



Universidad del Azuay

Escuela de Posgrados

“Estimación de la contaminación generada por la actividad pecuaria en la cuenca del río Machángara en las provincias de Cañar y Azuay como complemento a la ejecución de su Plan de Manejo Ambiental.”

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Autor: Ing. Luis Felipe Díaz Espinoza

Director: Ing. Jaime Domínguez Durán Msc.

**Cuenca, Ecuador
2015**

RESUMEN

Debido a la importancia de la cuenca del Río Machángara, especialmente con relación a la producción hídrica que se genera en ésta y como aporte a su Plan de Manejo Ambiental, el cual no contempla dentro de sus apartados el impacto ambiental de la actividad pecuaria sobre la cuenca; en el presente trabajo se ha planteado desarrollar una síntesis de los principales problemas ambientales ligados a la actividad pecuaria en la cuenca del Machángara, específicamente los relacionados con manejo de excretas y fermentación entérica. Para lo cual, se consideró factores como: tipo y volumen de la población pecuaria de la cuenca, principales contaminantes asociados a la actividad pecuaria, características de las prácticas pecuarias de la cuenca, entre otros; que sirvieron de insumo para estimar volúmenes aproximados de contaminantes por ésta actividad.

Una vez estimados los volúmenes de contaminantes se calculó su equivalencia a la producida por una población humana, lo cual permitió realizar un análisis cualitativo y cuantitativo del efecto ambiental de la actividad pecuaria sobre la cuenca, dando como resultado, que si bien, la misma es una fuente importante de contaminación, el área de estudio no es afectada de manera significativa por ésta, siendo capaz de absorber el impacto ambiental generado por la actividad pecuaria bajo la situación actual.

PALABRAS CLAVE

Actividad Pecuaria. Contaminación. Nutrientes. Gases de Efecto Invernadero. Calidad de Agua. Habitante Equivalente. Estiércol.

ABSTRACT

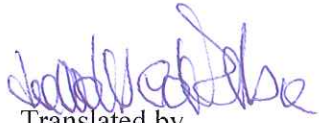
Due to the importance of the *Machángara* River Basin, especially because of the water production it generates, and as a contribution to the Environmental Management Plan, this research paper proposes to develop a summary of the main environmental problems. Currently, the plan does not include the environmental impact of livestock on the basin; for this reason the proposal is related to the livestock industry in the *Machángara* basin, specifically to the management of manure and enteric fermentation.

For this purpose, we considered factors such as: type and volume of the livestock population of the basin, major pollutants associated with livestock farming, characteristics of husbandry practices in the basin, among others. These factors served as inputs to estimate approximate volumes of pollutants produced by this activity.

Once the volumes of pollutants were estimated, we calculated their equivalence to the one produced by a human population. This allowed a qualitative and quantitative analysis of the environmental impact of livestock on the basin. As a conclusion, we can state that, although this is a major source of pollution, the area under study is not significantly affected by it, which, under the current situation, is able to absorb the environmental impact generated by the livestock industry

KEYWORDS: Livestock Activity, Pollution, Nutrients, Greenhouse Gasses, Water Quality, Equivalent Inhabitant, Manure




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	2
1.1 Zona de estudio.....	2
1.2 Consejo de la Cuenca del Río Machángara.....	2
1.3 Aprovechamiento Hídrico.....	3
1.4 Cobertura vegetal.....	3
1.5 Análisis de la dinámica del uso de suelo.....	6
1.6 Uso de suelo potencial en la cuenca del Machángara.....	6
1.7 Distribución territorial de la actividad pecuaria.....	7
CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS DE ACTIVIDAD PECUARIA EN ECUADOR Y EN LA CUENCA DEL MACHÁNGARA.....	8
2.1 Características principales de la producción pecuaria en el Ecuador.....	8
2.2 Características de la producción pecuaria en la cuenca del Rio Machángara.....	8
2.2.1 Resultados de la encuesta pecuaria.....	9
2.2.2 Características principales de las especies pecuarias en la cuenca del Machángara ...	11
2.2.3 Descripción de la Producción pecuaria en la cuenca del Machángara.....	13
2.2.4 Estimación de la población pecuaria en la cuenca de estudio.....	14
2.2.5 Manejo de los desechos ganaderos.....	14
CAPÍTULO 3: GANADERÍA Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	16
3.1 Definición del alcance de Investigación.....	16
3.2 Principales elementos contaminantes.....	18
CAPÍTULO 4: CONTAMINACIÓN POR NUTRIENTES.....	22
4.1 Estimación de volúmenes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio generados por la actividad pecuaria.....	22
4.1.1 Consideraciones para el cálculo de nutrientes generados por el estiércol.....	22
4.1.2 Metodología de cálculo.....	23
4.1.3 Cálculo de producción de nutrientes por estiércol.....	24
4.2 Estimación de nutrientes que se pierden en los sistemas ganaderos y pueden contaminar el ambiente.....	25
4.3 Posibles efectos ambientales sobre la cuenca generados por la actividad pecuaria.....	25
4.3.1 Efectos sobre la calidad del Agua en la cuenca del Machángara.....	25
4.3.2 Calidad del agua en la cuenca del Machángara según el Plan de Manejo Ambiental de la cuenca 26	
4.3.3 Análisis de resultados de la calidad del agua.....	26
4.4 Población Humana Equivalente.....	27

4.4.1	Habitantes equivalentes para contaminación al medio acuático.....	27
4.4.2	Análisis de población equivalente.....	28
CAPÍTULO 5: CONTAMINACIÓN POR GASES DE EFECTO INVERNADERO		29
5.1	Estimación de gases de efecto invernadero	29
5.1.1	Cálculo de producción de Metano	29
5.1.2	Cálculo de Producción de Óxido Nitroso	30
5.2	Habitantes equivalentes para la producción de gases de efecto invernadero.....	31
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		33
6.1	Conclusiones	33
6.2	Recomendaciones	34
BIBLIOGRAFÍA.....		36
ANEXOS		39
ANEXO 1		39
ANEXO 2		45

Índice de Figuras

FIGURA 1.1	Ubicación de la Cuenca del Rio Machángara.....	2
FIGURA 1.2	Mapa de cobertura suelo.....	5
FIGURA 2.1	Distribución de la encuesta por parroquias.....	9
FIGURA 2.2	Distribución de las UPAs según su tamaño.....	10
FIGURA 2.3	Porcentaje de UPAs de acuerdo al tipo de producción pecuaria.....	10
FIGURA 2.4	Porcentaje de UPAs que atraviesan cursos de agua.....	11
FIGURA 5.1	Habitantes equivalentes a contaminación pecuaria por GEI en la cuenca del Machángara.....	31
FIGURA 5.2	Vehículos equivalentes a contaminación pecuaria por GEI en el cantón Cuenca.....	32

Índice de Tablas

TABLA 1.1	Uso de Suelo en la Cuenca del Machángara.....	4
TABLA 1.2	Categorías de Ordenación en la Cuenca del Machángara.....	7
TABLA 2.1	Animales mayores Nacional y Azuay.....	8
TABLA 2.2	Estimación de Animales de Granja en la cuenca del Machángara.....	14

TABLA 3.1 Principales contaminantes producidos por estiércol.....	17
TABLA 4.1 Volumen de nutrientes excretadas por una UGM en un año.....	23
TABLA 4.2 Unidades equivalentes a UGM de diferentes especies animales.....	23
TABLA 4.3 Producción anual de nutrientes por roedor.....	24
TABLA 4.4 Total de nutrientes provenientes del estiércol depositados.....	24
TABLA 4.5 Estimación de Nutrientes depositados en cuerpos de Agua.....	25
TABLA 4.6 Lugares de muestreo de calidad de agua en la cuenca del Machángara.....	26
TABLA 4.7 Datos de calidad de agua en la cuenca del Machángara.....	26
TABLA 4.8 Contaminación por habitantes equivalentes en la Cuenca del Machángara.....	28
TABLA 5.1 Factores ponderados para el cálculo de CH ₄	29
TABLA 5.2 Estimación de emisiones de metano en la cuenca del Machángara.....	30
TABLA 5.3 Estimación de emisiones de Óxido Nitroso en la cuenca del Machángara.....	30
TABLA 5.4 Contaminación por habitantes equivalentes de GEI en la Cuenca del Machángara.....	31

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Machángara corresponde a una de las áreas más importantes a nivel local, ya que de sus aguas se realizan aprovechamientos hídricos, hidroeléctricos, industriales, agropecuarios, entre otros, los cuales son de vital importancia para la región, en especial para la ciudad de Cuenca.

Por la importancia citada, y con la premisa de aunar esfuerzos en referencia a la conservación de la cuenca, varios organismos públicos y comunitarios deciden conformar en el año de 1998 el Consejo de la Cuenca del Río Machángara, que es el organismo encargado de coordinar los esfuerzos para la protección de la cuenca, el mismo que en vista de la necesidad de contar con un documento marco que permita llevar a cabo la tarea de conservación, en el año 2012 lleva a cabo la elaboración del Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca del Río Machángara dentro del cual se realiza un diagnóstico de la calidad ambiental del área de estudio, además de realizar una propuesta para el manejo ambiental de la misma.

Dentro del estudio mencionado anteriormente, se puede apreciar que no se cuantifica el impacto de la actividad pecuaria sobre el ambiente en la cuenca del Machángara y debido a que esta problemática podría suponer un impacto significativo en este espacio de vida de gran importancia, se ha planteado realizar en el presente trabajo un análisis general de cómo se desarrolla la actividad pecuaria en la cuenca y de sus posibles afecciones al medio ambiente.

Por lo anteriormente mencionado, se plantearon como objetivos de la presente investigación:

- Establecer en base a la recopilación de información secundaria la población pecuaria en la cuenca de estudio, además de las características específicas de cada tipo de ganado estudiado.
- Describir el entorno físico donde se desarrolla la actividad pecuaria, donde se incluirá el análisis del mapa de la cobertura vegetal de la cuenca.
- Contar con un diagnóstico de la situación actual referente a prácticas de tratamiento de los desechos de las especies pecuarias consideradas para la cuenca de estudio.
- Estimar las características y volúmenes de contaminación generadas por la producción pecuaria en la cuenca de estudio y su posible afección hacia el ambiente, en especial al medio acuático, a través del cálculo de una población humana equivalente.
- Establecer recomendaciones para el control y manejo de la actividad pecuaria en la cuenca de estudio.

Objetivos que nos permitirán establecer un diagnóstico general de las posibles afecciones sobre la cuenca del río Machángara ligados a la actividad pecuaria y posibles acciones a tomar como aporte al Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca.

CAPITULO 1: CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

1.1 Zona de estudio

La cuenca del río Machángara, pertenece al sistema hidrográfico del Santiago, y está localizada en las parroquias de las provincias de Azuay y Cañar como son: Checa, Chiquintad, Sinincay, Sayausí, Octavio Cordero Palacios, Ricaurte, Sidcay, Jerusalén, Nazón, Turupamba, Cojitambo, Deleg, Javier Loyola, y Solano [1]. La subcuenca del río Machángara se localiza en la parte noroccidental de la cuenca del río Paute (Longitud W 78° 58' 30" hasta 79° 90' 00", Latitud S 02° 48' 00" hasta 02° 36' 00"), con una superficie de 32544.8 ha, y está compuesta por las microcuenas del río Machángara alto, Chulco y Cutilcay [2]. Está ubicada entre los 2500 y más de 4000 metros sobre el nivel del mar, en una zona de características climáticas con temperaturas promedio que van de los 8 a los 14 grados centígrados.



FIGURA 1.1 Ubicación de la Cuenca del Río Machángara

Fuente: ETAPA-EP

1.2 Consejo de la Cuenca del Río Machángara

La cuenca del río Machángara corresponde a una de las áreas más importantes a nivel local ya que de sus aguas se realizan aprovechamientos hídricos, hidroeléctricos, industriales, agropecuarios, entre otros, los cuales son de vital importancia para la región, en especial para la ciudad de Cuenca, por lo cual y con la premisa de aunar esfuerzos en referencia a la conservación de la cuenca se estableció el Consejo de la Cuenca del Machángara, entidad que fue creada mediante la firma del convenio de cooperación interinstitucional suscrito el 28 julio de 1998, el cual cuenta con la participación de varias instituciones entre las que se encuentran la Secretaría del Agua SENAGUA, el Instituto Nacional del Riego INAR (Institución que ya no existe en la actualidad), la Empresa Electro Generadora del Austro ELEC-AUSTRO S.A., la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca ETAPA EP, la Universidad de Cuenca, el Ministerio del Ambiente, la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Machángara JGUSRM y el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Azuay, y cuyo principal objetivo consiste en

coordinar esfuerzos para la conservación de la cuenca, precautelando los intereses comunes de las diferentes instituciones involucradas y de la ciudadanía en general.

En cuanto al manejo de la cuenca, el Consejo de la Cuenca del Río Machángara cuenta en la actualidad con un Plan de Manejo Ambiental (**PMACM**) actualizado al año 2013, el cual realiza un análisis profundo de la problemática de la cuenca además de establecer parámetros para su manejo; sin embargo el mencionado plan no incluye dentro de su temática principal el análisis y manejo de la actividad pecuaria que se desarrolla en la zona, situación por la cual se ha considerado realizar el presente estudio como aporte para conocer de manera más precisa la problemática real de la cuenca relacionada con la actividad pecuaria y generar lineamientos adicionales para el manejo integral de la misma.

1.3 Aprovechamiento Hídrico

La subcuenca es considerada un espacio de vida, condición por la cual el Ministerio del Ambiente en el año 1985, publicó en el Registro Oficial que el 77% de la superficie total se encuentra en el área de Bosque y Vegetación Protectora Machángara – Tomebamba [1]. En este espacio se captura alrededor de 304,29 hectómetros cúbicos por año de agua lluvia, condición que ha permitido que la cuenca sea un importante aporte al desarrollo de la región austral a través de la generación de múltiples servicios que se generan a partir del aprovechamiento del agua, así en la parte alta se encuentran los embalses de Chanlud y El Labrado, a partir de éstos se genera energía hidroeléctrica a través de las centrales de Saucay y Saymirín. En cuanto a la provisión de agua potable ésta cuenca aporta con más del 50% del agua de consumo de la población cuencana, mediante la planta potabilizadora de Tixán [3], además en la parte baja de la cuenca sus aguas son usadas por las empresas ubicadas en el Parque Industrial de Cuenca las cuales cuentan con las respectivas concesiones para el uso del agua del río Machángara [4].

El riego es otro aporte importante pues da provisión a cerca de 2.000 has. con el aprovechamiento de 3.500 usuarios para tareas agrícolas y pecuarias, además de la belleza escénica del entorno en especies de flora y fauna que requieren de un manejo sustentable y delicado [3].

1.4 Cobertura vegetal

La subcuenca se caracteriza por presentar sobre los 3400 msnm una extensa zona de páramo de pajonal con bosquetes dispersos de Quinoa (*Polylepis spp*); lagunas naturales y embalses que son utilizadas para generar energía hidroeléctrica. Bajo los 3400 msnm se distribuye el bosque alto montano, mismo que en algunos sitios ha sido talado y reemplazado por pastizales y, en otros sitios con pendientes abruptas, la vegetación dominante es el matorral. Bajo los 3000 m, la vegetación nativa original ha sido destruida y reemplazada por pastizales, cultivos y plantaciones de eucalipto [5].

Los tipos de cobertura presentes en la Subcuenca del Río Machángara, responden fundamentalmente a dos factores: las condiciones ecológicas naturales reguladas por la precipitación, temperatura y altitud y la dinámica de uso de suelo; que han generado algunas clases de cobertura no naturales, presentándose como una especie de mosaico, por ejemplo, eucaliptos-matorrales-cultivos, eucaliptos pastos-cultivos. Tales clases de cobertura son difíciles de delimitarlas y mapearlas por lo que en el mapa se representa únicamente la cobertura dominante [5].

En términos generales se pueden distinguir los siguientes tipos de cobertura en sentido altitudinal desde abajo hacia arriba: cultivos en la zona baja con 224,3 ha; pastizales ubicados en su gran mayoría en la zona media entre los 2900 y 3300 msnm, con una superficie de 2.110,45 ha; eucaliptos en pequeñas parcelas con 938,9 ha; matorrales y bosques nativos ubicados en la zona media y alta entre los 3000 y 3400 msnm, con una superficie estimada de 3.573,75 ha; pajonal ubicado sobre 3400 msnm convirtiéndose en el tipo de cobertura predominante con 17.716,08 ha; humedales que se encuentran dispersos generalmente cerca de las lagunas, quebradas y riachuelos; y, por último los bosques de *Polylepis* que están dispersos en la zona de páramo entre los 3400 y 4000 msnm., en su mayor parte ubicados en las parroquias de Chiquintad y Checa. [5]. En cuanto a la cobertura del suelo restante ésta corresponde a asentamientos humanos, carreteras, cuerpos de agua y otros especialmente ligados a la actividad antrópica. En la Figura 1.2 se muestra el Mapa de cobertura de suelo de la cuenca.

