



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL
FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

Huella hídrica del ganado vacuno en sistema de crianza ubicado en gran altitud.

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Biomédicas	Ciencias y Producción Animal	Ciencias Agrícolas

3. Duración del proyecto (meses)

12 meses (Del 01 de enero al 31 de diciembre de 2022).

4. Tipo de proyecto

Individual	
Multidisciplinario	•
Director de tesis pregrado	

5. Datos de los integrantes del proyecto

1. Apellidos y Nombres	Roque Huanca Bernardo
Escuela Profesional	Medicina Veterinaria y Zootecnia
Celular	950905190
Correo Electrónico	b.roque@unap.edu.pe
2. Apellidos y Nombres	Benito López Diannett
Escuela Profesional	Medicina Veterinaria y Zootecnia
Celular	990858037
Correo Electrónico	dbenito@unap.edu.pe
3. Apellidos y Nombres	Ávila Felipe Marino Francisco
Escuela Profesional	Medicina Veterinaria y Zootecnia
Celular	950685554
Correo Electrónico	mfavila@unap.edu.pe

I. Título

Huella hídrica del ganado vacuno en sistema de crianza ubicado en gran altitud.

II. Resumen

La inseguridad hídrica es un problema emergente en estos tiempos de evidente calentamiento global y cambios climáticos. El proyecto tiene por objetivo determinar la huella hídrica (HH) del ganado vacuno en el Altiplano de Perú. El trabajo se realizará en el Centro Experimental de Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, a 3985 m de altitud, durante los meses de junio a setiembre de la estación seca, con ganado productor de leche de la raza Brown Swiss y ganado productor de carne de la raza criolla, Aberdeen Angus y Charoláis. La HH se determinará mediante metodología del estándar mundial de evaluación, en tres pasos: contabilidad de HH, evaluación de impactos de HH, y toma de decisiones con respecto a los impactos, en tres tipos de HH: HH verde, referida al agua de lluvia incorporada en el producto (pastos y forrajes), a partir de los registros de precipitación del SENAMHI durante los 10 últimos



años; HH azul, al consumo directo o indirecto de agua por los animales; y HH gris, a la calidad del agua y su posible contaminación debido a los vertidos, a través de la concentración máxima permisible del N (nitrógeno) y P (fósforo) en el agua. Los resultados evidenciarán las líneas y las fases productivas de mayor consumo de agua, con relación a la media mundial, que servirá para generar propuestas de nuevos modelos productivos para una ganadería de precisión, con una adecuada gestión del recurso hídrico amigable con el medio ambiente, en condiciones de gran altitud.

III. Palabras clave (Key words)

agua, consumo de agua, estrés hídrico, huella hídrica, inseguridad hídrica, riesgo hídrico, seguridad hídrica, vacunos

IV. Justificación

El agua es un nutriente vital que interviene en todas las funciones básicas del organismo, con un consumo mucho mayor que otros nutrientes, por lo que su disponibilidad y calidad son extremadamente importantes para la salud y la producción animal (Olkowski, 2009). La disponibilidad de agua está cambiando en el mundo debido a que el cambio climático está causando variaciones en el ciclo hidrológico, y sin duda, afectará el acceso futuro al agua para consumo, saneamiento y producción (Konapala et al., 2020), con mayor impacto en los Andes de Perú.

La inseguridad hídrica, definida como el acceso inadecuado o inequitativo a agua limpia, segura y asequible para beber, cocinar y el saneamiento y la higiene (Schimpf & Cude, 2020), es uno de los problemas más urgentes que atender en el futuro próximo inmediato, puesto que para el año 2100, la actual población mundial de 7.79 billones de habitantes, incrementará a 10.88 billones, con un incremento de 3.09 billones (UN, 2019) y junto con ella la demanda de alimentos y agua dulce.

El Servicio Geológico de Estados Unidos ha reportado que el agua dulce en la Tierra representa solo el 2.5%, siendo el restante 0.9% agua salobre y el 96.5% agua de los océanos (USGS, 2019), y que unas 3.2 billones de personas de la población mundial están bajo estrés hídrico durante al menos 1 mes al año (Vanham et al., 2021), y que unas 6 billones de personas en el mundo sufrirán escasez de agua limpia para el año 2050, como consecuencia de la creciente demanda de agua, la reducción de los recursos hídricos y la creciente contaminación del agua, impulsada por el drástico crecimiento poblacional y económico (Boretti & Rosa, 2019).

