -11.840434
Iteration 4:  log pseudolikelihood = -11.840187
Iteration 5:  log pseudolikelihood = -11.840187

Logistic regression              Number of obs   =           70
                                Wald chi2(3)     =           9.38
                                Prob > chi2       =          0.0246
Log pseudolikelihood = -11.840187  Pseudo R2      =          0.2278

-----+-----
      |               Robust
      |               Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----+-----
      |
infvet | -1.274078   1.197839   -1.06  0.287   -3.621799   1.073643
      |
gvet   | -.0046738   .0016626   -2.81  0.005   -.0079324   -.0014152
      |
educ   | .5728752   .3023422    1.89  0.058   -.0197046   1.165455
      |
_cons  | 2.771965   1.579304    1.76  0.079   -.3234145   5.867345
-----+-----

. estat classification

Logistic model for morbvac

----- True -----

```

Classified	D	~D	Total
+	66	3	69
-	0	1	1
Total	66	4	70

Classified + if predicted Pr(D) >= .5
True D defined as morbvac != 0

Sensitivity	Pr(+ D)	100.00%
Specificity	Pr(- ~D)	25.00%
Positive predictive value	Pr(D +)	95.65%
Negative predictive value	Pr(~D -)	100.00%
False + rate for true ~D	Pr(+ ~D)	75.00%
False - rate for true D	Pr(- D)	0.00%
False + rate for classified +	Pr(~D +)	4.35%
False - rate for classified -	Pr(D -)	0.00%
Correctly classified		95.71%

.
logit morbvac infvet gvet educ, robust

Iteration 0: log pseudolikelihood = -15.332277
Iteration 1: log pseudolikelihood = -14.231043
Iteration 2: log pseudolikelihood = -11.924273
Iteration 3: log pseudolikelihood = -11.840434
Iteration 4: log pseudolikelihood = -11.840187
Iteration 5: log pseudolikelihood = -11.840187

Logistic regression	Number of obs	=	70
	Wald chi2(3)	=	9.38
	Prob > chi2	=	0.0246
Log pseudolikelihood = -11.840187	Pseudo R2	=	0.2278

	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
morbvac						
infvet	-1.274078	1.197839	-1.06	0.287	-3.621799	1.073643
gvet	-.0046738	.0016626	-2.81	0.005	-.0079324	-.0014152
educ	.5728752	.3023422	1.89	0.058	-.0197046	1.165455
_cons	2.771965	1.579304	1.76	0.079	-.3234145	5.867345

. fitstat

Measures of Fit for logit of morbvac

Log-Lik Intercept Only:	-15.332	Log-Lik Full Model:	-11.840
D(66):	23.680	LR(3):	6.984
		Prob > LR:	0.072
McFadden's R2:	0.228	McFadden's Adj R2:	-0.033
Maximum Likelihood R2:	0.095	Cragg & Uhler's R2:	0.268
McKelvey and Zavoina's R2:	0.436	Efron's R2:	0.191
Variance of y*:	5.834	Variance of error:	3.290
Count R2:	0.957	Adj Count R2:	0.250
AIC:	0.453	AIC*n:	31.680
BIC:	-256.720	BIC':	5.761

ANEXO 2 CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA APLICADA

Encuesta a hogares rurales sobre efectos económicos de la contaminación del agua en la cuenca alta del río Vilcanota, Cusco.

Código de Encuesta

I. Datos socio – económicos

Datos del Encuestado:

Nombres y Apellidos: Fecha:/...../.....

1.1. Ubicación Geográfica

Departamento	Provincia	Distrito	Comunidad Campesina	Barrio o Anexo

1.2. Género del encuestado:

Sexo	Masculino	Femenino
------	-----------	----------

1.3. Edad del jefe de familia:

1.4. Datos de los miembros de la familia:

a) Miembro	b) Edad	c) Sexo	d) Nivel de educación

a) 1: Padre / 2: Madre / 3: Hijo/ 4: Otros

b) Años: indicar el número de años. Si tiene meses entonces: Número de meses/12. (3 meses. 3/12)

c) Sexo: 1. Masculino 2. Femenino

d) Nivel de educación: 1: Sin instrucción / 2: Primaria incompleta / 3: Primaria completa / 4: Secundaria incompleta / 5: Secundaria completa / 6: Técnica incompleta / 7. Técnica completa / 8: Universitaria incompleta / 9: universitaria completa / 10: No declara (bebés, ancianos).