En la tabla 1.1 se muestra los diferentes tipos de cobertura vegetal de la cuenca del Río Machángara y su porcentaje en referencia al área total de la cuenca de estudio.

TIPO DE COBERTURA	EXTENSIÓN en ha	PORCENTAJE
Páramo	17.716,08	54,42%
Bosque de sarar <i>Weinmania</i>	3.573,75	10,98%
Pastizales	2110,45	6,48%
Humedales	1921,58	5,9%
Bosque de quinoa <i>Polylepis</i>	1017,45	3,13%
Eucalipto y pino	938,94	2,88%
Mosaico cultivos y pastos	224,32	0,69%

TABLA 1.1 Uso de Suelo en la Cuenca del Machángara (PMACM)

Fuente: PMACM Informe de Ecología

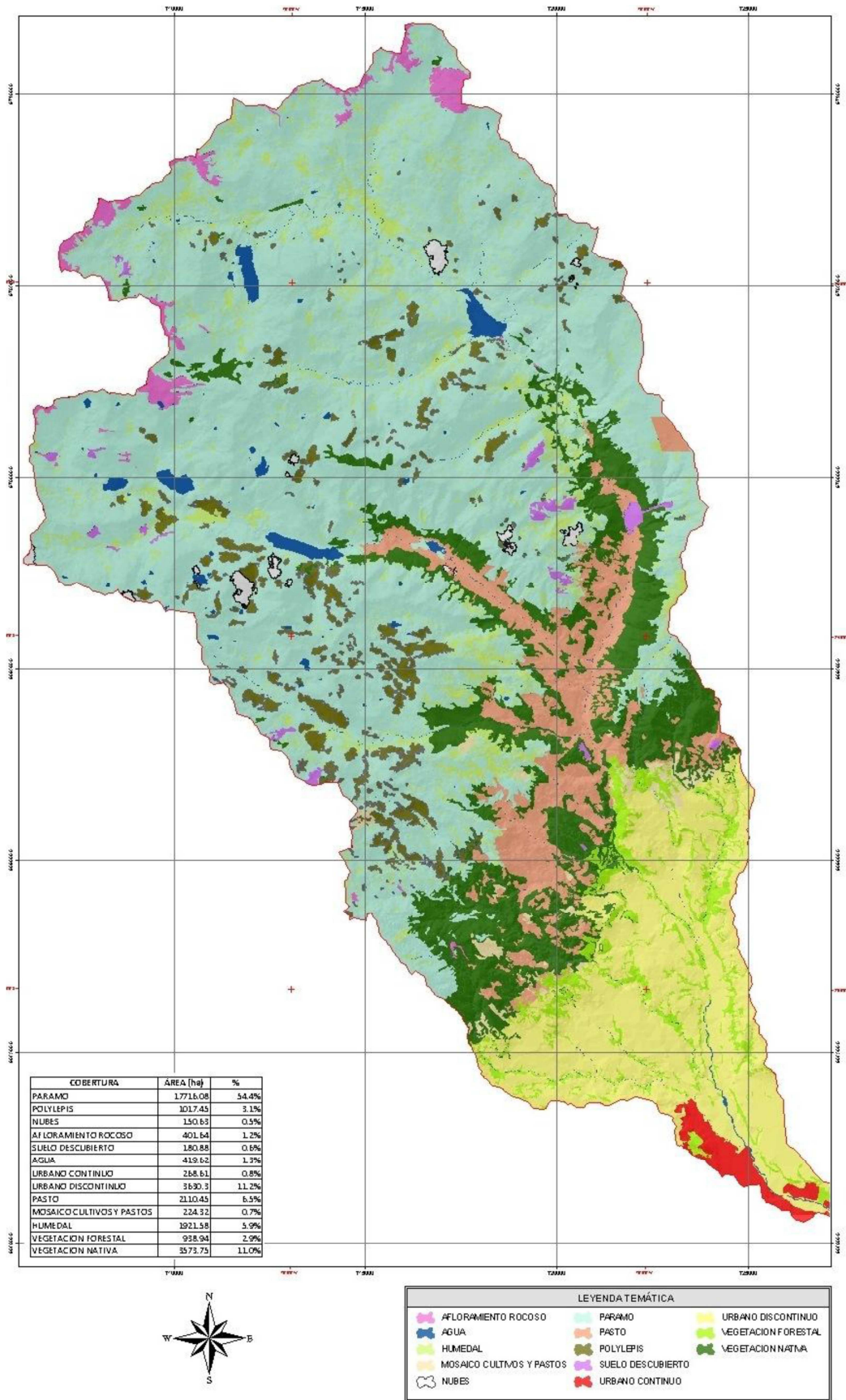


FIGURA 1.2 Mapa de cobertura suelo
Fuente: PMACM Informe de Ecología

1.5 Análisis de la dinámica del uso de suelo

Del análisis de la dinámica de uso de suelo realizado como parte del Diagnóstico para el Plan de Manejo Ambiental de la cuenca del Río Machángara (PMACM), en lo referente a zonas donde se realiza actividad agropecuaria, se menciona un decremento de área del 15.6% al 7.1% entre los años 1995 y 2010, periodo en el cual se realiza el análisis comparativo mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La disminución evidenciada se da especialmente por el aumento de la zona urbana no consolidada en la parte baja de la cuenca que reemplazó a los pastizales y zonas de cultivos durante el periodo de estudio, sin embargo en el mismo análisis se menciona que la frontera agropecuaria se expandió hacia la parte media y alta de la cuenca a pesar de la disminución general del área destinada a la producción de pastos y cultivos.

En cuanto a las estimaciones de las áreas destinadas a la actividad pecuaria calculadas mediante el uso de sistemas SIG, éstas nos presentan un considerable grado de incertidumbre debido a que usualmente estos mapas se presentan en grandes escalas además de mostrar la cobertura predominante de un sector obviando zonas de producción mixta donde se dan dinámicas de pasto-cultivo o páramo-pasto situación por la cual para la ejecución del presente trabajo de investigación se tomará la el área de terreno obtenido de la proyección estadística de la encuesta anual ESPAC¹ 2014 realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (Se presenta metodología del cálculo en el ANEXO 1), la cual estima un área total de la cuenca destinada a la actividad pecuaria de 2.730 hectáreas la cual es moderadamente mayor a la estimada mediante los análisis de mapas de cobertura vegetal, sin embargo nos permitirá estimar de manera más precisa las condiciones bajo las cuales se realiza la actividad pecuaria en la zona de estudio.

1.6 Uso de suelo potencial en la cuenca del Machángara

En cuanto al uso de suelo potencial de la cuenca del Machángara contemplado en el actual Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca (PDOT), en la tabla 1.2 se presentan las categorías de ordenamiento planteadas, donde se puede apreciar que la mayoría de categorías corresponden a conservación o producción mixta como es el caso de los sistemas ganaderos silvopastoriles o sistemas agroforestales que fomentan la interacción de pastos y cultivos con la siembra de vegetación leñosa nativa, quedando únicamente un 3.61% del área de la cuenca para producción netamente agropecuaria, ubicada especialmente en la parte baja de la cuenca.

Si tomamos en cuenta lo mencionado anteriormente se puede observar que el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca, no contempla una ganadería empresarial o extensiva que es la que se realiza en sitios con pendientes menores al 25% ya que la mayoría de explotación ganadera que se da en la cuenca cuenta con pendientes superiores a la mencionada anteriormente, situación por la cual el PDOT recomienda sistemas silvopastoriles, especialmente en la parte intermedia de la cuenca donde actualmente se realiza explotación ganadera de manera extensiva.

Finalmente podemos acotar que el uso actual del suelo destinado a la actividad agropecuaria representa el 7.17% (considerando pastos y mosaicos), y que según lo establecido por el PDOT se tendría un área potencial destinada a la producción agropecuaria del 3.61%, por lo que se pretende

¹ Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, realizada anualmente por el INEC que se encarga de obtener información de las distintas especies del sector agrícola y pecuario que se desarrollan en el Ecuador, la cual servirá de insumo para determinar el área y población pecuaria en el presente estudio de acuerdo a lo presentado en el ANEXO 1.

que parte de la producción agropecuaria de la cuenca pase de sistemas únicos de producción (pastos y cultivos), a sistemas mixtos agroforestales y silvopastoriles, ayudando de esta forma a mejorar la calidad ambiental de la cuenca.

Categorías de Ordenación en la cuenca del Machángara	Área Ha	%
Áreas urbanas	929.6274	2.8518%
Áreas agropecuarias	1178.2159	3.6144%
Asentamientos en área de importancia ecológica	247.6846	0.7598%
Espacios naturales protegidos por el GAD Municipal	1323.8013	4.0610%
Áreas con sistemas agroforestales y cultivos	775.8933	2.3802%
Áreas con sistemas silvopastoriles	836.6891	2.5667%
Áreas de conservación de cursos de agua	3060.4242	9.3884%
Áreas de conservación de patrimonio cultural	34.8598	0.1069%
Áreas de conservación natural - Páramo	13990.6421	42.9187%
Áreas de conservación natural - Páramo de almohadilla	3923.3658	12.0356%
Áreas de conservación natural - Vegetación nativa	4400.2979	13.4987%
Áreas de expansión urbana	362.0596	1.1107%
Áreas de recuperación ambiental	889.0544	2.7273%
Áreas de uso sostenible	645.3895	1.9798%
TOTAL	32598.0049	100.0000%

TABLA 1.2 Categorías de Ordenación en la Cuenca del Machángara

Fuente: PDOT, Municipio de Cuenca

1.7 Distribución territorial de la actividad pecuaria

De los datos obtenidos del PMACM se puede observar que el 36.6% de la población económicamente activa de la cuenca del Machángara se dedica a la actividad agropecuaria organizadas en Unidades de Producción Agropecuaria o UPAs que se definen de acuerdo al INEC como una extensión de tierra de 500 m² o más, dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria, considerada como una unidad económica, que desarrolla su actividad bajo una dirección o gerencia única independientemente de su forma de tenencia o ubicación geográfica utilizando los mismos medios productivos.

A su vez podemos considerar una subdivisión de las UPAS en unidades de producción pequeñas correspondientes a superficies menores a 5 hectáreas, medianas entre 5 y 50 hectáreas y grandes con superficies mayores a 50 hectáreas, encontrándose varias UPAS medianas y grandes en la parte alta y media de la cuenca de estudio, quedando las UPAS pequeñas en su mayoría en la parte baja presentándose como mosaicos donde se mezcla la pequeña ganadería con cultivos.

Por lo anteriormente mencionado cabe indicar que la zona estimada de pastos en la cuenca de estudio corresponde en su mayoría a haciendas ganaderas de mediano y gran tamaño, las cuales representan un 3% y un 23% del total de UPAS estimadas en la cuenca respectivamente, a lo que podemos sumar los mosaicos en la parte baja de la cuenca los cuales presentan actividad pecuaria a pequeña escala en terrenos inferiores a 5 hectáreas, representando un 73% del total de UPAS, que destinan su producción especialmente al consumo propio de los pobladores.

CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS DE ACTIVIDAD PECUARIA EN ECUADOR Y EN LA CUENCA DEL MACHÁNGARA

A continuación se presenta un recuento de las principales características de la actividad pecuaria en el Ecuador y en la cuenca del Río Machángara, así como un breve recuento de las principales razas de bovinos, ovinos, porcinos y aves que predominan en el país y especialmente en la región de la cuenca de Estudio.

2.1 Características principales de la producción pecuaria en el Ecuador

En Ecuador, para el año 2013 se estimaron 5,13 millones de cabezas de ganado bovino y 1,21 millones de ganado porcino, 0.74 millones de ganado ovino, 0,31 millones de ganado caballar, de acuerdo a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos. En cuanto a las aves de corral la especie predominante corresponde a gallos, gallinas y pollos con un total de 9.92 millones de aves de campo y 41.65 millones de aves de criadero. Además en el censo agropecuario se consideraron especies como cabras, asnos, mulas, patos y pavos que representan una población marginal en comparación a las especies anteriormente mencionadas por lo cual no se las considerará como parte del presente estudio.

Respecto a la provincia del Azuay se puede observar que la producción pecuaria de animales mayores representa aproximadamente el 7,6% del total nacional, siendo el Azuay uno de los mayores productores de leche a nivel nacional, ya que el ganado de carne usualmente se lo encuentra en la región litoral.

NACIONAL Y PROVINCIA DEL AZUAY	NÚMERO TOTAL DE CABEZAS (Machos y Hembras)							Total Animales mayores
	Vacuno	Porcino	Ovino	Asnal	Caballar	Mular	Caprino	
TOTAL NACIONAL	5,134,122	1,218,538	739,475	107,674	307,911	118,462	104,027	7,730,208
%	66.42%	15.76%	9.57%	1.39%	3.98%	1.53%	1.35%	100.00%
AZUAY	394,466	70,988	79,518	1,507	34,141	2,242	2,659	585,522
%	67.37%	12.12%	13.58%	0.26%	5.83%	0.38%	0.45%	100.00%

TABLA 2.1 Animales mayores Nacional y Azuay

Fuente: INEC-ESPAC 2012

En cuanto al área de Pasturas sembradas, nativas y naturalizadas a nivel nacional se han estimado en 5'510.000 de hectáreas según se recoge de los datos del censo SICA/MAG (2002), sin embargo de la bibliografía recopilada no se indica a que actividad ganadera específica se dedica cada una de éstas áreas, dificultando la estimación de los impactos de ésta actividad sobre el ambiente.

2.2 Características de la producción pecuaria en la cuenca del Río Machángara

Con el fin de determinar las principales características referentes a la actividad pecuaria que se desarrolla en la cuenca del río Machángara, como parte de la presente investigación, además de una revisión bibliográfica se desarrolló una encuesta dirigida a los dueños y responsables de las UPAs en

diferentes puntos geográficos de la cuenca (la metodología y modelo de cuestionario completo de la encuesta aplicada se presenta en el ANEXO 2). La encuesta mencionada se realizó entre el 25 y 28 de febrero de 2015, la cual contó con un total de 59 entrevistados en la parte media y baja de la cuenca del Río Machángara, en las parroquias Checa, Chiquintad, Octavio Cordero y Sinincay y que dentro de su alcance nos permitió dilucidar temas, como volúmenes aproximados de producción pecuaria, procesos productivos, prácticas comunes y tratamiento de desechos, que nos servirán como insumo para realizar el respectivo diagnóstico de ésta actividad en la cuenca de estudio que se presentan a continuación.

2.2.1 Resultados de la encuesta pecuaria

Para encuesta realizada como parte de la presente investigación se consideró varios puntos a tratar con el fin de realizar un diagnóstico preliminar de cómo se desarrolla la actividad pecuaria en la cuenca del Río Machángara, entre los cuales incluimos:

- Datos generales de las UPAS.- En este apartado se preguntó los nombres de los entrevistados, además se estableció la ubicación geográfica de los predios estableciendo las comunidades y parroquias a las que pertenecen cada uno, obteniéndose la siguiente distribución de entrevistas según cada parroquia.

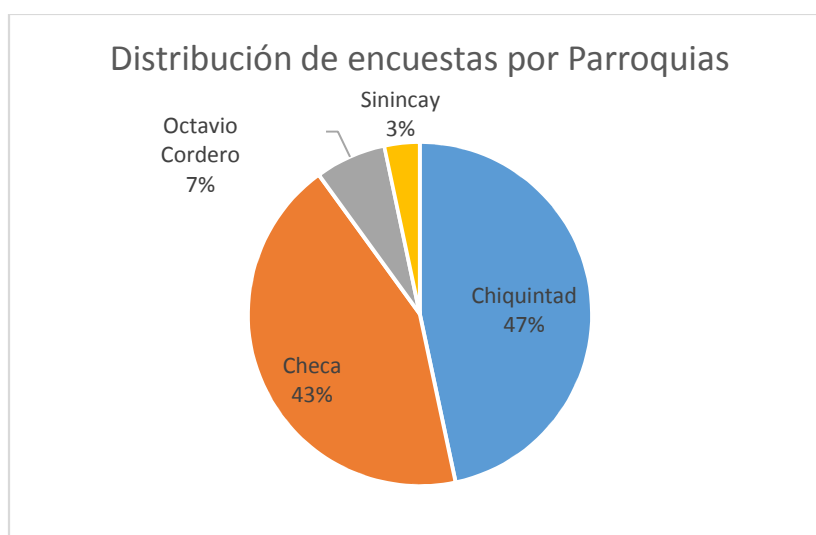


FIGURA 2.1 Distribución de la encuesta por parroquias

Fuente: Elaboración Propia

Cabe indicar que las encuestas se realizaron mayoritariamente en las parroquias de Checa y Chiquintad debido a la mayor área de aporte a la cuenca de éstas parroquias.

