



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA  
DE AMAZONAS**

**EPG**  
ESCUELA DE POSGRADO

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TESIS**

**“EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA FLECKVIEH, EN LA  
REGIÓN AMAZONAS”**

**PARA OPTAR  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN PRODUCCION  
ANIMAL**

**Autor:** Bach. Deysi Yenny Ruiz Llontop

**Asesor :** M. Sc. Joe Charly Mantilla Oliva

**Co-asesor:** M. Sc. José Ney Ríos Ramírez

**Registro:**

**CHACHAPOYAS \_ PERÚ  
2018**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios porque me dio la vida, una familia hermosa y unida, y me ha permitido culminar exitosamente mi objetivo, dándome la fortaleza y paciencia que le pedí para alcanzar esta meta. A mi padre Hernán Ruiz Sánchez, por ser mi guía, mi consejero y mi amigo, pues sin su apoyo incondicional no hubiese podido culminar con esta investigación. A mi madre María Teresa Llontop Santisteban, por estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida, por ser la persona que me trajo a este mundo, por su amor y paciencia conmigo. A mis hermanos, Hernán, Licet y Anyela por su apoyo desinteresado, buenos consejos y ánimos al término de mi proyecto, son mis mejores amigos. A mi hermanito Alex (In memoriam) y a mi abuelito Francisco (In memoriam) quienes junto con Dios me iluminan y protegen desde el cielo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Hernán y Teresa por ayudarme todos los días de mi vida, por sus buenos consejos, por ser el motor de mi vida.

A mis hermanos Hernán, Licet y Anyela por su constante apoyo, por su cariño y afecto hacia mí, y un agradecimiento especial a mi hermanito Alex y a mi abuelito Francisco, que a pesar de no estar conmigo, sé que desde el cielo están cuidándome y protegiéndome siempre.

A CONCYTEC, CIENCIACTIVA, MINEDU Y FONDECYT, y a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, pues estas entidades me brindaron el financiamiento para mis estudios de Maestría en Producción Animal y las facilidades necesarias para culminar la presente investigación.

A mi asesor, el M. Sc. Joe Charly Mantilla Oliva, por su apoyo constante en esta investigación, he aprendido mucho de él.

A mi co-asesor, el M. Sc. José Ney Ríos Ramírez, por sus aportes a la presente investigación; al M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz, por su apoyo en mis análisis de muestras, facilitándome el uso de equipos y laboratorios; al Dr. Juan Carlos Guerrero Abad por su apoyo en la realización de mis análisis de muestras y al M. Sc. Santos Triunfo Leiva Espinoza por sus aportes en la redacción de este estudio.

A mis profesores que me motivaron a seguir adelante y que me acompañaron en el transcurso de estos dos años de estudio.

A mis amigos y a mis compañeros de la Maestría en Producción Animal, por los lindos momentos que pasamos juntos, nunca los olvidaré.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Director de la Escuela de Posgrado

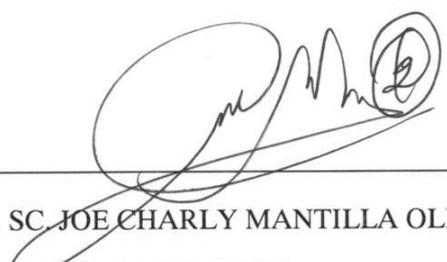
## **VISTO BUENO DEL ASESOR**

El docente de la UNTRM-A que suscribe hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada:

### **“EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA FLECKVIEH, EN LA REGIÓN AMAZONAS”**

Presentada por la alumna de la Maestría en Producción Animal: **Bach. Deysi Yenny Ruiz Llontop.**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para continuar con los trámites correspondientes.



---

M. SC. JOE CHARLY MANTILLA OLIVA  
ASESOR DE TESIS

## **JURADO EVALUADOR**

---

M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

**PRESIDENTE**

---

Mg. Wagner Guzmán Castillo

**SECRETARIO**

---

M. Sc. Santos Triunfo Leiva Espinoza

**VOCAL**

## CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| DEDICATORIA.....   | ii   |
| AGRADECIMIENTOS.....   | iii  |
| AUTORIDADES.....   | iv   |
| VISTO BUENO DEL ASESOR.....  | v    |
| JURADO EVALUADOR.....  | vi   |
| CONTENIDO.....   | vii  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....  | x    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | xii  |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....  | xiv  |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....  | xv   |
| RESUMEN.....   | xvi  |
| ABSTRACT.....  | xvii |
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 8    |
| 2.1 Diseño de la investigación.....  | 8    |
| 2.2 Población, muestra y muestreo.....   | 8    |
| 2.2.1 Para la aplicación de encuestas.....   | 8    |
| 2.2.2 Para la evaluación de los sistemas.....  | 8    |
| 2.2.3 Para la toma de muestras (pastos, excretas, suelos y leche).....   | 9    |
| 2.2.3.1 Pastos.....  | 9    |
| 2.2.3.2 Excretas.....  | 9    |
| 2.2.3.3 Suelos.....  | 10   |
| 2.2.3.3 Leche.....   | 10   |
| 2.2.4 Para el análisis de muestras (pastos, excretas, suelos y leche).....   | 10   |
| 2.2.4.1 Pastos.....  | 10   |
| 2.2.4.2 Excretas.....  | 10   |
| 2.2.4.3 Suelos.....  | 10   |
| 2.2.4.3 Leche.....   | 10   |
| 2.3 Desarrollo y administración de encuestas.....  | 10   |
| 2.4 Localización y descripción del área de estudio.....  | 11   |
| 2.5 Análisis de componentes nutricionales de pastos y excretas.....  | 12   |
| 2.6 Análisis de fertilidad de suelos.....  | 13   |
| 2.7 Análisis de proteína y grasa de la leche.....  | 14   |
| 2.8 Peso vivo de las diferentes categorías.....  | 16   |
| 2.9 Supuestos para la cuantificación de las emisiones de GEI en cada sistema.....  | 16   |
| 2.10 Cuantificación de gases de efecto invernadero.....  | 17   |
| 2.10.1 Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) por fermentación entérica.....   | 17   |
| 2.10.2 Emisiones de Óxido nitroso por la producción y manejo de estiércol.....   | 18   |
| 2.10.3 Emisiones de Dióxido de carbono equivalente (CO <sub>2</sub> -eq), según GWP (Global Warming Potential) y GTP (Global Total Potential)..... | 18   |

|   |    |
|---|----|
| 2.10.4 Emisiones de CO <sub>2</sub> -eq por litro de leche para cada sistema evaluado, según GWP y GTP .....  | 20 |
| 2.11 Análisis de datos .....  | 20 |
| III. RESULTADOS.....  | 21 |
| 3.1 Ubicación e identificación de los sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh encontrados en la región Amazonas .....                                | 21 |
| 3.2 Descripción de los sistemas de producción bovina Fleckvieh en la región Amazonas .....  | 23 |
| 3.3 Estimación de los niveles productivos de los sistemas de producción bovina Fleckvieh de la región Amazonas.....   | 25 |
| 3.3.1 Análisis de componentes nutricionales de los pastos para las épocas seca y lluviosa.....  | 25 |
| 3.3.2 Análisis de componentes nutricionales de excretas .....   | 29 |
| 3.3.3 Análisis de fertilidad de suelos .....  | 29 |
| 3.3.4 Análisis del porcentaje de grasa y proteína de la leche, así como la producción promedio de leche por sistema .....                                       | 33 |
| 3.3.5 Consumo de Materia Seca por Unidad Animal según época del año .....   | 34 |
| 3.4 Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero .....  | 35 |
| 3.4.1 Emisión de metano en cada sistema, por unidad animal (UA) y por época .....   | 35 |
| 3.4.2 Estimación de la emisión total de metano entérico (t de CO <sub>2</sub> -eq por sistema), por época y según GWP .....                                     | 36 |
| 3.4.3 Estimación de la emisión total de metano entérico (t de CO <sub>2</sub> -eq por sistema), por época y según GTP.....                                      | 37 |
| 3.4.4 Estimación de la emisión total de óxido nitroso (kg de CO <sub>2</sub> -eq por sistema), por época y según GWP.....                                       | 38 |
| 3.4.5 Estimación de la emisión total de óxido nitroso (kg de CO <sub>2</sub> -eq por sistema), por época y según GTP.....                                       | 39 |
| 3.4.6 Estimación de la emisión total de GEI (kg de CO <sub>2</sub> -eq por sistema) según la época y según GWP.....   | 40 |
| 3.4.7 Estimación de la emisión total de GEI (kg de CO <sub>2</sub> -eq por sistema) según la época y según GTP.....   | 41 |
| 3.4.8 Estimación de la emisión de CO <sub>2</sub> -eq por kilo de leche por sistema, según la época y según GWP.....  | 42 |
| 3.4.9 Estimación de la emisión de CO <sub>2</sub> -eq por kilo de leche por sistema, según la época y según GTP.....  | 43 |
| 3.4.10 Estimación de la emisión de CO <sub>2</sub> -eq en función de la producción lechera, de acuerdo a la etapa de lactancia y durante un año, según GWP..... | 44 |
| 3.4.10.1. Sistema S1 .....  | 44 |
| 3.4.10.2. Sistema S2 .....  | 45 |
| 3.4.10.3. Sistema S3 .....  | 45 |
| 3.4.10.4. Sistema S4 .....  | 46 |
| 3.4.10.5. Sistema S5 .....  | 47 |
| 3.4.10.6. Sistema S6 .....  | 48 |
| 3.4.10.7. Sistema S7 .....  | 48 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.10.8. Sistema S8 .....  | 49 |
| 3.4.10.9. Sistema S9 .....  | 50 |
| 3.4.10.10 Sistema S10 .....   | 51 |
| 3.4.11 Estimación de la emisión de CO <sub>2</sub> -eq en función de la producción lechera, de acuerdo a la etapa de lactancia y durante un año, según G TP.....  | 52 |
| 3.4.11.1. Sistema S1.....   | 52 |
| 3.4.11.2. Sistema S2.....   | 53 |
| 3.4.11.3. Sistema S3 .....  | 54 |
| 3.4.11.4. Sistema S4 .....  | 55 |
| 3.4.11.5. Sistema S5 .....  | 55 |
| 3.4.11.6. Sistema S6 .....  | 56 |
| 3.4.11. 7. Sistema S7 .....   | 57 |
| 3.4.11.8. Sistema S8 .....  | 58 |
| 3.4.11.9. Sistema S9 .....  | 59 |
| 3.4.11.10 Sistema S10 .....   | 59 |
| 3.4.12 Estimación de la regresión lineal simple, entre las variables CO <sub>2</sub> -eq y la producción de leche, durante todos los meses del año, para la región Amazonas.....  | 61 |
| 3.3.13 Estimación del análisis multivariado entre la variable CO <sub>2</sub> -eq y las variables: peso vivo (BW), proteína cruda del forraje (PCf), fibra detergente neutra (FDN), digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS), extracto libre de nitrógeno (ENL), grasa de la leche (GL), proteína de la leche (PL) y sólidos totales (ST), para la región Amazonas..... | 62 |
| 3.3.14 Estimación del análisis multivariado entre la producción de CO <sub>2</sub> -eq y las variables: peso vivo (BW), proteína cruda del forraje (PCf), y sólidos totales (ST), para la región Amazonas.....  | 64 |
| 3.3.15 Estimación del análisis multivariado entre las variables producción de CO <sub>2</sub> -eq y las variables: peso vivo (BW) y proteína cruda del forraje (PCf), para la región Amazonas.....  | 66 |
| IV. DISCUSIÓN .....   | 68 |
| V. CONCLUSIONES .....   | 81 |
| VI. RECOMENDACIONES .....   | 83 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 84 |
| VIII. ANEXOS .....  | 93 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Identificación y ubicación geográfica, altitudinal, latitudinal y longitudinal de cada sistema de producción bovina de la raza Fleckvieh, encontrado en la región Amazonas.....  | 21 |
| <b>Tabla 2.</b> Descripción de los sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh en la región Amazonas.....   | 24 |
| <b>Tabla 3.</b> Análisis proximal de pastos para la época lluviosa, de cada sistema de producción bovina Fleckvieh evaluado en la Región Amazonas.....   | 26 |
| <b>Tabla 4.</b> Análisis proximal de pastos para la época seca, de cada sistema de producción bovina Fleckvieh evaluado en la Región Amazonas.....   | 27 |
| <b>Tabla 5.</b> Análisis de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) de pastos para la época lluviosa (ELI) y la época seca (ES) en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.....          | 28 |
| <b>Tabla 6.</b> Análisis de la Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS) de pastos para la época lluviosa (ELI) y la época seca (ES) en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.....                 | 29 |
| <b>Tabla 7.</b> Análisis proximal de excretas en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.....   | 30 |
| <b>Tabla 8.</b> Análisis de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) de excretas en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.....  | 31 |
| <b>Tabla 9.</b> Análisis de fertilidad del suelo en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.....  | 32 |
| <b>Tabla 10.</b> Análisis de la producción promedio de leche (kg) y el % de Proteína y % de Grasa de la leche en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.....   | 34 |
| <b>Tabla N° 11.</b> ANVA para la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq y la variable independiente: Producción de Leche.....   | 61 |
| <b>Tabla N° 12.</b> Prueba de estadísticas de la regresión lineal para la producción de CO <sub>2</sub> -eq y la producción de leche.....  | 62 |
| <b>Tabla N° 13.</b> Coeficientes de ANVA para encontrar la ecuación de regresión lineal simple entre la producción de CO <sub>2</sub> -eq a partir de la variable producción de leche.....   | 62 |
| <b>Tabla N° 14.</b> ANVA para la producción de CO <sub>2</sub> -eq y para BW, PCf, FDN, DIVMS, ENL, GL, PL y ST.....   | 63 |
| <b>Tabla N° 15.</b> Prueba de estadísticas de la regresión multivariada para la Producción de CO <sub>2</sub> -eq y las variables independientes: BW, PCf, FDN, DIVMS, ENL, GL, PL y ST..  | 63 |
| <b>Tabla N° 16.</b> Coeficientes de ANVA para estimar la ecuación de regresión lineal simple entre la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq a partir de las variables independientes: BW, PCf, FDN, DIVMS, ENL, GL, PL y ST..... | 64 |
| <b>Tabla N° 17.</b> ANVA para la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq y las variables independientes: BW, PCf, y ST.....  | 65 |
| <b>Tabla N° 18.</b> Prueba de estadísticas de la regresión multivariada para la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq y las variables independientes: BW, PCf, y ST....  | 65 |
| <b>Tabla N° 19.</b> Coeficientes de ANVA para encontrar la ecuación de regresión entre la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq a partir de las variables independientes: BW, PCf, y ST.....                                     | 66 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla N° 20.</b> ANVA para la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq y las variables independientes: BW y PCf.....   | 67 |
| <b>Tabla N° 21.</b> Prueba de estadísticas de la regresión multivariada para la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq y las variables independientes: BW y PCf.....                      | 67 |
| <b>Tabla N° 22.</b> Coeficientes de ANVA para encontrar la ecuación de regresión entre la variable dependiente: Producción de CO <sub>2</sub> -eq a partir de las variables independientes: BW y PCf ..... | 67 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación de los sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh encontrados en la región Amazonas.....   | 22 |
| <b>Figura 2.</b> Consumo de Materia Seca (kg/UA/día) para las épocas seca y lluviosa en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....   | 35 |
| <b>Figura 3.</b> Emisión de metano entérico (kg/UA/sistema) para las épocas seca y lluviosa, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....   | 36 |
| <b>Figura 4.</b> Emisión Total estimada de metano (t CO <sub>2</sub> -eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....         | 37 |
| <b>Figura 5.</b> Emisión Total estimada de metano (t CO <sub>2</sub> -eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....         | 38 |
| <b>Figura 6.</b> Emisión Total estimada de óxido nitroso (t CO <sub>2</sub> -eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....  | 39 |
| <b>Figura 7.</b> Emisión Total estimada de óxido nitroso (kg CO <sub>2</sub> -eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas..... | 40 |
| <b>Figura 8.</b> Emisión Total estimada de GEI (t CO <sub>2</sub> -eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....            | 41 |
| <b>Figura 9.</b> Emisión Total estimada de GEI (t CO <sub>2</sub> -eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....            | 42 |
| <b>Figura 10.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq/litro de leche/sistema, para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....                  | 43 |
| <b>Figura 11.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq/litro de leche/sistema, para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....                  | 44 |
| <b>Figura 12.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 1, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 45 |
| <b>Figura 13.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 2, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 46 |
| <b>Figura 14.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 3, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 46 |
| <b>Figura 15.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 4, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 47 |
| <b>Figura 16.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 5, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 48 |
| <b>Figura 17.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 6, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 49 |
| <b>Figura 18.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 7, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 49 |
| <b>Figura 19.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 8, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 50 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 20.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 9, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.....  | 51 |
| <b>Figura 21.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 10, durante las épocas seca y lluviosa según GWP..... | 52 |
| <b>Figura 22.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 1, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 53 |
| <b>Figura 23.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 2, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 54 |
| <b>Figura 24.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 3, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 55 |
| <b>Figura 25.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 4, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 55 |
| <b>Figura 26.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 5, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 56 |
| <b>Figura 27.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 6, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 57 |
| <b>Figura 28.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 7, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 58 |
| <b>Figura 29.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 8, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 59 |
| <b>Figura 30.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 9, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.....  | 60 |
| <b>Figura 31.</b> Emisión de CO <sub>2</sub> -eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema 10, durante las épocas seca y lluviosa según GTP..... | 60 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 1A.</b> Variables analizadas para la época lluviosa en los sistemas de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.....  | 93  |
| <b>Tabla 2A.</b> Variables analizadas para la época seca en los sistemas de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazon.....  | 94  |
| <b>Tabla 3A.</b> Sistema Calórico para la época lluviosa de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.....  | 95  |
| <b>Tabla 4A.</b> Sistema Calórico para la época seca de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.....  | 96  |
| <b>Tabla 5A.</b> Sistema Proteico para la época lluviosa de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.....  | 97  |
| <b>Tabla 6A.</b> Sistema Proteico para la época seca de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.....  | 98  |
| <b>Tabla 7A.</b> Emisión total estimada de metano (kg de CO <sub>2</sub> -eq) para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP y GTP en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....        | 99  |
| <b>Tabla 8A.</b> Emisión total estimada de óxido nitroso (kg de CO <sub>2</sub> -eq) para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP y GTP en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas..... | 99  |
| <b>Tabla 9A.</b> Emisión total estimada de GEI (kg de CO <sub>2</sub> -eq) para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP y GTP en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....           | 100 |
| <b>Tabla 10A.</b> Emisión total de CO <sub>2</sub> -eq/litro de leche/sistema para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP y GTP en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas.....        | 100 |
| <b>Tabla 11A.</b> Tabla de datos para la estimación de la regresión lineal entre la producción de leche (kg) y la producción de CO <sub>2</sub> -eq (kg), en la región Amazonas.....   | 101 |
| <b>Figura 1A.</b> Estimación de la ecuación de regresión lineal simple entre las variables: producción de CO <sub>2</sub> -eq y la producción de leche, para la región Amazonas, según GWP.....  | 104 |
| <b>PANEL FOTOGRÁFICO</b> .....   | 104 |

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AOAC: Association of Official Analytical Chemists (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales).  
CE: Conductividad Eléctrica.  
CH<sub>4</sub>: Metano.  
CMS: Consumo de Materia Seca.  
CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono.  
CO<sub>2</sub>-eq: Dióxido de carbono equivalente.  
CORPOICA: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
CZA: Ceniza.  
DIVMS: Digestibilidad In-Vitro de la Materia Seca.  
EB: Energía Bruta.  
EE: Extracto Etéreo.  
EFCTC: European Fluorocarbons Technical Committee (Comité Técnico Europeo de Fluorocarbonos)  
ELN: Extracto Libre de Nitrógeno.  
FAO: Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).  
FC: Fibra cruda.  
FDA: Fibra Detergente Ácida.  
FDN: Fibra detergente Neutra.  
GEI: Gases de efecto invernadero.  
GWP: Global Warming Potential (Potencial de Calentamiento Global).  
GTP: Global Total Potential (Potencial de Cambio de Temperatura Global).  
HD: Humedad.  
IGBI: Instituto de Investigación en Ganadería y Biotecnología.  
INDES-CES: Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva.  
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).  
K: Potasio.  
M.O: Materia Orgánica.  
MS: Materia seca.  
N: Nitrógeno.  
N<sub>2</sub>O: Óxido nitroso.  
NRC: National Research Council (Consejo Nacional de Investigación sobre Nutrición Animal).  
P: Fósforo.  
PC: Proteína Cruda.  
PV: Peso Vivo.  
UA: Unidad Animal.  
UNTRM: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.  
SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.  
WSFF: World Simmental Fleckvieh Federation (Federación Mundial Simmental Fleckvieh).

## RESUMEN

El incremento de la población humana y consecuentemente la demanda de alimentos estimula el aumento de la población ganadera, lo que a su vez está ocasionando problemas al medio ambiente, pues según la FAO (2010), la ganadería es responsable entre el 7 y el 18 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI). Por otro lado, está el aumento de la ganadería en el país como una de las principales actividades económicas, en donde en la región Amazonas debido a la disponibilidad de extensas zonas de pastizales, se está introduciendo la raza Fleckvieh, la cual tiene parámetros altos, tanto productivos como reproductivos, y es de fácil adaptación. Por lo que la presente investigación se llevó a cabo en las provincias de Chachapoyas, Bongará, Utcubamba y Rodríguez de Mendoza, de esta región. El objetivo del estudio fue evaluar la emisión de GEI en sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh en la región Amazonas. Utilizando la metodología del Consejo Nacional de Investigación (NRC) (2001) y del Nivel 2 del Panel Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2006), así como metodologías de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (2005) para los análisis correspondientes. Los resultados de éste estudio encontraron que en la región Amazonas existen 10 sistemas diferentes de producción bovina Fleckvieh, con características particulares y únicas para cada uno de ellos; y que la emisión total de CO<sub>2</sub>-eq por litro de leche en promedio para la región fue de 3.26 y 3.96 kg para las épocas lluviosa y seca respectivamente, según GWP (Global Warming Potential); y de 2.40 y 2.91 kg para las épocas lluviosa y seca respectivamente, según GTP (Global Total Potential); encontrándose que la época tiene influencia en la mayor o menor emisión de CO<sub>2</sub>-eq/kg de leche, pues en este estudio se encontró que las mayores emisiones se presentaron en la época seca en comparación con la época lluviosa para todos los sistemas evaluados. Finalmente la emisión total de todos los sistemas evaluados fue de 12315.54 t de CO<sub>2</sub>-eq/año según GWP, y de 11498.07 t de CO<sub>2</sub>-eq/año según GTP.

**Palabras clave:** gases de efecto invernadero, Fleckvieh, sistemas, metano, óxido nitroso, dióxido de carbono equivalente.

## ABSTRACT

The population increase and the food demand stimulate the increase of livestock, which is causing problems to the environment, according to FAO (2010), cattle is responsible for between 7 and 18% of total greenhouse gas emissions (GHG). On the other hand, is the increase of livestock in the country, as one of the subsistence activities, where in the Amazon region, due to the availability of extensive areas of grassland, the Fleckvieh breed is being introduced, which has high parameters, both productive and reproductive, and it is easy to adapt. The present investigation was carried out in the provinces of Chachapoyas, Bongará, Utcubamba and Rodríguez de Mendoza, of this region. The objective of the study was evaluate the emission of GHG in bovine production systems of the Fleckvieh breed in the Amazon region. Using the methodology of the National Research Council (2001) and Level 2 of the Intergovernmental Panel of Experts on Climate Change (2006), as well as the methodologies of the Association of Official Analytical Chemists (2005) for the corresponding analyzes. The results of this study in the Amazon region were: the identification of 10 different Fleckvieh bovine production systems, with particular and unique characteristics for each one of them; and in addition, the total emission of CO<sub>2</sub>-eq per liter of milk on average for the region, the wich was 3.26 and 3.96 kg for the rainy and dry seasons respectively, according to GWP (Global Warming Potential); and of 2.40 and 2.91 kg for the rainy and dry seasons respectively, according to GTP (Global Total Potential); finding that the time has a great influence on the greater or lesser emission of CO<sub>2</sub>-eq/kg of milk, because in this study it was found that the highest emissions occurred in the dry season compared to the rainy season for all systems evaluated. Finally, the total emission of all the systems evaluated was 12315.54 t of CO<sub>2</sub>-eq/year according to GWP, and 11498.07 t of CO<sub>2</sub>-eq/year according to GTP.

**Key words:** greenhouse gases, Fleckvieh, systems, methane, nitrous oxide, carbon dioxide equivalent.

## I. INTRODUCCIÓN

Según reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la población mundial aumentará de 7.200 millones a 9.600 millones en 2050 (FAO, 2011). Y el impulso de la fuerte demanda emergente, concebirá que las dietas se vuelvan más ricas y cada vez más diversificadas, por lo que el crecimiento en alimentos de origen animal será particularmente fuerte, así que se prevé que la demanda de carne y leche en 2050 crecerá en un 73% y un 58%, respectivamente, respecto de sus niveles en 2010. Del mismo modo, Garnett (2009) señala que en promedio en 2050, cada persona en el planeta consumirá 52 kg de carne y 115 kg de leche al año, considerablemente más que los niveles de consumo actuales.