1.5. Tipo de servicios que cuenta su vivienda (marcar una X)

1	Agua potable	
2	Agua entubada	
3	Pileta	
4	Desagüe por red de alcantarillado	
5	Desagüe en pozo séptico	
6	Electricidad	
7	Cercanía a una posta medica	
8	Cercanía a una institución educativa	
9	Disponibilidad de teléfono celular	
10	Disponibilidad de teléfono comunal	

1.6. Actividades económicas de la familia (marcar una X)

Actividad	Principal	Secundaria	Nota aclaratoria
Agricultura			
Ganadería			
Artesanía			
Comercio minorista			
Transporte de pasajeros (Mototaxi o taxi)			
Construcción (albañilería)			
Carpintería			
Otros:			

1.7. Participación de algún miembro del hogar en programas sociales (marcar una X)

	Tipo de programa social	Si o No	Beneficiario
1	Programa Juntos		
2	Vaso de Leche		
3	Comedor Popular		
4	Club de madres		
5	Pensión 65		
6	Seguro Integral de Salud (SIS)		
7	Otros:		

1.8. Vivienda

1.8.1. Características de la vivienda (marcar una X)

Pared		Techo		Piso	
Ladrillo /bloqueta		Concreto		Concreto	
Fierro		Tejas		Empedrado	
Piedra		Calamina		Madera	
Adobe		Madera		Tierra	
Otro:		Otro:		Otro:	

II. Variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad de la población humana por causa del agua contaminada.

2.1. ¿En los últimos tres años, alguno de los miembros de su hogar, o alguno de sus vecinos, ha tenido enfermedades intestinales o de la piel por causa del agua del río Vilcanota? (Marcar una X)

Si		No	
----	--	----	--

Si la respuesta es NO, pase a la pregunta 2.7

Si la respuesta fue SI. ¿Cuál es la enfermedad que ha tenido?

<i>Persona afectada (a)</i>	<i>Nombre de la enfermedad (b)</i>	<i>Edad de la persona que la ha sufrido</i>	<i>Número de veces que la ha sufrido</i>	<i>Nivel de gravedad de la enfermedad (c)</i>

(a) 1: Jefe de Familia / 2: Esposa o esposo / 3: Hijo o hija / 4: Vecino cercano.

(b) 1: Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) / 2: Dermatitis (Enfermedades de la piel) / 3: Otros

(c) 1: Simple / 2: Complicado / 3: Grave

2.2. ¿Cuáles son los medicamentos con los que se ha curado al enfermo?

Cuáles medicamentos de la farmacia (nombre del producto):
Cuáles medicamentos caseros (hierbas, pomadas, otros):

2.3. Si se ha curado con medicamentos de la farmacia, ¿cuánto ha sido el gasto?

<i>Persona enferma</i>	<i>Gasto en soles:</i>

2.4. ¿A quién se busca para curar a los enfermos, y cuánto han cobrado?

	<i>Persona que ha curado</i>	<i>Pago por consulta. En soles.</i>
1	Médico	
2	Enfermero de la posta médica	
3	<i>Hampiq runa</i>	
4	Familiar	
5	Otros:	

2.5. ¿Quiénes son los miembros de la familia que han cuidado a los enfermos?

	<i>¿Cuántos días estuvo enfermo?</i>	<i>Persona que cuidó el enfermo (padre, madre, hermano adulto, hermana adulta, otro familiar adulto)</i>	<i>Número de días que acompañó al enfermo</i>
Enfermo 1			
Enfermo 2			

2.6. ¿Qué otros gastos (en soles) han sido necesarios para curar a la persona enferma?:

<i>Otros gastos para la curación de enfermo</i>	<i>Gasto en soles</i>
Transporte del enfermo hacia la posta médica u hospital de la ciudad de Sicuani.	
Otros gastos de la persona que lo ha acompañado a la posta médica u hospital.	

2.7. ¿En su opinión personal cómo considera la calidad actual del agua del río Vilcanota?

<i>Calidad (Marcar una X)</i>	<i>Buena ()</i>	<i>Regular ()</i>	<i>Mala ()</i>
-------------------------------	------------------	--------------------	-----------------

Si la respuesta es Regular o Mala, responda lo siguiente:

<i>¿Cuáles son los indicios que ha observado? (Marcar con X)</i>	<i>¿En qué meses son más visibles?</i>
Mal olor del agua ()	
Presencia de productos de plástico ()	
Presencia de animales muertos ()	
Presencia de excrementos humanos ()	
Presencia de detergentes ()	
Otros: Mencionar:	

2.8. Existe vida acuática en el río Vilcanota?

Presencias de seres vivos en el río	Si o No	Presencia normal o presencia escasa?	Si ya no se ven estos seres vivos. Desde qué año ya no se ven?
Presencia de peces			
Presencia de sapos, ranas.			
Presencia de aves.			
Otros seres vivos: Cuales?			