- Tamaño de las UPAS.- En este apartado se consultó a los pobladores sobre el área de terreno donde se desarrolla la actividad pecuaria en cada uno de los predios visitados, de lo cual se pudieron obtener datos referentes al tamaño de las UPAs Según se muestra en la siguiente figura:

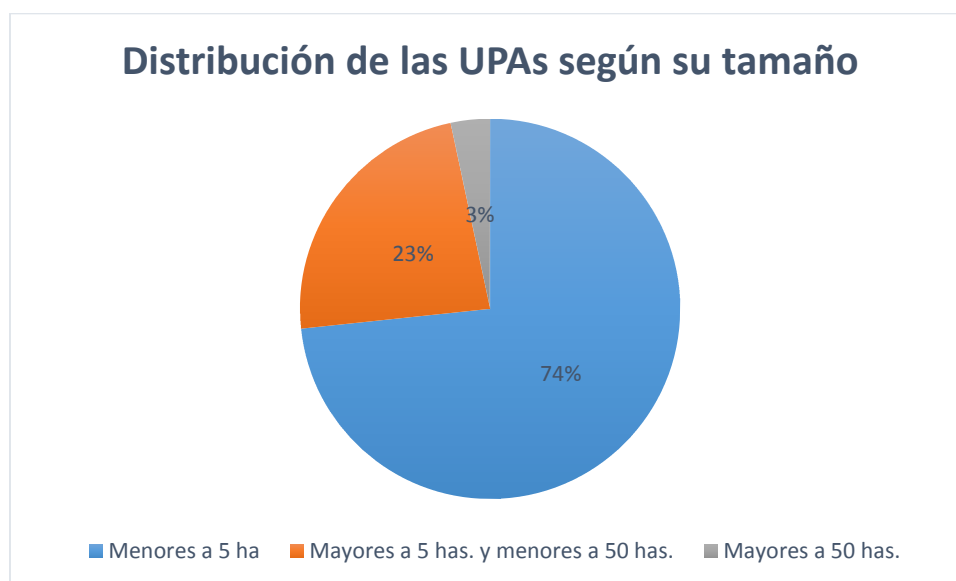


FIGURA 2.2 Distribución de las UPAs según su tamaño

Fuente: Elaboración Propia

Donde se puede observar que la mayoría de UPAs corresponden a pequeños minifundios donde se da una ganadería de manera artesanal o de traspatio.

- Producción pecuaria.- Con el fin de caracterizar la explotación pecuaria que se dan en la cuenca de estudio, se preguntó a los entrevistados lo referente a que especies animales y cuantas de éstas se crían como parte de su producción, pudiéndose evidenciar los siguientes resultados:

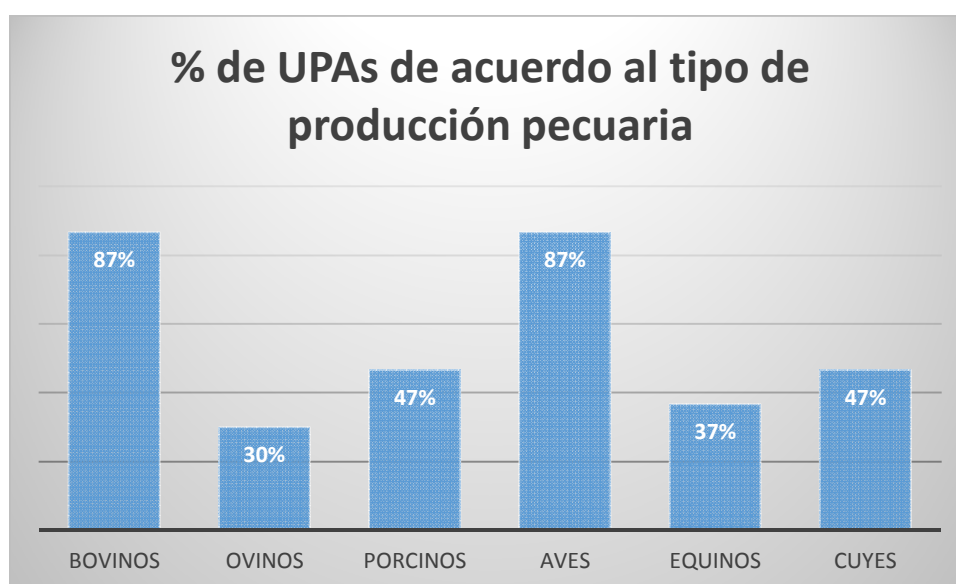


FIGURA 2.3 Porcentaje de UPAs de acuerdo al tipo de producción pecuaria

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura anterior se puede observar que la mayoría de UPAs al menos cuentan con aves y bovinos, ya que éstas corresponden a las especies más rentables para los

pobladores siendo éstas especies que producen además de carne, huevos y leche que son en su mayoría utilizado por los pobladores para su consumo interno.

- Prácticas de manejo de estiércol.- En este apartado se preguntó a los entrevistados lo referente al manejo del estiércol de lo cual se pudo observar que en el caso de animales mayores la totalidad del estiércol se deja en los potreros para fertilización del pasto, y en el caso de animales menores usualmente se utiliza el estiércol como abono para los cultivos estacionales.
- Cuerpos de Agua.- Con el fin de establecer un posible efecto de la actividad pecuaria sobre los cuerpos de agua se preguntó si la propiedad donde se desarrollan las actividades, atraviesan algún cuerpo de agua obteniéndose los siguientes resultados:

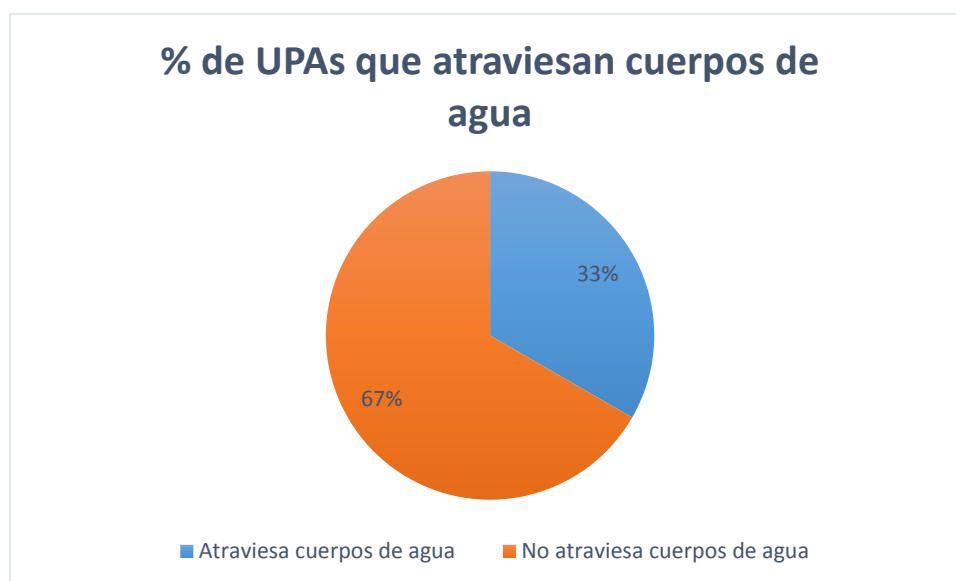


FIGURA 2.4 Porcentaje de UPAs que atraviesan cursos de agua
Fuente: Elaboración Propia

El gráfico anterior nos muestra que una tercera parte de las UPAs atraviesa cuerpos de agua situación que puede afectar a la calidad de los recursos hídricos de la cuenca situación que será analizada en los siguientes capítulos.

Cabe recalcar que la encuesta realizada corresponde a un insumo para entender las prácticas pecuarias comunes que se dan en la cuenca de estudio, mas no estiman de manera fiable cuantitativamente la actividad pecuaria y sus efectos sobre el ambiente, situación por la cual para el presente estudio en lo que respecta a la valoración de los contaminantes se utilizarán las proyecciones estadísticas de los datos obtenidos del INEC y la encuesta ESPAC.

2.2.2 Características principales de las especies pecuarias en la cuenca del Machángara

En el Ecuador se encuentra una diversidad de tipos y de razas tanto en el ganado bovino como en las otras especies [6], y tomando en cuenta que la subcuenca del Machángara se encuentra en la región interandina a continuación se detalla las principales características de las razas de ganado que encontramos en el sitio mencionado.

- Ganado Bovino

Por mucho tiempo el territorio ecuatoriano estuvo poblado exclusivamente de bovinos criollos, el cual tiene procedencia ibérica, el mismo que a través de sucesivos cruces con razas extranjeras, ha ido reduciéndose progresivamente. La raza exótica más difundida, tanto en estado puro como en el cruce, especialmente en la región de la Sierra, ha sido la Holstein Friesian, proveniente de los Estados Unidos. Esta raza, de predominante aptitud lechera, ha mejorado notablemente la calidad del ganado lechero de la zona interandina del Ecuador [6], incluida la cuenca del Machángara, donde se puede apreciar que en su mayoría se trata de un ganado criollo con características de Holstein Friesian.

- Ganado Porcino

Si bien existe gran variedad de razas de cerdos en el País en lo referente a la región Interandina subsiste la raza criolla utilizada por los pequeños y medianos productores especialmente de traspatio, esta raza es rústica, de bajos parámetros productivos, es un animal producto de las mezclas de razas que se han adaptado a las condiciones deficientes de alimentación, con un manejo inadecuado de las condiciones higiénico-sanitarias, que dispone de pocas instalaciones tecnificadas y que no ha tenido selección genética [7]. En la cuenca del río Machángara la producción porcina se realiza tomando en cuenta básicamente la crianza rústica por lo que podemos mencionar que casi en su totalidad la raza predominante es la criolla.

- Ganado Ovino

Respecto a las primeras ovejas fueron traídas por los españoles en 1542 y que llegaron primeramente a Perú fueron de raza: Churra, Manchega y Merino Español, las cuales dieron origen a las ovejas típicas que actualmente existen en el país. Las razas de ovejas del Ecuador son de tres tipos: mayormente criollas con el 96% del total de la población, le siguen las cruces con un 3% y puras con apenas el 1%. Las Criollas son comunes en comunidades campesinas, son pequeñas con lana gruesa, tienen una cría cada preñez, y tienen la constitución muy fuerte, no necesitan mucho manejo, pero también no producen buena lana ni carne [8].

En la Cuenca del Machángara se puede observar que las ovejas criollas forman parte común de los terrenos dedicados al pastoreo, sin embargo su producción se limita al consumo interno de los habitantes de la cuenca, siendo muy pequeño su impacto en comparación con el ganado bovino.

- Ganado Aviar

La raza predominante en el país corresponde a las gallinas criollas, que por definición, son aquellas propias del lugar donde han desarrollado sus características para su supervivencia y se clasifican como semi pesadas, ya que no corresponden al patrón de las aves de postura ni las de engorde [9].

De acuerdo a Segura, J et. al. (2006) [10], manifiesta que la gallina criolla comprende una gran variedad de biotipos de diferentes de las plumas y rasgos morfológicos que se encuentran ampliamente distribuidos en todo el territorio nacional. Las aves criollas están presumiblemente adaptadas a las condiciones locales, como resultado de la selección natural. Las Aves criollas interactúan con la gente de las comunidades rurales, proporcionándoles alimento a bajo precio, situación que es común en los habitantes de la cuenca del Machángara, ya que la mayoría de la cuenca se compone de UPAs de pequeño tamaño.

- Otras especies animales

De acuerdo a las encuestas realizadas y a los datos del Censo Agropecuario del INEC, se han encontrado otras especies de animales entre las que podemos incluir equinos, caprinos, patos, gansos, pavos y cuyes, los cuales representan una población marginal en referencia a las cuatro especies detalladas anteriormente, por lo cual no se las ha incluido dentro de la presente descripción. Sin embargo cabe anotar que las mencionadas especies en su mayoría corresponden a razas criollas fruto de mezclas y cruces de varias razas y además estos animales son de gran importancia para los pobladores del sector ya que contribuyen especialmente a cubrir sus necesidades diarias de alimentación y economía familiar además de apoyo para ciertos trabajos de campo y transporte en el caso de los equinos. En el caso de los desechos generados por éstos animales, estos son usados como abono para sus huertos y sembríos.

2.2.3 Descripción de la Producción pecuaria en la cuenca del Machángara

Como se mencionó en el capítulo anterior la Unidades Productivas Agropecuarias o UPAS se dividen en grandes, medianas y pequeñas, de las cuales se puede observar en la investigación realizada que las UPAS grandes y medianas se ubican en la parte media de la cuenca especialmente hacia los márgenes de ríos y quebradas donde se realiza la cría de ganado vacuno para la producción de leche en su mayoría en pastos cultivados donde se emplea en algunos casos abono orgánico para mejorar la calidad de los potreros, según la encuesta realizada como parte de la presente investigación.

Además se pudo apreciar en la zona media y alta la presencia de otros animales como caballos, ovejas, cerdos, gallinas y cuyes destinados en su mayoría al consumo y venta de los propietarios y cuidadores de las haciendas ubicadas en esta zona. Cabe recalcar que la mayoría de la producción bovina que se da en la zona se la realiza en las zonas aledañas a los ríos y cuerpos de agua, según se puede observar en el mapa de uso de suelo de la cuenca, por lo cual se asume que parte de los desechos que genera la actividad pecuaria llega a los cuerpos de agua, situación por la cual será analizada en los siguientes capítulos.

En cuanto a la parte baja de la cuenca se pudo observar una variedad de mosaicos de cultivos y potreros donde se puede apreciar UPAS con superficies menores a 5 hectáreas donde por lo general se cuenta con pocas reces y varios animales como ovejas, cerdos, pollos y cuyes destinados en su mayoría al consumo propio o al comercio local, considerándose a ésta una producción de traspatio o también conocida del solar, rural o criolla, y constituye un sistema tradicional de producción pecuaria que realizan las familias campesinas en el patio de sus viviendas o alrededor de las mismas, y consiste en criar un pequeño grupo de animales que se alimentan con insumos producido por los propios campesinos o lo que ellas comen por si mismas en el campo y de desperdicios de la unidad familiar [11].

Referente a las especies que son comercializadas éstas corresponden especialmente a animales mayores (vacas, cerdos y ovejas). Según el PMACM el 27,4% de hogares vende porcinos, el 12,4% vende ovinos y 11,9% bovinos. La comercialización se realiza especialmente los días jueves en la feria de ganado de la Patamarca [4].

Los porcinos son más comercializados porque es de mayor consumo a nivel familiar y de mercado, y es de fácil faenamiento y consumo en cualquier compromiso social o cultural. Los ovinos se comercializan según la necesidad al igual que los bovinos, aunque estos últimos pueden ser más apetecidos en el mercado ya que se los adquiere para producción de leche y para el trabajo en la

agricultura. Mientras que los equinos no se venden, ya que se utilizan como medio de transporte o carga dentro de las comunidades [4]

2.2.4 Estimación de la población pecuaria en la cuenca de estudio

Para la determinación de la población pecuaria en la cuenca de estudio se tomó en consideración la encuesta ESPAC 2014 realizada por el INEC, de la cual se proyectaron los correspondientes datos para establecer el volumen total de producción pecuaria que se estima para la cuenca del Río Machángara los cuales se muestran en la tabla 2.2 (Se adjunta en el Anexo 1 metodología de cálculo). Cabe indicar que se consideraron las especies animales más significativas, entre ellas el ganado vacuno, ovejas, cerdos, gallinas, caballos y cuyes, ya que si bien se determinó la existencia de otras especies como cabras, patos, pavos, llamas, entre otros, estos representan una población marginal en referencia a los grupos anteriormente citados.