La huella hídrica (HH), definida como el volumen de agua dulce utilizado por un individuo, comunidad o empresa para producir una unidad de producto o servicio, es un concepto emergente del manejo ambiental de la producción (Hoekstra et al., 2009), la misma que se expresa en tres formas, según el uso consuntivo: HH verde, relacionada con el agua de lluvia incorporada en el producto; HH azul, con el uso consuntivo de agua dulce (superficial o subterránea) evaporada; HH gris, relacionada con la calidad del agua y su posible contaminación debido a los vertidos (Hoekstra & Mekonnen, 2012).

La magnitud de uso del agua en ganadería varía según los tipos de animales y los sistemas de producción, siendo 1000 m³/ton en vacas lecheras, 15400 m³/ton en vacunos de carne, 10400 m³/ton en ovinos de carne, 6000 m³/ton en cerdos, 5500 m³/ton en cabras, 3300 m³/ton en gallinas de postura, o 4300 m³/ton en pollos (Mekonnen & Hoekstra, 2012), los mismos que corresponde a ganadería intensiva, siendo escasa la información en los sistemas extensivo o mixto (Thornton, 2010), por lo que es necesario investigar en condiciones de la gran altitud de los Andes de Perú, donde la disponibilidad de agua es dependiente del régimen de lluvias y los glaciares, los mismos que están en riesgo de desaparecer (Motschmann et al., 2020).

El reporte elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) y el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF), indica que el Perú es un

país privilegiado por tener reservas de agua; sin embargo, esas reservas están en riesgo de desaparecer por el cambio climático, por lo que es necesario investigar estos aspectos a fin de diseñar políticas públicas y normas que promuevan el uso eficiente del agua y el reconocimiento de los usuarios hídricamente responsables (Conyngam et al., 2015).

A diferencia de la huella de carbono que tiene un impacto global porque afecta el planeta, debido a que las emisiones de los gases de efecto invernadero se vierten en la atmósfera, que provoca el calentamiento global y el cambio climático (Kucukvar et al., 2015), la huella hídrica tiene un impacto ambiental, social o económico local, donde cada realidad tiene sus características es necesario contar con información para la toma de decisiones (Gerbens-Leenes et al., 2021). El proyecto plantea investigar la huella hídrica en el ganado vacuno del altiplano de Perú, como referente para determinar el uso sostenible del recurso hídrico a nivel territorial.

V. Antecedentes

5.1 Huella hídrica

La huella hídrica es un indicador del uso de agua dulce que no se centra únicamente en el uso directo del agua por parte de un consumidor o de un productor, sino que se centra también en su uso indirecto. La huella hídrica puede considerarse un indicador integral de la apropiación de los recursos hídricos frente a la medida tradicional y restrictiva de la extracción de agua. Es el volumen de agua dulce usado para elaborar el producto, medido a lo largo de la cadena de suministro completa. Se trata de un indicador multidimensional que muestra los volúmenes de consumo por origen y los volúmenes de contaminación por tipo de contaminación; todos los componentes del agua dulce total están geográfica y temporalmente especificados (Hoekstra, A. et al. 2011). De esta forma se llegan a establecer tres componentes en el proceso de producción de un producto.

Huella Hídrica azul: Es un indicador de uso consuntivo de agua dulce de superficie o subterránea. Es decir: el agua se evapora, el agua se incorpora a un producto, el agua no vuelve a la misma zona de flujo, por ejemplo, es devuelta a otra zona de captación o al mar y el agua no vuelve en el mismo período.

Huella Hídrica verde: Es un indicador del uso humano del agua conocida como verde. Esta se refiere a la precipitación sobre la tierra que no provoque escorrentía o se sume a las aguas subterráneas, pero que se mantenga en el suelo, en la superficie o en la vegetación.

Huella Hídrica Gris: Se refiere al volumen de agua que se requiere para asimilar los residuos, cuantificada en el volumen de agua necesaria para diluir los contaminantes hasta el punto de que la calidad del agua ambiental se mantenga por encima acordado las normas de calidad del agua. (Chapagain et al., 2005).