Por otro lado, Gerber *et al.* (2013) indicaron que el ganado vacuno es responsable de la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo con el 41% y el 29% con la producción de carne y leche, respectivamente, y que además la producción y elaboración de piensos, emite un 45%, la fermentación entérica un 39% (estas dos consideradas como las fuentes principales de emisiones), y que por último el almacenamiento y elaboración del estiércol representan el 10 %. Al respecto, la FAO (2010) menciona que la producción animal es una fuente importante de emisiones de GEI en todo el mundo, y se calcula que la contribución del ganado a las emisiones mundiales de los GEI antropogénico representan entre el 7 y el 18 por ciento de las emisiones totales (Hristov<sup>1\*</sup> *et al.*, 2013; Food and Agriculture Organization (FAO), 2006; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006).

Los GEI son esenciales para la vida en la Tierra, pues hacen que parte del calor emitido por el sol quede atrapado manteniendo una temperatura media global de 15°C en lugar de -18°C, pues absorben el calor generado por el sol (fotones infrarrojos), reteniéndolo dentro de la atmósfera, generando lo que se conoce como “Calentamiento Global”, entre los que se incluyen el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), seis gases, reconocidos por el Protocolo de Kioto, que países desarrollados se comprometieron a reducir (IPCC, 2006; Alfaro & Muñoz, 2012).

Así tenemos que, los GEI con mayor relevancia en el aumento del cambio climático son: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, siendo sus Potenciales de Calentamiento Global (Global Warming Potential: GWP) 1 para CO<sub>2</sub>, 25 para CH<sub>4</sub>, y 298 para N<sub>2</sub>O (IPCC, 2007). Mientras que según Global Total potential (GTP) estos potenciales para 100 años son: 1, 4, y 234 para dióxido de carbono, metano, y óxido nitroso, respectivamente (EFCTC, 2016).

Según European Fluorocarbons Technical Committee (EFCTC) (2016), refiere que comparado con GWP, el potencial de cambio de temperatura global (GTP) va un paso más abajo en la cadena de causa y efecto y se define como el cambio en la temperatura superficial media global en un punto elegido en el tiempo en respuesta a un pulso de emisión relativo al del dióxido de carbono. Si bien GWP está integrado en el tiempo, GTP es una métrica de punto final que se basa en el cambio de temperatura para un año seleccionado. En cambio, GWP integra los efectos hasta un horizonte de tiempo elegido, dando igual peso a todos los tiempos hasta el horizonte y cero peso después, pero GTP da la temperatura solo por un año elegido sin peso en años anteriores o posteriores.

Por otro lado, el calentamiento global generado por el incremento de los GEI, es una de las más serias amenazas ambientales, sociales y económicas que actualmente enfrenta el planeta, por tanto es fundamental que cada individuo, organización o país esté involucrado en una conversación más amplia sobre la importancia de planear y tomar un enfoque estratégico para combatirlo (Yáñez y Gualdrón, 2014).

Así también Thompson (2017), señala que según la opinión popular este fenómeno tiene conceptos diferentes, pues para algunos es un aspecto político, y para otros implica un cambio climático en nuestro planeta que traerá como secuelas por ejemplo el aumento del nivel del mar, y esto afectaría a muchas ciudades costeras en todo el mundo, además de la pérdida de la diversidad, y si no se toman las medidas necesarias para reducir sus impactos, la humanidad sufrirá sus consecuencias.

El metano, uno de los GEI, es un hidrocarburo y principal componente del gas natural, que posee un potencial para atrapar el calor en la atmósfera, llamado potencial de calentamiento global, 25 veces superior al dióxido de carbono (IPCC, 2007). Los rumiantes lo producen en su rumen, por lo que es llamado metano entérico, el cual es un producto final de la fermentación que sufren los alimentos en este compartimento, que

en términos de energía constituye una pérdida y en términos ambientales contribuye al calentamiento y al cambio climático global (Armando, Cárdenas, y Lemus, 2013). Es por ello que al ser considerado un importante contribuyente, especialmente a corto plazo (aproximadamente 12 años); es que actualmente se han incrementado a nivel mundial los esfuerzos con el fin de minimizar sus emisiones a la atmósfera (Yáñez y Gualdrón, 2014).

Las emisiones de metano están directamente relacionadas con la fermentación ruminal de la fracción fibrosa del alimento, y es provocada por una serie de bacterias del género Archaea que utilizan CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>, estrechamente relacionadas a la dieta de los animales donde pueden representar en pérdida del 2 al 15% de la energía bruta consumida por el rumiante (Carmona, Bolívar, y Giraldo, 2009; FAO, 2006). Los efectos de las bacterias metanógenas son dependientes principalmente de los sustratos presentes en la dieta y de las interacciones con otras poblaciones (Manterola, 2015).

Así que intervenciones en la alimentación ofrecida a los animales, orientadas hacia optimizar el proceso de fermentación ruminal, generalmente repercuten en una mejora de los parámetros productivos y reproductivos, debido, entre otros aspectos, a una mejor utilización de la energía (Carmona, Bolívar, y Giraldo, 2009). Y el sector ganadero emite el 37 por ciento del metano antropógeno, el cual proviene en su mayor parte del proceso de fermentación ocurrido en la digestión entérica de los rumiantes (Steinfeld *et al.*, 2009).

El óxido nitroso es otro de los gases de efecto invernadero (GEI). La fuente antropógena principal de N<sub>2</sub>O es la agricultura (la gestión del suelo y del estiércol), pero hay también aportaciones importantes provenientes del tratamiento de aguas residuales, del quemado de combustibles fósiles y de los procesos industriales químicos. El óxido nitroso es también producido naturalmente por muy diversas fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y particularmente por la acción microbiana en los bosques tropicales húmedos (IPCC, 2013).

Las emisiones de N<sub>2</sub>O derivadas del manejo de excretas se dividen en directas e indirectas. Las directas ocurren de la nitrificación y desnitrificación del nitrógeno contenido en las excretas. Las indirectas resultan de las pérdidas de nitrógeno volátil que ocurren principalmente en formas de amoníaco y óxidos de nitrógeno (SAGARPA, 2012).

La cantidad de óxido nitroso producido es variable, dependiendo de la composición del estiércol y la orina, del tipo de bacterias involucradas en el proceso y de la cantidad de oxígeno y líquido en el sistema de manejo. Las emisiones de óxido nitroso resultan del estiércol y la orina del ganado que se maneja en sistemas líquidos o que se recolecta y almacena en forma sólida. La deposición de estiércol y orina de los animales que se mantienen en pastoreo, sobre los campos naturales y las pasturas, es una de las vías directas de incorporación de nitrógeno a los suelos. Las adiciones indirectas ocurren por la volatilización y subsiguiente deposición atmosférica del nitrógeno excretado, en forma de amoníaco y óxidos de nitrógeno, y por la lixiviación y el escurrimiento del nitrógeno excretado (Berra y Finster, 2002).

El dióxido de carbono, otro GEI, es el gas producido por uso de combustible fósil (petróleo, gas, carbón, etc.) y por el cambio de uso del suelo (deforestación). Este gas ha contribuido a mantener una temperatura constante dentro de la tierra, sin embargo, en la actualidad, es responsable de casi el 76% del calentamiento global previsto para los próximos años (Colque y Sánchez, 2007). Su potencial de calentamiento es 1, por lo cual los demás gases se expresan en términos de CO<sub>2</sub> para su cálculo (IPCC, 2007).

La agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de estos tres gases: CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, a la atmosfera (Armando *et al.*, 2013). Sin embargo se considera al sector ganadero como usuario de los recursos naturales, como fuente de medios de vida, y como motor de crecimiento económico, motivo por el cual ha sido el foco de atención significativa en la última década (Herrero *et al.*, 2013).

Al respecto, el sector ganadero tiene el mayor sistema de uso de la tierra, debido a que ocupa el 30% de la superficie libre de hielo del mundo, aporta el 40% del producto interno bruto agrícola mundial y proporciona ingresos a más de 1.300 millones de personas y alimento para al menos 800 millones personas con inseguridad alimentaria, al tiempo que utilizan vastas áreas de pastizales, un tercio del agua dulce y un tercio de las tierras agrícolas mundiales como alimento (Herrero *et al.*, 2013).

En Paraguay, por ejemplo, tanto la ganadería extensiva como la producción de soja a gran escala que se emplea para alimentar a la ganadería intensiva, tienen efectos significativos

en las vidas, medios de subsistencia y los bosques de los pueblos indígenas y pequeños agricultores, causando la reducción de la biodiversidad y el deterioro del suelo así como otros problemas sociales y ambientales, mencionando por ejemplo que en Argentina, los bosques del Chaco fueron eliminados para exportar soya genéticamente modificada a China (GFC, Brighter Green, y Biofuelwatch, 2014).

Si bien el Perú no es un gran emisor de metano en cifras absolutas, en términos relativos a su nivel y proyecciones de desarrollo tiene el mismo nivel de emisión de países desarrollados con mayor PBI per cápita, sin embargo, entre 2 a 11% del alimento consumido se pierde como metano, y cambiar pasto natural por pasto cultivado podría disminuir la producción de este gas (por kg de alimento consumido) y en cambio se producirá más leche o carne (Gómez, 2012).

Así mismo, la ganadería en la región Amazonas, ha alcanzado un cierto nivel de desarrollo debido a la disponibilidad de extensas zonas de pastos naturales y a la introducción de especies adaptadas a la región como el ganado cebú, brown swiss y recientemente la introducción de la raza Fleckvieh, la cual, según Maicelo, Bardales, y Bardales (2016), se desarrolla en diferentes zonas agroecológicas de la región como son las provincias de: Utcubamba, Bagua, Chachapoyas, Bongará, Rodríguez de Mendoza y Luya; de una forma extensiva y mixta, y que a pesar de presentar algunas limitaciones, como son la poca inversión de recursos para la producción pecuaria y baja adopción de tecnologías, ésta raza es la que se está adaptando mejor a las condiciones de la zona.

Entre las características que presenta la raza Fleckvieh para su rápido crecimiento a nivel mundial, están: su adaptabilidad, rápido crecimiento, altos rendimientos de carne y leche, capacidad de llenado, fertilidad, y longevidad (Schuetze, 2017; Kreuzhuber y Manrique, 2017).

En la actualidad y según datos aportados por la WSFF (World Simmental Fleckvieh Federation), es la segunda raza más importante del mundo, después de las razas cebuinas, existiendo un censo superior a los cincuenta millones de cabezas registradas. A ésta raza se la conoce e identifica con diferentes nombres según el país y continente donde se cría, como: Simmental, Fleckvieh, Pezzata Rosa, Pie Rouge l'este, Monbeliard, Abundance, Simmentaler, Simmentalska, etc. Todas estas denominaciones son reconocidas por la

Federación Europea Fleckvieh (Europäische Vereinigung der Fleckviehzüchter) y la Federación Mundial Simmental Fleckvieh (WSFF) (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y Asociación Nacional de Criadores de Ganado Vacuno Fleckvieh-Simmental, 2011).

Tradicionalmente a esta raza se la ha venido considerando perteneciente al grupo zootécnico del doble propósito: productor de leche y carne, pues además de presentar buenos rendimientos cárnicos, gran parte del éxito económico de la raza es gracias a su desempeño lácteo ya que combina una elevada producción, promedio de 6 500 Kg por lactancia de 305 días. Alcanzando un rendimiento lácteo de 38%, con una relación proteína (kg): grasa (kg) de 1:1,14 en Alemania, país en el cual logra alcanzar 7500 litros de leche/campaña (305 días), y un rendimiento de carcasa de 57%, con un peso de 410 kg a los 19 meses de edad. Así, los 5 mejores hatos en Alemania de raza Fleckvieh, tienen una producción promedio de: 11.684 kg de leche/ vaca, 4.34% de grasa y 3.56% de proteína (Stumpenhusen, 2017).

En cambio, que en la región Amazonas, ésta raza muestra una producción promedio de leche de 8.52 kg/vaca/día, y una composición nutritiva en promedio de 3.58% de proteína, y 3.98% de grasa (Mantilla, 2017). Sin embargo, la raza Fleckvieh está creciendo rápidamente, pues según Maicelo, Bardales, & Bardales (2016), existen actualmente un aproximado de 1324 productores con 11959 cabezas en la región.

Como se demuestra la importancia de conocer las emisiones que este sector ganadero genera y además la gran imponencia de ésta raza en la región Amazonas, se plantea realizar el presente estudio, teniendo en cuenta que, a nivel regional, no existe evidencia de investigaciones realizadas en la evaluación de la cantidad de GEI emitido por esta especie, por lo que se consideró conveniente y oportuno su estudio, para ser una base de investigaciones futuras, que busquen como fin último medidas idóneas para aminorar sus efectos.

El objetivo general planteado fue: Evaluar la emisión de GEI en sistemas de producción bovina Fleckvieh de la región Amazonas, y para el cumplimiento de éste, se desarrollaron tres objetivos específicos como son: i) Describir los sistemas de producción bovina Fleckvieh existentes en la región Amazonas. ii) Estimar los niveles productivos en los

sistemas de producción bovina Fleckvieh presentes en la región Amazonas. iii) Cuantificar los GEI en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. Asimismo, se planteó la siguiente hipótesis: las emisiones de gases de efecto invernadero varían de acuerdo al sistema de producción bovina Fleckvieh encontrados en la región Amazonas.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Diseño de la investigación

El presente trabajo es una investigación básica, de tipo descriptiva (no experimental), transversal, descriptiva pura, comparativa, porque esta investigación parte de dos o más estudios comparativos entre investigaciones simples, es decir recoge información de interés en varias muestras con respecto a un mismo fenómeno y luego se describen sus características (Lázaro y Panduro, 2013).

### 2.2 Población, muestra y muestreo

#### 2.2.1 Para la aplicación de encuestas:

**Población 1:** Estuvo constituida por 1324 productores de ganado vacuno de la raza Fleckvieh de la Región Amazonas (Maicelo, Bardales, y Bardales, 2016).

**Muestra 1:** 60 productores a encuestar distribuidos de la siguiente manera: Utcubamba 26, Bagua: 5, Chachapoyas: 6, Bongará: 20, y Rodríguez de Mendoza: 3. Se utilizó la siguiente fórmula (Martínez, 2012).

$$(N * Z^2 * p * q) / ((e^2 * (N - 1)) + (Z^2 * p * q))$$

Donde:

N: Número de productores.

Z: nivel de confianza 1,96

p: 0,5

q: 0,5

e: error de estimación 0,05

**Tipo de Muestreo 1:** Se utilizó un muestreo probabilístico.

#### 2.2.2 Para la evaluación de los sistemas:

**Población 2:** Un total de 11 959 cabezas de ganado vacuno (Maicelo, Bardales, y Bardales, 2016).

**Muestra 2:** 298 animales de diferentes edades y categorías, sólo animales doble propósito (productores de leche y carne) de la raza Fleckvieh, no tomándose en cuenta el ganado especializado exclusivamente en la producción de carne de la misma raza Fleckvieh, ni animales que no se ordeñaban nunca. Se usó la siguiente fórmula (Martínez, 2012).

$$n = \frac{z^2 p (1 - p)}{E^2}$$

Donde:

Z: 1.96

p: 0.5

E: Error de estimación, 0.05

$$n_0 = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$

$n_0$ = Tamaño de la muestra por estrato

N= Número de vacas en lactación por estrato

**Tipo de Muestreo 2:** Se utilizó un muestreo estratificado (cada estrato fue cada sistema encontrado).

### 2.2.3 Para la toma de muestras: (pastos, excretas, suelos, leche)

**2.2.3.1 Pastos:** El muestreo de pastos se realizó según (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Se obtuvieron al final dos muestras compuestas por sistema, una para cada época.

**2.2.3.2 Excretas:** Las muestras de excretas del ganado bovino se recolectaron directamente del recto de los bovinos, e inmediatamente se pusieron en bolsas plásticas y se colocaron dentro de un culer con geles, a una temperatura de 4°C usando la metodología de Gracia, Chacón, Moreno, Fernández, Albizu, y Baselga (2006), luego se transportaron al Laboratorio de Nutrición y Bromatología de los Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez

de Mendoza de Amazonas (UNTRM). Se adquirió una sola muestra por sistema.

**2.2.3.3 Suelos:** El muestreo de suelos se realizó según CORPOICA (2010). Se sacó una sola muestra por sistema.

**2.2.3.4 Leche:** Se tomó una muestra de leche por sistema, durante los meses de diciembre del año 2017 y enero del 2018, observando personalmente el ordeño para la correcta toma de éstas (6:30 – 9:00 am), cada muestra fue la mezcla de leche de vacas en lactancia temprana de 0 a 2 meses, lactancia intermedia de 2 a 4 meses, y lactancia tardía mayor a 4 meses (CORPOICA, 2018). Se recolectó una sola muestra por sistema.

La producción promedio de leche de las vacas en lactancia se monitoreó en campo, desde junio hasta noviembre del año 2017, a la hora del ordeño (6:30-9:30 am).

#### **2.2.4 Para el análisis de muestras: (pastos, excretas, suelos, leche)**

Los análisis estuvieron en función del número de sistemas encontrados.

**2.2.4.1 Pastos:** Se analizaron 20 muestras, dos muestras por cada sistema, de acuerdo a cada época del año (considerándose dos: época lluviosa y época seca).

**2.2.4.2 Excretas:** Se examinaron 10 muestras, una por cada sistema.

**2.2.4.3 Suelos:** Se evaluaron 10 muestras, una por cada sistema.

**2.2.4.4 Leche:** Se analizaron 10 muestras, una por cada sistema.

### **2.3 Desarrollo y administración de encuestas**

Se aplicó una encuesta a 60 productores de la zona, los cuales se dedicaban principalmente a la crianza del ganado vacuno de la raza Fleckvieh (para producción de leche y carne, doble propósito específicamente) y utilizaban sistemas basados en pasturas.

Los productores fueron encuestados desde febrero hasta abril de 2017, las encuestas

se hicieron con el propósito de encontrar el número de sistemas existentes en la región Amazonas, agrupando a cada sistema, como aquel lugar con características similares en cuanto a ubicación geográfica, altitud, número de ordeños por día, producción promedio de leche (kg) por vaca por día, duración de la lactancia, piso forrajero, número de cortes por año y sistema de crianza. Y de este modo, tener conocimiento con respecto a las prácticas agropecuarias relacionadas con el manejo de sus pasturas y la producción de leche del ganado vacuno.

Las preguntas incluyeron nombre completo del propietario, número de vacas en lactancia, número de vacas en seca, características generales de su ganado, uso de fertilizantes y pesticidas, características y gestión de los pastos, producción diaria de leche, producción anual de carne (número de animales vendidos/año, de determinado peso vivo). Estas preguntas se diseñaron para solicitar detalles suficientes sobre las operaciones del ganado y del pasto, y así poder calcular las emisiones de GEI en un periodo de diez meses.

Las encuestas se realizaron de manera personal, y a los productores que no tuvieron las respuestas oportunamente durante la encuesta se les sugirió que proporcionaran los datos en las conversaciones de seguimiento, o durante la toma de muestras que se realizó posteriormente.

#### **2.4 Localización y descripción del área de estudio**

Las encuestas se efectuaron en cinco provincias de la región Amazonas, distribuidas de la siguiente forma: 6 en Chachapoyas, 20 en Bongará, 3 en Rodríguez de Mendoza, 26 en Utcubamba y 5 en Bagua.

La evaluación de campo posterior a la realización de las encuestas, se hizo en los siguientes caseríos y anexos: Molinopampa, Soloco, Pomacochas, Miraflores de Levanto, San Lorenzo, Yambrasbamba, Huambo, Limabamba, Alto Perú, Rosapampa, Buena Vista y Miraflores de Buena Vista, los cuales están ubicados dentro de cuatro provincias como son: Chachapoyas, Bongará, Rodríguez de Mendoza y Utcubamba, de la región Amazonas, Perú (no se consideró la provincia de Bagua debido a la presencia de ganado cruzado).

## **2.5 Análisis de componentes nutricionales de pastos y excretas**

Los diferentes componentes nutricionales evaluados en este trabajo, se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Bromatología de los Alimentos de la UNTRM, en base a metodologías según la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), (2005).

**Humedad (HD):** Se determinó por el método de secado en una estufa al vacío a 105°C, por un periodo de 12-24 horas (hasta un peso constante) (método 950.46). Con la utilización de Estufa de secado - Memmert.

**Proteína Cruda (PC):** Se obtuvo mediante el método de Kjeldahl automático, el cual comprende tres fases: digestión, destilación y titulación, obteniendo como resultado final la cantidad de nitrógeno total (método 984.13). Con la utilización de J.P SELECTA, PRO-NITRO A, España.

**Extracto Etéreo (EE):** Se logró por el método de extracción con solvente orgánico mediante el método Soxhlet (método 920.39). Con la utilización de J.P. SELECTA S.A., Det-Grass N, España.

**Fibra cruda (FC):** Se hizo mediante la eliminación de los carbohidratos solubles por hidrólisis a compuestos más simples (Azúcares), mediante la acción de los ácidos y álcalis en caliente (método 962.09). Con la utilización del Equipo analizador de fibras, FIWE, VELP.

**Ceniza (CZA):** Se realizó mediante la eliminación de materia orgánica por calcinación a 550°C por 7 horas (método 942.05). Con la utilización de Mufla-Raypa.

**Extracto Libre de Nitrógeno (ELN):** Obtenida por diferencia, es decir, 100 menos la suma de los resultados de: humedad, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda y proteína cruda (método 923.03).

**Fibra detergente Neutra (FDN):** Se determinó mediante la separación de componentes nutricionales solubles de los que no son aprovechables. Se determinó el grado de digestibilidad de las fibras, en el alimento la muestra fue digerida en una solución de cetil-trimetil-amonio y ácido sulfúrico y el residuo se consideró como la fibra no digerible (método 937.18).

**Fibra Detergente Ácida (FDA):** Se obtuvo mediante la separación de componentes nutricionales solubles de los que no son aprovechables. Se determinó el grado de digestibilidad de las fibras, en el alimento la muestra fue digerida en una solución de acetil-trimetil-amonio y ácido sulfúrico y el residuo se consideró como la fibra no digerible (método 973.18). Equipo analizador de fibras, FIWE, VELP.

**Energía Bruta (EB):** Se hizo con el uso de la bomba calorimétrica: Para determinar el poder calórico, se utilizó el calorímetro Isoperibólico, modelo 6200, estilo 1108 PARR Calorimeter. País de fabricación USA. Norma ASTM E144-14.

**Digestibilidad in-vitro de la materia seca (DIVMS):** Se realizó mediante la medición del grado de aprovechamiento de un alimento y la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias adecuadas para la absorción, que comprenden dos procesos, digestión y digestibilidad, en soluciones de fosfato de potasio monobásico, sulfato de magnesio heptahidratado, cloruro de sodio, cloruro de calcio hidratado, úrea, carbonato de sodio y sulfato de sodio en líquido ruminal. (Protocolo de Ankon technology incubadora Daisy II D2015, con certificado de validación de la AOAC).

## **2.6 Análisis de fertilidad de suelos**

Los diferentes componentes evaluados en el análisis de fertilidad de suelos de las muestras extraídas fueron: pH, fósforo (P), potasio (K), carbono orgánico (C.O), y nitrógeno (N). Este análisis se realizó en base a metodologías según (Walkley y Black, 1934) y para determinar materia orgánica (M.O), se utilizó la metodología según (Walkley, 1947). Todos estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas, perteneciente al “Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva”, de la UNTRM.

- Para determinación de pH y Conductividad eléctrica se usó la metodología 1:1 en 20g de muestra y 1000 ml de agua destilada.
- Para determinación de Fósforo disponible (P) se utilizó la metodología de Olsen modificado para potasio: saturación de acetato de amonio pH 7.

- Para determinación de Potasio disponible (K) se utilizó el método de saturación con acetato de amonio 1N pH 7.
- Para determinación de Carbono orgánico (C.O) se utilizó el método de cálculo de C.O por combustión húmeda, con la utilización de un factor de oxidación constante (0.76).
- Para determinación de Materia orgánica (M.O) se utilizó el método según (Walkley, 1947), el cual consiste en no aplicar calor externo, puesto que, al ser adicionado ácido sulfúrico a una mezcla de suelo y dicromato de potasio, la dilución levanta la temperatura suficientemente para inducir una sustancial oxidación de la materia orgánica.
- Para determinación de Nitrógeno (N): se utilizó método Kjeldahl, cuantificando las formas orgánica y amónica, con una concentración en el suelo de 500 ppm de nitratos que sólo representa un 0.01% del N total.

## **2.7 Análisis de proteína y grasa de la leche**

Los análisis de los componentes nutricionales de las muestras de leche como: porcentajes de grasa y proteína principalmente, se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Bromatología de los Alimentos, perteneciente al “Instituto de Investigación en Ganadería y Biotecnología (IGBI)” y en el Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal, perteneciente al “Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES)”, ambos laboratorios de la UNTRM. A continuación se detalla el procedimiento ejecutado:

**Proteína Cruda (PC):** Se determinó mediante el método de Kjeldahl automático, el cual comprende tres fases: digestión, destilación y titulación, obteniendo como resultado final la cantidad de nitrógeno total (método 984.13). Con la utilización de J.P SELECTA, PRO-NITRO A, España. Y al contenido de nitrógeno de la leche se le multiplicó por el factor 6.38 para obtener el porcentaje de proteína de las muestras evaluadas. Este análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición y Bromatología de los Alimentos de la UNTRM.

**Extracto etéreo (EE):** Primero se hizo una deshidratación de las muestras de leche, mediante el proceso de liofilización en el equipo Liofilizador FreeZone del

Laboratorio Labconco Corporation, que se encuentra en el Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal, siguiendo el procedimiento que indica su manual para el proceso de liofilización de las muestras de leche.