ESPECIE	EDAD	NUMERO	TOTAL
Bovinos	Menos 1 año	728	3094
	1 a 2 Años	849	
	2 años o mas	1517	
Ovinos	Menos 6 m	176	1365
	Mayor a 6 m	1189	
Porcino	Menos 2 m	110	352
	Mayor a 2 m	242	
Aves		4688	4688
Equinos		154	154
Cuyes		5188	5188

TABLA 2.2 Estimación de Animales de Granja en la cuenca del Machángara
Fuente: Elaboración propia

Si bien en la tabla anterior se puede observar que se diferencian por edades las diferentes especies de ganado, para la presente investigación se tomará como individuos adultos para la estimación de la contaminación generada por la actividad pecuaria en la cuenca del río Machángara.

2.2.5 Manejo de los desechos ganaderos

Como parte de la encuesta que se realizó a los propietarios de las UPAS, se consultó las prácticas ganaderas referentes al tratamiento de los desechos generados por la actividad pecuaria en cada una de sus parcelas, dando como resultado que la mayoría de los productores sean éstos pequeños o grandes no realizan ningún tratamiento a los residuos generados por la crianza de animales de granja, en el caso de animales mayores dejando los desechos como abono y en el caso de animales confinados mezclando el excremento recogido y usándolo especialmente para los cultivos de traspatio encontrados en la mayoría de UPAS visitadas.

Otro aspecto a tomar en cuenta corresponde a la cercanía de los sitios de pastoreo a cuerpos de agua, que de acuerdo a la encuesta realizada se determinó que el 33% de las UPAS visitadas son atravesadas por algún río o quebrada, situación que será considerada para la estimación de la contaminación que se podría producir en la cuenca por ésta actividad lo cual se sumará el criterio de contaminación difusa que se estudiará en los siguientes capítulos.

Además de lo anterior se pudo observar que para el mejoramiento de pastos el 36 % de las UPAS emplean abono de gallina para el mejoramiento de sus pastos situación que contribuye de gran manera a la generación de sustancias contaminantes por exceso de nutrientes además de los residuos generados específicamente por los procesos biológicos del ganado.

CAPÍTULO 3: GANADERÍA Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Las actividades pecuarias tienen un impacto significativo en prácticamente todas las esferas del medio ambiente, con efectos adversos relevantes en el cambio climático, el aire, el suelo, el agua y la biodiversidad. Los diferentes procesos productivos pecuarios sean estos directos o indirectos dentro de los que podemos citar al pastoreo, producción de cultivos para forraje, faenamiento de animales, deforestación para pastoreo o cultivo de forrajes, abono de pastos, transporte de abonos, forrajes y otros insumos, entre otras actividades, constituyen una de las principales fuentes de contaminación terrestre al verter nutrientes y materia orgánica, patógenos y residuos farmacológicos a los ríos, lagos y aguas costeras y ambiente en general, situación por la cual se ha planteado como uno de los objetivos de la presente investigación el estimar un volumen aproximado de los principales contaminantes generados por la actividad pecuaria en la cuenca del Río Machángara, para lo que en primera instancia en el presente capítulo se definirán los contaminantes que serán analizados como parte de la presente investigación. En la tabla 3.1 se presentan los principales agentes contaminantes con sus respectivas características generadas por la actividad pecuaria.

3.1 Definición del alcance de Investigación

Como se mencionó anteriormente los contaminantes puede provenir de diferentes fuentes directas o indirectas ligadas a la producción pecuaria, definiéndose el alcance de la presente investigación a evaluar las fuentes directas de contaminación, donde se tomará en cuenta los contaminantes más importantes generados por la actividad animal debido a procesos de cría de ganado incluyendo los residuos biológicos generados por estiércoles y de gases de efecto invernadero.

- Contaminación por estiércoles.- En primer lugar definiremos a estiércol como una mezcla de heces y orines de animales que puede ser manejado o almacenado como sólido, el cual tiene una gran carga de materia orgánica además de nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio. En el caso del estiércol se considerará como principales contaminantes los elementos N, P y K, además de organismos patógenos. En el caso de antibióticos, hormonas y otras sustancias no serán tomadas en cuenta dentro del presente estudio debido a que esos contaminantes son más propios de la ganadería intensiva situación que no se presenta en la cuenca de estudio, además de ser parámetros difíciles de estimar sin los correspondientes análisis de laboratorio.
- Gases de Efecto Invernadero.- Los procesos digestivos del ganado generan gran cantidad de gases de efecto invernadero estimando las emisiones en un 18 por ciento del total de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (UTCUTS-FAO), razón por la cual se considerarán para el presente estudio la cuantificación de la generación de estos gases por la actividad pecuaria especialmente lo que se refiere a metano y óxido nitroso.

Contaminante	Descripción del Contaminante	Tipo de descarga sobre el ambiente	Impactos Potenciales
Nitrógeno	Forma Orgánica (Urea) y formas inorgánicas (nitratos y amonios), en el estiércol pueden ser asimiladas por plantas y algas.	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial. - Como deposición atmosférica como amoniaco.	- Eutrofización de cuerpos de agua y floraciones de algas nocivas. - Toxicidad por amoniaco en vida acuática. - Nitratos ligados a Metahemoglobinemia.
Fósforo	Por la descomposición del estiércol, el fósforo se mineraliza en componentes de fosfato inorgánico que pueden ser asimilados por las plantas.	- Descarga sobre el suelo. - Lixiviación en aguas superficiales (en formas solubles en agua)	- Eutrofización de cuerpos de agua y floraciones de algas nocivas.
Potasio	La mayor parte del potasio se encuentra en forma inorgánica disponible para asimilación de las plantas. Además puede almacenarse en los suelos y ser absorbido posteriormente por las plantas.	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial.	- Incrementa la salinidad en aguas superficiales y subterráneas.
Componentes orgánicos	Compuestos basados en carbón son descompuestos por microorganismos. Esta descomposición crea demanda bioquímica de oxígeno consumiendo el oxígeno disuelto en el agua.	- Descarga sobre el suelo.	- Eutrofización de cuerpos de agua y floraciones de algas nocivas. - Reducción del oxígeno disuelto y potencial anoxia. - Disminución de biodiversidad acuática.
Sólidos	Incluye estiércol, comida, residuos de instalaciones, pelo, plumas, y ganado muerto.	- Descarga sobre el suelo. - Deposición atmosférica.	- Turbiedad y sedimentación.
Sales	Incluye cationes de sodio, potasio, magnesio, y aniones de cloruro, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos y nitratos.	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial.	- Reducción de la vida acuática. - Incremento de la salinidad del suelo. - Incremento del costo de tratamiento de agua potable.
Oligoelementos	Incluye aditivos de comida (arsénico, cobre, selenio, zinc, cadmio), metales (molibdeno, níquel, plomo, hierro, manganeso, aluminio), e ingredientes de pesticidas (boro)	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial.	- Eleva la toxicidad de los cuerpos de agua
Compuestos volátiles y gases de efecto invernadero	Incluye dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, sulfuro de hidrógeno y gases de amoniaco fruto de la descomposición del estiércol.	- Inhalación. - Deposición Atmosférica de Amonio	- Eutrofización. - Efectos en la salud humana. - Cambio Climático.
Patógenos	Incluyen varios organismos que causan enfermedades, entre los que podemos contar, virus, bacterias, protozoarios, hongos, priones y helmintos.	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial. - Deposición atmosférica.	- Efectos sobre la salud animal y humana.
Antimicrobianos	Incluye antibióticos y vacunas usadas para cura y promover el crecimiento animal.	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial.	- Facilita el crecimiento de la resistencia antimicrobiana. - Efectos desconocidos sobre la vida acuática y salud humana.
Hormonas	Incluye hormonas naturales y sintéticas usadas para promover el crecimiento animal y control de los ciclos reproductivos.	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial.	- Alteraciones endócrinas en peces. - Efectos desconocidos sobre la salud humana.
Otros contaminantes	Incluye pesticidas, jabones y desinfectantes.	- Descarga sobre el suelo. - Como lixiviados en agua superficial.	- Potenciales alteraciones en organismos acuáticos. - Efectos desconocidos sobre la salud humana y sobre el ambiente.

TABLA 3.1 Principales contaminantes producidos por estiércol

Fuente: Adaptado de USEPA 2013[12]

3.2 Principales elementos contaminantes

A continuación se describe cada uno de los diferentes contaminantes considerados para la presente investigación tomando en cuenta las características específicas de las prácticas pecuarias en la cuenca de estudio.

Nitrógeno.-Es un nutriente esencial para el crecimiento de los vegetales, ya que es constituyente de todas las proteínas.

El nitrógeno está presente en el ambiente en diferentes formas, algunas inocuas, otras extremadamente nocivas. Dependiendo de su forma, el N puede ser almacenado e inmovilizado dentro del suelo, o puede lixiviar a las aguas subterráneas o volatilizarse. En comparación con el N orgánico, el N inorgánico tiene una gran movilidad a través de las capas del suelo [13].

El nitrógeno viene excretado por el ganado tanto en forma de compuestos orgánicos como inorgánicos. La fracción inorgánica es equivalente al N emitido en la orina y generalmente es mayor que la orgánica. Las pérdidas directas de N procedentes de las deyecciones y el estiércol tienen cuatro formas principales: amoníaco (NH_3), dinitrógeno (N_2), óxido nitroso (N_2O) o nitrato (NO_3^-). Una parte del N inorgánico se volatiliza y se libera en forma de amoníaco desde los establos, durante la deposición y almacenamiento del estiércol, después de la aplicación del estiércol o en los pastos [13].

La lixiviación es otro mecanismo a través del cual se producen pérdidas de N en el agua. En su forma de nitrato (NO_3^- N inorgánico), el nitrógeno tiene una gran movilidad en la solución del suelo y su lixiviación se produce fácilmente por debajo de la zona radicular al agua subterránea o puede entrar en el flujo subsuperficial. El nitrógeno también puede llegar al agua por medio de la escorrentía (especialmente las formas orgánicas) [13].

Entre los principales efectos del exceso de nitrógeno sobre el ambiente podemos mencionar que en su forma amoniacal es tóxico para algas y peces además de causar problemas de calidad en los sistemas naturales de agua por eutrofización de los cuerpos de agua. El exceso de nitrógeno en los estuarios de los océanos por ejemplo, aumenta el crecimiento de organismos acuáticos, al punto que ellos afectan la calidad del agua y disminuyen los niveles de oxígeno. Esto afecta el metabolismo y crecimiento de otras especies que requieren oxígeno, causando una condición conocida como hipoxia (menos de 2 mg/l de N disuelto) [14]. En ecosistemas terrestres, el exceso de nitrógeno atmosférico puede acelerar el crecimiento de especies exóticas o acelerar el crecimiento de árboles causando una ruptura o desbalance en el ecosistema [15].

En cuanto a la salud humana el nivel elevado de nitratos en los recursos hídricos puede ser un peligro para la salud. Niveles excesivos en el agua potable pueden causar metahemoglobinemia ("síndrome del bebé azul") y la intoxicación de los bebés. Entre los adultos, la toxicidad del nitrato puede causar abortos y cáncer de estómago. El valor de referencia de la OMS para la concentración de nitrato en el agua potable es de 45 mg/litro (10 mg/litro para N- NO_3). El nitrito (NO_2^-) es tan susceptible a la lixiviación como el nitrato y es mucho más tóxico [13].

- **Fósforo.-** Es después del nitrógeno, el segundo elemento en importancia para el crecimiento de las plantas. La falta de este elemento en el suelo, puede impedir que otros nutrientes sean absorbidos por las plantas, como por ejemplo algunas plantas necesitan fósforo para poder fijar el nitrógeno.

En cuanto a su importancia sanitaria el fósforo en el agua no se considera directamente tóxico ni para los humanos ni para los animales y, por esta razón, no se han fijado sus estándares en el agua potable. El fósforo contamina los recursos hídricos cuando se vierte o se descarga directamente en las corrientes o cuando se aplica en dosis excesivas en el suelo [13].

A diferencia del nitrógeno, el fósforo es retenido por las partículas del suelo y es menos propenso a la lixiviación, a menos que su concentración sea excesiva. De hecho la principal vía de pérdida de fósforo es la erosión. La escorrentía superficial arrastra el fósforo en forma de partículas o en forma soluble. En áreas con alta densidad de ganado los niveles de fósforo pueden acumularse en el suelo y alcanzar los cursos de agua con la escorrentía. En los sistemas en pastoreo la acción de pisoteo del ganado sobre el suelo tiene efectos sobre la infiltración y la macro porosidad y causa pérdidas de sedimento y de fósforo a través del flujo superficial procedente de los suelos cultivados y los pastos [13].

En cuanto a las afecciones al medio ambiente podemos mencionar la eutrofización de los cuerpos de agua como el principal efecto del fósforo sobre el ambiente ya que si el fósforo se aplica a una fuente de agua donde es limitante, el crecimiento de algas y otros microorganismos acuáticos se estimulará rápidamente. Ese crecimiento acelerado requiere de oxígeno. El crecimiento continuará hasta que el fósforo o el oxígeno sean limitantes. Si el oxígeno escasea o se acaba, todos los organismos aeróbicos del ecosistema se verán afectados. Si la tasa de mortalidad de estos organismos aumenta, la demanda de oxígeno en el sistema aumentará aún más. Mayores tasas de mortalidad resultarán en requerimientos mayores de oxígeno para descomposición, hasta que se vuelva limitante. Cuando esto sucede, el sistema pasa a ser un sistema anaeróbico [16].

- **Potasio.-** Junto con el nitrógeno y el fósforo, el potasio es uno de los macronutrientes esenciales para la supervivencia de las plantas. Su presencia es de gran importancia para la salud del suelo, el crecimiento de las plantas y la nutrición animal. Su función primaria en las plantas es su papel en el mantenimiento de la presión osmótica y el tamaño de la célula, influyendo de esta forma en la fotosíntesis y en la producción de energía, así como en la apertura de los estomas y el aporte de dióxido de carbono, la turgencia de la planta y la translocación de los nutrientes. Como tal, el elemento es requerido en proporciones relativamente elevadas por las plantas en desarrollo.

Las consecuencias de niveles bajos de potasio se muestran por variedad de síntomas: restricción del crecimiento, reducción del florecimiento, cosechas enos abundantes y menor calidad de producción.

Elevados niveles de potasio soluble en el agua pueden causar daños a las semillas en germinación, inhiben la toma de otros minerales y reducen la calidad del cultivo [17].

- **Patógenos.-** La actividad ganadera, supone un importante foco de contaminación, pues a dicha actividad han de sumarse ciertas prácticas agrícolas, especialmente el abonado con estiércol y purines.

La producción de heces por kilogramo de peso vivo es muy superior en los herbívoros que en el ser humano, y como consecuencia también se produce un mayor aporte de bacterias siendo la proporción de éstas diferentes en las heces de cada especie. Cabe indicar que algunas especies de patógenos son privativas de los seres humanos o de los animales, por lo que pueden emplearse como indicadores específicos de contaminación de procedencia humana o animal

Si bien la contaminación producida por la ganadería es más importante que los residuos humanos en cuanto a volumen, no lo es así en cuanto a riesgo (patogeneidad), dado que muchos de los microorganismos patógenos son propios de una única especie.

No obstante, además de ciertos microorganismos que pueden ser transmitidos por animales, existen parásitos de transmisión hídrica que emplean animales domésticos o salvajes como hospedadores intermedios. Los huevos y larvas de gusanos pueden llegar a circular distancias apreciables en acuíferos kársticos y fisurados.

En el caso de la ganadería extensiva que se aproxima mucho a la situación natural, las heces y orines se desecan por acción del aire y del sol, eliminándose así la mayor parte de los microorganismos. Más tarde la acción de las bacterias de la putrefacción, larvas de moscas y otros insectos, la lluvia y el sol terminan descomponiendo el residuo, llegándose a su total mineralización antes de que los patógenos puedan acceder al acuífero [18].

- **Dióxido de Carbono.-** El dióxido de carbono corresponde al principal gas de efecto invernadero debido a que simplemente sus emisiones y concentraciones son las más altas en referencia a otros gases [13]. En cuanto a la producción de CO₂ ligada a la actividad ganadera se considera muy difícil estimar ésta cantidad, debido a que la mayoría el CO₂ se produce en procesos indirectos ligados a la ganadería, siendo las cantidades de emisiones directas del ganado poco significativas en referencia a los gases de efecto invernadero que se describen a continuación, situación por la cual no será considerado este gas dentro del presente estudio.
- **Metano.-** Corresponde al segundo gas de efecto invernadero en importancia, ya que el poder de retención de calor del metano es unas 21 veces superior al del dióxido de carbono en un período de más de 100 años [13]. En cuanto a las emisiones de metano producidas por la actividad ganadera podemos mencionar dos fuentes principales, como son:
 - **Fermentación entérica.-** La producción de metano es parte de los procesos digestivos normales de los animales, durante la digestión, los microorganismos presentes en el aparato digestivo fermentan el alimento consumido por el animal. Este proceso conocido como fermentación entérica, produce metano como un subproducto, que puede ser exhalado o eructado por el animal. Entre las especies ganaderas, los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos, búfalos, camélidos) son los principales emisores de metano.