5.2 El agua virtual

Fue definido como el agua “contenida” en un producto, entendiendo por tal, no únicamente la cantidad física contenida en el producto, sino la cantidad de agua que ha sido necesario utilizar para generar dicho producto. No obstante, la potencialidad del concepto viene de la mano de dos factores: 1) por un lado, el AV nos proporciona información de los requerimientos de agua, no únicamente de los productos agrícolas, sino también del resto de bienes y servicios. Así, se puede hablar de la cantidad de agua (en metros cúbicos) que hay que utilizar para producir un kilo de trigo, un kilo de carne de vaca, una cerveza, etc. 2) Por otro lado, el AV alcanza todo su potencial cuando se la relaciona con el comercio, facilitando información de los flujos de AV entre países. Así, se puede hablar del agua virtual exportada y el agua virtual importada a través del agua “contenida” en los productos comercializados. Ya Fishon (1989) concluía que no resultaba muy inteligente exportar bienes para cuya producción había sido necesario consumir grandes cantidades de agua en aquellos países con problemas de escasez hídrica. De esta manera, el AV se va configurando como un indicador

que no solo nos proporciona información sobre los requerimientos de agua de la producción, sino que se podría utilizar para analizar los flujos comerciales en términos de agua. (Velázquez, n.d.)

Prácticamente todos los productos que consumimos contienen un cierto volumen de agua virtual, pudiendo existir importantes diferencias en el contenido de agua virtual de unos productos a otros. Por regla general, son los productos del sector alimentario los más ricos en agua virtual. En el caso de la agricultura, esto se debe a la ingente cantidad de agua -sea verde o azul necesaria para sustentar el crecimiento de cualquier cultivo. Por lo que respecta a los productos de la ganadería, como carnes o lácteos, la mayor parte del agua virtual proviene de los piensos que se suministran al animal a lo largo de su vida, ya que estos frecuentemente tienen origen vegetal. Por ejemplo, producir 200 gramos de jamón serrano supone un consumo de alrededor de unos 1.100 litros de agua, de los cuales más del 90% corresponden al agua necesaria para cultivar los piensos que el cerdo ingiere desde su nacimiento hasta su sacrificio. Decimos, por tanto, que en 200 gramos de jamón hay 1.100 litros de agua virtual. De la misma manera, unos pantalones vaqueros llevan embebidos unos 10.000 litros de agua, que fundamentalmente se corresponden con el volumen de recurso necesario para producir una cantidad suficiente de algodón (Díaz et al; 2011).

5.3 Seguridad hídrica

La seguridad hídrica, definida como aquella que garantiza agua suficiente en calidad y cantidad para los diversos usos, a precios asequibles y en equidad, así como la protección de las personas y sus bienes ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, enfrenta grandes retos en el futuro inmediato, que se manifiestan en fenómenos de escasez, contaminación de los cuerpos de agua, conflictos por el recurso y deterioro ambiental. Las principales fuerzas impulsoras de este proceso son el crecimiento demográfico, la urbanización, la demanda creciente de energía y alimentos, el cambio climático y la deficiente gestión del agua. (Martínez; 2013)

5.4 Estrés hídrico

La FAO (2021) define al estrés hídrico como la proporción del total de extracciones de agua dulce de todos los sectores principales (agrícola, municipal, industrial) respecto del total de recursos renovables de agua dulce, tomando en cuenta las necesidades de caudal ambiental. El estrés hídrico es provocado por el hombre, como una función del volumen de extracciones de agua realizadas por este con respecto al volumen de recursos hídricos disponible en una zona dada una vez sustentados los ecosistemas hídricos. Por consiguiente, una región árida donde la disponibilidad hídrica es muy escasa pero no hay competencia humana por el agua no se considerará “con estrés hídrico”, sino “árida”. El estrés hídrico es una realidad física objetiva que puede medirse de manera sistemática en las distintas regiones y a lo largo del tiempo. El indicador se ha diseñado para seguir los progresos hacia la realización de la meta 6.4 de los ODS, y específicamente de su componente ambiental de “asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua”. Este indicador es fruto de la evolución del indicador 7.5 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, “proporción del total de recursos hídricos utilizado”⁴. El estrés hídrico refleja la disponibilidad física de agua dulce, no en qué medida el agua es idónea para el uso.