El liofilizado es un proceso mediante el cual se elimina el agua u otro solvente del material congelado convirtiendo el agua congelada directamente en vapor sin la formación intermedia de agua líquida. La base de este proceso de sublimación implica la absorción de calor por la muestra congelada para vaporizar el hielo; el uso de una bomba de vacío para mejorar la eliminación del vapor de agua de la superficie de la muestra; la transferencia de vapor de agua a un colector; y la eliminación de calor por parte del colector para condensar el vapor de agua. En esencia el proceso de liofilización es un equilibrio entre el calor absorbido por la muestra para vaporizar el hielo y el calor eliminado del colector para convertir el vapor de agua en hielo (Labconco, 2017).

A continuación, se nombran los materiales y el procedimiento utilizado para realizar la liofilización de las muestras y la posterior determinación del porcentaje de grasa de las mismas.

### **Materiales**

- Muestras de leche
- Tubos Falcon
- Frascos de vidrio (capacidad de 600 ml)
- Parafilm
- Un culer pequeño
- Nitrógeno líquido
- Plumón marcador

### **Procedimiento**

1° Se preparó el equipo hasta que llegue a una temperatura de -84, y aun vacío de 0.133 milibares (mb).

2° Se colocó cada muestra de leche en tres tubos falcon, y se congelaron en nitrógeno líquido, a una temperatura de -196°C.

3° Luego los tres tubos falcon por muestra de leche, se taparon con parafilm con pequeños agujeros para que se escape el nitrógeno líquido, y luego se colocaron dentro de un frasco de vidrio de 600 ml de capacidad.

4° Los frascos de vidrio fueron dispuestos a un desecador de 12 puertos que es parte del equipo Liofilizador Free Zone, cuando éste alcanzó una temperatura de  $-84^{\circ}\text{C}$  y un vacío de 0.133 mb o menos.

4° Se dejaron las muestras en el equipo por un periodo de 48 a 72 horas.

5° Finalmente se retiraron las muestras liofilizadas para su respectivo análisis de grasa y se hizo la limpieza del equipo y materiales utilizados.

6° Se procedió a la determinación del porcentaje de grasa por el método de extracción con solvente orgánico mediante el método Soxhlet (método 920.39). Con la utilización de J.P. SELECTA S.A., Det-Grass N, España, en el Laboratorio de Nutrición y Bromatología de los Alimentos de la UNTRM.

## **2.8 Peso vivo de las diferentes categorías**

Para estimar el peso vivo de los animales, debido a que los hatos de los sistemas evaluados no tenían una balanza, éstos pesos se estimaron con una cinta bovinométrica especial para calcular el peso vivo en ganado doble propósito, realizándose dos mediciones de los animales en un periodo de 4 meses.

## **2.9 Supuestos para la cuantificación de las emisiones de GEI en cada sistema**

- Se utilizó el siguiente potencial de calentamiento para cada gas:  $\text{CO}_2$ : 1,  $\text{CH}_4$ : 25 y  $\text{N}_2\text{O}$ : 298, para la conversión a  $\text{CO}_2$ -eq, factores recomendados por el IPCC, (2007). Así como también los potenciales de calentamientos dados por EFCTC, (2016) en GTP que indica para:  $\text{CO}_2$ : 1,  $\text{CH}_4$ :4 y  $\text{N}_2\text{O}$ : 234; y en GWP que dice para:  $\text{CO}_2$ : 1,  $\text{CH}_4$ :25 y  $\text{N}_2\text{O}$ : 298.
- Se supuso la misma composición del hato al momento de realizar la encuesta.
- Se consideró un periodo de producción de leche de 240 días (8 meses de lactancia).

- Se usó el porcentaje de grasa y proteína en leche de acuerdo a los resultados obtenidos del punto 2.7, conforme a las evaluaciones que se hicieron por cada sistema, y los datos promedios de la productividad (litros de leche/ animal/ día) para cada sistema fueron los promedios obtenidos de información brindada por los productores en las encuestas.
- Los consumos de materia seca (MS) fueron calculados según parámetros ecuacionales y ajustes planteados por NRC (2001).
- Se consideró como unidad animal (UA) un peso de 600 kg, el mínimo estándar de bovino raza grande, que es el que corresponde a Fleckvieh (Stumpenhusen, 2017).

## 2.10 Cuantificación de gases de efecto invernadero

### 2.10.1 Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) por fermentación entérica.

Para determinar las emisiones de CH<sub>4</sub> en los rumiantes se estimó el consumo de materia seca por animal; la oferta promedio de energía bruta, proteína cruda y la digestibilidad de la dieta de los diferentes grupos de animales por época (seca y lluviosa), como se observa en las Tablas 1A, 2A, 3A, 4A, 5A y 6A. De acuerdo con las directrices del (IPCC, 2006) y (NRC, 2001). Las emisiones de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica se estimaron aplicando la ecuación reparametrizada de la ecuación planteada por Han *et al.* (1996), citado por ICCA (2015), la cual se muestra a continuación:

$$\text{Emisión estimada de Metano, l/lac E-CH}_4 = (((2.3342 - 2.509 * (\text{DIVMS}/100)) * (\text{BW}^{0.75})) / 1000) * (\text{LL})$$

Donde:

DIVMS: Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca para cada sistema (se obtuvo mediante análisis de pasto de cada sistema de acuerdo a la época, realizado en el Laboratorio de de Nutrición y Bromatología de los Alimentos de la UNTRM-A).

BW<sup>0.75</sup>: Tamaño corporal metabólico. Es el Peso Vivo (kg) elevado a 0.75.

LL: Largo de lactación. Considerándose el promedio de todos los sistemas evaluados, el cual fue de 240 días.

### **2.10.2 Emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) por la producción y manejo de estiércol.**

Las emisiones del N<sub>2</sub>O están relacionadas a los volúmenes de heces y orina (sólidos y líquidos), producidos por el ganado. Éstas emisiones se obtuvieron mediante fórmulas de la NRC, 2001.

Proteína excretada por día= Proteína metabólica fecal (MFP) g/día + Proteína urinaria endógena (EUP) g/día

Proteína metabólica fecal (MFP) g/día= 68 x DIVMS

Proteína urinaria endógena (EUP) g/día= 2.19 x BW<sup>0.75</sup>

Nitrógeno excretado g/día (NEd)= Proteína excretada por día/6.25

Nitrógeno excretado Kg/lactación (NEl)= Nitrógeno excretado g/día (NEd)\*Largo de la lactación/1000

Nitrógeno excretado total por sistema Kg (NETs)= Nitrógeno excretado Kg/lactación (NEl)\*UA (de cada sistema)\*0.02.

### **2.10.3 Emisiones de Dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq), según GWP (Global Warming Potential) y GTP (Global Total Potential).**

Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq se usaron dos fórmulas propuestas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), (2007) que indica un potencial de calentamiento para CH<sub>4</sub>:25, N<sub>2</sub>O: 298, y CO<sub>2</sub>: 1 y EFCTC (2016) que indica para CH<sub>4</sub>:4, N<sub>2</sub>O: 234, y CO<sub>2</sub>: 1.

$CO_2\text{-eq} = CO_2 + CH_4 * 25 + N_2O * 298$  (Global Warming Potential, GWP).

$CO_2\text{-eq} = CO_2 + CH_4 * 4 + N_2O * 234$  (Global Total Potential, GTP).

Primero se estimaron las emisiones de Metano en términos de  $CO_2$  equivalente ( $CO_2\text{-eq}$ ), como se muestra a continuación:

- Emisión estimada de Metano, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema = Emisión estimada de Metano, por Sistema \* 25 (Según GWP)
- Emisión estimada de Metano, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema = Emisión estimada de Metano, por Sistema \* 4 (Según GTP).

Para calcular la Emisión estimada de Metano, por Sistema se siguió la siguiente fórmula:

Emisión estimada de Metano, por Sistema = Emisión estimada de Metano, / $E-CH_4 * UA$  (de cada sistema).

Luego se estimaron las emisiones de Óxido nítrico en términos de  $CO_2\text{-eq}$ , como se muestra a continuación:

- Emisión de nitrógeno, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema = Nitrógeno excretado total por sistema Kg (NETs)\*298 (Según GWP).
- Emisión de nitrógeno, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema = Nitrógeno excretado total por sistema Kg (NETs)\*234 (Según GTP).

Finalmente, las emisiones de Metano y Óxido nítrico se sumaron para obtener las emisiones totales de GEI en términos de  $CO_2\text{-eq}$ , como se muestra a continuación:

- Emisión total en término de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema para GWP = Emisión estimada de Metano, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema + Emisión de nitrógeno, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema.
- Emisión total en término de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema para GTP = Emisión estimada de Metano, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema + Emisión de nitrógeno, en términos de  $CO_2\text{-eq}$  por sistema.

#### **2.10.4 Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por litro de leche para cada sistema evaluado, según GWP y GTP.**

Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por litro de leche para cada sistema evaluado según GWP, se calculó de la siguiente manera:

- Emisión por litro leche en término de CO<sub>2</sub>-eq por sistema para GWP=  
Emisión total en término de CO<sub>2</sub>-eq por sistema para GWP/Prod.  
Prom. Leche por sistema/ UA por sistema/Largo de la lactancia.

Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por litro de leche para cada sistema evaluado según GTP, se calculó de la siguiente manera:

- Emisión litro leche en término de CO<sub>2</sub>-eq por sistema para GTP=  
Emisión total en término de CO<sub>2</sub>-eq por sistema para GTP/Prod.  
Prom. Leche por sistema/ UA por sistema/ Largo de la lactancia.

Para generar un sistema ecuacional:

- Se generó un sistema ecuacional basado en el cálculo calórico y proteico para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las cuales fueron calculadas por sistema en general (absoluto) y por litro de leche producido por unidad animal, lo cual también pretende explicar para aspectos de simulación.

#### **2.11 Análisis de datos**

Se utilizaron fórmulas dadas por el IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) del año 2006, y fórmulas dadas por la NRC, 2001, Séptima Edición, para el procesamiento de datos. Así también se realizaron estimaciones de intervalos de confianza ( $p < 0.05$ ), análisis de correlación lineal simple y análisis multivariados, con la utilización del programa Microsoft Excel 2013.

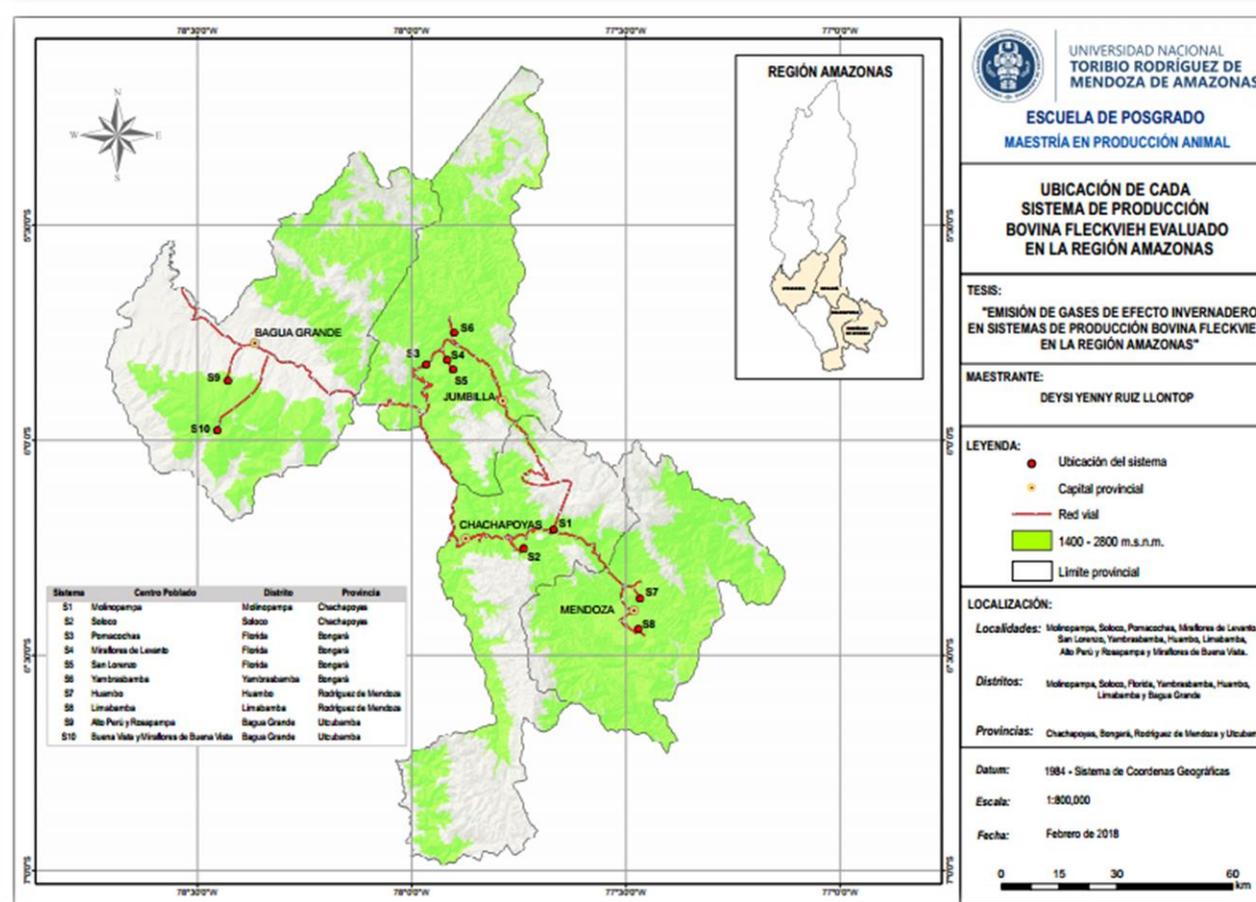
### III. RESULTADOS

#### 3.1 Ubicación e identificación de los sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh encontrados en la región Amazonas

La aplicación de encuestas permitió determinar que en la región Amazonas existen diez sistemas de producción bovina Fleckvieh, los cuales se observan en la Tabla 1 conjuntamente con las características que presentan cada uno de ellos con respecto a altitud, latitud y longitud. Además en la Figura 1 se muestra la ubicación de cada uno de éstos sistemas encontrados.

**Tabla 1.** Identificación y ubicación geográfica, altitudinal, latitudinal y longitudinal de cada sistema de producción bovina de la raza Fleckvieh, encontrado en la región Amazonas.

| SISTEMAS | Nombre del Sistema                      | Altitud (msnm) | Latitud Sur       | Longitud Oeste     |
|----------|---|----------------|-------------------|--------------------|
| S1       | Molinopampa                             | 2408           | 6° 12'<br>30.309" | 77° 40' 7.122"     |
| S2       | Soloco                                  | 2342           | 6° 15'<br>2.513"  | 77° 44'<br>17.264" |
| S3       | Pomacochas                              | 2253           | 5° 49'<br>22.677" | 77° 58' 0.216"     |
| S4       | Miraflores de Levanto                   | 2518           | 5° 49'<br>55.917" | 77° 54'<br>55.142" |
| S5       | San Lorenzo                             | 2545           | 5° 49'<br>59.999" | 77° 55' 0.001"     |
| S6       | Yambrasbamba                            | 1923           | 5° 45'<br>0.000"  | 77° 54' 0.000"     |
| S7       | Huambo                                  | 1467           | 6° 22'<br>0.001"  | 77° 28' 0.001"     |
| S8       | Limabamba                               | 1979           | 6° 26'<br>21.347" | 77° 28'<br>14.063" |
| S9       | Alto Perú y Rosapampa                   | 2318           | 5° 51'<br>40.000" | 78° 25'<br>43.000" |
| S10      | Buena Vista y Miraflores de Buena Vista | 2375           | 5° 58'<br>41.000" | 78° 27'<br>12.000" |



**Figura 1.** Ubicación de los sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh encontrados en la región Amazonas.

### **3.2 Descripción de los sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh de la región Amazonas**

Las características generales para cada sistema de producción bovina de la raza Fleckvieh, fueron: 1) ubicación geográfica, 2) altitud, 3) número de ordeños por día, 4) producción promedio de leche/vaca/día, 5) duración de la lactancia (días), 6) tipo de pasto, 7) número de cortes/año, y 8) tipo de crianza.

En la Tabla 2 se observa que en la provincia de Chachapoyas se encontraron dos sistemas de producción bovina Fleckvieh, los cuales estuvieron ubicados a una altitud de 2449 y 2371 msnm, estos fueron los sistemas S1 y S2, respectivamente; en la provincia de Bongará, a una altitud de 2116 msnm se encontró el sistema S3, a 2310 msnm el sistema S4, entre 2546 a 2660 msnm el sistema S5, y a 1915 msnm el sistema S6; en la provincia de Rodríguez de Mendoza, a una altitud de 1467 y 1617 msnm se ubicaron los sistemas S7 y S8 respectivamente; y en la provincia de Utcubamba, se localizaron a una altitud entre 2318 a 2420 msnm el sistema S9, y entre 1918 a 2375 msnm se encontró el sistema S10.

En cuanto a la duración de la lactancia, los sistemas S1, S7, S9 y S10 presentaron una misma duración, la cual fue de 210 días; siendo la mayor duración de 227 días, para el sistema S5; y la menor de 90 días, para los sistemas S6 y S8.

En cuanto al tipo de pasto consumido por el animal se observó que en aproximadamente todos los sistemas hubo predominancia de la asociación rye grass y trébol, sin embargo, en los sistemas S7 y S8 predominaron las brachiarias.

El número de cortes predominante fue de 4 cortes por año (S4, S5, S6, S8, S9 y S10), presentando el mayor número de cortes los sistemas S1 y S5 con 5 cortes por año; y los que presentaron el mínimo número de cortes fueron los sistemas S2 y S7 con sólo 3 cortes por año.

En cuanto al número de ordeños, en todos los sistemas evaluados se observó uno/vaca/día.

Finalmente, todos los sistemas presentaron una crianza extensiva.

**Tabla 2.** Descripción de los sistemas de producción bovina de la raza Fleckvieh en la región Amazonas.

| Sistemas | Ubicación geográfica | Altitud (msnm) | Número de ordeños/día | Promedio producción de leche/vaca | Duración de lactancia (días) | Piso forrajero   | Número de Cortes al Año | Tipo de crianza |
|----------|----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------|--|-------------------------|-----------------|
| S1       | Chachapoyas          | 2449           | 1                     | 12.3                              | 210                          | Rye grass, trébol, kikuyo y nicarión.                            | 5                       | Extensivo       |
| S2       | Chachapoyas          | 2371 - 2660    | 1                     | 9.3                               | 150                          | Rye grass, trébol, pasto ovillo.                                 | 3                       | Extensivo       |
| S3       | Bongará              | 2225           | 1                     | 11.44                             | 217.5                        | Rye grass, trébol.   | 5                       | Extensivo       |
| S4       | Bongará              | 2310           | 1                     | 7.04                              | 225                          | Rye grass, agashul, nudillo, kikuyo, grama azul.                 | 4                       | Extensivo       |
| S5       | Bongará              | 2546 - 2660    | 1                     | 9.83                              | 227                          | Rye grass, trébol, agashul.                                      | 4                       | Extensivo       |
| S6       | Bongará              | 1915           | 1                     | 11.04                             | 90                           | Rye grass, trébol blanco, kikuyo, biquerón, zacate.              | 4                       | Extensivo       |
| S7       | Rodríguez de Mendoza | 1467           | 1                     | 12.17                             | 210                          | King grass, pasto camerum, pasto elefante, maralfalfa, kikuyo.   | 3                       | Extensivo       |
| S8       | Rodríguez de Mendoza | 1617           | 1                     | 10                                | 90                           | Gramma, pasto elefante, king grass, brachiarias.                 | 4                       | Extensivo       |
| S9       | Utcubamba            | 2318 - 2420    | 1                     | 7.09                              | 210                          | Rye grass, trébol blanco, agashul, nudillo                       | 4                       | Extensivo       |
| S10      | Utcubamba            | 1918 - 2375    | 1                     | 6.95                              | 210                          | Rye grass, trébol rojo y blanco, kikuyo, grama, agashul, nudillo | 4                       | Extensivo       |

### **3.3 Estimación de los niveles productivos de los sistemas de producción bovina Fleckvieh de la región Amazonas.**

#### **3.3.1 Análisis de componentes nutricionales de los pastos para las épocas seca y lluviosa**

A través de estos análisis se determinó la composición nutricional de los pastos como único alimento ofrecido al ganado de raza Fleckvieh, obteniéndose los aportes expresados en porcentajes de: Materia Seca (MS), Humedad (HD, Cenizas (CZA), Extracto etéreo (EE), Fibra Cruda (FC), Proteína Total (PT), Extracto libre de Nitrógeno (ELN), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), y Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS), y expresados en kcal por kg para Energía Bruta (EB), en cada uno de los sistemas evaluados y de acuerdo a la época (seca y lluviosa) en el ámbito de estudio.

En la Tabla 3 se observa que durante la época lluviosa, el mayor contenido de MS fue de 95.43% y el menor de 95.17%, para los sistemas S2 (Soloco) y S7 (Huambo), respectivamente; y el sistema S5 (San Lorenzo) mostró un porcentaje de 92.45%, siendo éste el valor más bajo; no obstante durante la época seca el sistema S5 presentó el mayor contenido de MS con respecto a los otros sistemas evaluados, el cual fue de 95.90%. Además, se determinó que durante la época lluviosa, el mayor contenido de energía bruta en kilocalorías por kilo de materia seca, estuvo en 4995.68 para el sistema S3 (Pomacochas), y el menor valor en 4128.34 para el sistema S8 (Limabamba).

En relación al contenido de proteína, en la Tabla 3 se muestra que durante la estación lluviosa el mayor contenido de proteína fue de 16.54% y el menor de 10.64%, para los sistemas S1 (Molinopampa) y S8, respectivamente. Así también durante la época seca los mismos sistemas mostraron el máximo y el mínimo porcentaje, los cuales fueron de 16.34% para el sistema S1 y 9.60% para el sistema S8 (Tabla 4).

En la Tabla 5 se aprecia que durante la estación lluviosa el mayor contenido de FDN fue de 71.79% y el menor de 49.87% para los sistemas S6 (Yambrasbamba) y S2 (Soloco), respectivamente; y en la estación seca, el

**Tabla 3.** Análisis proximal de pastos para la época lluviosa, de cada sistema de producción bovina Fleckvieh evaluado en la Región Amazonas.

| SISTEMAS | ANÁLISIS PROXIMAL |                   |                    |                   |                   |                   |                    | EB kcal/kg <sup>h</sup> |
|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
|          | % MS <sup>a</sup> | % Hd <sup>b</sup> | % CZA <sup>c</sup> | % EE <sup>d</sup> | % FC <sup>e</sup> | % PT <sup>f</sup> | % ELN <sup>g</sup> |                         |
| S1       | 94.78             | 5.22              | 9.33               | 2.75              | 32.48             | 16.54             | 33.69              | 4644.85                 |
| S2       | 95.43             | 4.57              | 9.26               | 2.37              | 29.09             | 15.50             | 39.21              | 4462.87                 |
| S3       | 94.92             | 5.08              | 7.39               | 2.91              | 31.49             | 11.22             | 41.91              | 4995.68                 |
| S4       | 94.82             | 5.18              | 8.13               | 2.21              | 33.60             | 12.10             | 38.77              | 4662.81                 |
| S5       | 92.45             | 7.55              | 8.28               | 2.63              | 25.42             | 14.19             | 41.93              | 4475.87                 |
| S6       | 94.63             | 5.37              | 8.56               | 1.59              | 33.42             | 11.37             | 39.69              | 4210.19                 |
| S7       | 95.17             | 4.83              | 8.94               | 2.65              | 28.08             | 11.18             | 44.32              | 4314.07                 |
| S8       | 94.52             | 5.48              | 8.23               | 1.89              | 28.75             | 10.64             | 45.01              | 4128.34                 |
| S9       | 94.27             | 5.73              | 8.34               | 1.67              | 29.72             | 11.18             | 43.37              | 4545.92                 |
| S10      | 95.03             | 4.97              | 9.12               | 2.95              | 32.33             | 12.68             | 37.95              | 4407.63                 |

<sup>a</sup> Materia Seca (%), <sup>b</sup> Humedad (%), <sup>c</sup> Ceniza (%), <sup>d</sup> Extracto Etéreo (%), <sup>e</sup> Fibra Cruda (%), <sup>f</sup> Proteína Total (%), <sup>g</sup> Extracto Libre de Nitrógeno (%), <sup>h</sup> Energía Bruta.