En los animales no rumiantes (porcinos, equinos, mulares, asnales) la fermentación microbiana ocurre en el intestino grueso, que tiene una capacidad de producción de metano mucho menor que el rumen. Debido a que esta producción es el resultado de procesos digestivos, la cantidad emitida varía con el tipo de animal, con la

naturaleza, cantidad y digestibilidad del alimento consumido y con el nivel de producción.

- Manejo de estiércol.- El manejo del estiércol del ganado produce emisiones de metano mediante la descomposición anaeróbica del estiércol. Cuando el estiércol se maneja en forma sólida (por ejemplo, almacenamiento en pilas) o queda depositado sobre las pasturas y los campos naturales, tiende a descomponerse aeróbicamente y produce muy poco o nada de metano; la temperatura y la humedad influyen en el desarrollo de las bacterias responsables de su formación.

La composición del estiércol, que depende de la dieta de los animales, también afecta la cantidad de metano producido, cuanto mayor es el contenido energético y la digestibilidad del alimento, mayor es el potencial de emisión de metano. Por ejemplo, los animales en feedlot², alimentados con dietas altamente energéticas, generan estiércol con gran capacidad de producción de metano, mientras que el ganado mantenido con forrajes de baja concentración energética, producen estiércol con la mitad de capacidad de formación de metano que en el caso del feedlot.[19].

- **Óxido Nitroso.**- El óxido nitroso es el tercer gas de efecto invernadero con mayor potencial para el calentamiento directo. Aunque está presente en la atmósfera en cantidades muy reducidas, sin embargo, su capacidad de retención de calor es 296 veces superior a la del dióxido de carbono y su tiempo de permanencia en la atmósfera es muy largo (114 años).

En referencia a la producción animal de óxido nitroso se distinguen tres posibles fuentes directas de emisión de N₂O: 1) los propios animales a través de pequeñas cantidades de emisión de origen intestinal liberadas durante la actividad rumial, 2) el estiércol y residuos generados por animales en confinamiento y 3) las heces y orina generadas por las actividades de pastoreo [20].

² Corrales de engorde.

CAPÍTULO 4: CONTAMINACIÓN POR NUTRIENTES

Los nutrientes detallados en el capítulo anterior constituyen un componente vital en la producción pecuaria ya que ellos aportan los insumos necesarios para que los potreros y el ganado puedan funcionar de manera equilibrada, sin embargo las pérdidas o exceso de los mismos en los sistemas ganaderos son los responsables de los efectos adversos sobre el ambiente que mencionamos anteriormente. Dicho lo anterior y como parte principal de la investigación, corresponde al presente capítulo estimar los volúmenes aproximados de nutrientes aportados por la actividad ganadera, además se realizará un análisis de las posibles afecciones que la pérdida de éstos sobre el ambiente.

4.1 Estimación de volúmenes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio generados por la actividad pecuaria

Como se mencionó anteriormente como parte del presente estudio se estimarán los volúmenes de los principales macronutrientes que se producen por la actividad pecuaria como son el Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio, los cuales fueron considerados debido a que son factibles de estimar sin análisis complejos de laboratorio, además de su importancia al ser los que más podrían afectar al ambiente, especialmente al medio acuático. Para la estimación de los nutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) generados por la actividad pecuaria, se considerarán las emisiones producto del estiércol animal y se procederá de acuerdo a la metodología descrita a continuación.

4.1.1 Consideraciones para el cálculo de nutrientes generados por el estiércol

Para el cálculo de los principales contaminantes que genera la actividad pecuaria por generación de estiércol se ha tomado en cuenta al Boletín del Ministerio de Ganadería Español correspondiente a El Estiércol y las prácticas amigables con el Medio Ambiente [21], donde se presenta una metodología para el cálculo de volúmenes de los principales nutrientes que pueden ser nocivos con el medio ambiente como son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio convirtiendo cada especie animal estudiada a su equivalente en Unidades de Ganado Mayor o UGM la cual se define como una vaca adulta de 550 kilogramos de peso vivo y que produce 4.000 litros de leche por año con un 4 por ciento de grasa con una eficiencia de utilización del 60% para el nitrógeno y del 100% para el fósforo y potasio.

Cabe indicar que para la estimación de los volúmenes de nutrientes generados por la producción de estiércol de ganado de acuerdo a la presente metodología se tomarán en cuenta muy variados factores que influyen en la cantidad producida y en el contenido de nutrientes del estiércol, pero entre ellas podemos destacar:

- Tipo de Ganado.- Tanto la cantidad como los nutrientes del estiércol varían tanto con la especie como dentro de ésta con el tipo de ganado.
- Alimentación.- La dieta que se suministra al ganado depende tanto del tipo de ganado como del destino del animal. La dieta no es igual para un animal destinado al engorde que para un animal que está en crecimiento para reposición; esto hace que varíe tanto la cantidad de estiércol producido como el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.
- Condiciones Ambientales.- Hay que considerar factores tales como la adición de agua bien de lluvia o de limpieza, si se compacta o no y si contiene desperdicios.

El estiércol además sufre una serie de pérdidas, desde que es producido hasta que es utilizado, en su cantidad de nutrientes, pérdidas que podemos clasificar en:

- Pérdidas Gaseosas.- El estiércol contiene elementos que pueden volatilizarse y que si no se almacenan de una forma adecuada se pierden. Estas pérdidas pueden suponer un 10% del Nitrógeno.
- Pérdidas por lavado.- El estiércol suele almacenarse al aire libre, y por tanto, al llover, el agua puede arrastrar componentes nutritivos. Por ésta vía se puede perder un 20% del nitrógeno, un 5% de fósforo y más de un 35% de potasio.
- Pérdida por filtración.- Estas pérdidas se producen cuando los líquidos del interior de la pila de estiércol pasan al suelo.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, no es fácil determinar el nitrógeno, fósforo y potasio que se aplican a un terreno cuando se esparce el estiércol. Para resolver éste problema en la Unión Europea han establecido ciertos valores estándar y se ha propuesto transformar el contenido de los diferentes nutrientes a Unidades de Ganado Mayor según la metodología propuesta en el siguiente literal.

4.1.2 Metodología de cálculo

Considerando que una UGM produce una cantidad de estiércol al año que contiene:

Nutriente	Excreción anual por una UGM
Nitrógeno	90 Kilogramos
Fósforo	18 Kilogramos
Potasio	83 kilogramos

TABLA 4.1 Volumen de nutrientes excretadas por una UGM en un año
Fuente: MA España-UE [21]

Y si tomamos estos valores como estándar, se pueden determinar las producciones de los distintos nutrientes para los estiércoles de las diferentes especies y grupos de animales, expresándolas en equivalentes de Unidades de Ganado Mayor según se detalla en la siguiente tabla:

ESPECIE	EDAD	Equivalente a U.G.M.		
		N	P	K
Bovinos	Menos 1 año	0.3	0.3	0.3
	1 a 2 Años	0.6	0.6	0.6
	2 años o mas	1	1	1
Ovinos	Menos 6 m	0.15	0.13	0.13
	Mayor a 6 m	0.15	0.13	0.13
Porcino	Menos 2 m	0.0523	0.0728	0.02
	Mayor a 2 m	0.2447	0.3349	0.092
Aves	UGM 100 aves	0.909	1.8363	0.4
Equinos		0.9173	0.7	0.885

TABLA 4.2 Unidades equivalentes a UGM de diferentes especies animales
Fuente: MA España-UE [21]

Así por ejemplo en el caso de 10 porcinos adultos se tiene que:

- Nitrógeno (N)

10 (Porcinos) × 0.2447 (N Equiv En UGM/Porcino) × 90 (Kg de N/UGM Año)= **220.23 (kg de N/Año)**

- Fósforo (P)

10 (Porcinos) × 0.3349 (P Equiv En UGM/Porcino) × 18 (Kg de P/UGM Año)= **60.28 (kg de P/Año)**

- Potasio (K)

10 (Porcinos) × 0.092 (K Equiv En UGM/Porcino) × 83 (Kg de K/UGM Año)= **76.36 (kg de K/Año)**

En el caso específico de los cuyes al no contarse con un equivalente en UGM en la metodología propuesta, el cálculo se lo realizó según la referencia [22] la cual establece la producción promedio anual de macronutrientes por unidad de mamífero menor según se presenta en la tabla 4.3:

Cálculo para cuyes de producción de N, P y K por unidad		
Excreción anual de estiércol en cuyes 62.05 kg/año		
Elemento	Kg / kg excremento	Tota Anual (Kg)
Nitrógeno	0.012	0.7446
Fósforo	0.01	0.6205
Potasio	0.007	0.43435

TABLA 4.3 Producción anual de nutrientes por roedor
Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a referencia [22]

4.1.3 Cálculo de producción de nutrientes por estiércol

Tomando en cuenta la población pecuaria calculada en el capítulo 2 y las consideraciones descritas anteriormente se han estimado los siguientes volúmenes de nutrientes depositados en el suelo por estiércol producido por las diferentes especies pecuarias:

ESPECIE	EDAD	NUMERO	Total N (kg)	Total P (kg)	Total K (kg)
Bovinos	Menos 1 año	728	19656.00	3931.20	18127.20
	1 a 2 Años	849	45846.00	9169.20	42280.20
	2 años o mas	1517	136530.00	27306.00	125911.00
Ovinos	Menos 6 m	176	2376.00	411.84	1899.04
	Mayor a 6 m	1189	16051.50	2782.26	12829.31
Porcino	Menos 2 m	110	517.77	144.14	182.60
	Mayor a 2 m	242	5329.57	1458.82	1847.91
Aves	1UGM=100 aves	4688	3835.25	1549.54	1556.42
Equinos		154	12713.78	1940.40	11312.07
Cuyes		5188	3862.98	3219.15	2253.41
TOTAL kg			246718.85	51912.57	218199.16
TOTAL Ton			246.72	51.91	218.20

TABLA 4.4 Total de nutrientes provenientes del estiércol depositados en los pastos de la cuenca del Machángara
Fuente: Elaboración Propia

4.2 Estimación de nutrientes que se pierden en los sistemas ganaderos y pueden contaminar el ambiente

En cuanto a la cuantificación de los nutrientes que se pierden de los sistemas ganaderos como fruto de la lixiviación, escorrentía y volatilización, se ha considerado lo descrito en el Boletín del Ministerio de Ganadería Español publicado en 1995 correspondiente a El Estiércol y las prácticas amigables con el Medio Ambiente [21], en su página 5 de valores límites aproximados de pérdidas de nutrientes en los sistemas ganaderos. En el caso de volatilización se considerará que el 10% del nitrógeno total se volatiliza como Amonio y N₂O. En el caso de pérdidas por escorrentía superficial se establece hasta una pérdida de un 20% en el nitrógeno, un 5 % de fósforo y hasta un 35% de potasio [21], y finalmente en el caso de la lixiviación se considerará un valor de pérdidas de nitrógeno del 8% [23]. Según lo mencionado anteriormente se tiene que:

NUTRIENTE	TOTAL PRODUCIDO		PÉRDIDA POR VOLATILIZACIÓN		PÉRDIDA POR ESCORRENTIA		PÉRDIDA POR LIXIVIACIÓN		PÉRDIDAS TOTALES	
	Ton	%	Ton	%	Ton	%	Ton	%	Ton	%
Nitrógeno	246.72	100	24.67	10	49.34	20	19.74	8	93.75	38
Fósforo	51.91	100	-	-	2.60	5	-	-	2.60	5
Potasio	218.20	100	-	-	76.37	35	-	-	76.37	35

TABLA 4.5 Estimación de Nutrientes depositados en cuerpos de Agua
Fuente: Elaboración Propia según referencias [21] y [23]

Cabe indicar que las estimaciones anteriormente descritas corresponden a valores aproximados referenciales, ya que para una estimación más precisa de los volúmenes de nutrientes que llegan al medio ambiente, especialmente a cursos de agua, sería necesario considerar factores como temperaturas, precipitaciones, geomorfología del sector, además de entradas y salidas de nutrientes del sistema y capacidad de retención del mismo, no siendo parte de la presente investigación esta estimación más precisa ya que ésta se enfoca principalmente en aportar con un diagnóstico preliminar un volumen de contaminación sobre la cuenca de estudio y su posible impacto sobre el ambiente.

4.3 Posibles efectos ambientales sobre la cuenca generados por la actividad pecuaria

Una vez establecidos los volúmenes aproximados de los contaminantes que son liberados al medio ambiente en la cuenca del Río Machángara, en el presente apartado se analizará su posible impacto sobre el ambiente tomando en cuenta el medio Acuático de la cuenca ya que éste corresponde al medio más susceptible en referencia a los contaminantes generados por la actividad Pecuaria.

4.3.1 Efectos sobre la calidad del Agua en la cuenca del Machángara

Teniendo en cuenta que la cuenca genera en promedio alrededor de 304 hectómetros cúbicos de agua al año [24] se puede considerar un valor estimado medio de concentración de los nutrientes en las aguas de la cuenca con los volúmenes de nutrientes calculados anteriormente que se pierden como fruto de la actividad ganadera que son de aproximadamente de 0.31mg/l de nitrógeno, 0,0085 mg/l de fósforo y 0.25 mg /l de potasio, estimaciones que corresponden al volumen total de macronutrientes sin considerar los diferentes compuestos que conforman, por lo cual no es factible la comparación de estos con normas y valores límite, sin embargo si tomamos en cuenta que varios de los compuestos como los nitratos y fosfatos tienen límites máximos considerados de 13 mg/l y 0.1mg/l respectivamente, los resultados obtenidos muestran una aceptable concentración de

macronutrientes en los cuerpos de agua. En cuanto al potasio no existe normativa respecto a este elemento que nos permita compararlo, sin embargo considerando que las concentraciones de nitrógeno y fósforo son bajas podríamos asumir que las concentraciones de potasio tampoco representan un peligro sobre el ambiente.

4.3.2 Calidad del agua en la cuenca del Machángara según el Plan de Manejo Ambiental de la cuenca

Adicional a la estimación anterior como parte del presente estudio se tomarán en cuenta para su análisis el estudio de calidad de agua realizado como parte del Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca del Río Machángara dentro del cual se realizaron muestreos físico químicos de calidad de agua a lo largo de la cuenca en un total de 37 puntos, de los cuales para analizar un posible impacto de la ganadería sobre el ambiente tomaremos 4 sitios de muestreo como referencia. Para la elección de los puntos se tomarán en cuenta uno en la parte alta de la cuenca, uno en la parte media, uno en la parte baja previo al paso por los centros parroquiales de Checa y Chiquintad, y al final de la cuenca con el fin de diferenciar la actividad ganadera del resto de actividad antrópica que se desarrolla en la cuenca.

Número de estación	Lugar de Medición	Coordenadas		
		X	Y	Z
1	R. Chulco luego de la laguna de Labrados	715191	9698258	3353
2	R. Blanco antes de la captación y carretero	720697	9694477	2972
3	R. Machángara DJ R. Saymirín	721761	9689909	2739
4	R. Machángara AJ R. Tomebamba	727230	9680771	2451

TABLA 4.6 Lugares de muestreo de calidad de agua en la cuenca del Machángara
Fuente: PMACM Informe Ambiental

Los resultados parciales de los análisis en los puntos de muestreo considerados se presentan en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	Estaciones				Máximo TULSMA vida acuática	Máximo TULSMA uso pecuario	Máximo TULSMA fuentes de agua
		1	2	3	4			
Coliformes Fecales	NMP/100 m	33	23	33	46000	-	1000	2000
DBO5	mg/l	0.7	0.2	0.5	13	-	-	<2
Fosfatos	mg/l	0.03	0.03	0.03	0.43	-	-	-
Nitratos	mg/l	0	0.1	0	0.2	13	50	50

TABLA 4.7 Datos de calidad de agua en la cuenca del Machángara
Fuente: Plan de Manejo Ambiental de la cuenca del Machángara

4.3.3 Análisis de resultados de la calidad del agua

En la tabla 4.7 se presentan los resultados del muestreo realizado como parte del diagnóstico de la calidad de agua de la cuenca además de mostrar los valores establecidos por la legislación ecuatoriana para calidad de aguas dependiendo de su uso de acuerdo al Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, tabla de la cual podemos realizar las siguientes observaciones:

- Se puede apreciar que las estaciones ubicadas antes de los poblados de Checa y Chiquintad, presentan valores bajos de coliformes fecales a pesar de que la actividad pecuaria se da mayormente es ésta área, por lo cual podemos concluir que la contaminación difusa de las

excretas de los animales en la cuenca no tiene mayor significancia sobre la calidad biológica de los cuerpos de agua, siendo la actividad antrópica de la parte baja la que genera considerables volúmenes de coliformes como se ve en los datos de la estación 4.