5.5 Cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, afirma que “el calentamiento en el sistema climático es inequívoco” y que desde 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos milenios; la atmósfera y el océano han aumentado su temperatura, los volúmenes de hielo y nieve han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han

aumentado, a consecuencia de la actividad humana como el cambio en el uso del suelo y los procesos industriales, en los cuales se queman carburantes fósiles como el petróleo, el gas y la gasolina, que liberan dióxido de carbono a la atmósfera (HERRÁN, 2012; IPCC, 2014). Este conjunto de fenómenos ha sido definido como cambio climático por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio (Buitrago-Guillen et al., 2018).

El Perú se encuentra entre los diez países con mayores reservas de agua en el mundo, si se considera su potencial de agua superficial y subterránea. Sin embargo, es un país de diferencias hidrológicas extremas. La vertiente del Atlántico, que representa más del 70% del territorio peruano, recibe altos niveles anuales de precipitación y abundantes recursos hídricos disponibles para su uso (cerca del 98% del agua disponible en el Perú), sin embargo, cuenta con una baja densidad poblacional y un escaso desarrollo industrial. Por su parte, la vertiente del Pacífico cuenta con 62 cuencas que concentran el 2% de los recursos hídricos del país, pero alrededor del 63% de la población nacional, las ciudades más pobladas del país y la mayor concentración de actividad económica que aporta más del 80% del PBI. Una tercera vertiente es la del Lago Titicaca, al sur del país, que contiene cerca del 0,3% del agua disponible en el Perú y el 4% de la población. Es por ello que, a pesar de la aparente abundancia de agua, el Perú se encuentra entre los cinco países más vulnerables al cambio climático (MINAGRI et al; 2015).

5.6 Ganadería y cambio climático

La ganadería es la actividad humana que ocupa la mayor superficie de tierra; el área total dedicada a la producción ganadera es del 70% del área agrícola del planeta y el 30% de toda la superficie terrestre del mismo. Esta actividad, provee aproximadamente el 30% de la proteína para consumo humano en el mundo y contribuye al bienestar de mil trescientos millones de personas, pero al mismo tiempo, impacta negativamente en todas las esferas del medioambiente: aire, suelo, agua y biodiversidad; influyendo en el CC. La ganadería se constituye en una actividad contaminante al verter materia orgánica, patógenos y residuos farmacológicos a las fuentes de agua y al expandir la producción a zonas no aptas para esta actividad, generando: deforestación, degradación, compactación y erosión de los suelos (Patiño et al., 2017).

El efecto del clima en el ganado bovino es variable y complejo, ya que condiciona el medioambiente en el que los animales viven y se reproducen. Sus influencias en el bienestar y producción animal han sido reconocidas y estudiadas desde 1950. El clima afecta al ganado directa e indirectamente, ya que modifica la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, los requerimientos de agua y energía, la cantidad de energía consumida y el uso de ésta. Los animales hacen frente a las condiciones adversas del clima mediante la modificación de mecanismos fisiológicos y de comportamiento para mantener su temperatura corporal dentro de un rango normal. Como consecuencia, es posible observar alteraciones en el consumo de alimento, comportamiento y productividad. Estos cambios se acentúan bajo condiciones extremas de frío o calor, implicando drásticas reducciones en los índices productivos, tales como tasa de ganancia de peso y producción diaria de leche. La mayor parte de la investigación en esta área ha sido realizada principalmente en cámaras de ambiente controlado, con énfasis en la respuesta fisiológica y productiva del animal. Actualmente, el principal esfuerzo de investigación se concentra en el desarrollo de índices de estrés térmico que permitan mitigar los efectos negativos del clima en la productividad y supervivencia del ganado. Durante las dos últimas décadas la comunidad global ha experimentado una creciente preocupación por el medioambiente y su impacto en el desarrollo local, regional y nacional. En el área de la producción animal los estudios ambientales se han centrado particularmente en la contaminación que éstos generan al medioambiente, en especial aquellos que congregan cientos a miles de animales en superficies reducidas. Sin embargo, ésta es tan sólo una de las aristas de la compleja interacción animal-medioambiente. Comparativamente, se ha brindado una menor atención al estudio de los efectos del clima y

del medioambiente sobre la salud y desempeño productivo de los animales, especialmente durante el último tiempo en el que se han reportado mayores anomalías climáticas. (Arias et al., 2008).