**Tabla 4.** Análisis proximal de pastos para la época seca, de cada sistema de producción bovina Fleckvieh evaluado en la Región Amazonas.

| SISTEMAS | ANÁLISIS PROXIMAL |      |       |      |       |       |       | EB kcal/kg |
|----------|-------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|------------|
|          | % MS              | % Hd | % CZA | % EE | % FC  | % PT  | % ELN |            |
| S1       | 95.33             | 4.67 | 9.87  | 1.93 | 25.98 | 16.34 | 41.21 | 4856.47    |
| S2       | 95.05             | 4.95 | 8.33  | 2.53 | 25.94 | 13.35 | 44.90 | 4811.21    |
| S3       | 95.29             | 4.71 | 9.34  | 2.70 | 31.18 | 12.64 | 39.42 | 4986.65    |
| S4       | 94.61             | 5.39 | 8.75  | 2.19 | 31.83 | 12.79 | 39.05 | 4937.22    |
| S5       | 95.90             | 4.10 | 9.94  | 2.50 | 24.15 | 16.90 | 42.40 | 4883.16    |
| S6       | 95.51             | 4.49 | 9.62  | 1.47 | 31.04 | 11.46 | 41.92 | 4858.98    |
| S7       | 95.58             | 4.42 | 9.59  | 2.34 | 29.41 | 12.66 | 41.58 | 4914.54    |
| S8       | 94.32             | 5.68 | 8.76  | 1.80 | 35.53 | 9.60  | 38.62 | 5044.89    |
| S9       | 94.36             | 5.64 | 9.34  | 2.63 | 30.41 | 14.14 | 37.84 | 5061.92    |
| S10      | 94.68             | 5.32 | 9.71  | 2.88 | 29.27 | 12.08 | 40.74 | 4764.57    |

**Tabla 5.** Análisis de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) de pastos para la época lluviosa (ELI) y la época seca (ES) en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.

| Sistemas | % FDN |       | % FDA |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|
|          | ELI   | ES    | ELI   | ES    |
| S1       | 67.28 | 59.63 | 34.04 | 34.81 |
| S2       | 49.87 | 57.44 | 26.13 | 30.76 |
| S3       | 67.31 | 64.53 | 31.79 | 35.40 |
| S4       | 67.05 | 66.69 | 34.04 | 37.87 |
| S5       | 63.50 | 51.23 | 30.46 | 32.77 |
| S6       | 71.79 | 63.26 | 34.34 | 36.94 |
| S7       | 69.21 | 68.86 | 33.79 | 40.65 |
| S8       | 67.06 | 65.00 | 33.03 | 39.70 |
| S9       | 62.65 | 59.60 | 33.87 | 35.71 |
| S10      | 67.04 | 58.46 | 34.07 | 34.08 |

contenido más alto estuvo en 68.86% para el sistema S7 (Huambo), y el contenido más bajo en 51.23% para el sistema S5 (San Lorenzo).

Por otro lado, se encontró que durante la estación lluviosa la mayor proporción de FDA fue de 34.34% y la menor de 26.13% para los sistemas S6 (Yambrasbamba) y S2 (Soloco), respectivamente; relacionándose con el contenido de FDN, donde los mismos sistemas mostraron el máximo y el mínimo valor también. Y durante la época seca, el máximo contenido de FDA fue de 40.65% para el sistema S7 (Huambo), y el mínimo contenido de 30.76% para el sistema S2 (Tabla 5).

En la Tabla 6 se muestra que durante la época lluviosa el mayor porcentaje de digestibilidad fue de 78.33% y el menor de 54.14% para los sistemas de Soloco (S2) y Pomacochas (S3), respectivamente; mientras que para la época seca, la mayor proporción fue de 68.68% para el sistema de Molinopampa (S1), y la menor de 54.30% para el sistema de Miraflores de Levanto (S4).

**Tabla 6.** Análisis de la Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS) de pastos para la época lluviosa (ELI) y la época seca (ES) en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.

| Sistemas | % DIVMS |       |
|----------|---------|-------|
|          | ELI     | ES    |
| S1       | 61.46   | 68.68 |
| S2       | 78.33   | 62.51 |
| S3       | 54.14   | 61.31 |
| S4       | 58.64   | 54.30 |
| S5       | 63.12   | 65.73 |
| S6       | 54.57   | 56.12 |
| S7       | 62.65   | 54.46 |
| S8       | 62.16   | 59.83 |
| S9       | 58.85   | 62.85 |
| S10      | 56.71   | 61.89 |

### 3.3.2 Análisis de componentes nutricionales de excretas

Al igual que para los pastos, los componentes nutricionales analizados fueron los mismos en las excretas, con la excepción del contenido de digestibilidad.

En la Tabla 7 se aprecia que el nivel más alto alcanzado en relación al contenido de proteína fue de 16.25% para Soloco (S2) y el menor de 11.75% corresponde a San Lorenzo (S5). En cuanto al contenido de energía en kilocalorías por kilo de materia seca, el mayor valor fue de 5205.61, y el menor de 3954.34, para Buena Vista y Miraflores de Buena Vista (S10) y para Molinopampa (S1), respectivamente. Así también en Pomacochas (S3), Miraflores de Levanto (S4), Yabrasbamba (S6), Huambo (S7), Limabamba (S8), Alto Perú y Rosapampa (S9) se encontraron niveles intermedios en relación a estos componentes nutricionales.

En la Tabla 8 se observa que el porcentaje más alto de FDN fue de 74.83% para el sistema S4 y el más bajo de 66.01% para el sistema S5. Por otro lado, en cuanto al contenido de FDA, el mayor contenido fue de 54.31%, y el menor de 45.27%, para los sistemas S5 y S10, respectivamente.

### 3.3.3 Análisis de fertilidad de suelos

En la Tabla 9 se aprecia el análisis de fertilidad de los suelos, en el cual se determinó: pH, Conductividad Eléctrica (CE), cantidad de Fósforo (P) y

**Tabla 7.** Análisis proximal de excretas en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.

| SISTEMAS | ANÁLISIS PROXIMAL |      |       |      |       |       |       |            |
|----------|-------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|------------|
|          | % MS              | % Hd | % CZA | % EE | % FC  | % PT  | % ELN | EB kcal/kg |
| S1       | 91.99             | 8.01 | 7.38  | 1.76 | 31.95 | 13.82 | 37.08 | 3954.34    |
| S2       | 92.35             | 7.65 | 9.37  | 2.51 | 37.33 | 16.25 | 26.88 | 4977.07    |
| S3       | 91.76             | 8.24 | 9.08  | 1.46 | 32.47 | 12.96 | 35.8  | 4980.97    |
| S4       | 92.03             | 7.97 | 9.97  | 1.48 | 23.24 | 11.85 | 45.48 | 4797.60    |
| S5       | 92.34             | 7.66 | 7.18  | 2.67 | 37.24 | 11.76 | 33.5  | 4427.48    |
| S6       | 94.86             | 5.14 | 9.15  | 2.72 | 30    | 13.84 | 39.14 | 4906.36    |
| S7       | 92.56             | 7.44 | 7.62  | 2.3  | 29.23 | 14.02 | 39.39 | 4540.92    |
| S8       | 92.11             | 7.89 | 7.09  | 2.1  | 27.46 | 12.19 | 43.27 | 4702.63    |
| S9       | 93.99             | 6.01 | 9.41  | 2.4  | 30.41 | 15.48 | 36.28 | 4989.79    |
| S10      | 93.04             | 6.96 | 8.27  | 1.75 | 29.27 | 14.64 | 39.11 | 5205.61    |

**Tabla 8.** Análisis de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) de excretas en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.

| <b>Sistemas</b> | <b>% FDN</b> | <b>% FDA</b> |
|-----------------|--------------|--------------|
| S1              | 64.83        | 50.91        |
| S2              | 63.87        | 48.52        |
| S3              | 65.67        | 46.69        |
| S4              | 74.83        | 48.43        |
| S5              | 66.01        | 54.31        |
| S6              | 68.12        | 49.37        |
| S7              | 68.04        | 47.96        |
| S8              | 71.79        | 48.12        |
| S9              | 65.61        | 49.27        |
| S10             | 61.94        | 45.57        |

**Tabla 9.** Análisis de fertilidad del suelo en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.

| <b>ANÁLISIS DE SUELOS: FERTILIDAD</b> |                 |                 |                |                |              |                |              |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| <b>SISTEMAS</b>                       | <b>pH (1:1)</b> | <b>CE (1:1)</b> | <b>P (ppm)</b> | <b>K (ppm)</b> | <b>C (%)</b> | <b>M.O (%)</b> | <b>N (%)</b> |
| S1                                    | 4.16            | 0.16            | 26.11          | 231.22         | 3.50         | 6.03           | 0.30         |
| S2                                    | 7.50            | 0.40            | 9.66           | 216.02         | 2.95         | 5.09           | 0.25         |
| S3                                    | 7.98            | 0.39            | 15.91          | 202.70         | 3.40         | 5.86           | 0.29         |
| S4                                    | 4.46            | 0.13            | 9.08           | 278.26         | 3.00         | 5.17           | 0.26         |
| S5                                    | 4.94            | 0.06            | 13.51          | 272.07         | 3.10         | 5.34           | 0.27         |
| 6                                     | 4.47            | 0.04            | 14.85          | 193.02         | 2.50         | 4.31           | 0.22         |
| 7                                     | 5.14            | 0.46            | 13.60          | 414.62         | 3.25         | 5.60           | 0.28         |
| 8                                     | 4.06            | 0.13            | 9.67           | 110.06         | 3.75         | 6.47           | 0.32         |
| 9                                     | 7.07            | 0.37            | 11.87          | 238.37         | 4.00         | 6.90           | 0.34         |
| 10                                    | 6.91            | 0.43            | 4.95           | 329.47         | 4.10         | 7.07           | 0.35         |

FUENTE: Resultados del análisis de Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas, del “Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva”, de la UNTRM.

<sup>1</sup> pH (1:1), <sup>2</sup> Conductividad Eléctrica (1:1), <sup>3</sup> Fósforo (%), <sup>4</sup> Potasio (%), <sup>5</sup> Carbono (%), <sup>6</sup> Materia Orgánica (%), <sup>7</sup> Nitrógeno (%).

Potasio (K) en ppm, porcentaje de Carbono (C), Materia Orgánica (M.O) y Nitrógeno (N) de los suelos de cada sistema evaluado.

En cuanto al porcentaje de materia orgánica, se observó que el valor más alto fue de 7.07% para Buena Vista y Miraflores de Buena Vista (S10), y el más bajo de 4.31% para Yambrasbamba (S6) (Tabla 9).

En relación al contenido de nitrógeno, los mayores valores fueron de 0.35% y 0.34% para Buena Vista y Miraflores de Buena Vista (S10) y Alto Perú y Rosapampa (S9), respectivamente; y el menor fue de 0.22% para Yambrasbamba (S6). Además se encontró que el contenido más alto de carbono fue de 4.10% para el sistema S10, el mismo sistema que obtuvo los niveles más altos de materia orgánica (M.O) y nitrógeno (N) (Tabla 9).

#### **3.3.4 Análisis del porcentaje de grasa y proteína de la leche, así como la producción promedio de leche por sistema.**

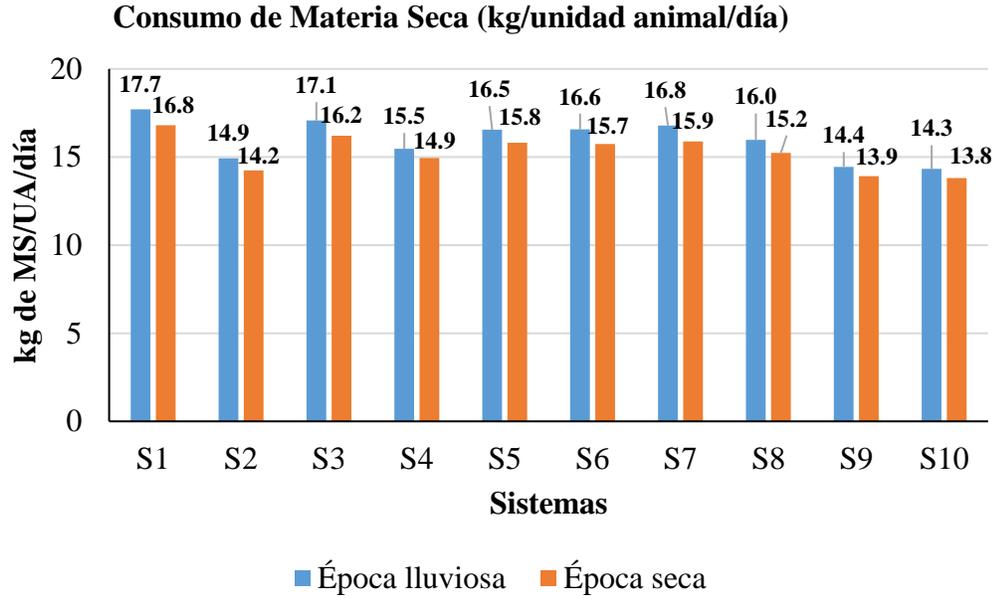
En la Tabla 10 se muestra que el máximo y el mínimo porcentaje de grasa fue de 4.37% y de 3.58%, para Huambo (S7) y Soloco (S2), respectivamente, y con respecto al contenido de proteína, el mayor valor alcanzado fue de 3.98% para Huambo (S7), y el menor de 3.19% para Soloco (S2), observándose que los mismos sistemas obtuvieron los valores más altos y más bajos para contenido de grasa y proteína. Además en cuanto a la producción promedio de leche, la mayor producción encontrada fue de 12.30 kilos en Molinopampa (S1), y la menor de 6.95 kilos para Alto Perú y Rosapampa (S10).

**Tabla 10.** Análisis de la producción promedio de leche (kg) y el % de Proteína y % de Grasa de la leche en los sistemas de producción bovina Fleckvieh, evaluados en la Región Amazonas.

| <b>SISTEMAS</b> | <b>Prod. Prom Leche (Kg)</b> | <b>% Grasa</b> | <b>% Proteína</b> |
|-----------------|------------------------------|----------------|-------------------|
| S1              | 12.30                        | 3.77           | 3.40              |
| S2              | 9.30                         | 3.58           | 3.19              |
| S3              | 11.44                        | 4.02           | 3.59              |
| S4              | 7.04                         | 3.89           | 3.47              |
| S5              | 9.83                         | 4.20           | 3.77              |
| S6              | 11.04                        | 3.64           | 3.25              |
| S7              | 12.17                        | 4.37           | 3.98              |
| S8              | 10.00                        | 4.03           | 3.60              |
| S9              | 7.09                         | 4.22           | 3.80              |
| S10             | 6.95                         | 3.71           | 3.34              |
| <b>Promedio</b> | <b>9.72</b>                  | <b>3.94</b>    | <b>3.54</b>       |

### **3.3.5 Consumo de Materia Seca (MS) por Unidad Animal (UA) y según la época del año.**

En la Figura 2 se observa que el consumo de materia seca (CMS) fue mayor en la época lluviosa para todos los sistemas evaluados, además, se muestra que los consumos más altos los obtuvo el sistema de Molinopampa (S1), los cuales fueron de 17.71 y 16.80 kg de MS/animal/día, para las épocas lluviosa y seca, respectivamente; mientras que las menores ingestas las obtuvo el sistema Buena Vista y Miraflores de Buena Vista (S10), las cuales fueron de 14.3 kilos de materia seca consumidos por animal por día durante la época lluviosa y de 13.8 kg para la estación seca.

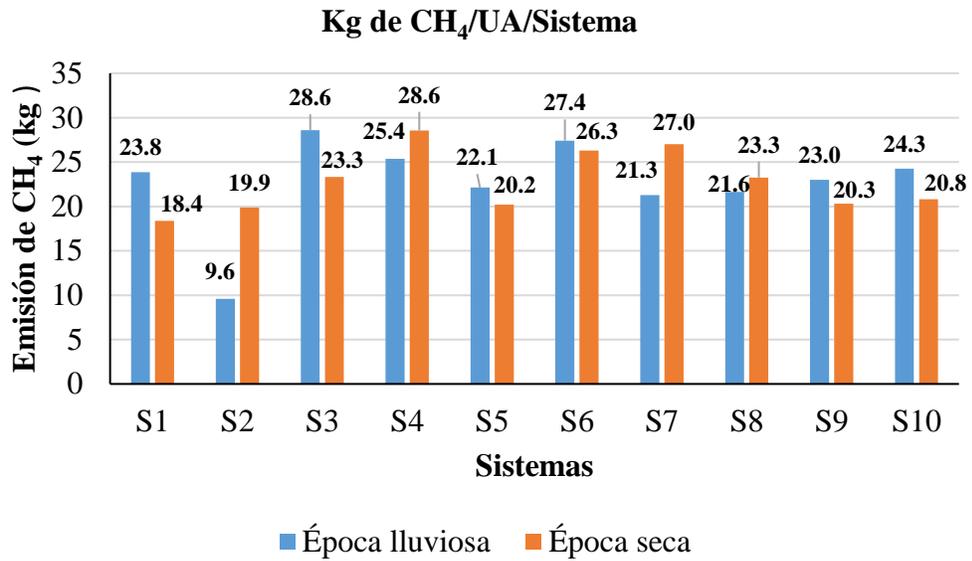


**Figura 2.** Consumo de Materia Seca (kg/UA/día) para las épocas seca y lluviosa en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

### 3.4 Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

#### 3.4.1 Emisión de metano (CH<sub>4</sub>) entérico en cada sistema, por unidad animal (UA) y por época.

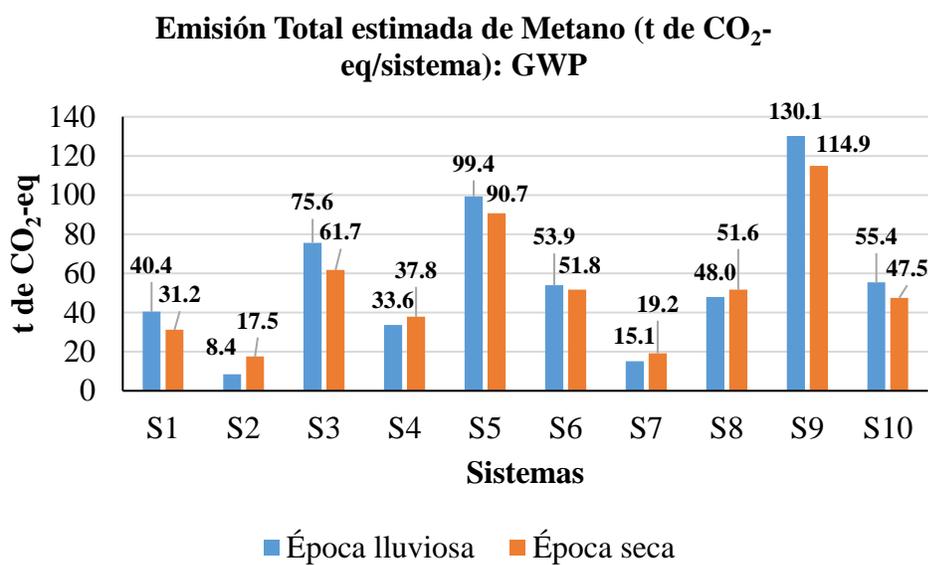
En la Figura 3 se aprecia que durante la estación lluviosa el máximo nivel de emisión de metano fue de 28.6 kg/UA para el sistema S3 (Pomacochas) y el mínimo fue de 9.6 kg/UA para el sistema S2 (Soloco); mientras que para la época seca la emisión más alta de CH<sub>4</sub> la presentó el sistema S4 (Miraflores de Levanto) con 28.6 kg/UA, y el que mostró la emisión más baja fue el sistema S1 (Molinopampa) con 18.4 kg/UA. Estos resultados pudieron relacionarse con el porcentaje de digestibilidad de la dieta consumida en cada sistema, y con el tamaño corporal metabólico por unidad animal.



**Figura 3.** Emisión de metano entérico (kg/UA/sistema) para las épocas seca y lluviosa, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

### 3.4.2 Estimación de la emisión total de metano entérico (t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema), por época y según GWP (Global Warming Potential)

En la Figura 4 se muestra que durante la época lluviosa, el sistema de Alto Perú y Rosapampa (S9) presentó el nivel de emisión más alto de metano con 130.1 t de CO<sub>2</sub>-eq, y el sistema de Soloco (S2) tuvo el nivel de emisión más bajo con 8.4 t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema, y con respecto a la estación seca los valores máximos y mínimos fueron de 114.9 y 17.5 t de CO<sub>2</sub>-eq para los sistemas S9 y S2, respectivamente, observándose que los mismos sistemas muestran los mayores y menores niveles de emisión en ambas épocas.



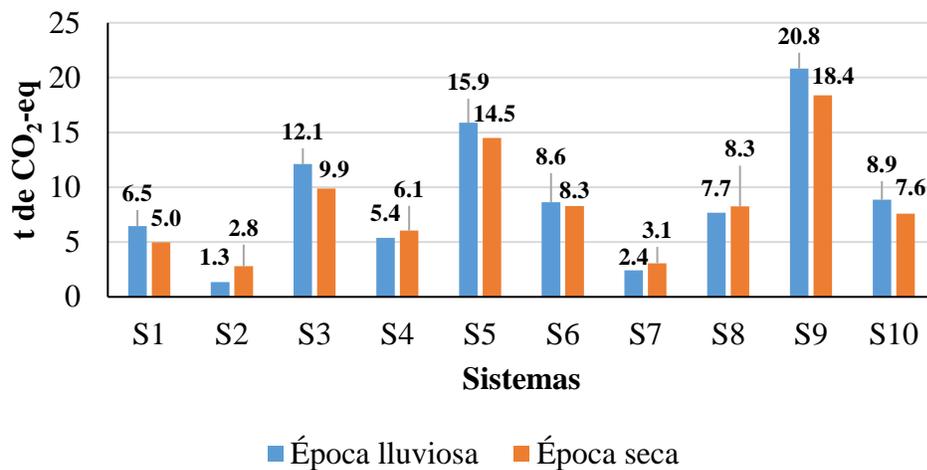
**Figura 4.** Emisión Total estimada de metano (t CO<sub>2</sub>-eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

### 3.4.3 Estimación de la emisión total de metano entérico (t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema) por época y según GTP (Global Total Potential)

En la Figura 5 se aprecia que durante la estación lluviosa el mayor nivel de emisión de CH<sub>4</sub> encontrado fue de 20.8 t de CO<sub>2</sub>-eq para el sistema S9 (Alto Perú y Rosapampa), y el menor fue de 1.3 t de CO<sub>2</sub>-eq para el sistema S2 (Soloco); por otro lado, durante la época seca los niveles de emisiones máximas y mínimas fueron de 18.4 y 2.8 t de CO<sub>2</sub>-eq para los sistemas S9 y S2, respectivamente. Estos resultados muestran nuevamente que los mismos sistemas fueron los que alcanzaron los más altos y más bajos niveles de emisión tanto en época seca como en la estación lluviosa.

Por otro lado, en la Tabla 7A, se muestran los niveles máximos y mínimos de las emisiones totales de metano en t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema, los cuales fueron mayores para GWP con respecto a GTP, tanto para la época lluviosa como para la época seca. Este resultado pudo deberse a los diferentes potenciales de calentamiento que utiliza GWP con respecto a GTP (los cuales estuvieron más bajos).

**Emisión Total estimada de Metano (t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema): GTP**



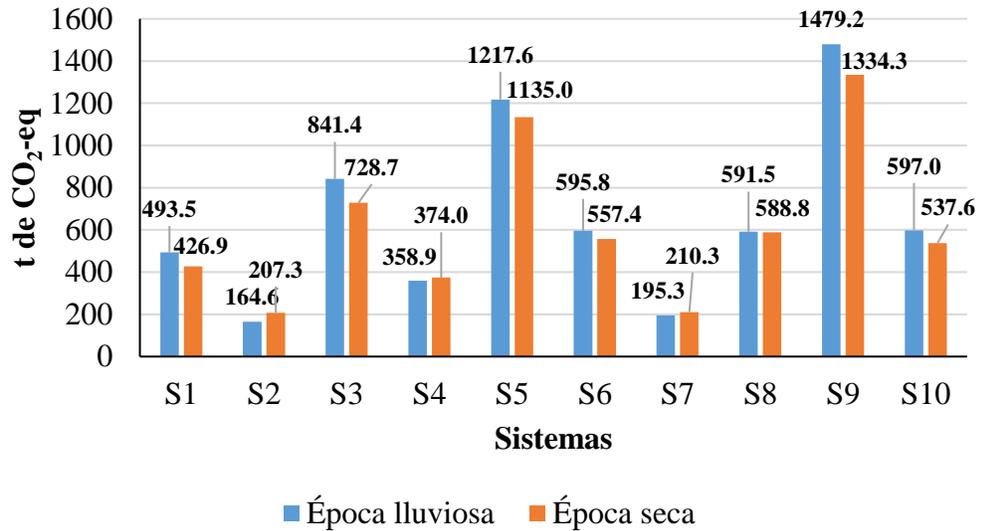
**Figura 5.** Emisión Total estimada de metano (t CO<sub>2</sub>-eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

**3.4.4 Estimación de la emisión total de óxido nítrico (t de CO<sub>2</sub>-eq por sistema) por época y según GWP.**

Con respecto a los resultados relacionados con las emisiones de óxido nítrico obtenidos utilizando potenciales de calentamiento dados por GWP se encontró que durante la época lluviosa el nivel de emisión más alto de óxido nítrico fue de 1479.2 t de CO<sub>2</sub>-eq para el sistema de Alto Perú y Rosapampa (S9) y el más bajo fue de 164.6 t de CO<sub>2</sub>-eq, el cual lo obtuvo el sistema de Soloco (S2); así también en la época seca los mismos sistemas alcanzaron los mayores y menores niveles emisión, con 1334.3 y 207.3 t de CO<sub>2</sub>-eq para S9 y S2, respectivamente (Figura 6).

Por otro lado, en la Tabla 8A, se presentan los niveles máximos y mínimos de las emisiones totales de óxido nítrico en t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema, los cuales fueron mayores para GWP en comparación con GTP, tanto para la época lluviosa como para la época seca.