2.9. ¿Alguno de los miembros de su hogar ha recibido información que le advierte de los peligros para la salud que provienen del contacto con agua contaminada del río Vilcanota? (marcar una X)

SI ()	NO ()
--------	--------

Si la respuesta fue SI, responda lo siguiente:

<i>Miembro del hogar que ha recibido esta información</i>	<i>En qué lugar?: (Asamblea comunal, municipio, escuela, feria semanal, otros lugares)</i>
Padre	
Madre	
Hijo o hija	
Otro:	

2.10. ¿Cuál es el género del jefe del hogar rural en el cual se responde la encuesta? (marcar una X)

Masculino ()	Femenino ()
---------------	--------------

2.11. ¿Cuál es el último grado o nivel de educación formal obtenido por el jefe del hogar? (marcar una X)

Sin instrucción	
Primaria incompleta	
Primaria completa	
Secundaria incompleta	
Secundaria completa	

Técnica incompleta	
Técnica completa	
Universitaria incompleta	
Universitaria completa	

2.12. ¿Alguna de las mujeres que habitan en este hogar lava ropa en las orillas del río? (marcar X).

Si lava		No lava	
---------	--	---------	--

2.13. ¿Algunos de sus niños juegan en la orilla del río en contacto con el agua? (marcar una X).

Si juegan		No juegan	
-----------	--	-----------	--

2.14. ¿Existe la costumbre de lavarse las manos antes de comer sus alimentos? (marcar una X).

Costumbre de lavarse las manos	Padre	Madre	Jóvenes	Niños
Todas las veces				
Algunas veces				
Ninguna vez				

2.15. ¿Cuál es el gasto total mensual del hogar?

<i>Principales tipos de gastos mensuales en el hogar rural</i>	<i>Monto mensual en soles</i>
Compra de productos alimenticios de la ciudad (fideos, azúcar, sal, galletas)	
Compra de hortalizas en la feria semanal (cebolla, zanahoria, lechugas, otros)	
Compra de productos industriales de la ciudad (velas, pilas de radio, fósforos)	
Compra de tarjetas para teléfono celular o gastos de recargo.	
Compra de uniformes, cuadernos, lapiceros y libros.	
Compra de semillas, abonos y herramientas.	
Compra de llantas y repuestos de bicicleta y de autos.	
Pago mensual de préstamo obtenido por un miembro de la familia.	
Gastos en salud de un miembro del hogar que tiene enfermedad permanente.	
Otros gastos (especificar)	
GASTO TOTAL MENSUAL	

III. Variables para la estimación de la probabilidad de morbilidad del ganado vacuno por causa del agua contaminada.

3.1. En los últimos tres años, alguna cabeza de ganado vacuno de su propiedad o de un vecino cercano ha tenido alguna enfermedad por beber agua del río Vilcanota? (Marcar una X)

Si		No	
----	--	----	--

Si la respuesta es NO, pase a la pregunta 3.5

Si la respuesta fue SI. ¿Cuál es la enfermedad que ha tenido?

<i>Nombre de la enfermedad</i>	<i>Edad de la cabeza de ganado que la ha sufrido</i>	<i>Número de veces que la ha sufrido en un año</i>	<i>En qué lugar adquirió esa enfermedad?</i>

3.2. ¿Cuál es el gasto total anual de familia para la curación de enfermedades del ganado vacuno?

<i>Tipos de gastos efectuados para la curación de las enfermedades del ganado vacuno adquiridas por beber agua del río.</i>	<i>Monto en soles aproximado de cada tipo de gasto</i>
Medicamentos comprados en la tienda de productos veterinarios.	
Medicamentos caseros elaborados por miembros de la unidad familiar.	
Remuneración en dinero por los servicios brindados por el veterinario, técnico o extensionista campesino (kamayoc).	
Gastos de transporte hasta la ciudad de Sicuani para comprar los medicamentos veterinarios.	