- La demanda bioquímica de oxígeno al igual que los coliformes no representa un valor significativo en las tres primeras estaciones por lo que se puede concluir que no existe mayor contaminación orgánica producto de la escorrentía de los desechos de los animales a los cursos de agua próximos, siendo la mayor fuente de contaminación la actividad antrópica de las zonas pobladas en la parte baja.
- En cuanto a los fosfatos si bien no existe norma que establezca un máximo para los diferentes usos de agua, se ha tomado en cuenta lo establecido por el Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente de Navarra, donde se determina que las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l PO₄-P en el agua corriente, situación que se evidencia solo en la parte baja de la cuenca encontrándose los valores de las tres primeras estaciones dentro de los parámetros normales.
- En cuanto a los nitratos se puede ver una muy baja concentración de éstos en toda la cuenca, situación que puede indicar que los suelos de la cuenca presentan niveles de nitrógeno insuficientes para desarrollar normalmente los ciclos productivos.
- Finalmente podemos observar que los datos estimados como parte de la presente investigación guardan concordancia con los estimados en las mediciones de nutrientes desarrolladas como parte del PMACM, en lo que se refiere a compuestos de nitrógeno y fósforo.

4.4 Población Humana Equivalente

Si bien en los incisos anteriores se determinó que la actividad pecuaria en la cuenca del Río Machángara no afecta a varios parámetros de calidad ambiental en lo que se refiere a nutrientes, es evidente que los animales producen una considerable afección al medio ambiente, por lo cual con el fin de cuantificar ésta afección, como parte de la presente investigación se realizará un análisis estableciendo los efectos por una población humana equivalente, es decir a cuantos humanos equivale la carga contaminante animal que se encuentra en la cuenca.

4.4.1 *Habitantes equivalentes para contaminación al medio acuático*

Para estimar la afección ambiental al medio acuático producida por diferentes fuentes de la actividad humana, la Unión Europea en su Directiva 91/271/UE [25] estableció el concepto de Habitante Equivalente, el cual establece que un Humano promedio que consume 200 litros de agua al día (dotación similar a la ciudad de Cuenca), y produce diariamente una carga orgánica biodegradable con DBO₅ de 60 gramos de oxígeno por día, sólidos suspendidos (SS) de 90 gramos/día, nitrógeno total (NT) de 12 gramos/día y Fósforo(PT) Total de 3 gramos/día, considerando lo anterior a continuación se presentan las equivalencias de las principales especies animales consideradas para al presente estudio de acuerdo a los coeficientes establecidos para el efecto por BARBA, L. [26] y el cálculo en habitantes equivalentes.

ESPECIE	NUMERO	Habitantes Equivalentes (H.E.)	H.E. TOTAL POR ESPECIE
Bovinos	3094	16.4	50741.6
Ovinos	1365	2.45	3344.25
Porcino	352	3	1056
Aves*	4688	0.2	937.6
Equinos	154	11.3	1740.2
Cuyes**	5188	0.16	830.08
		TOTAL H.E.	58649.73

*Adaptado de GONZALEZ DELGADO [27]

**Estimación de acuerdo al nitrógeno diario producido

TABLA 4.8 Contaminación por habitantes equivalentes en la Cuenca del Machángara
Fuente: Elaboración Propia de acuerdo a referencias [26] y [27]

Cabe indicar que para el cálculo de la población equivalente descrita anteriormente no se tomó en cuenta las edades de las diferentes especies consideradas, ya que la transformación de las diferentes especies animales a habitantes equivalentes se basa en parámetros de dotación de agua los cuales se realizan indistintamente de la edad de la población servida.

4.4.2 Análisis de población equivalente

Considerando que el área destinada para la actividad pecuaria en la cuenca del río Machángara es de aproximadamente 27,30 Km². y que se cuenta con una población equivalente de 58.650 habitantes, se puede establecer una densidad poblacional equivalente de 2.148hab/km², lo cual si consideramos que la zona urbana de la ciudad de Cuenca tiene una densidad Poblacional según el INEC de 4.701 hab/km², resultaría una población equivalente con gran potencial contaminante, sin embargo debido a que las descargas de residuos animales no son depositadas en los cuerpos receptores directamente a diferencia de la humanas y que de acuerdo a la estimación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua de la cuenca detallados en los capítulos anteriores no son significativamente altos, se puede establecer que el área donde se desarrolla la actividad pecuaria tiene la capacidad necesaria para soportar esa población equivalente sin que se produzcan efectos negativos considerables sobre el ambiente.

CAPÍTULO 5: CONTAMINACIÓN POR GASES DE EFECTO INVERNADERO

5.1 Estimación de gases de efecto invernadero

Para la estimación del volumen de gases de efecto invernadero que se producen como fruto de la actividad pecuaria en la cuenca del Machángara se consideraron las emisiones de metano y óxido nitroso emitidas al ambiente directamente por el metabolismo animal y por los procesos de descomposición de excretas según se detalla a continuación.

5.1.1 Cálculo de producción de Metano

La metodología utilizada para el cálculo de las emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica, es la propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre cambio climático (IPCC). Los factores empleados en la fermentación entérica de ganado bovino, son promedios ponderados de los animales correspondientes de cada estrato del hato definido por función, forma de producción y edad [28].

Por otra parte los factores de emisión utilizados para la cuantificación de CH₄ proveniente del manejo de excretas, es un promedio ponderado tomado de González Ávalos (1999), y González Ávalos y Ruiz Suárez (2001), obtenidos de estudios experimentales realizados en México [28].

ESPECIE	EDAD	Promedios Ponderados (kg/cabeza/año)	
		Fermentación entérica	Manejo de excretas
Bovinos	Menos 1 año	47.41	0.694
	1 a 2 Años	47.41	1
	2 años o mas	104.35	1
Ovinos	Menos 6 m	5	0.14
	Mayor a 6 m	5	0.14
Porcino	Menos 2 m	1	0.69
	Mayor a 2 m	1	0.69
Equinos		18	1.8

TABLA 5.1 Factores ponderados para el cálculo de CH₄

Fuente: Elaboración propia en base a [28]

Cabe indicar que las emisiones de metano de gallinas y cuyes no se consideran en este apartado por considerarse marginales en relación a las emisiones de los animales mayores que cuentan con sistemas gástricos de mayor volumen que excretan considerables cantidades de gas metano al ambiente.

ESPECIE	EDAD	NUMERO	Total (kg)	
Bovinos	Menos 1 año	728	35019.71	
	1 a 2 Años	849	41100.09	
	2 años o mas	1517	159815.95	
Ovinos	Menos 6 m	176	904.64	
	Mayor a 6 m	1189	6111.46	
Porcino	Menos 2 m	110	185.90	
	Mayor a 2 m	242	408.98	
Equinos		154	3049.2	
			TOTAL (kg)	246595.93
			TOTAL (Tn)	246.60

TABLA 5.2 Estimación de emisiones de metano en la cuenca del Machángara

Fuente: Elaboración propia en base a [28]

5.1.2 Cálculo de Producción de Óxido Nitroso

En el caso de los animales que se mantienen sobre praderas o pastizales, el estiércol no se somete a ningún tipo de manejo, sino que queda depositado directamente en los campos. Este estiércol aporta nitrógeno a los suelos, contribuyendo a la emisión directa e indirecta de N₂O procedente de los mismos, que se declara, según indica el IPCC, dentro de la categoría Suelos Agrícolas. Sin embargo, los métodos de estimación son iguales, tanto para las emisiones del N₂O provenientes de praderas y pastizales como para las procedentes del estiércol tratado [29]. Para el caso particular del presente trabajo que únicamente considera el estiércol depositado en los pastizales, solo se estimará el Óxido Nitroso depositado directamente en los campos a través de un “factor razonable de emisión promedio global” del IPCC (0,02 kg de N₂O–N/kg de nitrógeno excretado), el cual será multiplicado por el nitrógeno total generado por la actividad pecuaria en la cuenca del Machángara dándonos el total de emisiones de N₂O según se muestra en la siguiente tabla [13].

ESPECIE	EDAD	NUMERO	Total N (kg)	Factor razonable de emisión	Total N ₂ O (kg)	
Bovinos	Menos 1 año	728	19656	0.02	393.12	
	1 a 2 Años	849	45846	0.02	916.92	
	2 años o mas	1517	136530	0.02	2730.60	
Ovinos	Menos 6 m	176	2376	0.02	47.52	
	Mayor a 6 m	1189	16051.5	0.02	321.03	
Porcino	Menos 2 m	110	517.77	0.02	10.36	
	Mayor a 2 m	242	5329.566	0.02	106.59	
Aves	1UGM=100 aves	4688	3835.2528	0.02	76.71	
Equinos		154	12713.778	0.02	254.28	
Cuyes		5188	3862.9848	0.02	77.26	
					TOTAL (kg)	4934.38
					TOTAL (Tn)	4.93

TABLA 5.3 Estimación de emisiones de Óxido Nitroso en la cuenca del Machángara

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a referencia [13]

Cabe indicar que para la estimación de óxido nitroso si se consideró a las aves y cuyes a diferencia del gas metano, ya que la cantidad de N₂O se encuentra ligada directamente al volumen de

nitrógeno generado por las excretas y no al tamaño del sistema digestivo del animal, siendo un valor considerable de C2O el excretado por estas especies menores de animales.

5.2 Habitantes equivalentes para la producción de gases de efecto invernadero

Para estimar la población equivalente que generaría los volúmenes de gases de efecto invernadero calculados como fruto de la actividad pecuaria de la cuenca del Río Machángara, se transformarán las emisiones de Metano y Óxido Nitroso a unidades de CO₂, con una equivalencia de 23 unidades de CO₂ por una de CH₄ y 296 unidades de CO₂ por una de N₂O [13].

Conociendo que según el Diagnóstico de emisiones del cantón Cuenca [30], en la ciudad de Cuenca se generó en el año 2009, alrededor de 2.42 Toneladas de CO₂ al año per cápita, se ha establecido que la actividad pecuaria en la cuenca del Machángara genera alrededor de 7132,28 toneladas equivalentes de CO₂ al año que representarían a una población de 2947,2 habitantes según se detalla en la tabla 5.4.

GEI	Volumen Calculado (Ton)	Equivalencia en CO ₂	Total CO ₂ (Ton)	Población Equivalente (hab)
Metano (NH ₄)	246.60	23	5671.71	2343.7
Óxido Nitroso (N ₂ O)	4.93	296	1460.58	603.5
TOTAL			7132.28	2947.2

TABLA 5.4 Contaminación por habitantes equivalentes de GEI en la Cuenca del Machángara
Fuente: Diagnóstico de emisiones del Cantón Cuenca [30].

Si consideramos que la cuenca del río Machángara de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del 2010 realizado por el INEC, cuenta con una población de 70.685 habitantes, de donde el 59% se encuentra en el área urbana y el 41 % en las parroquias rurales, las emisiones por ganado serían equivalentes a las generadas por el 4,17% del total de habitantes de la cuenca, lo cual representaría un porcentaje marginal en referencia al total producido en la misma.

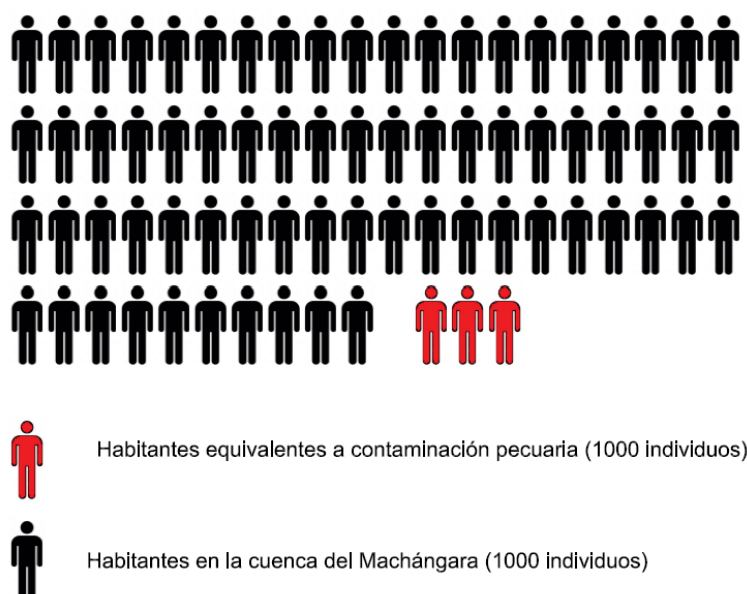


Figura 5.1 Habitantes equivalentes a contaminación pecuaria por GEI en la cuenca del Machángara.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la generación de gases de efecto invernadero corresponde a la contaminación producida por 2.228 vehículos promedio, que generan 0,32 kg de CO₂ por persona y kilómetro recorrido y considerando un promedio de 10.000 kilómetros recorridos en un año [31], y si considerando que el parque automotor de la Ciudad de Cuenca cuenta alrededor de 92.000 vehículos sin considerar motocicletas [30], los vehículos equivalentes a la contaminación pecuaria representan apenas el 2,4% del total de vehículos que existen en el cantón Cuenca y en relación a la cuenca del Machángara que cuenta con aproximadamente 11.200 vehículos el porcentaje representaría el 20% del total de vehículos estimados que circulan por la cuenca.

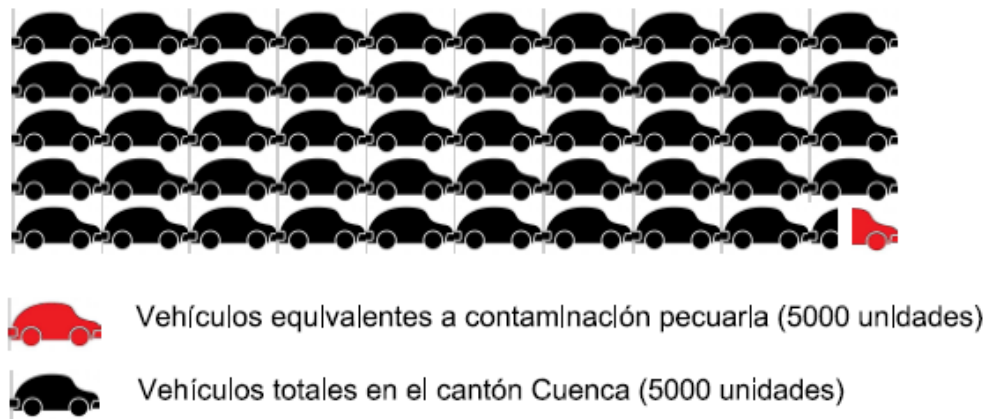


Figura 5.2 Vehículos equivalentes a contaminación pecuaria por GEI en el cantón Cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Como conclusión principal del presente estudio podemos afirmar que la actividad pecuaria que se desarrolla en la cuenca del Río Machángara, tiene relativamente un bajo impacto sobre la calidad ambiental de la cuenca, situación que evidencia el manejo integral adecuado que se da a este espacio por la importancia hídrica que representa para la región.
- El análisis realizado es atemporal, pues se lo realizó en un periodo específico, sin tomar en cuenta el cambio de las diferentes variables que intervienen en los procesos a través del tiempo como por ejemplo que la cantidad de ganado no crece en la misma proporción que la población, dependiendo el incremento del ganado de varios factores entre los cuales se puede mencionar entre los principales la disminución de pastizales por incremento de la zona urbana, la capacidad de carga de los pastizales, el nuevo ordenamiento territorial que restringe el uso de suelo, ente otros, que provocan cierto grado de incertidumbre en lo referente a las proyecciones de crecimiento o decremento de la actividad pecuaria.
- En cuanto a la capacidad de carga de la cuenca si consideramos solamente el ganado bovino, ya que las otras especies no necesitan grandes extensiones de terreno o su número no es significativo, se estima que existen aproximadamente 3.094 cabezas, y si consideramos que el área de pastoreo de la cuenca es de 2.730 hectáreas, se tiene una densidad de ganado de 1,13 cabezas/hectárea, valor que de acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca es inferior al recomendado que es de 2 Unidades Bovinas Adultas por hectárea para zonas con las características de pendiente encontradas en la cuenca del Machángara (pendientes entre 25% y 50%), por lo cual se puede establecer que la cuenca sería capaz de soportar una carga de hasta 5.460 Unidades Bovinas Adultas, es decir, podría soportar un incremento de hasta del 43% de ganado que es igual a 89.544 personas equivalentes.
- En cuanto al uso de suelo de la cuenca se puede observar que si bien se evidencia una disminución en terrenos de pastizales durante los últimos años, la producción pecuaria todavía forma parte importante de las actividades antrópicas desarrolladas en la cuenca, afectando especialmente a zonas de páramos y bosques protegidos en los cuales se puede observar ganado suelto que pisotea los páramos compactando el suelo y disminuyendo la capacidad de retención hídrica de la cuenca.
- En la encuesta realizada como parte de la presente investigación, se determinó que un porcentaje significativo de productores de ganado utilizan abono orgánico de gallina para mejorar sus pastos, situación que no ha sido considerada como parte integral de la presente investigación, sin embargo se puede apreciar que el impacto del uso de éstos fertilizantes no afecta en gran medida la calidad del agua de la cuenca, como se puede evidenciar en los análisis de agua realizados como parte del Diagnóstico para la ejecución del Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca del Río Machángara.