5.7 Eutrofización del agua

En países desarrollados se ha demostrado que existe una fuerte relación causa-efecto entre la actividad ganadera y la contaminación difusa de los cursos de agua superficiales, en especial de su eutrofización por altas concentraciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) (Alfaro y Salazar, 2005). El mayor uso de insumos, el incremento de la carga animal, la falta de normas de manejo mejoradas e integrales y la incorporación de zonas de mayor pendiente y suelos marginales, permiten prever un bajo nivel de eficiencia en el uso del N y P, los cuales ingresan como fertilizantes a los sistemas ganaderos de la región, incrementándose potencialmente sus pérdidas, con los efectos negativos que ello tiene en el ambiente (Paz et al; 2011).

VI. Hipótesis del trabajo

La crianza de ganado vacuno en gran altitud, dado el sistema de crianza, extensivo o mixto, tiene un alto consumo de agua, sobre todo de consumo indirecto, con huella hídrica alta.

VII. Objetivo general

Evaluar la huella hídrica del ganado vacuno en sistema de crianza ubicada en gran altitud.

VIII. Objetivos específicos

Determinar el consumo directo de agua del ganado vacuno productor de leche y carne.
Determinar el consumo indirecto de agua del ganado vacuno productor de leche y carne.
Evaluar el impacto de la huella hídrica del ganado vacuno productor de carne y leche.

IX. Materiales y métodos

9.1. Población y muestra

La población para el estudio estará conformada por el ganado vacuno productor de carne, en sus tres razas: Criolla, Aberdeen-Angus y Charoláis, así como el ganado vacuno productor de leche, en su única raza Brown del Centro Experimental de Chuquibambilla presentes en el área de pastoreo, dentro de la cuenca del río Ramis, durante los meses de junio-agosto (época seca).

La muestra estará conformada por 10 toretes de cada una de las razas Criolla, Aberdeen-Angus y Charoláis de 12-24 meses en fase de engorde, así como 10 vacas lecheras Brown Swiss de primer, segundo y tercer parto en producción de leche, obtenida por muestreo estratificado. El peso vivo de los animales se determinará con balanza electrónica o mecánica. La producción de leche se obtendrá de los registros de producción.

9.2. Metodología

9.2.1. Determinación del consumo indirecto de agua

El consumo indirecto de agua está dado por el consumo de agua de los cultivos de pastos y forrajes para la producción de biomasa vegetal en materia seca por unidad de área, en función de sus requerimientos de agua, la misma que se determinará a través del consumo de alimento. se determinará a partir del cálculo del agua contenida en los alimentos ingeridos por el ganado, así como los usos del agua el en lavado de las instalaciones, utensilios, actividades de manejo y pérdidas por fugas. El agua contenida en los alimentos ingeridos se calculará a través del software CROPWAT-FAO 8.0, recomendado por la FAO para calcular los

requerimientos de agua de los cultivos a partir de datos climáticos y del cultivo (Surendran et al., 2015). Los datos climáticos se obtendrán del puesto de registro de SENHAMI ubicado en el mismo Centro Experimental y otros anexos.

Además, se determinará el contenido de agua de todos los alimentos ingeridos por los animales, en términos de humedad y su contraparte materia seca. La materia seca (MS) corresponde a la porción del alimento exento de humedad, a determinar en muestras homogéneas y representativas de pastos y forrajes frescos dominantes mediante el método de secado en horno de aire caliente forzado durante 48 horas a 60°C hasta peso constante cuyo contenido se calculará mediante la siguiente fórmula (Donnelly et al., 2018):

$$MS, \% = \frac{\text{Materia seca obtenida}}{\text{Materia fresca analizada}} \times 100$$

Así mismo, se calculará el agua consumida en forma indirecta por las pre-cadenas de producción de maquinaria, equipo, construcciones y materiales de operación relacionados a la producción de vacunos, a partir de la base de datos Ecoinvent V2.2, la misma que distingue el agua por fuente (lago, río, sal/océano, sal/suela, origen natural no especificado, pozo subterráneo) y uso (refrigeración, uso de turbinas) (Döring et al., 2013).