**Emisión Total estimada de Óxido nítrico (t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema): GWP**

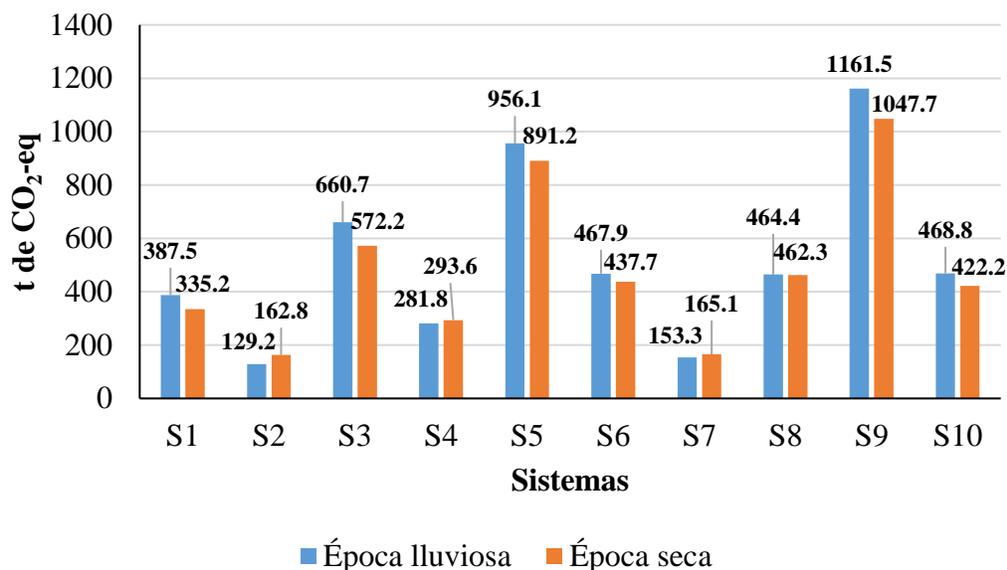


**Figura 6.** Emisión Total estimada de óxido nítrico (t CO<sub>2</sub>-eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

**3.4.5 Estimación de la emisión total de óxido nítrico (t de CO<sub>2</sub>-eq por sistema) por época y según GTP.**

En cuanto a las emisiones de óxido nítrico, el nivel de emisión máximo fue de 1161.5 y el mínimo de 129.2 t CO<sub>2</sub>-eq para los sistemas S9 y S2, respectivamente; por otro lado, con respecto a la época seca, el nivel de emisión más alto se mostró en el sistema S9 con 1047.7 t CO<sub>2</sub>-eq, y el más bajo en el sistema S2 con 162.8 t CO<sub>2</sub>-eq (Figura 7).

### Emisión Total estimada de Óxido nitroso (t de CO<sub>2</sub>-eq/sistema): GTP

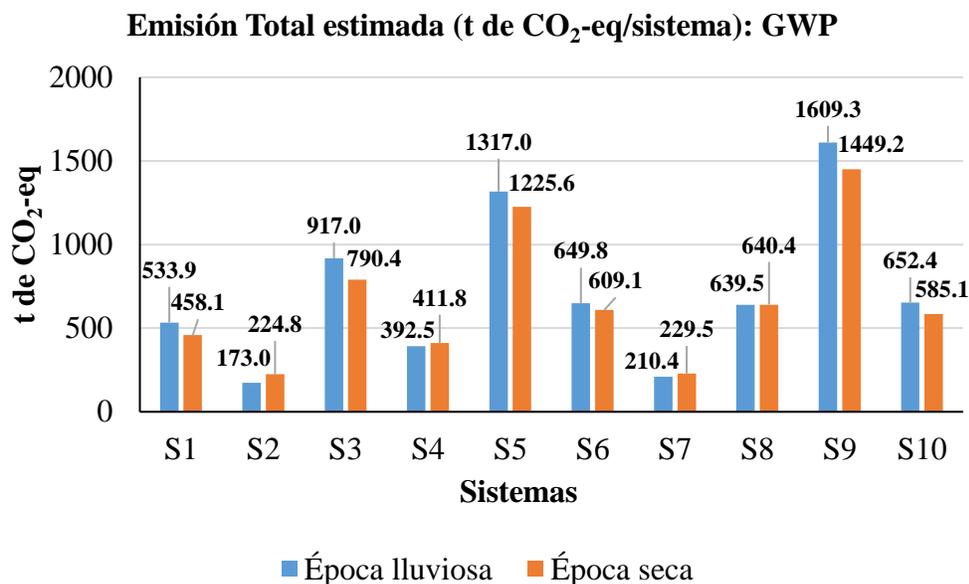


**Figura 7.** Emisión Total estimada de óxido nitroso (kg CO<sub>2</sub>-eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

#### 3.4.6 Estimación de la emisión total de gases de efecto invernadero (GEI) por época y según GWP (Global Warming Potential)

En la Figura 8 se aprecian los valores de emisión total de GEI para cada época con el uso de los potenciales de calentamiento dados por GWP. Los resultados mostraron que durante la estación lluviosa, el nivel máximo de emisión total de GEI fue de 1609.3 t CO<sub>2</sub>-eq para el sistema S9, y el mínimo de 173.0 t CO<sub>2</sub>-eq para el sistema S2, y con respecto a la época seca, las emisiones más altas y más bajas fueron de 1449.2 y 224.8 t CO<sub>2</sub>-eq para los sistemas S9 y S2, respectivamente.

Además en la Tabla 9A se muestra que en los sistemas S1 (Molinopampa), S3 (Pomacochas), S5 (San Lorenzo), S6 (Yambrashamba), S9 (Alto Perú y Rosapampa) y S10 (Buena Vista y Miraflores de Buena Vista), se obtuvieron los mayores niveles de emisión de GEI para ambas épocas (seca y lluviosa).

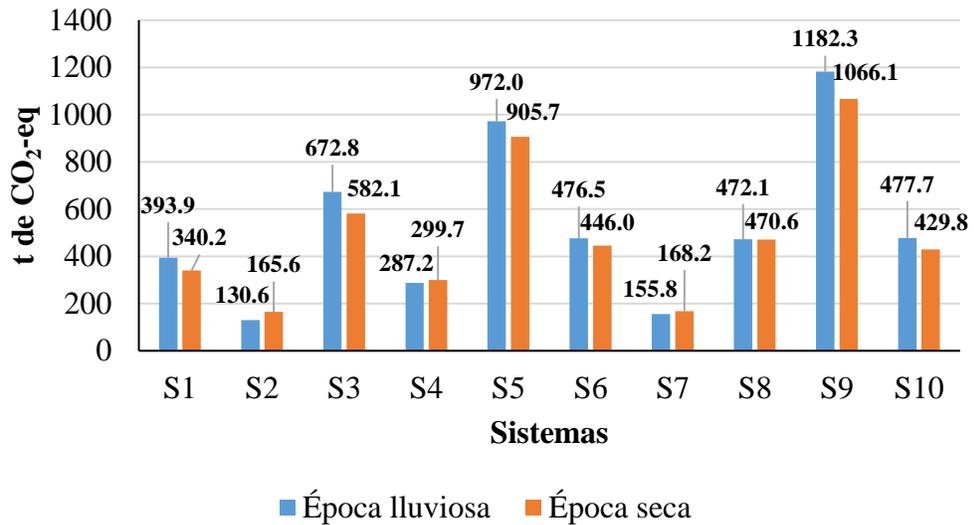


**Figura 8.** Emisión Total estimada de GEI (t CO<sub>2</sub>-eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

### 3.4.7 Estimación de la emisión total de gases de efecto invernadero (GEI) por época y según GTP (Global Total Potential)

En relación a la emisión total de GEI para cada época evaluada y con el uso de los potenciales de calentamiento dados por GTP, los resultados muestran que durante la estación lluviosa, las emisiones totales en términos de CO<sub>2</sub>-eq estuvieron entre 130.6 y 1182.3 toneladas, y con respecto a la época seca, las emisiones se encontraron entre 165.6 y 1066.1 t de CO<sub>2</sub>-eq. Además, se demuestra la similitud en cuanto a la superioridad de las emisiones totales en los mismos sistemas, bajo el uso de los potenciales de calentamiento dados por GWP mencionados en 3.3.6, con la diferencia en la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq alcanzado en cada sistema, siendo menor según GTP, debido a que utiliza bajos valores de potenciales de calentamiento con respecto a GWP (Figura 9).

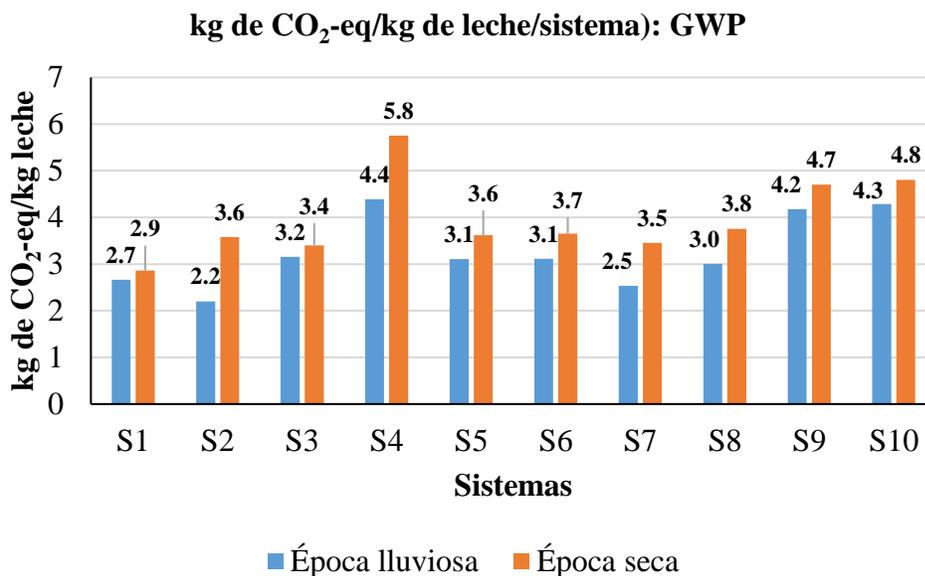
### Emisión Total estimada (tn de CO<sub>2</sub>-eq/sistema): GTP



**Figura 9.** Emisión Total estimada de GEI (t CO<sub>2</sub>-eq/sistema) para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

#### 3.4.8 Estimación de la emisión de CO<sub>2</sub>-eq (kg) por kilo de leche en cada sistema, por época y según GWP.

En la Figura 10 se aprecia la emisión de CO<sub>2</sub>-eq/kilo de leche obtenido en cada sistema y en ambas épocas evaluadas (seca y lluviosa) con la utilización de GWP. Los resultados muestran que hubo un mayor nivel de emisión durante la época seca con respecto a la época lluviosa. Además se evidencia que los niveles de emisión más altos fueron de 5.8 y 4.4 kg de CO<sub>2</sub>-eq/ kg de leche, tanto para la estación seca como para la lluviosa, respectivamente, las cuales las obtuvo el sistema de Miraflores de Levanto (S4); mientras que el nivel de emisión más bajo para la época lluviosa la obtuvo el sistema de Soloco (S2) con 2.2 kg CO<sub>2</sub>-eq/ kilo de leche; por otro lado, con respecto a la época seca, el valor de emisión más bajo fue de 2.9 kg CO<sub>2</sub>-eq/ kilo de leche para el sistema de Molinopampa (S1).



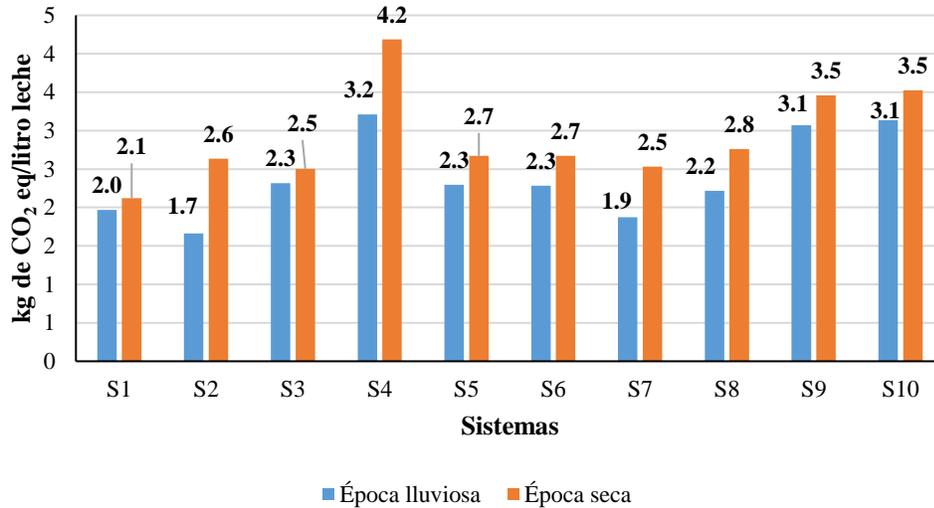
**Figura 10.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq/litro de leche/sistema, para las épocas seca y lluviosa según GWP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

### 3.4.9 Estimación de la emisión de CO<sub>2</sub>-eq (kg) por kilo de leche en cada sistema, por época y según GTP.

En relación a la emisión de CO<sub>2</sub>-eq/kilo de leche obtenido en cada sistema y en ambas épocas evaluadas (seca y lluviosa) con la utilización de GTP, los resultados reportan una mayor emisión de CO<sub>2</sub>-eq/kg de leche para la época seca. Además, se encontró que los niveles de emisión más altos alcanzados fueron de 4.2 y 3.2 kg de CO<sub>2</sub>-eq/ kg de leche, tanto para la estación seca como para la época lluviosa, respectivamente, las cuales las obtuvo el sistema S4 (Miraflores de Levanto), en cambio, la emisión más baja durante la época lluviosa corresponde al sistema S2 (Soloco) con 1.7 kg CO<sub>2</sub>-eq/ kilo de leche, y durante la estación seca la obtuvo el sistema S1 (Molinopampa) con 2.1 kg CO<sub>2</sub>-eq/ kilo de leche (Figura 11).

Por otro lado, se demostró que las emisiones calculadas con GWP, son superiores a las obtenidas mediante el uso de los potenciales de calentamiento de GTP, para ambas épocas (seca y lluviosa) (Tabla 10A).

**Emisión de CO<sub>2</sub> eq (kg de CO<sub>2</sub> eq/litro leche/sistema):  
GTP**

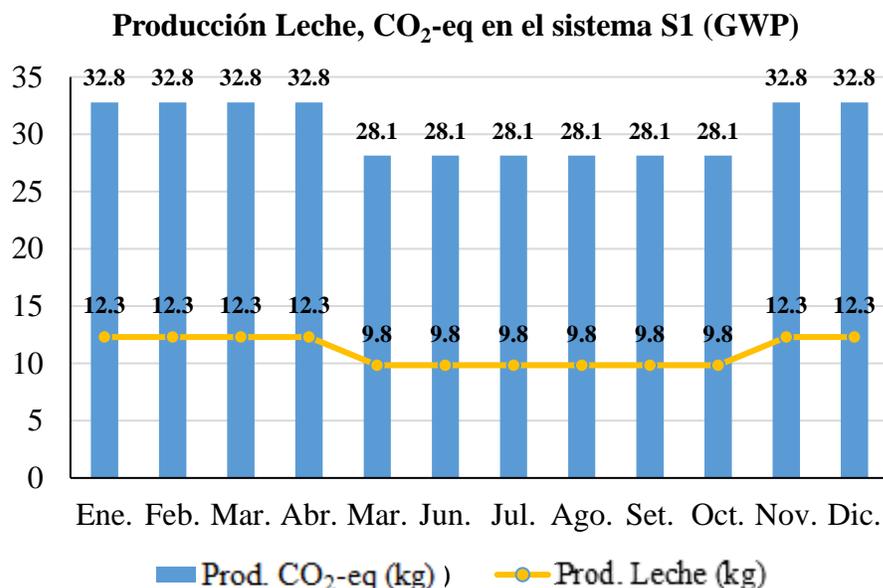


**Figura 11.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq/litro de leche/sistema, para las épocas seca y lluviosa según GTP, en los sistemas de producción bovina, raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

**3.4.10 Estimación de la emisión de CO<sub>2</sub>-eq en función de la producción lechera, de acuerdo a la etapa de lactancia y durante un año, según GWP.**

**3.4.10.1 Sistema S1:**

En la Figura 12 se aprecia la estimación del registro de la producción de leche durante todos los meses del año para el sistema de Molinopampa. Se observaron tres etapas de lactancia bien diferenciadas, en la primera etapa hubo una producción promedio de leche de 12.3 kilos/día durante los meses de enero a abril, en la segunda etapa, una producción promedio de 9.8 kilos/día desde mayo hasta octubre, y en la tercera etapa una producción promedio de 12.3 kilos/día de noviembre a diciembre. Los valores que determinaron las emisiones promedio en términos de CO<sub>2</sub>-eq (kg) para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia fueron: 32.8, 28.1 y 32.8, respectivamente.



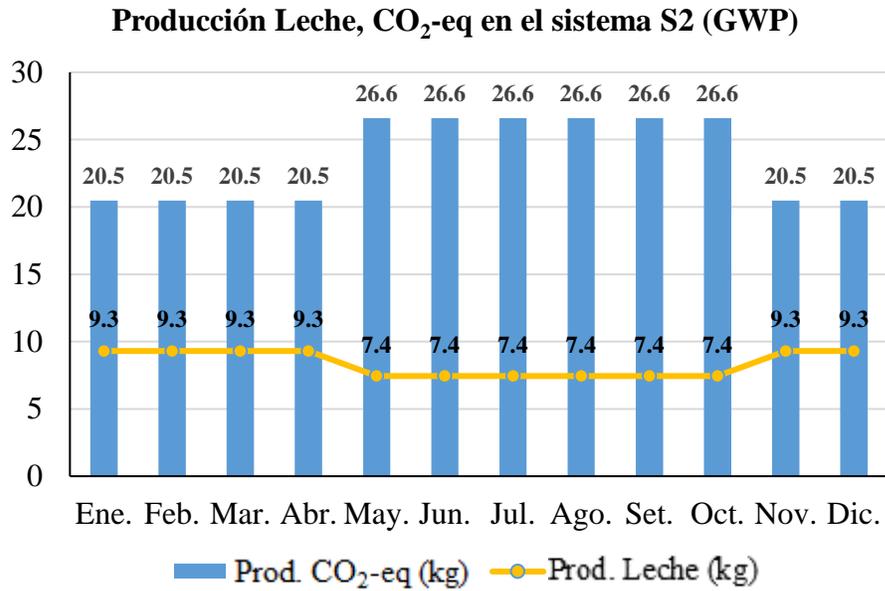
**Figura 12.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S1, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

#### 3.4.10.2 Sistema S2:

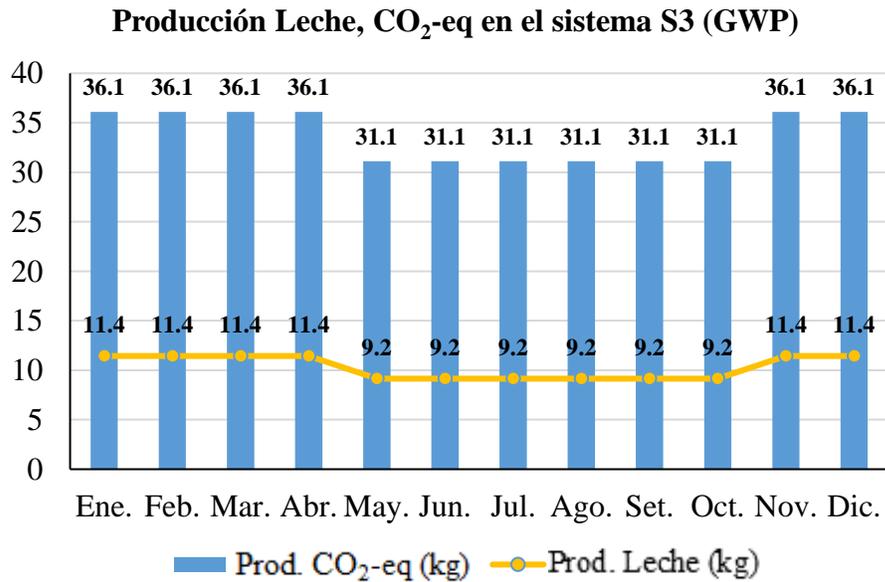
En la Figura 13 se observa que en el sistema de Soloco, para las tres etapas de la curva de lactancia existió una producción promedio de leche (kg)/día de: 9.3, 7.4 y 9.3, para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia, respectivamente, las cuales en el mismo orden, mostraron emisiones de CO<sub>2</sub>-eq (kg) de: 20.5, 26.6 y 20.5.

#### 3.4.10.3 Sistema S3:

Los resultados de emisión de CO<sub>2</sub>-eq (kg) en el sistema de Pomacochas para las tres etapas de la curva de lactancia fueron: 36.07, 31.09 y 36.07 para la primera, segunda y tercera etapa, respectivamente; siendo las producciones promedio de leche para la primera etapa de 11.4 kg, para la segunda etapa de 9.2 kg y para la tercera etapa de 11.4 kg (Figura 14).



**Figura 13.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S2, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

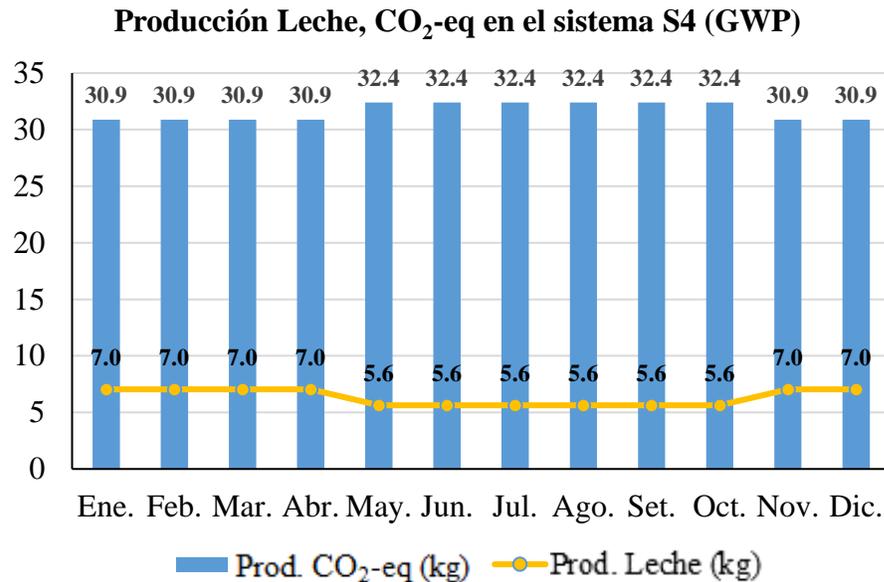


**Figura 14.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S3, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

#### 3.4.10.4 Sistema S4:

En el sistema de Miraflores de Levanto se encontró que para la primera etapa de lactancia con una producción promedio de leche de 7 kilos/día hubo una

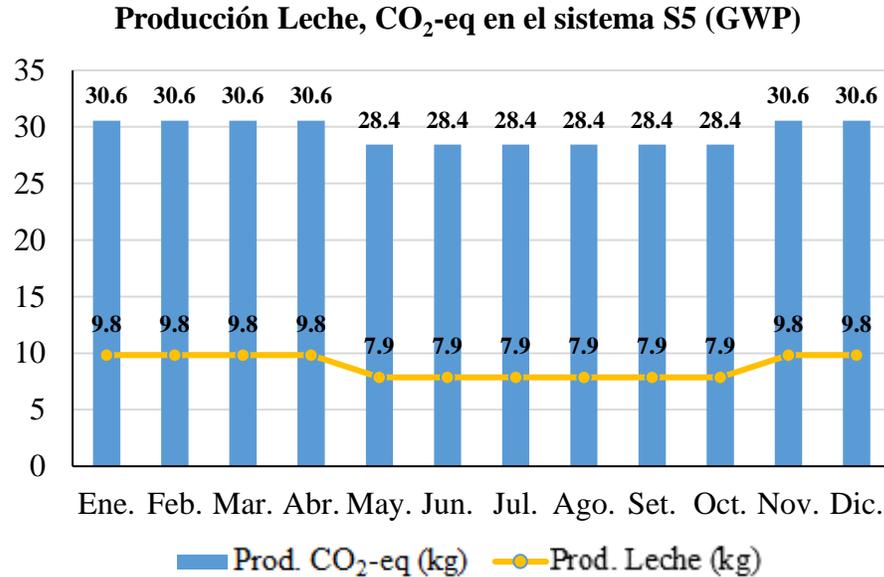
producción de 30.9 kg de CO<sub>2</sub>-eq, para la segunda etapa de lactancia con 5.6 kilos/día existió una emisión de 32.4 kg de CO<sub>2</sub>-eq, y finalmente para la tercera etapa de lactación que mostró una producción promedio de 7 kilos de leche/día, se estimó una emisión de 30.9 kg de CO<sub>2</sub>-eq (Figura 15).



**Figura 15.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S4, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

#### 3.4.10.5 Sistema S5:

En el sistema de San Lorenzo se observó que en la primera etapa de lactancia hubo una producción promedio de leche de 9.8 kilos/día durante los meses de enero-abril, en la segunda etapa, una producción promedio de 7.9 kilos/día desde el mes de mayo hasta octubre, y en la tercera etapa una producción de 9.8 kilos/día de noviembre a diciembre. Las emisiones promedio de CO<sub>2</sub>-eq para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia fueron: 32.8 kg, 28.1 kg y 32.8 kg, respectivamente (Figura 16).