- De acuerdo al estudio realizado se puede concluir que la crianza de ovejas, cerdos, gallinas y cuyes, se realiza mayoritariamente a pequeña escala y de manera rústica con el fin de suplir ocasionalmente las necesidades de alimentación o ingresos económicos de los pobladores de la cuenca, situación que no constituye un riesgo importante al medio ambiente debido al limitado volumen de animales que se maneja en éste tipo de explotación pecuaria.
- En lo que respecta a la crianza de bovinos, si bien gran parte de éstos también se maneja a pequeña escala, se puede observar en la parte media de la cuenca haciendas ganaderas de mediano tamaño, que entre sus prácticas comunes está la mejora de pastos con abonos orgánicos especialmente gallinaza, situación que podría ser un factor contaminante de mayor impacto que la ocasionada por el excremento de los animales, ya que la gallinaza al ser un subproducto de criaderos de aves, contienen hormonas, antibióticos y patógenos que podrían poner en riesgo la calidad ambiental de la cuenca.
- Las estimaciones de contaminantes calculados como parte de la presente investigación se basan en prácticas realizadas en otros países que muchas veces pueden diferir de aspectos relacionados con la realidad local, por lo cual se sugiere que los resultados deben ser tomadas solo como referenciales para efectos de manejo de los recursos de la cuenca del Machángara.
- De las estimaciones de contaminación realizadas y del cálculo de la población humana equivalente a la población pecuaria, se puede observar que la cuenca del Machángara tiene actualmente la capacidad para asimilar de manera aceptable los desechos producidos por la actividad pecuaria que se realiza en la cuenca, especialmente debido a que las prácticas pecuarias no se presentan de manera intensiva, siendo en su mayoría un manejo extensivo artesanal no tecnificado, contribuyendo esto a dilución de los contaminantes sea mayormente realizada en los potreros.
- En cuanto a las estimaciones de gases de efecto invernadero se puede apreciar que la contaminación provocada por la actividad pecuaria corresponde más o menos a la de 2.074 vehículos, siendo una cifra considerable de emisiones que representarían alrededor del 2% del parque automotor de la ciudad de Cuenca, estimado en 105.000 vehículos.

6.2 Recomendaciones

Como aporte al Plan de Manejo Ambiental de la cuenca del Río Machángara, a continuación se describen algunas medidas para el control y seguimiento de la actividad pecuaria que se realiza en la cuenca del Machángara:

- Programa de areteo.- Debido a la importancia de la zona de estudio se podría considerar que los administradores de la cuenca apoyen de manera activa el programa de areteo de animales que lleva actualmente el Ministerio de Agricultura y Ganadería, con el fin de llevar un control más estricto de las actividades vinculadas especialmente al ganado bovino, ya que como se observó es el más representativo en cuanto a potencial contaminante.
- Asesoramiento a Pequeños y Medianos Productores.- Ya que la mayoría de la actividad pecuaria en la cuenca de estudio se desarrolla a mediana y pequeña escala, se sugiere incluir dentro de los programas informativos y educativos que se desarrollan como parte del

manejo ambiental de la cuenca, información referente a la crianza de animales y prácticas amigables con el medio ambiente y de esta forma potenciar el uso del estiércol como abono natural con el objetivo de disminuir la colocación de otros fertilizantes y mejorar la eficiencia productiva de pastos y cultivos.

- Seguimiento de uso de fertilizantes.- Dentro del programa de control de la cuenca se sugiere implementar un formulario de control de ingreso de fertilizantes a las zonas protegidas, en el cual se deberá registrar el tipo de fertilizante, los volúmenes y el destino de los mismos con el fin de cuantificar los nutrientes que ingresan a la cuenca como fertilización y poder realizar un análisis más preciso del balance de nutrientes de la cuenca. Para la implementación del registro se sugiere que éste se lo llene en los diferentes puntos de control en las vías de ingreso especialmente en la zona media de la cuenca.
- Seguimiento a crecimiento de la actividad pecuaria.- Se recomienda establecer modelos que permitan proyectar de manera más efectiva el comportamiento poblacional de la actividad pecuaria en la cuenca del Machángara a través del tiempo, estimando el peso de cada una de las variables que intervienen en la variación poblacional de ésta actividad, entre las que se incluirá la disminución de pastizales por incremento de la zona urbana, la capacidad de carga de los pastizales, el nuevo ordenamiento territorial, y de esta forma realizar un mejor seguimiento de la actividad pecuaria que se realiza en la cuenca.
- Establecer factores de e indicadores actividad pecuaria en la cuenca.- Como se mostró anteriormente se puede establecer una equivalencia entre una población pecuaria y una población humana, de tal manera que una vez conocida la población pecuaria de la cuenca, además de la población humana, así como sus factores de crecimiento, se podría realizar una curva que nos permita analizar el crecimiento poblacional humano versus el crecimiento pecuario con humanos equivalente, siendo la suma de éstas una población total equivalente en la cuenca, la cual podría ser expresada por la multiplicación de la población humana por un factor que represente el incremento poblacional por actividad pecuaria, y que se encontrará dentro de un rango máximo y mínimo dado por los diferentes factores que intervienen el crecimiento poblacional pecuario. Este factor nos servirá de insumo para poder analizar la calidad ambiental de la cuenca en cualquier periodo de tiempo en base a la contaminación per cápita que genera un habitante promedio equivalente y establecer modelos para cuantificar posibles impactos sobre la calidad ambiental de la cuenca.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ETAPA. 2011. Gestión Ambiental: Consejo de la Cuenca del Machángara. http://www.etapa.net.ec/DGA/dga_pro_fue_hid_con_cue_mac.aspx Consulta: 3 de Julio de 2013.
- [2] UNIVERSIDAD DEL AZUAY, CG PAUTE. 2013. Descripción de coberturas vegetales, subcuenca de los ríos Burgay, Sidcay, Machángara y Tomebamba. http://gis.uazuay.edu.ec/celec/ide/CRP_V3/DOCUMENTOS/Anexo_4a_Descripcion_Cob_Veg_Burgay_Sidcay_Machangara_Tomebamba.pdf Consulta: 23 de Agosto de 2014
- [3] MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE. 2014. 16 años de creación del Consejo de Cuenca del Río Machángara <http://www.energia.gob.ec/16-anos-de-creacion-del-consejo-de-cuenca-del-rio-machangara/> Consulta: 2 de Diciembre de 2014
- [4] CONSEJO DE LA CUENCA DEL RIO MACHANGARA. 2013. Plan de Manejo Ambiental de la Sub Cuenca del Machángara. Diagnóstico Socioeconómico, pag. 117, 160.
- [5] CONSEJO DE LA CUENCA DEL RIO MACHANGARA. 2013. Plan de Manejo Ambiental de la Sub Cuenca del Machángara. Resumen Ejecutivo, pag. 13.
- [6] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA DEL ECUADOR. 1977. Mejoramiento genético del Ganado Bovino en Ecuador. pag. 31-32.
- [7] ESPINOZA D. 2012. Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la crianza, engorde y faenamamiento de cerdos en la parroquia de Pifo. pag. 6.
- [8] MONTEROS G. 2009. Optimización de una granja Ovina para la producción de carne. pag. 1-2.
- [9] SOTO I., ZAVALA G., CANO H., LÓPEZ J. 2002. , Análisis de dos poblaciones de gallinas criollas utilizando RAPDs como marcadores moleculares. pag. 1. <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200212174953.pdf> Consulta: 2 de febrero de 2015.
- [10] SEGURA J., JEREZ M., SARMIENTO L. Y SANTOS R. 2006. Indicadores de producción de huevo de gallinas criollas en el trópico de México. pag. 2. www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/25_14_27_04IndicadoresSegura.pdf Consulta: 2 de Febrero de 2015.
- [11] JUAREZ A., ORTIZ M., 2001. Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. pag. 27. <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2001/vm011e.pdf>. Consulta 5 de febrero de 2015.
- [12] USEPA,2013. USA: Contaminants in Livestock and Poultry Manure and Implications for Water Quality. United States Environmental Protection Agency. USA. pag. 2. <http://water.epa.gov/scitech/cec/upload/Literature-Review-of-Contaminants-in-Livestock-and-Poultry-Manure-and-Implications-for-Water-Quality.pdf> Consulta: 10 de febrero de 2015.
- [13] ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2006. La larga sombra del ganado versión en Español. pag. 156, 157, 90, 126.
- [14] DIAZ, R. 2001. Overview of hypoxia around the world. Journal of Environmental Quality. pag. 275-281. <http://nature.berkeley.edu/classes/espm-120/Website/Diaz2001.pdf> Consulta: 12 de febrero 2015

- [15] ELIZONDO, J. 2006. El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. pag. 72. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5068/4875> Consulta 12 de febrero de 2015.
- [16] ELIZONDO, J. 2005. El fósforo en los sistemas ganaderos de leche. Agronomía Mesoamericana, pag. 231-238. <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/viewFile/11877/11187> Consulta 15 de Febrero de 2015.
- [17] LENNTECH, 2014. Water Treatment Solutions. <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/k.htm>. Consulta 20 de Febrero de 2015.
- [18] MORENO, L. NAVARRETE, P. VIRGÓS L. 1998. Conceptos básicos de microbiología de las aguas subterráneas. pag 57-58. <http://aguas.igme.es/igme/publica/lib8.htm>. Consulta: 21 de febrero de 2015.
- [19] BERRA, G. FINSTER, L. 2002. Emisión de gases de efecto invernadero; influencia de la ganadería Argentina. http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/50-efecto_invernadero.pdf Consulta: 22 de febrero de 2015.
- [20] BERGER, L. 2011. Emisiones de Óxido Nitroso producidas por la actividad ganadera en el Uruguay en condiciones de pastoreo. pag 2. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/1667/1/uy24-15490.pdf>. Consulta 24 de Febrero de 2015.
- [21] IGLESIAS, L. 1995. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_01.pdf. Consulta: 26 de Febrero de 2015.
- [22] GESTIÓN DE CALIDAD. 2014. Ganadería de Mayor Incidencia Medioambiental. <http://www.gestion-calidad.com/archivos%20web/residuos%20generados%20de%20explotaciones%20ganaderas.pdf>. Consulta: 22 de febrero de 2015.
- [23] ALFARO, M. SALAZAR, F. 2004. Ganadería y Contaminación Difusa, Implicancias para el Sur de Chile. http://www.aprchile.cl/pdfs/Ganaderia_y_Contaminacion_Difusa.pdf Consulta: 23 de Febrero de 2015.
- [24] CLAVIJO, G. 2014. El Consejo de la Cuenca del Machángara. Diario el Mercurio. Publicado 10/12/2014. <http://www.elmercurio.com.ec/451615-el-consejo-de-la-cuenca-del-machangara/#.VUZTifIviko>. Consulta: 2 de marzo de 2015.
- [25] COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. 1991. Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/03_manual_directiva_91_271_cee_tcm7-28959.pdf. Consulta: 2 de abril de 2015.
- [26] BARBA, L. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del Valle. Cali Colombia. pag. 16.
- [27] GONZALEZ, N. BARRENETXEA, C. RODRIGUEZ, F. ALFAYATE, J. 2003. Contaminación Ambiental, una visión desde la química. <https://books.google.com.ec/books?id=nUoOx-8knyUC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. Consulta: 15 de abril de 2015.
- [28] RAMÍREZ, I. 2010. Misiones de metano generadas por excretas de animales de granja y contenido de ruminal de bovino.

[29] GOBIERNO ARGENTINO. 2005. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina.

[30] MUNICIPIO DE CUENCA-BID-IDOM .2014. Hoja de ruta de mitigación del cantón Cuenca, Diagnóstico de emisiones de GEI del cantón Cuenca. pag. 11.

[32] ECOLOGISTAS EN ACCIÓN. 2009. Emisiones de CO2 de los vehículos convencionales e híbridos. <http://www.ecologistasenaccion.org/article16233.html> Consulta: 12 de abril de 2015.

ANEXOS

ANEXO 1

EXPANSIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN LA ENCUESTA DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINUA ESPAC.

ANTECEDENTES

El país antes de la década de los 70, era eminentemente agrícola con un potencial y riqueza enorme, caracterizándose por su producción relevante en ciertas provincias del país llamándolas en esos tiempos y en algunos casos graneros. El boom petrolero incidió de alguna manera en el sector agrícola y pecuario, ya que dejó de ser el foco de atención; sumado al ingreso de la democracia que trajo consigo, leyes, reglamentos y reformas como la agraria.

En realidad, el término censo, se lo pudo aplicar en el 2000, por el empoderamiento en la definición dada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), reflejada en el Programa de Censos mundial 2000, mismo que indicaba que el término en mención se lo podía decir a una muestra grande y representativa, esto dado por sus altos costos de operatividad, y el país la adoptó para su beneficio.

El Censo del año 2000, permitió, la aplicación de una nueva metodología y el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, asume el reto y lleva la ejecución desde el año 2002 hasta el 2014 la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC, constituyéndose en la única encuesta enfocada al sector agrícola y pecuario.

METODOLOGÍA GENERAL

Para realizar la investigación Agropecuaria, de la cuenca del Machángara, se utiliza la metodología del Instituto Nacional de Estadística y Censos-INEC, en donde el universo está conformado por total las UPAs (Unidades de Producción Agropecuaria).

Se divide la superficie total del país en pequeñas áreas, denominadas UPM (Unidades Primarias de Muestreo). Una UPM, es un área de 10 kilómetros cuadrados en promedio y está delimitada por accidentes naturales y/o culturales identificados en el terreno.

Las UPMs se dividen en segmentos-SMs (Segmento Muestral). Que son extensiones de tierra con una superficie de 2 kilómetros cuadrados o 200 Hectáreas, delimitado por accidentes naturales y/o culturales fácilmente identificables en el terreno.

Los SMs (Segmento Muestral), están claramente identificados y contienen una o varias UPAs (Unidades de Producción Agropecuaria), que son las unidades que se investigarán.

En cuanto al alcance de la investigación, esta se centra en la parte agrícola y pecuaria, que es considerada como estadística de base (primario) con variables cualitativas y en su mayoría cuantitativas, obtenidas mediante entrevista directa con informantes calificados como lo es la persona productora, responsable de las decisiones y actividades agropecuarias.

A continuación, se presenta a nivel general de algunas variables investigadas:

- Superficie de los terrenos y el uso del suelo (pastos cultivados, pastos naturales, páramos, montes y bosques naturales y otros).
- Ganado vacuno (bovino) de la UPA, considera tres secciones: Existencia de ganado vacuno, producción de leche y movimiento del ganado.
- Ganado porcino de la UPA, con dos secciones tales como existencia de ganado porcino, ventas de ganado porcino.
- Ganado ovino de la UPA, referidas a existencia de ganado ovino y ventas de ganado ovino
- Otras Especies de Ganado de la UPA.
- Aves criadas en campo y criadas en plantel avícola, son las dos secciones, cada una contiene temas referidos a existencia, movimiento y producción de huevos, a más de número de ciclos, y cantidad de aves criadas en plantel por ciclo.