9.2.2. Determinación del consumo directo de agua

El consumo directo de agua corresponde a la ingestión individual de agua de bebida de los animales (L/día), según sus requerimientos, el mismo que se medirá a través de la diferencia entre el agua ofrecida y el agua rechazada por cada animal, en un bebedero con volumen conocido, cada 24 horas, durante 60 días (Axegård, 2017). Además, se utilizará modelos de predicción de ingestión de agua libre (IAL), en casos que no sea posible medir directamente, a través del siguiente modelo (Krauß et al., 2016).

$$IAL, L/d = -27.937 + 0.49 \times T + 3.15 \times L$$

Donde:

T: temperatura media (°C)

L: producción de leche (kg/d)

O alternativamente, a través del siguiente modelo (Cardot et al., 2008):

$$IAL, L/d = 1.53 \times IMS + 1.33 \times L + 0.89 \times MS + 0.57 \times T - 0.30 \times R - 25.65$$

Donde:

IMS: ingestión de materia seca (kg/d).

L: producción de leche (kg/d).

MS: contenido de materia seca del alimento (%).

T: temperatura mínima (°C).

R: precipitación pluvial (mm/d).

9.2.3. Determinación de la huella hídrica

Para el cálculo de la huella hídrica para la producción de un kilogramo de carne se empleará la siguiente fórmula:

$$HH_C = \frac{CAA + UdA}{PKC}$$

Donde:

HH_C: Huella hídrica carne (cantidad de agua necesaria para producir un kilogramo de carne).

CAA: Consumo de agua por parte del animal. Dada por la suma de Consumo directo de agua + consumo indirecto de agua.

UdA: Uso de agua.

PKC: Producción de kilogramos de carne del hato.

Huella hídrica azul

La huella hídrica azul referencial (HH_{azul referencial}), referida al volumen de agua dulce consumida de los recursos hídricos del planeta (aguas superficiales y subterráneas), se calculará considerando los siguientes parámetros: evapotranspiración del cultivo (ET_c), precipitación pluvial efectiva (PP_{ef}), rendimiento referencial (R_{ref}), a través de la siguiente fórmula (Hoekstra et al., 2011):

$$HH_{\text{azul referencial}} = \frac{ET_{\text{cultivo}} - PP_{\text{efectiva}}}{R_{\text{ref}}}$$

Huella hídrica verde

La huella hídrica verde referencial (HH_{verde ref}), referida al volumen de agua evaporada de los recursos hídricos del planeta (agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad), se calculará considerando la precipitación pluvial efectiva (PP_{ef}), rendimiento referencial (R_{ref}), a través de la siguiente fórmula (Hoekstra et al., 2011):

$$HH_{\text{verde ref}} = \frac{PP_{\text{ef}}}{R_{\text{ref}}}$$

Huella hídrica gris

La huella hídrica gris referencial, referida al volumen de agua contaminada que se asocia con la producción de carne o leche o lo que es lo mismo, cuánta agua necesito añadir al agua que he contaminado para diluir dicha contaminación, se calculará considerando la cantidad (kg/ha) de producto químico aplicado, el factor de lixiviación del producto (FL), la concentración máxima permitida en el acuífero, el rendimiento referencial (R_{ref}), mediante la siguiente fórmula (Hoekstra et al., 2011):

$$HH_{\text{gris ref}} = \frac{\text{Cantidad de producto} * FL}{C_{\text{máx}} - C_{\text{nat}}}$$

Para estimar la HH gris se tiene en cuenta la cantidad del contaminante y la diferencia existente entre la concentración máxima permitida y su concentración natural en el cuerpo de agua que lo está recibiendo. Esta última hace referencia a la concentración de contaminante en ausencia de intervención del hombre. Es posible determinar la HH gris de manera directa con base en la descarga en cuerpos de agua superficial; sin embargo, es importante tener en cuenta que los plaguicidas y fertilizantes se vierten sobre el suelo, en consecuencia, algunas fracciones pueden ser atenuadas por este o infiltrarse hacia el agua subterránea, por lo que al cálculo de HH gris corresponde entonces a la contaminación escurrida e infiltrada (Mahamud & Suárez, 2007 citado por Corredor, et al; nd).

La cantidad de agua consumida depende de las condiciones de manejo de los predios, del tipo de suelo, tipo de cultivo y de las condiciones climáticas imperantes. Razón por lo cual es necesario un análisis integral de la unidad

productiva donde se pretenda evaluar este parámetro, se realiza la contabilidad del índice, que corresponde al análisis cuantitativo del volumen de agua consumida o contaminada durante la producción de un bien y sus insumos.