**Figura 16.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S5, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

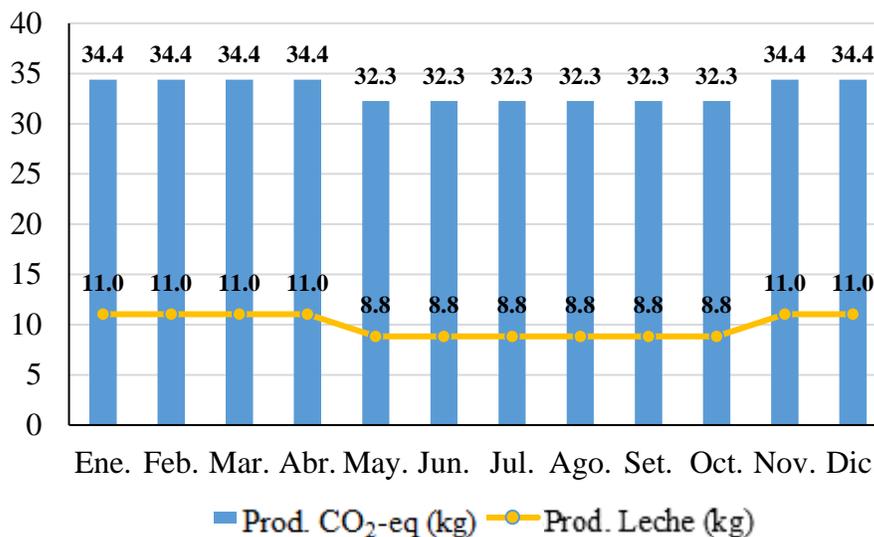
#### 3.4.10.6 Sistema S6

En la Figura 17 se muestra que durante las tres etapas de la curva de lactancia en el sistema de Yambrasbamba, existió una producción promedio de leche (kg)/día de: 11, 8.8 y 11, para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia, respectivamente, las cuales en el mismo orden, mostraron emisiones de: 34.4, 32.3 y 34.4 kg de CO<sub>2</sub>-eq.

#### 3.4.10.7 Sistema S7

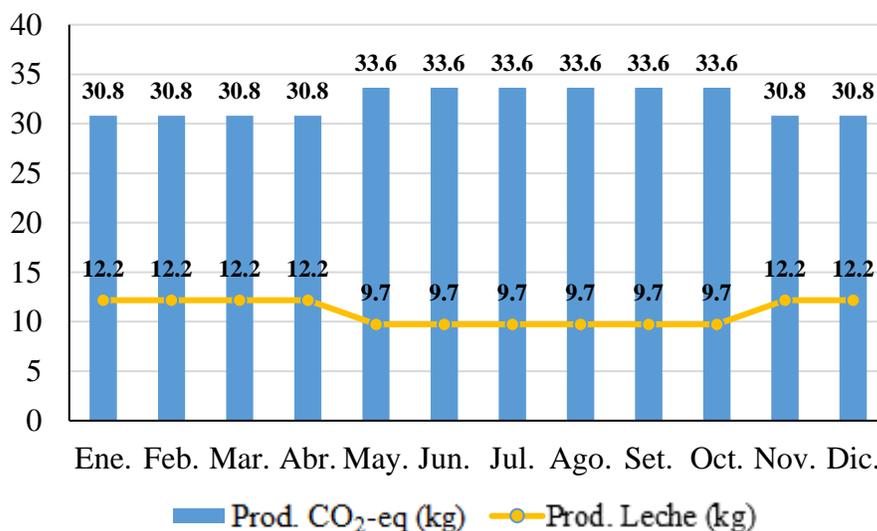
En el sistema de Huambo los resultados de emisión de CO<sub>2</sub>-eq (kg) para las tres etapas de la curva de lactancia fueron de: 30.8 kg, 33.6 kg y 30.8 kg, para la primera, segunda y tercera etapa, respectivamente; siendo las producciones promedio de leche para la primera etapa de 12.2 kg, para la segunda etapa de 9.7 kg y para la tercera etapa de 12.2 kg (Figura 18).

**Producción Leche, CO<sub>2</sub>-eq en el sistema S6 (GWP)**



**Figura 17.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S6, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

**Producción Leche, CO<sub>2</sub>-eq en el sistema S7 (GWP)**

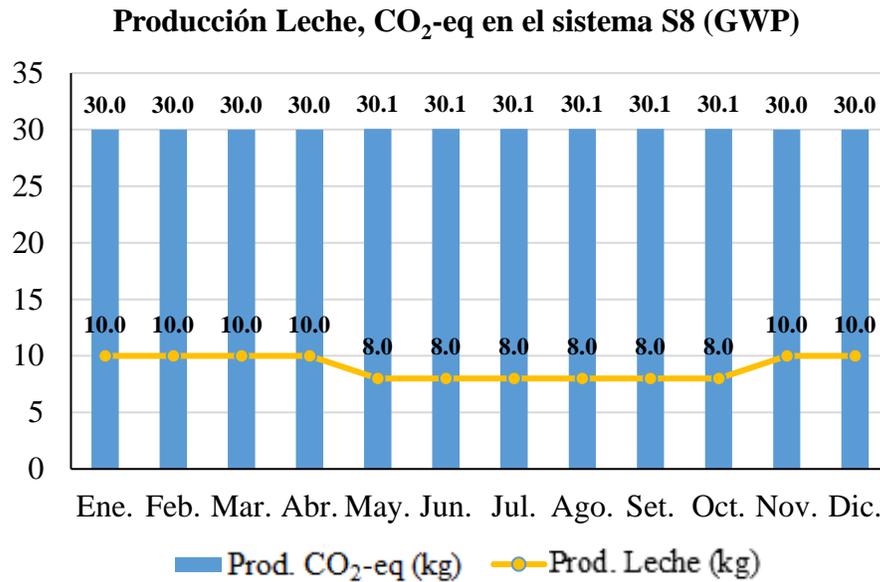


**Figura 18.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S7, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

**3.4.10.8 Sistema S8**

En el sistema de Limabamba se evidencia que para la primera etapa de lactancia con una producción promedio de leche de 10 kilos/día hubo una

producción promedio de 30 kg de CO<sub>2</sub>-eq, para la segunda etapa de lactancia con 8 kilos/día existió una emisión de 30.1 kg de CO<sub>2</sub>-eq, y finalmente para la tercera etapa de lactación que mostró una producción promedio de 10 kilos de leche/día, se obtuvo una emisión de 30 kg de CO<sub>2</sub>-eq (Figura 19).

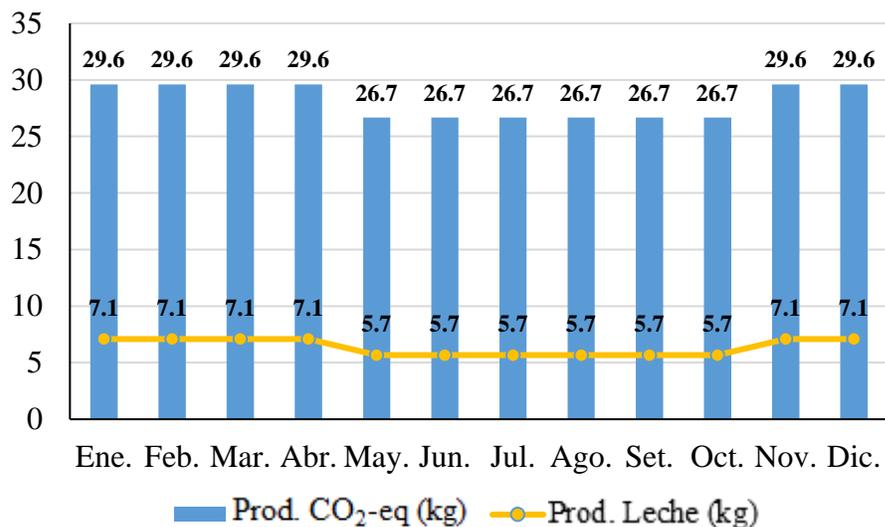


**Figura 19.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S8, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

#### 3.4.10.9 Sistema S9

En el sistema de Buena Vista y Miraflores de Buena Vista se encontró que en la primera etapa de lactancia hubo una producción promedio de leche de 7.1 kilos/día, en la segunda etapa 5.7 kilos/día, y en la tercera etapa una producción de 7.1 kilos/día. Las emisiones promedio de CO<sub>2</sub>-eq para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia fueron: 29.6 kg, 26.7 kg y 29.6 kg, respectivamente (Figura 20).

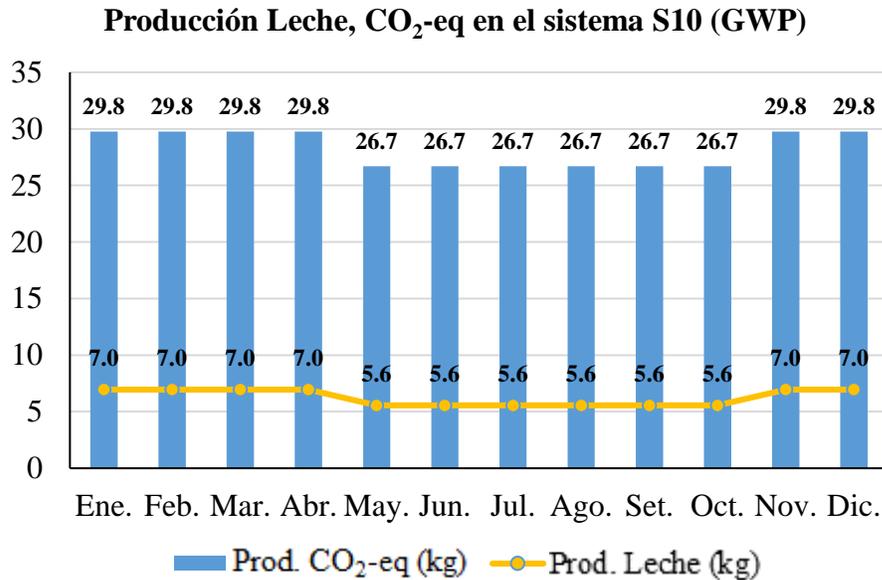
### Producción Leche, CO<sub>2</sub>-eq en el sistema S9 (GWP)



**Figura 20.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S9, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

#### 3.4.10.10 Sistema S10

En la Figura 21 se aprecia que para las tres etapas de la curva de lactancia en el sistema de Alto Perú y Rosapampa, existió una producción promedio de leche de: 7, 5.6 y 7 kg/día, para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia, respectivamente, las cuales en el mismo orden, alcanzaron emisiones de: 29.8 kg, 26.7 kg y 29.8 kg de CO<sub>2</sub>-eq.

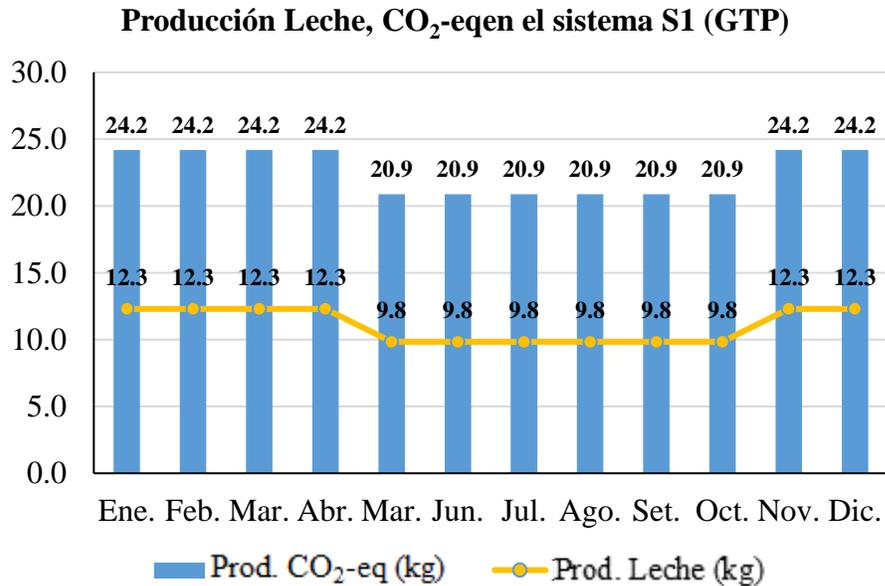


**Figura 21.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S10, durante las épocas seca y lluviosa según GWP.

### 3.4.11 Estimación de la emisión de CO<sub>2</sub>-eq en función de la producción lechera, de acuerdo a la etapa de lactancia y durante un año, según GTP.

#### 3.4.11.1 Sistema S1

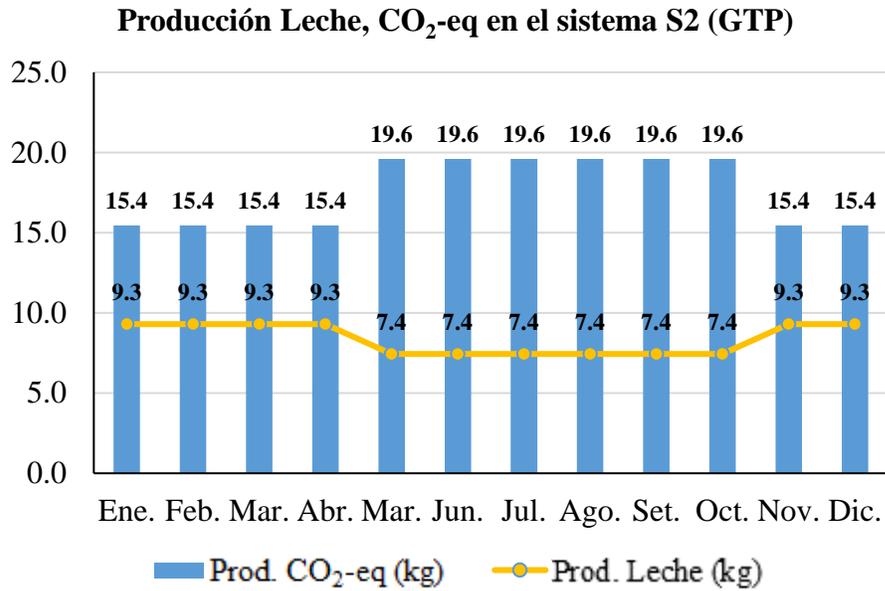
En el sistema de Molinopampa se puede apreciar la estimación del registro de la producción de leche durante todos los meses del año. Se encontró las tres etapas de lactancia bien diferenciadas, donde la primera etapa mostró una producción promedio de leche de 12.3 kilos/día (enero-abril), la segunda etapa de 9.8 kilos/día (mayo-octubre), y la tercera etapa una producción de 12.3 kilos/día (noviembre-diciembre). Sin embargo los valores que determinaron las emisiones promedio de CO<sub>2</sub>-eq (kg) fueron menores que los encontrados con GWP, tanto para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia, los cuales fueron: 24.2 kg, 20.9 kg y 24.2 kg, respectivamente (Figura 22).



**Figura 22.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S1, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

### 3.4.11.2 Sistema S2

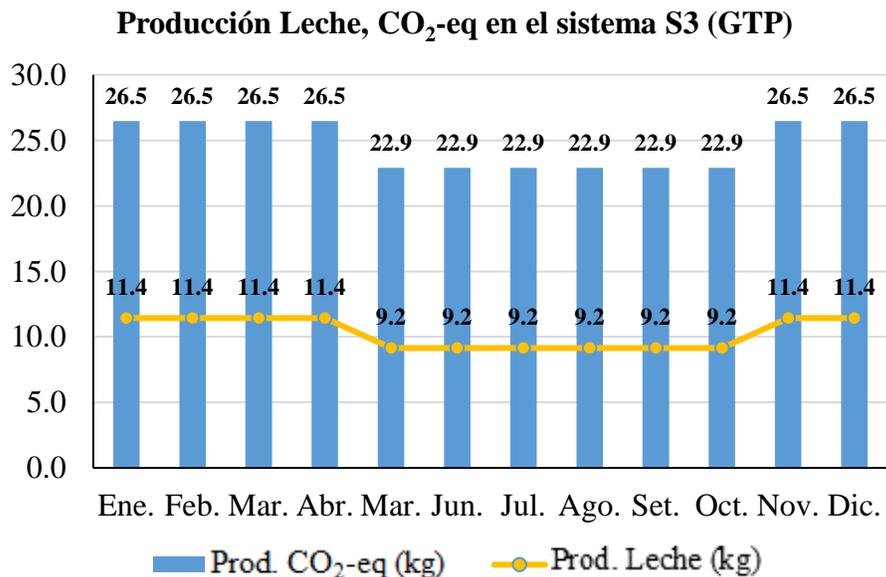
En la Figura 23 se observa que para las tres etapas de la curva de lactancia en el sistema de Soloco existió una producción promedio de leche de: 9.3, 7.4 y 9.3 kg/día, para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia, respectivamente, las cuales en el mismo orden, alcanzaron emisiones de: 15.4, 19.6 y 15.4 kg de CO<sub>2</sub>-eq, emisiones menores que las encontradas con GWP.



**Figura 23.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S2, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

### 3.4.11.3 Sistema S3

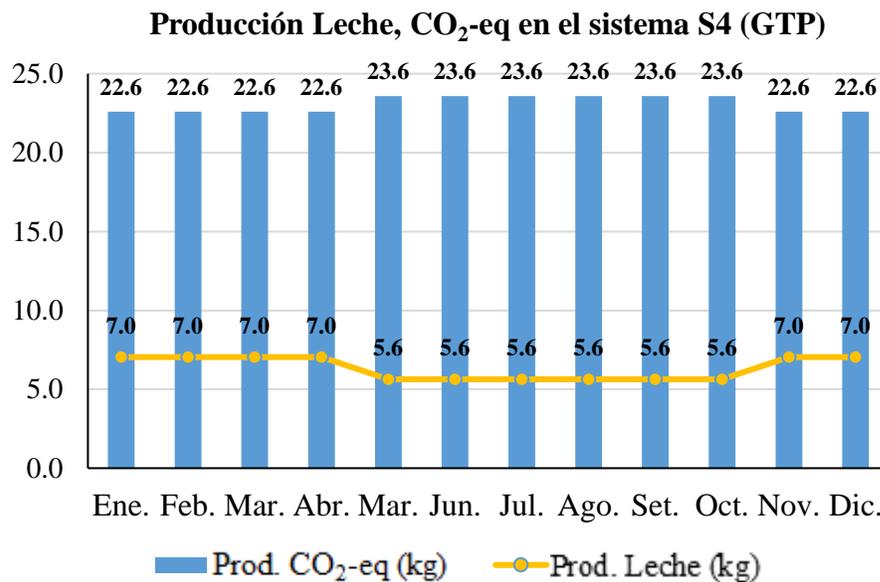
En el sistema de Pomacochas, los resultados de emisión fueron de: 26.5, 22.9 y 26.5 kg de CO<sub>2</sub>-eq para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia, respectivamente; y en cuanto a las producciones promedio de leche para la primera etapa fue de 11.4 kg/día, para la segunda etapa de 9.2 kg/día y para la tercera etapa de 11.4 kg/día (Figura 24).



**Figura 24.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S3, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

#### 3.4.11.4 Sistema S4

En la Figura 25 se muestra que para el sistema de Miraflores de Levanto durante la primera etapa de lactancia hubo una producción promedio de leche de 7 kilos/día y una producción promedio de 22.6 kg de CO<sub>2</sub>-eq, para la segunda etapa de lactancia con 5.6 kilos/día existió una emisión de 23.6 kilos de CO<sub>2</sub>-eq, y finalmente para la tercera etapa de lactación que mostró una producción promedio de 7 kilos de leche/día, se alcanzó una emisión de 22.6 kg de CO<sub>2</sub>-eq.

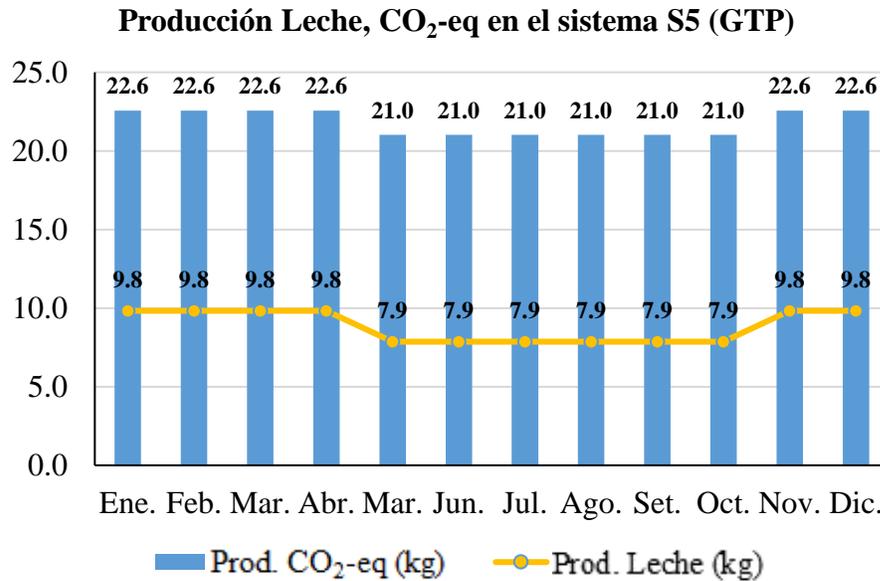


**Figura 25.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S4, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

#### 3.4.11.5 Sistema S5

Para el sistema de San Lorenzo, los resultados muestran que en la primera etapa de lactancia hubo una producción promedio de leche de 9.8 kilos/día, en la segunda etapa, una producción de 7.9 kilos/día y en la tercera etapa una producción promedio de 9.8 kilos/día. Además que las emisiones promedio de CO<sub>2</sub>-eq para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia fueron: 22.6

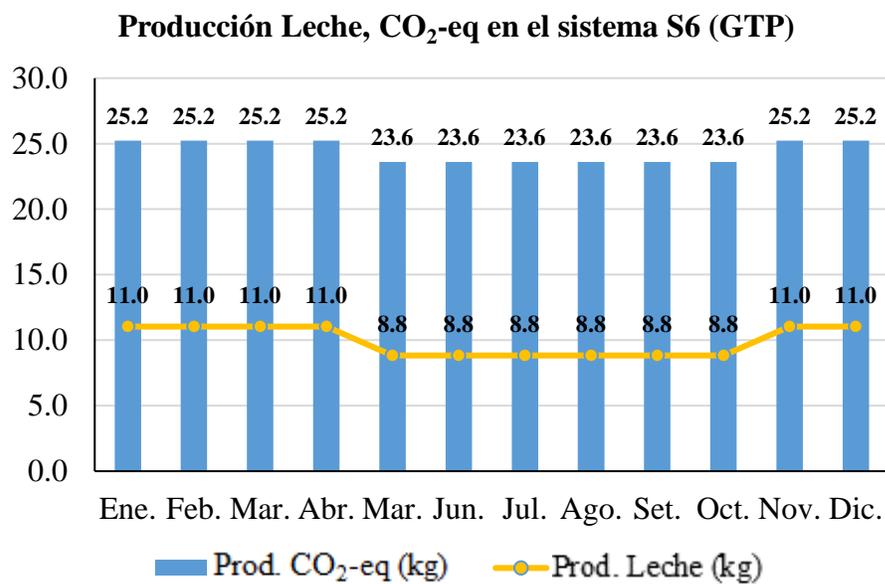
kg, 21 kg y 22.6 kg, respectivamente, menores que las encontradas utilizando GWP (Figura 26).



**Figura 26.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S5, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

### 3.4.11.6 Sistema S6

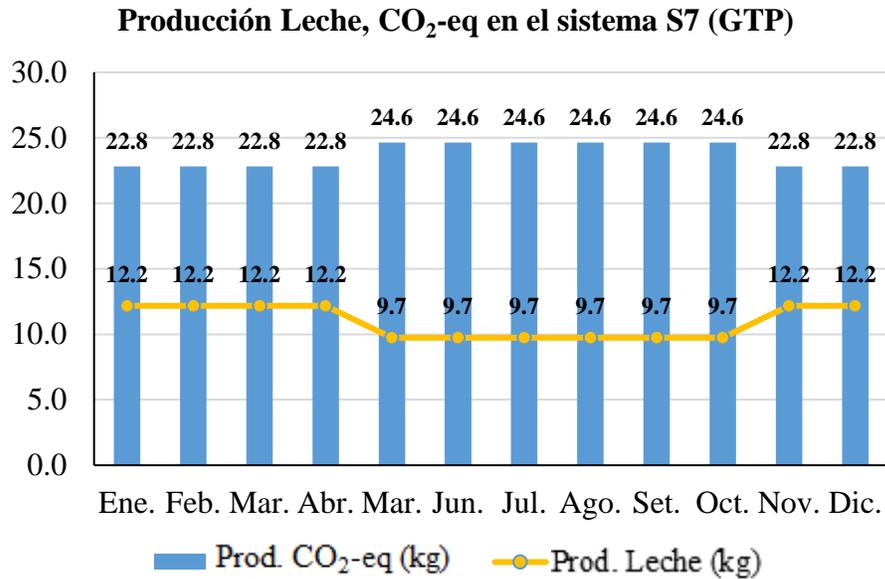
En el sistema de Yambrasbamba, se encontró que para las tres etapas de la curva de lactancia, existió una producción promedio de leche de: 11, 8.8 y 11 kg/día, para la primera, segunda y tercera etapa, respectivamente, las cuales en el mismo orden, lograron emisiones de: 25.2, 23.6 y 25.2 kg de CO<sub>2</sub>-eq (Figura 27).