MARCO MUESTRAL

La muestra para la ejecución de la encuesta ESPAC en la zona rural de la provincia del Azuay corresponde a 471 segmentos, los mismos que equivalen a un total de 2857 encuestas individuales, de los cuales se identificaron 50 segmentos dentro de la cuenca del río Machángara equivalentes a 303 formularios individuales.

REGION	TOTAL AREA RURAL	
	SEGMENTOS MMA	FORMULARIOS
AZUAY	471	2857
MACHANGARA	50	303

MARCO CONCEPTUAL

La ESPAC, en todo su ámbito, es orientada por el orden y secuencia que maneja, por tal razón, se utilizará el método deductivo para describir su entorno conceptual.

- **Censo.** Es una investigación estadística a gran escala, que consiste en recabar información a todos y cada uno de los miembros de la población objetivo a medir (universo).
- **Muestra.** Consiste en investigar a una parte de la población, constituida por miembros de la población seleccionados científicamente a través de métodos estadísticos y matemáticos, con el fin de garantizar que la muestra sea representativa.
- **Producción Agropecuaria.** Para efectos de la investigación, la ESPAC considera como producción agropecuaria, al resultado de alguna de las siguientes actividades:
 - El cultivo de productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana y /o animal o para materias primas industriales u otros usos;
 - El cultivo de flores;
 - La existencia de las siguientes especies animales: ganado vacuno, porcino, ovino, caprino y otras especies;

- La existencia de aves de campo y de planteles avícolas;
- **Unidad Primaria de Muestreo (UPM).** Es un área de 10 Km² en promedio y está delimitada por accidentes naturales y/o culturales fácilmente identificables en el terreno. Para el operativo de levantamiento, estas áreas seleccionadas están delimitadas sobre fotografía aérea y mapa censal.
- **Segmento Muestral (SM).** Es una extensión de tierra con una superficie aproximada de 2 Km² o 200 Has, delimitado por accidentes naturales y/o culturales fácilmente identificables en el terreno.
- **Unidad de Producción Agropecuaria (UPA).** Una Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) es una extensión de tierra dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria, la cual reúne las siguientes características:
 - Es una unidad económica, en el sentido de que desarrolla una actividad económica agropecuaria bajo una dirección o gerencia única, independientemente de su forma de tenencia y de su ubicación geográfica; compartiendo los mismos medios de producción en toda su extensión.
 - Cumple una de las condiciones siguientes:
 - Tiene una superficie igual o mayor a 500 m².
 - Tiene una superficie menor a 500 m², pero produjo algún producto agropecuario que fue vendido durante el período de referencia.
- **Terreno.** Es una extensión de tierra continua, que se encuentra a cargo de una persona responsable, generalmente delimitado por otros terrenos que corresponden a otros responsables. Sin embargo se tomará en consideración lo siguiente:
 - Tenencia: Cuando una extensión de tierra continua está a cargo de una persona responsable y en esta superficie hay diferentes formas de tenencia; se consideran tantos terrenos como formas de tenencia existentes, a pesar de que toda la extensión forme un solo cuerpo.
 - Límites: El límite de un SM, no necesariamente divide los terrenos. El límite provincial si divide a los terrenos. Solo se investiga los terrenos cuyo límite está dentro de cada provincia.
- **Terreno No UPA.** Es toda finca, hacienda, quinta, granja, fundo o predio que NO se dedican a una actividad agropecuaria. Se considera en esta categoría a los terrenos, que no siendo parte de una UPA, están cubiertos en un 100 % por bosques, agua, manglares, piscinas camaroneras, canchas deportivas, urbanizaciones, etc.
- **Pasto Cultivado.** Son los pastos que son sembrados y rebrotan después de haber sido cortados o pastados, se destinan principalmente para alimento del ganado.
- **Pasto Natural.** Son los pastos que crecen de manera espontánea y destinada para alimento del ganado.

- **Páramos.** Son las tierras altas del callejón interandino cubiertas por la vegetación típica de los Páramos Andinos (paja de páramo), las cuales son utilizadas para pastoreo extensivo especialmente de ganado vacuno, ovino, llamas y alpacas.
- **Montes y Bosques.** Es la vegetación arbustiva o boscosa natural o plantada (artificial), la cual puede tener valor por su leña, madera u otros productos forestales o para fines de protección ecológica.
- **Bosques Naturales.** Son formaciones de árboles, arbustos y demás especies vegetales debido a un proceso biológico espontáneo.
- **Bosques Artificiales.** Son formaciones arbóreas debido a la acción del hombre (plantaciones forestales). En esta categoría se encuentran los bosques cultivados, que son destinados a la producción permanente de productos forestales y los protectores de dominio público o privado.
- **Otros Usos.** Comprende todas aquellas categorías de aprovechamiento de la tierra que no han sido susceptibles de clasificarse en los grupos anteriores, como tierras improductivas ocupadas por construcciones, caminos, canales o tierras erosionadas y de otra naturaleza.

EXPANSION DE LA MUESTRA

Partimos de la planimetría de la Subcuenca del río Machángara, cuya superficie está conformada por: márgenes de ríos y quebradas, páramos y otros usos (pastos cultivados, pastos naturales, bosques y otros).

DESCRIPCION	AREA EN HECTAREAS	%
Márgenes de ríos y quebradas	698.00	2.14%
Páramos	17716.08	54.35%
Otros Usos	14183.92	43.51%
TOTAL	32598.00	100.00%

La muestra de Otros usos, cubre una superficie de 233,80 hectáreas y nos permite determinar el porcentaje para expandir las 14.183.92 hectáreas planimetradas.

OTROS USOS	MUESTRA EN HECTAREAS	%	EXPANSION EN HECTAREAS
Pastos cultivados	1.85	0.79%	112.27
Pastos naturales	26.82	11.47%	1627.08
Bosques	188.80	80.75%	11454.05
Otros	16.33	6.98%	990.52
TOTAL	233.80	100.00%	14183.92

Esto quiere decir que existen en la Subcuenca del Machángara. 112,27 hectáreas de pastos cultivados; 1.627,08 hectáreas de pastos naturales; 11.454,05 hectáreas de bosques y 990,52 hectáreas de otros.

Las 990,52 hectáreas de Otros, comprenden los terrenos utilizados al cultivo de hortalizas, frutales, papas, frejol, habas y las viviendas de los propietarios. Además, utilizado para la crianza de Ganado bovino, ovino, aves de corral, cuyes y otros.

En el sector pecuario, tenemos los siguientes resultados:

Ganado Bovino

En la muestra de se toma en cuenta pastos y otros, con una superficie de 45 hectáreas. Al expandir la muestra, tenemos una superficie de 2.729,87 hectáreas, lo que nos permite tener los siguientes resultados:

SUPERFICIE	TOTAL BOVINOS	TOTAL MACHOS	TOTAL HEMBRAS	PROPOSITO		
				LECHE	CARNE	LECHE Y CARNE
MUESTRA 45 HECTAREAS	51	17	34	22	9	20
EXPANSION 2.729,87 HECTAREAS	3.094	1.031	2.063	1.335	546	1.213

Ganado porcino

La superficie utilizada en la crianza de ganado porcino, de ubica en otros, que corresponde a 990,52 hectáreas y se tienen los siguientes resultados:

SUPERFICIE	TOTAL PORCINOS	TOTAL MACHOS	TOTAL HEMBRAS	PROPOSITO		
				VENTA	CONSUMO	REPRODUCCION
MUESTRA 45 HECTAREAS	16	9	7	1	10	5
EXPANSION 990,52 HECTAREAS	352	198	154	22	220	110

OTRO GANADO

Existe una muestra pequeña de ganado caballar y caprino, con los siguientes resultados:

SUPERFICIE	GANADO CABALLAR	GANADO CAPRINO
MUESTRA 45 HECTAREAS	7	2
EXPANSION 990,52 HECTAREAS	154	44

AVES DE CORRAL

Una de las principales actividades de la población que habita la Subcuenca del Machángara, es la crianza de aves de corral, con los siguientes resultados:

SUPERFICIE	TOTAL AVES	TOTAL POLLOS	TOTAL PATOS	PROPOSITO POLLOS Y GALLINAS		
				CARNE	PONEDORAS	CARNE Y PONEDORAS
MUESTRA HECTAREAS	45	221	213	8	31	174
EXPANSION HECTAREAS	990,52	4.864	4.688	176	682	3830

ANEXO 2

DISEÑO DE ENCUESTA PECUARIA PARA LA CUENCA DEL MACHÁNGARA.

ANTECEDENTES

Como parte de la investigación referente a la contaminación producida por la actividad pecuaria en la cuenca del río Machángara, se planteó realizar una encuesta a los propietarios de las unidades de producción Agropecuaria (UPAs) con la finalidad de conocer de primera mano algunas características cualitativas de cómo se lleva ésta actividad dentro de la cuenca de estudio y así poder realizar conclusiones respecto al impacto de la actividad pecuaria sobre la calidad ambiental de la cuenca.

A continuación se presenta la metodología aplicada para el cálculo del tamaño de la muestra con sus respectivos errores y consideraciones.

DISEÑO DE LA MUESTRA

Para el diseño de la muestra se tomaron los datos de la encuesta del ESPAC del INEC del Año 2014, en cuanto a la determinación del número de segmentos, hemos tomado como referencia los 471 Segmentos Muestrales del Azuay donde se han utilizado 2857 formularios, que corresponden a igual número de UPAs (Unidad de Producción Agropecuaria) investigadas. La cuenca del Machángara, contiene 50 Segmentos Muestrales y se requiere llenar 303 formularios con los datos de cada Unidad de Producción. Con estos datos, estamos en la capacidad de determinar la Muestra y el número de entrevistas por realizar.

POBLACIÓN Y COBERTURA

Por razones de costo se ha determinado investigar en 6 de los 50 Segmentos Muestrales de la cuenca del río Machángara, esto significa que la población muestreada es un subconjunto de la población objetivo lo que podría tener como resultado un sesgo en las estimaciones.

Los segmentos seleccionados en la muestra representan un 12% del total de segmentos del marco se consideró que el sesgo es poco significativo y por otro lado, representa un ahorro importante de recursos para la encuesta.

DOMINIO DEL ESTUDIO

Para el diseño de la muestra se tomó en cuenta el dominio de estudio de la encuesta de acuerdo al área geográfica que es: Área Rural- cuenca del río Machángara.

TÉCNICA DE MUESTREO

La técnica aplicada para la encuesta es probabilística, estratificada y utilizando técnicas de clasificación de áreas (conglomerados) con dos etapas de selección, mediante el cual en la primera se seleccionaron sistemáticamente las MMA (Marco Muestral de Área) y en la segunda, se escogió aleatoriamente un SM (Segmento Muestral) en cada UPM (Unidad de Producción Muestral).

NIVEL DE CONFIANZA

Con un 90 % de confiabilidad (seguridad) de no equivocarse.

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * P * Q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P * Q}$$

Datos			
Nivel de significancia	Z_{α}^2		3,84
Probabilidad de éxito	P =		0,5
Probabilidad de fracaso	Q =		0,5
Precisión de la muestra	$d^2 =$		0,01
REGISTROS ADMINISTRATIVOS	Población (N) Recolectado a Diciembre 2014	Muestra (n)	Muestra Optima
Machángara(MMA)	50	33	6
Machángara(Formularios)	303	73	59

Como se puede apreciar en el cuadro anterior el tamaño de la muestra sugerido es de 59 formularios los cuales fueron aplicados en diferentes partes de la cuenca del Machángara. Con el fin de realizar un diagnóstico de cómo se desarrolla la actividad pecuaria dentro de la cuenca de estudio.

FORMULARIO DE ENCUESTA

En cuanto al formulario de la encuesta, se estructuró de tal manera que permita conocer las principales características pecuarias de la zona de estudio, incluyendo además preguntas sobre manejo de desechos ganaderos y prácticas comunes de los moradores del sector. A continuación se presenta el formato de formulario realizado como parte de la presente investigación:

FICHA DE ENCUESTA PECUARIA

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

PARROQUIA _____
 COMUNIDAD _____
 COORDENADAS UTM X: _____ Y: _____
 NOMBRE DEL ENTREVISTADO _____
 No. CEDULA _____
 TELÉFONO _____

2. GANADO VACUNO (BOVINO)

2.1. ¿Existe Ganado vacuno en sus terrenos bajo su responsabilidad? Si lo hay ¿Cuántas reses posee?

SI__ NO__

No. reses Adultas _____ No. terneros _____

2.2. ¿Cuál es el área aproximada de su propiedad destinada a esta actividad?

_____ Has.

2.3. ¿Cuál es el propósito de su ganado? (leche, carne, doble propósito, no sabe/no contesta)

2.4. ¿El estiércol Producido por las reses se recoge y se utiliza como abono o se destina para otro propósito?

2.5. ¿Algún río o quebrada atraviesa las zonas destinadas al pastoreo?

3. GANADO OVINO

3.1. ¿Existe Ganado ovino en sus terrenos bajo su responsabilidad? Si lo hay ¿Cuántas ovejas posee?

SI__ NO__

No. Ovejas _____

3.2. ¿Cuál es el área aproximada de su propiedad destinada a esta actividad?

_____Has.

3.3. ¿Cuál es el propósito de su ganado? (leche, carne, lana, doble propósito, no sabe/no contesta)

3.4. ¿El estiércol producido por las ovejas se recoge y se utiliza como abono o se destina para otro propósito?

3.5. ¿Algún río o quebrada atraviesa las zonas destinadas al pastoreo de ovejas?

4. GANADO PORCINO

4.1. Existe Ganado porcino en sus terrenos bajo su responsabilidad? Si lo hay ¿Cuántos cerdos posee?

SI__ NO__

No. Cerdos_____

4.2. ¿Cuál es el área aproximada de su propiedad destinada a esta actividad?

_____Has.

4.3. ¿Cuál es el procedimiento de evacuación y tratamiento de los desechos generados por los cerdos?

4.4. ¿Se descargan los desechos generados por la actividad porcina en algún cuerpo de agua?

5. AVES DE CAMPO

5.1. ¿Existe Aves de campo en sus terrenos bajo su responsabilidad? Si lo hay ¿Cuántas posee?

SI__ NO__

No. Gallinas _____

No. Patos _____

No. Pavos _____

No. Gansos _____

- 5.2. ¿Las Aves se encuentran confinadas en jaulas o espacios cerrados o se encuentran sueltas por el campo, en el caso de sueltas especificar ¿cuál es el área aproximada de su propiedad destinada a esta actividad?

Especie _____

Seltas _____

Confinadas _____

Área destinada a Aves: _____ Has.

Especie _____

Seltas _____

Confinadas _____

Área destinada a Aves: _____ Has.

- 5.3. ¿Cuál es el propósito de su producción de aves? (carne, huevos, doble propósito, no sabe/no contesta)

- 5.4. ¿Los desechos producidos por las aves se recogen y se utilizan como abono o se destina para otro propósito?

- 5.5. ¿Algún río o quebrada atraviesa las zonas destinadas a la producción de aves de corral?

6. OTRAS ESPECIES ANIMALES

- 6.1. ¿Existen otras especies de animales de granja en sus terrenos bajo su responsabilidad? Silo hay ¿Cuántas posee?

SI__ NO__

No. Equinos _____

No. Camélidos _____

No. Cuyes _____

No. Caprinos _____

- 6.2. ¿Las Especies consideradas se encuentran confinadas en jaulas o espacios cerrados o se encuentran sueltas por el campo, en el caso de sueltas especificar ¿cuál es el área aproximada de su propiedad destinada a esta actividad?

Especie _____
Seltas _____
Confinadas _____
Área destinada a Aves: _____ Has.

Especie _____
Seltas _____
Confinadas _____
Área destinada a Aves: _____ Has.

6.3. ¿Los desechos producidos por éstos animales se recogen y se utilizan como abono o se destina para otro propósito?

6.4. ¿Algún río o quebrada atraviesa las zonas destinadas a la producción de los animales mencionados?

7. OTRAS PRÁCTICAS PRODUCTIVAS

7.1. ¿El faenamiento de los animales de granja es llevado a cabo en sus predios?

7.2. ¿Cuál es el destino de los desechos fruto del faenamiento de los animales?

7.3. ¿Se han presentado enfermedades en sus animales de granja? En caso afirmativo especifique cuales.

7.4. ¿Cree que los animales de Granja contaminan su entorno? ¿Por qué?

7.5. ¿Qué recomienda para mejorar la actividad pecuaria con menos contaminación?

FIRMA DEL ENCUETADO _____

FIRMA DEL ENCUESTADOR _____

FECHA DE LA ENCUESTA