Con respecto a la producción lechera, existen estudios en Holanda que entregan un valor de referencia del agua consumida durante la producción de un litro de leche (Hoekstra y Chapagain, 2003 citados por Broussain, 2011), dichos estudios fueron realizados analizando la cantidad de agua consumida por la vaca en la alimentación, bebida y en los servicios de obtención de la leche, a lo largo de toda la vida del animal (Páez, 2015)

9.2.4. Análisis estadístico

Los datos se expresarán en medidas de tendencia central y dispersión, tales como promedio y desviación estándar, respectivamente. La significancia entre razas de vacunos de carne se estimará a través de un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía en diseño completo al azar, con tres grupos (razas o clases) y sus réplicas, sujeto al siguiente modelo aditivo lineal fijo (Eze et al., 2018).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} : variable respuesta.

μ : media general de la variable respuesta.

τ_i : variación entre razas.

ε_{ij} : variación entre observaciones.

Las medias se compararán mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$), y las significancias se calcularán con el programa VassarStats de acceso libre (Lowry, 2019).

9.3. Tabla de recolección de datos por objetivos específicos.

Se debe considerar cómo se obtendrá la información necesaria que permita lograr los objetivos de la investigación.

X. Referencias

- Axegård, C. (2017). Individual drinking water intake of dairy cows in an AMS barn. In *SLU* (Issue 595). https://stud.epsilon.slu.se/10295/1/axegard_c_170627.pdf
- Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *Npj Clean Water*, 2(15), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- Cardot, V., Roux, Y. Le, & Jurjanz, S. (2008). Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their Water Intake. *Journal of Dairy Science*, 91, 2257–2264. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0204>
- Conyngam, S., Orr, S., Llerena, C. A., Mariluz, J. P., León-melgar, P., Duss, J., Autoridad, F., & Ana, A. (2015). *Huella hídrica del Perú: Sector agropecuario*.
- Donnelly, D. M., Dórea, J. R. R., Yang, H., & Combs, D. K. (2018). Technical note: Comparison of dry matter measurements from handheld near-infrared units with oven drying at 60 ° C for 48 hours and other on-farm methods. *Journal of Dairy Science*, 101, 9971–9977. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14027>
- Döring, K., Kraatz, S., Prochnow, A., & Drastig, K. (2013). Indirect water demand of dairy farm buildings. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15(4), 16–22. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2726/1790>
- Eze, F. C., Adimonye, F. O., & Urama, K. U. (2018). On Two Tests for Main Effects in A Balanced Two-way Interactive Model. *Mathematical Theory and Modeling*, 4(10), 83–



- 90.
- FAO. (2021). *Progress on level of water stress: Global status and acceleration needs for SDG indicator 6.4.2*. FAO and UN. <https://www.fao.org/3/cb6241en/cb6241en.pdf>
- Gerbens-Leenes, W., Berger, M., & Allan, J. A. (2021). Water Footprint and Life Cycle Assessment: The Complementary Strengths of Analyzing Global Freshwater Appropriation and Resulting Local Impacts. *Water*, 13(803), 1–6. <https://doi.org/10.3390/w13060803>
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2009). Water footprint manual: State of the art. In *Spinal Cord The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. London: Earthscan. p 203 (Issue November). Water Footprint Report. www.waterfootprint.org
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- Konapala, G., Mishra, A. K., Wada, Y., & Mann, M. E. (2020). Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nature Communications*, 11(3044), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w>
- Krauß, M., Drastig, K., Prochnow, A., Rose-Meierhöfer, S., & Kraatz, S. (2016). Drinking and Cleaning Water Use in a Dairy Cow Barn. *Water*, 8(302), 1–16. <https://doi.org/10.3390/w8070302>
- Kucukvar, M., Egilmez, G., Onat, N. C., & Samadi, H. (2015). A global, scope-based carbon footprint modeling for effective carbon reduction policies: Lessons from the Turkish manufacturing. *Sustainable Production and Consumption*, 1, 47–66. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2015.05.005>
- Lowry, R. (2019). VassarStats: Website for Statistical Computation. In *Vassar College, NY USA*.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*, 15, 401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Motschmann, A., Huggel, C., Muñoz, R., & Thür, A. (2020). Towards integrated assessments of water risks in deglaciating mountain areas: water scarcity and GLOF risk in the Peruvian Andes. *Geoenvironmental Disasters*, 7(26), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00159-7>
- Olkowski, A. A. (2009). *Livestock Water Quality: A field guide for cattle, horses, poultry and swine*. Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Schimpf, C., & Cude, C. (2020). A Systematic Literature Review on Water Insecurity from an Oregon Public Health Perspective. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(1122), 1–23. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031122>
- Surendran, U., Sushanth, C. M., Mammen, G., & Joseph, E. J. (2015). Modelling the crop water requirement using FAO-CROPWAT and assessment of water resources for sustainable water resource management: A case study in Palakkad district of humid tropical Kerala, India. *Aquatic Procedia*, 4, 1211–1219. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.154>
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2853–2867. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>
- UN. (2019). World Population Prospects 2019. Volume I: Comprehensive Tables. In *Department of Economic and Social Affairs. World Population Prospects 2019.: Vol. I*. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Volume-I_Comprehensive-Tables.pdf
- USGS. (2019). *The distribution of water on, in, and above the Earth*. October 25, 2019. <https://www.usgs.gov/media/images/distribution-water-and-above-earth#:~:text=About>