**Figura 27.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S6, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

#### 3.4.11.7 Sistema S7

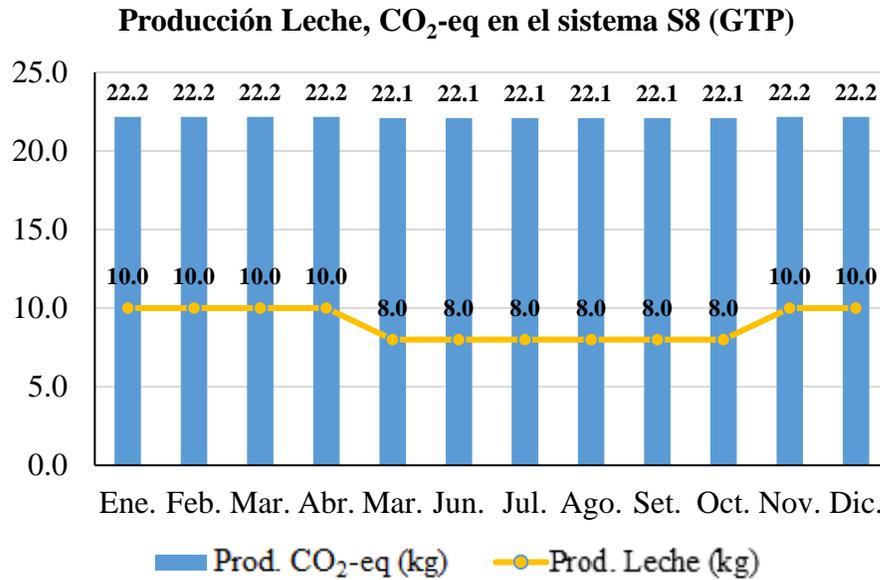
En la Figura 28 se aprecian los resultados de emisión de CO<sub>2</sub>-eq para las tres etapas de la curva de lactancia del sistema de Huambo, los cuales fueron de: 22.8 kg, 24.6 kg y 22.8 kg, para la primera, segunda y tercera etapa, respectivamente; siendo las producciones promedio de leche para la primera etapa de 12.2 kg/día, para la segunda etapa de 9.7 kg/día y para la tercera etapa de 12.2 kg/día.



**Figura 28.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S7, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

#### 3.4.11.8 Sistema S8

En el sistema de Limabamba, se encontró que durante la primera etapa de lactancia hubo una producción promedio de leche de 10 kilos/día y una emisión promedio de 22.2 kg de CO<sub>2</sub>-eq, en la segunda etapa de lactancia con 8 kilos/día existió una emisión de 22.1 kilos de CO<sub>2</sub>-eq, y finalmente para la tercera etapa de lactación que alcanzó una producción promedio de 10 kilos de leche/día, la emisión fue de 22.2 kg CO<sub>2</sub>-eq (Figura 29).



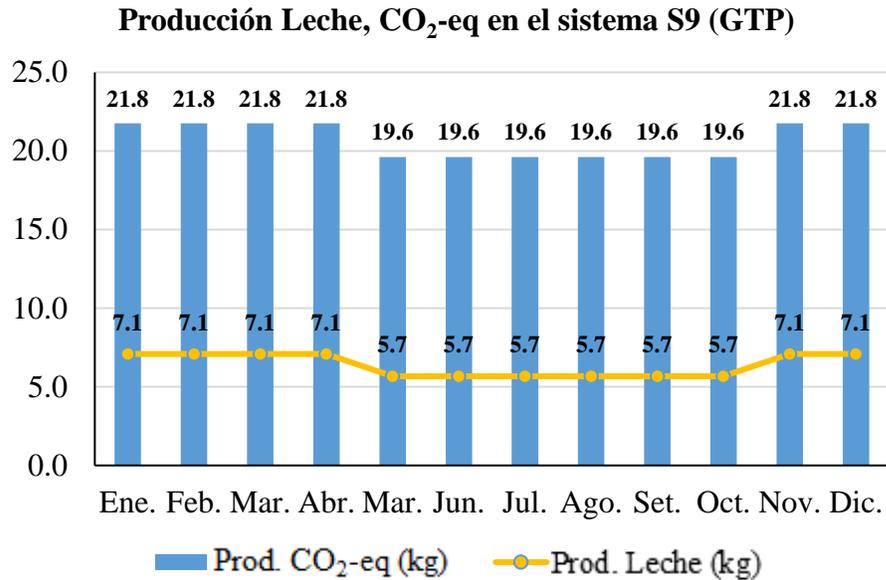
**Figura 29.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S8, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

#### 3.4.10.9 Sistema S9

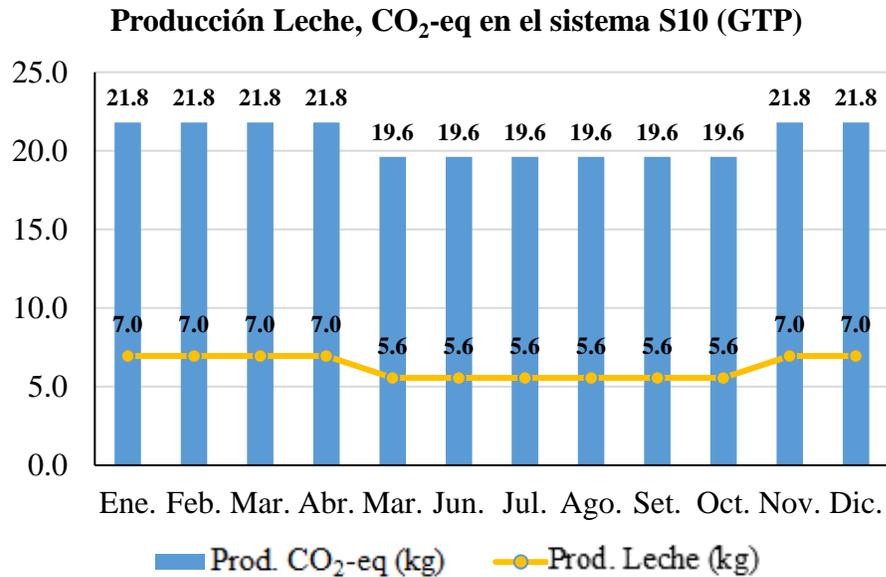
En la Figura 30 se observa que para el sistema de Alto Perú y Rosapampa, durante la primera etapa de lactancia hubo una producción promedio de leche de 7.1 kilos/día durante los meses de enero-abril, en la segunda etapa, una producción promedio de 5.7 kilos/día desde el mes de mayo hasta octubre, y en la tercera etapa una producción de 7.1 kilos/día de noviembre a diciembre. Y que la estimación de emisiones promedio de CO<sub>2</sub>-eq para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia fueron de: 21.8, 19.6 y 21.8 kg de CO<sub>2</sub>-eq, respectivamente.

#### 3.4.10.10 Sistema S10

En el sistema de Buena Vista y Miraflores de Buena Vista se encontró que para las tres etapas de lactancia existió una producción promedio de leche de: 7, 5.6 y 7 kg/día, para la primera, segunda y tercera etapa de lactancia, respectivamente, las cuales en el mismo orden, mostraron emisiones de CO<sub>2</sub>-eq de: 21.8 kg, 19.6 kg y 21.8 kg, valores de emisión más bajos que los obtenidos utilizando los potenciales de calentamiento de GTP (Figura 31).



**Figura 30.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S9, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.



**Figura 31.** Emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la producción lechera /cada mes del año para el sistema S10, durante las épocas seca y lluviosa según GTP.

### 3.4.12 Estimación de la regresión lineal simple, entre las variables CO<sub>2</sub>-eq y la producción de leche, durante todos los meses del año, para la región Amazonas.

En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos para la estimación de la producción de CO<sub>2</sub>-eq en función de la producción de leche (Tabla 11A). El análisis estadístico indicó que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ), demostrando que existió influencia de la variable producción de leche en la variable producción de CO<sub>2</sub>-eq. Además como se observa en la Tabla 12 el coeficiente de correlación obtenido fue de 0.4033 y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de 0.1626. Estos resultados alcanzados fueron considerados bajos, debido a que expresan un menor grado de asociación entre variables, es decir que en el contexto de los sistemas, la variabilidad de la producción lechera ejerce una influencia muy baja sobre la variabilidad de los GEI (gases de efecto invernadero), por lo cual se asumió que el grado de influencia sería mayor al referirse a otras variables; razón por la que más adelante se realizó el análisis multivariado extrayendo la variable producción de leche. En la Tabla 13 se observa la ecuación de regresión lineal simple para la producción de CO<sub>2</sub>-eq a partir de la producción de leche, la cual fue:  $\text{CO}_2\text{-eq} = 24.331 + 0.657 \text{ Prod Leche}$  (Figura 7A).

**Tabla N° 11.** ANVA para la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq y la variable independiente: Producción de Leche.

|           | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F</b>      | <b>Valor crítico de F</b> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------|---------------------------|
| Regresión | 1                         | 216.2464548              | 216.2464548                      | 22.914<br>438 | 0.0000050 **              |
| Residuos  | 118                       | 1113.580957              | 9.437126754                      |               |                           |
| Total     | 119                       | 1329.827412              |                                  |               |                           |

\*Significativo

\*\* Altamente significativo

**Tabla N° 12.** Prueba de estadísticas de la regresión lineal para la producción de CO<sub>2</sub>-eq y la producción de leche.

| <b>Estadísticas de la regresión</b>          |             |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple         | 0.403252304 |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0.162612421 |
| R <sup>2</sup> ajustado                      | 0.155515916 |
| Error típico                                 | 3.071990683 |
| Observaciones                                | 120         |

**Tabla N° 13.** Coeficientes de ANVA para encontrar la ecuación de regresión lineal simple entre la producción de CO<sub>2</sub>-eq a partir de la variable producción de leche.

|              | <b>Coeficientes</b> | <b>Error típico</b> | <b>Estadístico t</b> | <b>Probabilidad</b> | <b>Inferior 95%</b> | <b>Superior 95%</b> | <b>Inferior 95.0%</b> | <b>Superior 95.0%</b> |
|--------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción | 24.331              | 1.231               | 19.769               | 0.000               | 21.893              | 26.768              | 21.893                | 26.768                |
| Variable X 1 | 0.657               | 0.137               | 4.787                | 0.000               | 0.385               | 0.928               | 0.385                 | 0.928                 |

**3.4.13 Estimación del análisis multivariado entre la variable: CO<sub>2</sub>-eq y las variables: peso vivo (BW), proteína cruda del forraje (PCf), fibra detergente neutra (FDN), digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS), extracto libre de nitrógeno (ENL), grasa de la leche (GL), proteína de la leche (PL) y sólidos totales (ST), para la región Amazonas.**

Como se muestra en la Tabla 14, el análisis estadístico demostró que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.01$ ). Estos resultados encontrados explican que no existió influencia de este sistema ecuacional utilizado con la variable dependiente, que es la producción de CO<sub>2</sub>-eq. Aunque, como se observa en la Tabla 15, el grado de correlación fue de 0.9852 y el coeficiente de determinación fue 0.9706, los cuales fueron considerados altos, por lo cual la ecuación explicativa fue:  $CO_2\text{-eq} = -443.0955 + 0.1678BW - 2.5584PCf - 0.9110FDN + 0.7057DIVMS - 53.9781ENI + 28.6260GI - 84.4184PI +$

55.2522ST (Tabla 16). Por tal motivo se discriminaron las variables no representativas con el interés de poder ajustar el modelo ecuacional a aquella que pueda tener una influencia significativa en la dependiente (en el siguiente punto a tratar).

**Tabla N° 14.** ANVA para la producción de CO<sub>2</sub>-eq y para BW, PCf, FDN, DIVMS, ENL, GL, PL y ST.

| <b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b> |                           |                          |                                  |           |                           |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------|---------------------------|
|                             | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F</b>  | <b>Valor crítico de F</b> |
| Regresión                   | 8                         | 70.72517121              | 8.840646402                      | 4.1245688 | 0.364329994               |
| Residuos                    | 1                         | 2.143411073              | 2.143411073                      |           | NS                        |
| Total                       | 9                         | 72.86858229              |                                  |           |                           |

NS: No significativo

**Tabla N° 15.** Prueba de estadísticas de la regresión multivariada para la Producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables independientes: BW, PCf, FDN, DIVMS, ENL, GL, PL y ST.

| <b>Estadísticas de la regresión</b>          |             |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple         | 0.985182851 |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0.970585251 |
| R <sup>2</sup> ajustado                      | 0.735267257 |
| Error típico                                 | 1.4640393   |
| Observaciones                                | 10          |

**Tabla N° 16.** Coeficientes de ANVA para estimar la ecuación de regresión lineal simple entre la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq a partir de las variables independientes: BW, PCf, FDN, DIVMS, ENL, GL, PL y ST.

|                      | <b>Coeficientes</b> | <b>Error típico</b> | <b>Estadístico t</b> | <b>Probabilidad</b> | <b>Inferior 95%</b> | <b>Superior 95%</b> | <b>Inferior 99.0%</b> | <b>Superior 99.0%</b> |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción         | -443.095            | 420.953             | -1.053               | 0.484               | -5791.805           | 4905.614            | -27239.563            | 26353.372             |
| Variable BW (X 1)    | 0.168               | 0.051               | 3.296                | 0.188               | -0.479              | 0.814               | -3.072                | 3.408                 |
| Variable PCf (X 2)   | -2.558              | 0.941               | -2.719               | 0.224               | -14.516             | 9.399               | -62.466               | 57.349                |
| Variable FDN (X 3)   | -0.911              | 0.653               | -1.394               | 0.396               | -9.214              | 7.392               | -42.510               | 40.688                |
| Variable DIVMS (X 4) | 0.706               | 0.773               | 0.913                | 0.529               | -9.120              | 10.531              | -48.518               | 49.929                |
| Variable Enl (X 5)   | -53.978             | 84.346              | -0.640               | 0.638               | -1125.694           | 1017.738            | -5423.160             | 5315.204              |
| Variable GL (X 6)    | 28.626              | 166.749             | 0.172                | 0.892               | -2090.127           | 2147.379            | -10586.100            | 10643.352             |
| Variable PL (X 7)    | -84.418             | 231.425             | -0.365               | 0.777               | -3024.953           | 2856.117            | -14816.188            | 14647.351             |
| Variable ST (X 8)    | 55.252              | 56.928              | 0.971                | 0.510               | -668.092            | 778.596             | -3568.625             | 3679.129              |

**3.4.14 Estimación del análisis multivariado entre la producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables: peso vivo (BW), proteína cruda del forraje (PCf), y sólidos totales (ST), para la región Amazonas.**

En la Tabla 17 se aprecia que el análisis demostró que hubo diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.01$ ). Los resultados señalan que existe influencia de este sistema ecuacional con la variable dependiente, la cual es la producción de CO<sub>2</sub>-eq. Así también, tan igual a como se observa en la Tabla 18, el grado de correlación fue de 0.8208 y el coeficiente de determinación de 0.7260, los cuales fueron considerados altos, lo que significa que puede

tenerse en cuenta la ecuación obtenida mediante este análisis para la predicción de la estimación de CO<sub>2</sub>-eq a partir de las variables utilizadas. La ecuación explicativa fue: CO<sub>2</sub>-eq = -17.3198 + 0.0648BW - 0.5911PCForraje + 0.8308 ST Leche (Tabla 19). Esta ecuación explica que la producción de CO<sub>2</sub>-eq, en el contexto sistema, está influenciado por las variables peso vivo, proteína cruda del forraje y sólidos totales de la leche.

**Tabla N° 17.** ANVA para la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables independientes: BW, PCf, y ST.

| <b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b> |                           |                          |                                  |          |                           |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
|                             | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F</b> | <b>Valor crítico de F</b> |
| Regresión                   | 3                         | 52.9059                  | 17.6353                          | 5.3005   | 0.04007*                  |
| Residuos                    | 6                         | 19.9626                  | 3.3271                           |          |                           |
| Total                       | 9                         | 72.8686                  |                                  |          |                           |

\*Significativo

\*\* Altamente significativo

**Tabla N° 18.** Prueba de estadísticas de la regresión multivariada para la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables independientes: BW, PCf, y ST.

| <b>Estadísticas de la regresión</b>          |             |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple         | 0.852083377 |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0.726046082 |
| R <sup>2</sup> ajustado                      | 0.589069123 |
| Error típico                                 | 1.824035528 |
| Observaciones                                | 10          |

**Tabla N° 19.** Coeficientes de ANVA para encontrar la ecuación de regresión entre la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq a partir de las variables independientes: BW, PCf, y ST.

|                                      | Coeficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 99.0% | Superior 99.0% |
|--------------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intercepción                         | 17.320       | 28.134       | -0.616        | 0.561        | -86.161      | 51.521       | -121.624       | 86.985         |
| Variable BW (X 1)                    | 0.065        | 0.017        | 3.741         | 0.010        | 0.022        | 0.107        | 0.001          | 0.129          |
| Variable PC <sub>Forraje</sub> (X 2) | -0.591       | 0.269        | -2.193        | 0.071        | -1.250       | 0.068        | -1.590         | 0.408          |
| Variable ST <sub>Leche</sub> (X 3)   | 0.831        | 2.287        | 0.363         | 0.729        | -4.765       | 6.427        | -7.647         | 9.309          |

### 3.4.15 Estimación del análisis multivariado entre las variables producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables: peso vivo (BW) y proteína cruda del forraje (PCf), para la región Amazonas.

Los análisis demostraron que hubo diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.01$ ), lo que indicó que existe influencia de este sistema ecuacional con la variable dependiente, que es la producción de CO<sub>2</sub>-eq (Tabla 20). Así también, en la Tabla 21 se aprecia que el grado de correlación fue de 0.8485 y el coeficiente de determinación fue 0.7200, los cuales fueron considerados altos, demostrando el alto grado de asociación de las variables evaluadas. La ecuación explicativa fue:  $CO_2\text{-eq} = -7.6665 + 0.0659BW - 0.598PC_{\text{Forraje}}$  (Tabla 22). Esta ecuación evidenció que la producción de CO<sub>2</sub>-eq, en el contexto sistema, está influenciado por las variables peso vivo y el contenido de proteína cruda del forraje. Este fue el modelo más aceptable, determinando que fueron estas dos variables independientes las más adecuadas en términos de expresar el valor del CO<sub>2</sub>-eq, así como también para las condiciones de los sistemas evaluados, éstas predijeron mejor la emisión de GEI (gases de efecto invernadero) para este estudio.

**Tabla N° 20.** ANVA para la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables independientes: BW y PCf.

| <b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b> |                           |                          |                                  |          |                           |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
|                             | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F</b> | <b>Valor crítico de F</b> |
| Regresión                   | 2                         | 52.4668                  | 26.2334                          | 9.0009   | 0.0116**                  |
| Residuos                    | 7                         | 20.4018                  | 2.9145                           |          |                           |
| Total                       | 9                         | 72.8686                  |                                  |          |                           |

\*Significativo

\*\* Altamente significativo

**Tabla N° 21.** Prueba de estadísticas de la regresión multivariada para la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables independientes: BW y PCf.

| <b>Estadísticas de la regresión</b>          |             |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple         | 0.848539439 |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0.72001918  |
| R <sup>2</sup> ajustado                      | 0.640024659 |
| Error típico                                 | 1.707203455 |
| Observaciones                                | 10          |

**Tabla N° 22.** Coeficientes de ANVA para encontrar la ecuación de regresión entre la variable dependiente: Producción de CO<sub>2</sub>-eq a partir de las variables independientes: BW, y PCf.

|                                      | <b>Coeficientes</b> | <b>Error típico</b> | <b>Estadístico t</b> | <b>Probabilidad</b> | <b>Inferior 95%</b> | <b>Superior 95%</b> | <b>Inferior 99.0%</b> | <b>Superior 99.0%</b> |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción                         | -7.666              | 8.657               | -0.886               | 0.405               | -28.137             | 12.804              | -37.961               | 22.628                |
| Variable BW (X 1)                    | 0.066               | 0.016               | 4.119                | 0.004               | 0.028               | 0.104               | 0.010                 | 0.122                 |
| Variable PC <sub>Forraje</sub> (X 2) | -0.598              | 0.252               | -2.376               | 0.049               | -1.193              | -0.003              | -1.478                | 0.283                 |

#### **IV. DISCUSIÓN**

En relación a la ubicación e identificación de los sistemas de producción bovina Fleckvieh, los resultados obtenidos mostraron que en la región Amazonas existen 10, y que para su identificación se tomaron en cuenta diferentes criterios de caracterización, los cuales fueron elegidos de acuerdo al investigador, así se tuvo: número de ordeños/día, duración de la lactancia, tipo de alimento consumido, entre otros, coincidiendo con Hassán (2011), quien en un estudio realizado en Costa Rica para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de ganado vacuno doble propósito, primero hizo la tipificación de las fincas a evaluar, separándolas de acuerdo a: número de ordeños por día, duración de la lactancia, tipo de suplementación para las fincas con manejo tradicional (es decir aquellas que no implementaron el uso de sistemas silvopastoriles).

Así también, Cárdenas (2014) indicó que evaluó fincas ganaderas doble propósito y otras sólo especializadas en la producción de carne, sin embargo para la separación de fincas consideró características respecto al capital humano: costumbres y tradiciones ganaderas, número de miembros del hogar, nivel de instrucción, si recibe asistencia técnica o no, y características respecto a los materiales: sistema de explotación, distribución del hato, alimentación en época seca y época lluviosa, manejo de residuos, si usa maquinaria o no, entre otros, todos estos datos para su estudio en balance de GEI.

Este estudio evaluó sistemas de producción, cada sistema fue definido como un lugar con características particulares similares, coincidiendo con lo mencionado por Maicelo, Bardales y Bardales (2016), quienes consideraron sistemas de producción (SP), aquellos que operaron de la misma manera, sin embargo su tesis tuvo en cuenta aspectos socioeconómicos de los productores, en cambio, el presente estudio consideró sólo aquellos aspectos relevantes relacionados de forma más próxima al manejo del ganado.

La presente investigación realizó encuestas para la identificación de los sistemas dedicados exclusivamente a la crianza de ganado vacuno de la raza Fleckvieh, coincidiendo con otros autores quienes utilizaron el mismo instrumento para la

tipificación de fincas en un estudio en Costa Rica (Hassán, 2011; Cárdenas, 2014); en cambio Maicelo, Bardales y Bardales (2016), realizaron entrevistas sólo a aquellos ganaderos dedicados a la crianza de ganado de la raza Fleckvieh en la región Amazonas. Igualmente Batalla y Mena (2014) realizaron visitas de campo y entrevistas a los ganaderos para recolectar información para su investigación relacionada con la estimación de GEI de ganado bovino y ovino en Andalucía.

La raza Fleckvieh se consideró en este estudio por ser una de las especies con mayor crecimiento actual en la región y además al ser doble propósito sería una gran ventaja para el medio ambiente, en comparación con animales dedicados a una especialización productiva (leche o carne), pues estudios demostraron que la producción cárnica con vacas provenientes de la producción lechera es de 3 a 4 veces más eficiente con respecto al clima (Yack Brito, citado por Tanzler, 2017). Así mismo opinan Bellarby, Reyes, Leip, Weiss, Lesschen & Smith (2013), que la producción de carne y productos lácteos en pastizales, a diferencia de la producción intensiva de cereales, puede asociarse con una reducción de las emisiones de GEI.

Con respecto a la descripción de las características tomadas en cuenta para cada sistema de producción bovina de la raza Fleckvieh, se consideraron el número de ordeños/día, el cual fue 1/día para todos los sistemas evaluados, pues existe la costumbre del pequeño productor de no ordeñar al animal que tiene apariencia de ser musculoso (especialidad carne), y no la conceptualizaron como una raza especializada en la producción de leche como la raza Holstein, sin embargo ésta es doble propósito (productora de leche y carne). Al respecto Stumpenhuisen, (2017) señala que la raza Fleckvieh en Alemania recibe dos ordeños/día logrando alcanzar 7500 litros de leche/campaña (305 días).

En cuanto al tipo de alimento, en el presente estudio sólo se utilizó pasto natural y/o cultivado (rye grass, trébol, brachiarias principalmente) como única fuente de alimentación, en cambio en el trabajo de Cárdenas (2014) se alimenta al ganado con pastos mejorados (kikuyo, arbol jaúl, estrella africana) bancos forrajeros, subproductos, concentrados, aunque ambas investigaciones tuvieron como objetivo la cuantificación de las emisiones de GEI, en CO<sub>2</sub>-eq. Lo que indudablemente hace

la diferencia en cuanto a la cantidad de emisión que se generó en cada trabajo de investigación.

En países europeos donde la raza Fleckvieh ya está especializada en producir carne y leche, sus días de lactancia llegan a 305 días (Stumpenhusen, 2017), lo normal para un ganado vacuno especializado sólo en la producción de leche, en cambio en nuestro país, en la región Amazonas, lugar donde se ha evaluado a esta raza, con condiciones de alimentación muy pobres y bajo uso de la tecnología, la duración de la lactancia sólo es en un máximo de 227 días.

En relación a los niveles productivos de los sistemas de producción bovina Fleckvieh evaluados en la región Amazonas, los resultados con respecto a los análisis de los componentes nutricionales de los pastos, mostraron que el mayor contenido de proteína durante la época lluviosa, correspondió al sistema S1 con 16.34% y que el sistema S8 fue el que mostró el menor contenido con 9.6%, valores que están dentro del promedio de porcentaje de proteína que debe tener un pasto natural y/o cultivado, como por ejemplo el rye grass, el cual debe tener un porcentaje de PC entre 8% a 19.7% (FEDNA, 2016). Al respecto González (1995), menciona que obtuvieron valores de 9.4 y 11.6% de proteína cruda en sus análisis de forrajes, utilizando como abono estiércol de ganado vacuno y ovino, respectivamente.

Sin embargo otro estudio llevado a cabo en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, obtuvo un contenido de proteína para trébol blanco de 19.9%, y para kikuyo de 12.55%, una leguminosa y una gramínea respectivamente (Oliva, Rojas, Morales, Oliva y Oliva, 2015), pero se debe tener en cuenta que su evaluación fue por especie en particular y en este estudio se analizó el pasto como mezcla compuesta, con predominancia de rye grass y trébol blanco, a excepción de los sistemas S7 y S8, en los cuales hubo supremacía de brachiarias.