Otros gastos (especificar)	
GASTO TOTAL ANUAL	

3.3. ¿Ha observado pérdida en el peso del ganado vacuno por causa del agua que ha bebido del río Vilcanota? (marcar una X)

	<i>Pérdida en kilos</i>
Si	
No	

3.4. ¿Ha observado una disminución en la producción diaria de leche de la vaca enferma por causa del agua que ha bebido del río Vilcanota? (marcar una X)

	<i>Cuál es la cantidad de leche de la vaca cuando está</i>	<i>Cuál es la cantidad de leche de la vaca cuando está enferma?</i>	<i>Pérdida en litros por día</i>

		<i>sana?</i>		
Si				
No				

3.5. ¿Alguno de los miembros de su hogar ha recibido información que le advierte de los peligros para la salud del ganado vacuno por beber el agua del río Vilcanota? (marcar una X)

<i>Respuesta</i>	<i>Marcar X</i>	<i>Nombre de la institución o persona que lo hizo</i>
Si		
No		

3.6. ¿El ganado vacuno de su unidad familiar bebe agua del río Vilcanota de manera directa? (marcar una X)

Si	
No	

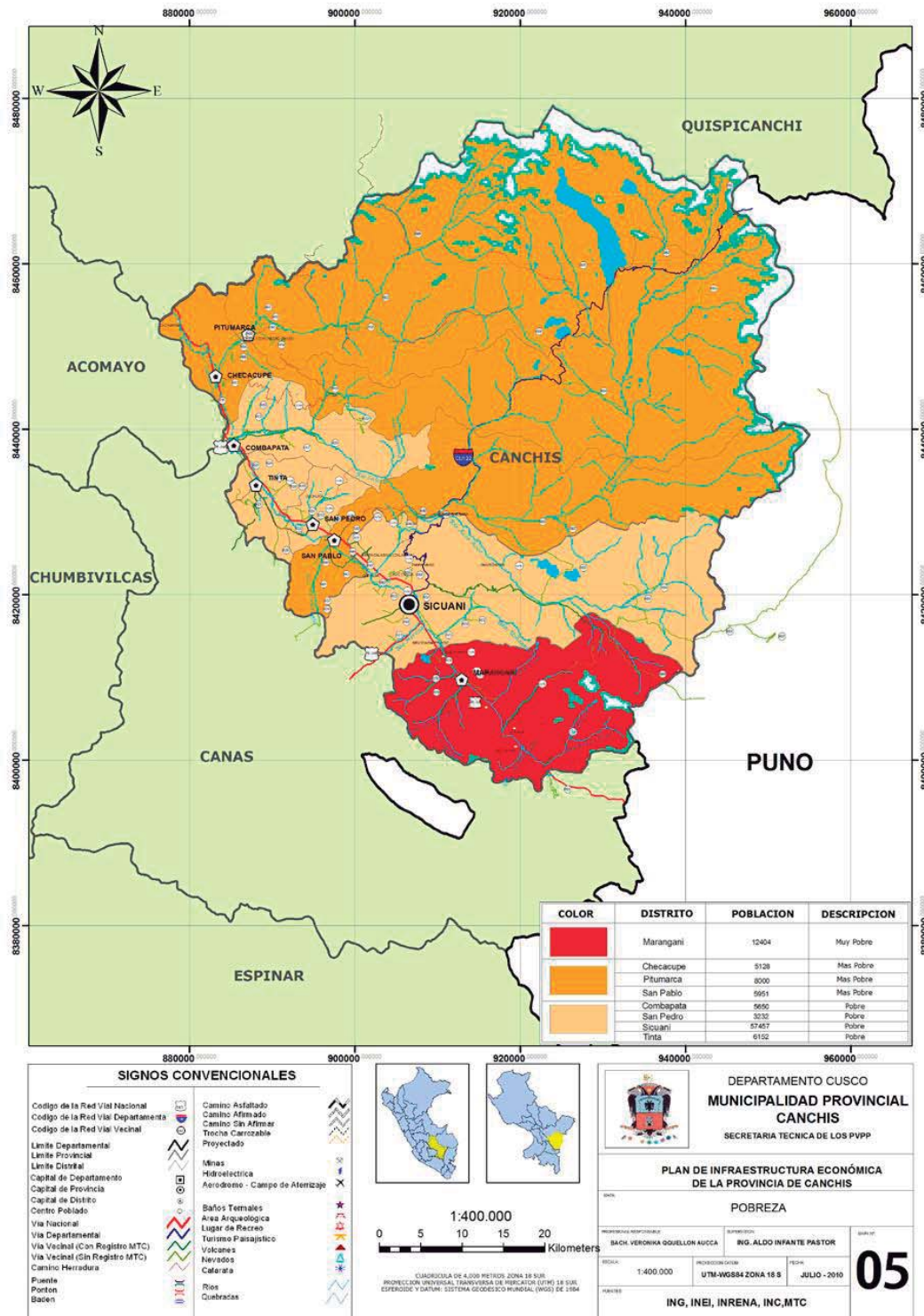
3.7. ¿Alguna vaca ha tenido que venderse por un precio más bajo del que costó comprarla, debido a que perdió mucho peso o estuvo enferma?

<i>Respuesta</i>	<i>Cuántas cabezas</i>	<i>¿Cuánto ha perdido en soles por esta venta de menor precio?</i>
Si		
No		

3.8 ¿Alguna vaca, ternera, o toro, han muerto por este tipo de enfermedades?

<i>Respuesta</i>	<i>Cuántas cabezas</i>	<i>Cuánto ha perdido en soles por estas muertes</i>
Si		
No		

ANEXO 3 MAPA DE POBREZA RURAL EN LA PROVINCIA DE CANCHIS, DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO



ANEXO 4 FOTOGRAFÍA DE ACCIONES DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO VILCANOTA



Fuente: Portal Sicuani Noticias. Link: <http://www.sicuaninoticias.pe/p/quienes-somos.html>