71 percent of the, in you and your dog.

Vanham, D., Alfieri, L., Flörke, M., Grimaldi, S., Lorini, V., Roo, A. De, & Feyen, L. (2021). The number of people exposed to water stress in relation to how much water is reserved for the environment: a global modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5, e766-774. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00234-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00234-5)

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

Los resultados evidenciarán las líneas y las fases productivas de mayor consumo de agua, con relación a la media mundial, que servirán para generar propuestas de nuevos modelos productivos orientado a una ganadería de precisión, con una adecuada gestión del recurso hídrico amigable con el medio ambiente, en condiciones de gran altitud.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

La medición de la huella de agua posibilita implementar medidas de manejo en la crianza a fin de optimizar la eficiencia hídrica y el uso racional del agua en la ganadería.

ii. Impactos económicos

Los procesos productivos óptimos se manifiestan con la obtención de mayores cantidades con menores inversiones de insumos, lo que en términos económicos se expresan en mayores ingresos y beneficios.

iii. Impactos sociales

La mayor eficiencia de los procesos productivos y económicos se manifiestan con un mayor grado de felicidad de los productores y un mayor bienestar social.

iv. Impactos ambientales

La optimización del uso de agua en los procesos productivos mitiga los impactos en el medio ambiente, incrementando la seguridad hídrica.

XIII. Recursos necesarios

Instalaciones del Centro Experimental de Chuquibambilla.
Animales del Centro Experimental Chuquibambilla.
Laboratorios de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

XIV. Localización del proyecto

El trabajo se realizará en el Centro Experimental Chuquibambilla (CECH) de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ubicado en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar y Dpto. de Puno, a 3910 m de altitud, 14° 47' 35" de latitud Sur y a 70° 43' 50" de longitud Oeste, el mismo que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Ramis, con un punto de monitorización de la precipitación pluvial del SENAMHI, en el mismo Centro Experimental.

La caracterización del sector pecuario tomará en cuenta tres variables, el clima, el suelo y el recurso productivo. Las variables climáticas y de precipitación se obtendrán de las estaciones climáticas que abarquen la zona de estudio, consolidando datos de temperatura mínima y máxima, porcentaje de humedad, viento, horas de sol y precipitación (Arévalo & Campuzano, 2013 Citado por Corredor, et al; nd)

XV. Cronograma de actividades



Actividad	Trimestres											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Preparación académica y técnica del proyecto												
Preparación de instrumentos de recolección de datos												
Recolección de datos de campo												
Análisis de laboratorio												
Elaboración del informe												
Presentación del informe final												

XVI. Presupuesto

Descripción	UM	CU, S/	Cantidad	Costo total (S/.)
Materiales de laboratorio	Varios	2.500.00		2.500.00
Reactivos de laboratorio	Varios	2.500.00		2.500.00
Pasajes y viáticos	Varios	2.500.00		2.500.00
Subtotal				7.500.00
Imprevistos				750.00
Total				8.250.00

El financiamiento estará a cargo de alguna fuente financiera a solicitar, o en todo caso a cargo de los investigadores partícipes del proyecto.

Puno, 28 de enero de 2022

Bernardo Roque Huanca
DOCENTE PRINCIPAL

Diannett Benito López
DOCENTE AUXILIAR

Francisco Ávila Felipe
DOCENTE PRINCIPAL