La presente investigación encontró durante la estación lluviosa que el mayor porcentaje de FDN estuvo entre 49.87% y 71.79% para los sistemas S2 y S6, respectivamente; coincidiendo en el valor máximo que obtuvo González (1995), los cuales fueron valores de FDN de 72.9% y 73%.

En cuanto al % de DIVMS, el presente estudio encontró valores entre 54.14 % y 78.33% para la época lluviosa y entre 54.30% y 68.68% para la época seca, los cuales fueron mucho más altos que los encontrados por el autor González (1995), quien obtuvo un porcentaje de 38.8% en análisis de forrajes abonados con excretas de ganado, y una digestibilidad de 37% de pastos sin abono. Esta diferencia se debe a la época de corte del pasto, aunque además pudo ser debido al contenido nutricional del suelo, pues el presente estudio se realizó en la región norte del país, ceja de selva (región Amazonas), donde los suelos presentan una alta disponibilidad de materia orgánica y un clima adecuado para el crecimiento de muchos pastos utilizados en la zona para la alimentación del ganado animal.

Por otro lado, con respecto a los análisis de las excretas. El conocer el contenido de nitrógeno que hubo en el estiércol del ganado fue de mucha importancia en el presente estudio, pues se utilizó en la determinación de la cantidad de óxido nitroso, para el cálculo de emisiones de este gas de efecto invernadero (GEI).

Así los autores Flores y Fred (1990) mencionan que el estiércol animal está formado por excremento sólido y líquido del ganado. En general el estiércol fresco de los equinos y el bovino contiene de 0.37 a 0.60% de nitrógeno, sin embargo, PASOLAC (2007) indica que contiene de 1.1 a 3% de N, y según Fertilizantes Orgánicos T&C 2005, citado por CEDECO (2005) señalan que la excreta del ganado vacuno contiene 1.67% de nitrógeno.

En este trabajo, según el análisis proximal el porcentaje de nitrógeno (N) varió entre 1.9% y 2.6% (el cual se obtuvo dividiendo el contenido de proteína entre 6.25), el cual está dentro del rango obtenido por otro autor, el cual menciona que el contenido de nitrógeno del estiércol de vacuno en el análisis mostró un porcentaje de 2.31% de N, utilizando este material biológico para la fertilización de praderas (Arteaga, 1981, citado por González, 1995).

Otro de los análisis realizados fue el de fertilidad de suelos. La fertilidad química se refiere a la disponibilidad de los nutrientes, aquí interviene la capacidad del suelo para retener iones y la capacidad del ion a través de características ambientales para liberar iones (Ruiz, 2016).

El contenido de materia orgánica (M.O) del suelo es muy importante pues aumenta la capacidad de intercambio catiónico, regula el pH, retiene la humedad, contribuye con la estabilidad de suelos al ayudar a aglutinar las partículas para formar agregados y tiene capacidad de retener una gran proporción de nutrientes, cationes y oligoelementos esenciales para el crecimiento de las plantas (Ruiz, 2016). La materia orgánica mejora muchas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que favorecen el crecimiento de las plantas. Los suelos con menos de 2% de materia orgánica tienen bajo contenido, y de 2 a 5% es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5% (Molina, 2010).

En el presente estudio la cantidad de M.O encontrada en los suelos de la región Amazonas varió entre 4.31 y 7.07 %, mayor que lo hallado por Ruiz (2016), quien encontró porcentajes de 2,5 - 7,5%, los cuales fueron menores porque su estudio se realizó en Lima, una región costera, donde el contenido de materia orgánica es menor que en la sierra o selva del Perú.

En cuanto al contenido de nitrógeno total de los suelos, el presente estudio obtuvo porcentajes entre 0.22 y 0.35% de nitrógeno total en los análisis de suelos, mientras que Ruiz (2016) encontró valores entre 0,02 - 0,15%, los cuales están relacionados con la cantidad de materia orgánica (M.O) encontrada, pues a menor cantidad de M.O, menor cantidad de este macronutriente (N), así lo menciona Kass (1996), que el contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo, y su comportamiento en la dinámica de nutrientes, además el N del suelo proviene de la mineralización de la M.O, la que puede manejarse para liberar o retener el N (Martínez, 2012).

Por otro lado, el análisis del porcentaje de grasa y proteína de la leche, así como la producción promedio de leche por sistema, fueron parámetros productivos determinantes para la posterior estimación de GEI.

En cuanto al porcentaje de proteína de la leche, se reportaron valores entre 3.19% y 3.98%, además en relación al contenido de grasa se encontraron valores entre 3.58 y 4.37% y con respecto a la producción promedio de leche por sistema, ésta fue de 9.72 kilos de leche/día, coincidiendo con Mantilla (2017) quien señala que la raza

Fleckvieh en la región Amazonas presenta una composición nutritiva en promedio de 3.58 % de proteína, 3.98% de grasa y una producción promedio de leche de 8.52 kg/vaca/día.

Otras evaluaciones realizadas en hatos de Alemania dedicados exclusivamente a la crianza de esta raza, encontraron que la raza Fleckvieh alcanza un rendimiento lácteo de 38%, con una relación proteína (kg): grasa (kg) de 1:1,14 (Stumpenhusen, 2017), coincidiendo con el presente estudio que mostró una relación proteína-grasa de 1:1,09 a 1:1,12.

Con respecto al consumo de materia seca (CMS) por unidad animal según la época del año, como se visualiza en los resultados, en el presente estudio se hallaron valores máximos de ingesta de 17.32 y 16.80 kg/día para las épocas lluviosa y seca, respectivamente; encontrándose también valores de consumo mínimos de 14.32 kg/día para la época lluviosa y 13.81 kg/día para la época seca. Al respecto, Bayat, Tapio, Vilkki, Shingfield, & Leskinen (2017), en su trabajo determinaron niveles de consumo de MS, entre 15 y 21.8 kg MS/día, aunque reportan haber alimentado a las vacas a base de concentrado y forrajes además de suplementos alimenticios, mientras que en este estudio todos los animales evaluados sólo consumieron pastos naturales y/o cultivados, determinando la diferencia con el presente estudio.

Asimismo, Morrison, Mc Bride, Gordon, Wylie, & Ran (2017) reportan valores de ingesta de materia seca en vacas lactantes de 14.5 y 16.1 kg de MS/día, los cuales tienen mayor aproximación con los valores encontrados en el sistema S1 (17.71 y 16.50 kg de MS/día para las épocas lluviosa y seca respectivamente).

Por otro lado, en relación a la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, con respecto a la emisión de metano, uno de los gases de efecto invernadero, que según GWP (Global Warming Potential) tiene un potencial de calentamiento de 25, mientras que según GTP (Global Total Potential) este potencial es de 4. Las emisiones de metano se producen por fermentación entérica (95%) y por el excremento (menos del 5%) (Clark et al., 2005).

En el presente estudio durante la época lluviosa se calcularon emisiones máximas y mínimas de 43.5 (S3) y 14.6 (S2) kg de CH<sub>4</sub> entérico/UA/año y durante la época seca, valores entre 43.4 (S4) y 28.0 (S1) kg de CH<sub>4</sub> entérico/UA coincidiendo con lo reportado por Nieto, Guzmán, & Steinaker (2014), quienes en un estudio realizado en la provincia de San Luis (Argentina) sobre emisiones de GEI, pero en ganado especializado en la producción de carne, obtuvieron emisiones entre 15 y 112 kg de metano/unidad animal/año. La diferencia fue debido a la ubicación geográfica de crianza del ganado vacuno, a la raza, al tipo de alimento consumido por el animal, el cual fue además de pasto natural e introducido, el uso de silos de sorgo y grano de maíz.

Así también Hassán (2011) obtuvo mayores emisiones/UA en la época seca, con respecto a la época lluviosa, evaluando tres fincas de manejo tradicional (FMT) y tres fincas de manejo mejorado (FMM), obteniendo las más altas emisiones de metano entérico en las FMT, en las cuales la número 2 alcanzó 75 kg de CH<sub>4</sub> entérico/UA, la finca número 3 tuvo 72 kg de CH<sub>4</sub> entérico/UA y la finca número 1 tuvo una emisión de 58 kg de CH<sub>4</sub> entérico/UA, coincidiendo con lo hallado en el presente estudio, donde se obtuvieron en promedio emisiones de 22.80 y 22.71 kg de metano entérico/UA, para las épocas seca y lluviosa respectivamente, y ligeramente la época seca es superior a la estación lluviosa, y la emisión más alta fue de 28.6 kg de CH<sub>4</sub>/UA para el sistema S4 durante la época seca.

Los autores Jungbluth *et al.* (2001), señalan que “la cantidad de metano (CH<sub>4</sub>) procedente de la digestión de vacas es de aproximadamente 223 g por unidad de ganado mayor (UGM = 1 500 kg de peso vivo) por día y varía entre 200 y 250 g/UA/día. Al respecto este estudio reporta que la emisión más alta fue la obtenida en el S3, la cual fue de 119.08 g de CH<sub>4</sub>/UA/día (UA=600 kg de peso vivo), menor a lo encontrado por Dini (2012), quien en su estudio vacas lactantes producían 368 g de CH<sub>4</sub> entérico/día, coincidiendo con este estudio con respecto a la alimentación la cual fue a base de gramíneas y leguminosas, y se considera que es uno de los motivos por lo que las emisiones son bajas con respecto a otros estudios.

Los resultados del presente estudio indican que las emisiones más altas fueron de 130.1 (S2) y 114.9 (S9) t de CO<sub>2</sub>-eq, para las épocas lluviosa y seca, respectivamente, observándose una ligera superioridad de la época lluviosa con respecto a la estación seca, contrario a lo reportado por Hassán (2011), quien encontró que las emisiones más altas fueron en la época seca, con respecto a la estación lluviosa, y esta diferencia fue mayor en las fincas de manejo tradicional, con respecto a las fincas de manejo mejorado (aquellas fincas que recibían pagos por servicios ambientales y hacían uso de Sistemas Silvopastoriles).

En este trabajo se encontró que las vacas al ser alimentadas sólo con pastos naturales y/o cultivados (rye grass, trébol rojo, trébol blanco, kikuyo, pasto elefante, grama, entre otros) presentaron emisiones de metano bajas, coincidiendo con lo que mencionan Knapp, Laur, Vadas, Weiss, & Tricarico (2014), que la alimentación y la nutrición tienen un potencial modesto (2,5 a 15%) para mitigar el CH<sub>4</sub> entérico con un potencial significativamente mayor cuando se combina con la producción de cultivos y forrajes en los países en desarrollo.

Asimismo, Hammond et al. (2014) observaron que vaquillas alimentadas con rye grass, trébol y trébol tenían un rendimiento de metano 11% mayor ( $p < 0.05$ ), que las alimentadas con flores, pues emitieron 28.4 g de CH<sub>4</sub> entérico/ kg de materia seca, y en cambio las alimentadas con flores presentaron una emisión de metano de 25.6 g de metano entérico/kg de materia seca, concluyendo que en comparación con el raigrás, las vaquillas alimentadas con una mezcla de forraje rico en flores silvestres nativas produce menos metano, que puede ser atribuido a los compuestos secundarios en las flores.

Otro de los gases de efecto invernadero cuantificado en los sistemas encontrados es el óxido nitroso. El estiércol y la orina excretados por el ganado vacuno en las praderas son una fuente importante de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), pues éstas emisiones se derivan de la utilización ineficaz de nitrógeno (N) ingerido por los rumiantes y la incapacidad del pasto para utilizar el N depositado (Bell et al., 2015). Así también los autores Cai, Chang y Cheng (2017), indican que la deposición de excreta aumenta la emisión de N<sub>2</sub>O ya que mejora la mineralización de N, nitrificación y desnitrificación,

además la deposición de orina, independientemente de su tipo, y aumenta significativamente la emisión de N<sub>2</sub>O pero no afecta las emisiones de CH<sub>4</sub>.

En este estudio la emisión de N<sub>2</sub>O estuvo entre 91.33 y 111.12 g/UA/día para la época lluviosa y entre 82.32 y 103.38 g/UA/día para la época seca, mientras que los autores Arndt, Powell, Aguerre, & Wattiaux (2015), obtuvieron una emisión diaria de NH<sub>3</sub>-N en vacas, en promedio fue de 15.7 g/d/kg de ingesta de materia seca, y de 101 g/kg de ingesta de FDN.

Sin embargo, según Nieto, Guzmán, & Steinaker (2014), las emisiones de óxido nitroso, variaron entre 0,50 y 2 kg/año de forma directa y entre 0,05 y 0,30 kg/año de forma indirecta, en cambio en el presente estudio estas emisiones estuvieron entre 30.05 y 37.73 kg/UA/año para la época seca, siendo más altas en el presente estudio debido a la metodología utilizada, al lugar de ejecución del trabajo y al tipo de variables evaluadas para la estimación en cada uno de ellos (GEI).

En cuanto a las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) en CO<sub>2</sub>-eq, en este estudio las más altas se obtuvieron en la época lluviosa en comparación a la época seca, pero en cuanto a la emisión de CO<sub>2</sub>-eq/litro de leche producido, las emisiones más altas se alcanzaron en la época seca para todos los sistemas evaluados, en cambio en estudios realizados en Costa Rica encontraron mayores emisiones de GEI en la época seca, con respecto a la época lluviosa, y más marcada en las fincas de manejo tradicional que las de manejo mejorado (Hassán, 2011).

En los resultados obtenidos en este estudio se reportan emisiones totales de 12315.54 t de CO<sub>2</sub>-eq/año según GWP, y 11498.07 t de CO<sub>2</sub>-eq/año según GTP, de la crianza de ganado vacuno de raza Fleckvieh en la región Amazonas, mientras que en Brasil, las emisiones totales asociadas con la ganadería de ganado amazónico variaron de 499 a 775 Mt (Toneladas métricas per cápita) de CO<sub>2</sub>-eq, el del Cerrado de 229 a 231 Mt CO<sub>2</sub>-eq, y el del resto del país entre 84 y 87 Mt CO<sub>2</sub>-eq, mencionando además que el conjunto completo de emisiones provenientes de la ganadería es responsable de aproximadamente la mitad de todas las emisiones brasileñas (se estima que es aproximadamente de 1,055 Mt de CO<sub>2</sub>-eq en 2005) (Bustamante *et al.*, 2015).

En un trabajo realizado en Costa Rica a 33 fincas, con 68 vacas en producción (razas lecheras: Yersey y Holstein), demuestra que a medida que aumenta la altitud de las fincas, disminuyen sus emisiones parciales de GEI, con una emisión parcial de 225 ton CO<sub>2</sub>-eq/año, expresando efecto de las variables: altitud, % de FDN, % de PC en la dieta, horas de pastoreo y la carga animal (Uyaguari, 2014), en cambio, en nuestras condiciones las emisiones totales fueron de 12315.54 t de CO<sub>2</sub>-eq/año según GWP, y de 11498.07 t de CO<sub>2</sub>-eq/año según GTP para toda la región Amazonas con la crianza de la raza Fleckvieh, y las variables que mostraron una mayor influencia en estas emisiones fueron: peso vivo del animal y el contenido de proteína cruda del forraje.

Así también, Cárdenas (2014), obtuvo una emisión de 1982.84 t de CO<sub>2</sub>-eq/año para las fincas sin pagos por servicios ambientales en Costa Rica, sin embargo sólo el 36% de estas fincas manejaba ganado vacuno doble propósito.

Por otro lado, con respecto a la emisión de CO<sub>2</sub>-eq por litro de leche, por sistema y según la época, los resultados obtenidos muestran que la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq producido por kilo de leche fresca fue de 3.26 y 3.96 kg para las épocas lluviosa y seca respectivamente, según GWP; mientras que durante la época lluviosa fue de 2.40 kg de CO<sub>2</sub>-eq/kilo de leche y durante la estación seca de 2.91 kg de CO<sub>2</sub>-eq/kilo de leche según GTP. Al respecto, Daneshi, Esmaili-Sari, Daneshi, & Baumann (2014), encontraron que la huella de carbono promedio para 1 kg de leche corregida a proteína y grasa (FPCM) en la puerta de la granja fue 1.57 kg CO<sub>2</sub>-eq, sin embargo, para la unidad funcional (la cual era un litro de leche pasteurizada envasada en una bolsa de plástico) fue de 1,73 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Así también otros estudios reportan que fincas de manejo tradicional obtuvieron la mayor emisión por unidad de producto (leche y carne), siendo de 2.45 y 3.69 kg de CO<sub>2</sub>-eq/ kg de GPCL (leche corregida para grasa y proteína) y para las fincas de manejo mejorado entre 1.08 y 1.57 kg de CO<sub>2</sub>-eq/kg de GPCL (Hassán, 2011). Así mismo, en una investigación llevada a cabo en EE.UU, donde se evaluó la cadena de suministro de leche líquida recogiendo datos de 50 plantas de lácteos en todo el país, en la cual encontraron que 1 kg de leche refrigerada equivale a 0.141 kg CO<sub>2</sub>-eq, además que en promedio se emiten 2,05 kg de CO<sub>2</sub>-eq/kg de leche consumida en ese

país, y con un 90% de confianza la huella de leche está entre 1,77 y 2,4 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg leche producida (Thoma *et al.*, 2013).

Aunque, la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq puede expresarse también en función al peso vivo del animal, así lo demuestran en su investigación Dudley, Liska, Watson & Erickson (2014), quienes usando la simulación de Monte Carlo en un estudio en EE.UU, encontraron un rango de emisiones de ciclo de vida de 2,52 a 9,58 kg de CO<sub>2</sub>-eq/kg de peso vivo. Al respecto Dick, Abreu Da Silva, & Dewes (2015), obtuvieron una emisión de 14.27 y 5.65 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de ganancia de peso vivo, en un sistema extensivo y un sistema mejorado respectivamente, lo cual otorga una emisión bastante alta a los sistemas extensivos en Brasil, aunque en la presente investigación sólo se expresa en función a la producción de leche.

Los resultados alcanzados con respecto a la relación entre la producción de CO<sub>2</sub>-eq en función de la producción de leche fueron negativos, es decir, no hubo influencia de la producción de leche en la emisión de dióxido de carbono equivalente. Por el contrario otros estudios reportan que a mayor producción de leche menor emisión de CO<sub>2</sub>-eq, es decir, mientras mayor es la producción de una vaca menor será la emisión que esta ocasione (Lizarralde, 2013).

Con respecto a la relación de la producción de CO<sub>2</sub>-eq con las variables peso vivo, proteína cruda del forraje, fibra detergente neutra, digestibilidad in vitro de la materia seca, extracto libre de nitrógeno, grasa de la leche, proteína de la leche y sólidos totales, estimados en este estudio. Los resultados encontrados mostraron que estas variables no tuvieron influencia significativa en la estimación de la producción de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq). Al respecto unos estudios demuestran que la combinación de proxies de metano disponibles, como son: (1) comportamiento de alimentación y alimentación; (2) función del rumen, metabolitos y microbioma; (3) producción y composición de leche; (4) intestino posterior y heces; y (5) mediciones a nivel de todo el animal, es una herramienta muy poderosa que puede conducir a predicciones altamente precisas de CH<sub>4</sub> en ganado lechero (Negussie *et al.*, 2017).

Por el contrario, estudios realizados en fincas ganaderas de Costa Rica mostraron que el efecto de las dietas para la estimación de emisiones en las fincas ganaderas no

presentan un efecto directo en el cálculo de emisiones con el uso de los factores de emisión avalados por ese país, registrándose un total de 2007,53 t CO<sub>2</sub>-eq año-1 para el grupo con PSA (pago por servicios ambientales) y 1982,84 t CO<sub>2</sub>-eq año-1 para las fincas sin PSA (Cárdenas, 2014).

Asimismo otros autores hallaron en su investigación que el peso vivo (PV) de la vaca y la ingesta estimada no proporcionaron una predicción precisa de las emisiones de CH<sub>4</sub>. En cambio en este estudio, la dieta tuvo una influencia significativa en el modelo multivariado encontrado para la predicción de la cantidad de GEI en la región Amazonas. (Ferris et al. 2017).

Además, un estudio de Becoña (2012) menciona que la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) tuvo un efecto directo en la reducción de la intensidad de emisión de metano/kilo de Materia seca, sin embargo en el presente estudio esta variable no tuvo influencia en las emisiones de GEI (en CO<sub>2</sub>-eq).

Por otro lado, con respecto a la relación entre la producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables: peso vivo, proteína cruda del forraje y sólidos totales, como se observó en los resultados de este estudio, la estimación de la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq depende de estas tres variables, es decir que sí existe una relación positiva en la mayor o menor emisión de dióxido de carbono equivalente. Al respecto los autores Jungbluth *et al.* (2001) indican que la cantidad de emisión depende principalmente del consumo de alimento, el cual se relaciona positivamente con el tamaño del animal, la tasa de crecimiento y producción.

Asimismo, un estudio realizado en Estados Unidos, evaluó durante 10 días la actividad de rumiación de 156 vacas Holstein-Friesian, analizándose los rasgos animales, incluido el tiempo de rumia, flujo masivo de CH<sub>4</sub> (QCH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (QCO<sub>2</sub>), producción de leche y consumo de materia seca estimado de acuerdo a QCO<sub>2</sub> individuales durante un período de 22 días, observándose una alta rumiación y mayor producción de metano en las vacas más viejas y más pesadas, que a su vez tenían una mayor ingesta de materia seca y producción de leche, y además encontraron que las vacas con el valor más bajo de rumiación produjeron más

QCH<sub>4</sub>/leche, asociada con menor cantidad de leche, peso corporal, consumo de concentrado y mayor actividad en el pasto (Watt *et al.*, 2015).

En cambio, en el presente estudio se encontró que la producción de CO<sub>2</sub>-eq está relacionada con las variables: peso vivo, proteína cruda del pasto y porcentaje de sólidos totales de la leche, y más aún con las variables peso vivo y contenido de proteína de la dieta, dentro del contexto evaluado que fue sistema y no animal individual.

Finalmente con respecto a la estimación de la relación entre las variables producción de CO<sub>2</sub>-eq y las variables: peso vivo y proteína cruda del forraje, el presente trabajo estimó que la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq para la región Amazonas puede ser predecido a partir de estas variables, coincidiendo con lo encontrado por Nieto, Guzmán y Steinaker (2014), quienes observaron una estrecha relación del consumo animal con el peso vivo, y con las variables respuestas que fueron las emisiones de metano y óxido nitroso, pues de acuerdo al consumo del animal fue la cantidad de heces y orina que éstos eliminaron y por tanto la cantidad de emisiones que expresaron.

Sin embargo, Cárdenas (2014) encontró que las dietas para la estimación de emisiones en las fincas ganaderas no presenta un efecto directo en el cálculo de emisiones con el uso de los factores de emisión avalados por Costa Rica.

En cuanto al uso de ecuaciones de predicción, el presente estudio ha encontrado la siguiente:  $CO_2\text{-eq} = -7.6665 + 0.0659BW - 0.598PC\text{Forraje}$ ; pero sólo para ser usada en la región Amazonas. Al respecto, según Bonilla y Lemus (2012) existen trabajos que evaluaron la exactitud de siete ecuaciones previamente publicadas para predecir la producción de CH<sub>4</sub> en vacas Holstein lactantes y no lactantes, y encontraron diversos grados de desviación entre éstas, y según la revisión que hicieron, se concluyó que la ecuación de Moe and Tyrrel (1979), fue la más exacta y precisa, debido a que considera el consumo de fracciones de carbohidratos fáciles de obtener (celulosa, hemicelulosa y carbohidratos no fibrosos), factible de utilizar por nutricionistas y ambientalistas para la predicción y monitoreo de la reducción de las emisiones de metano por rumiantes.

## V. CONCLUSIONES

- En la región Amazonas se encontraron diez sistemas de producción bovina Fleckvieh, los cuales fueron: El Sistema 1 (Molinopampa), Sistema 2 (Soloco), Sistema 3 (Miraflores de Levanto), Sistema 4 (Pomacochas), Sistema 5 (San Lorenzo), Sistema 6 (Yambrasbamba), Sistema 7 (Huambo), Sistema 8 (Limabamba), Sistema 9 (Alto Perú y Rosapampa), y el Sistema 10 (Buena Vista y Miraflores de Buena Vista), todos ellos coincidieron en el número de ordeños/día y en el tipo de crianza extensiva; sin embargo en otras variables como número de cortes/año, producción promedio de leche (kg)/día, días de lactancia, ubicación geográfica y tipo de pasto consumido, fueron diferentes.
- En cuanto a la producción de leche, como variable determinante de los niveles productivos, el mayor valor se obtuvo en el sistema S1, con 12.3 kg leche/día, mientras que el menor, lo obtuvo el sistema S10, con 6.7 kg leche/día. En cuanto al contenido de proteína de los pastos, otro de los parámetros productivos importantes, el valor más alto lo alcanzó el sistema S1, y el más bajo el sistema S8, para ambas épocas (lluviosa y seca). Además, en cuanto a la variable peso vivo, el máximo valor fue alcanzado en el sistema S1 con 628 kilos de PV/animal y el mínimo, en el sistema S2 con 516 kg de PV/animal.
- Según los Potenciales de Calentamiento Global (GWP), la emisión total de CO<sub>2</sub>-eq por kilo de leche en promedio para la región Amazonas fue de: 3.3 y 4 kg para las épocas lluviosa y seca, respectivamente; por otro lado y de acuerdo a los Potenciales de Cambio de Temperatura Global (GTP), los niveles de emisión alcanzaron los 2.4 kg para la estación lluviosa y los 2.9 kg para la época seca. Lo encontrado evidencia que éstas épocas tendrían una marcada influencia en la emisión de CO<sub>2</sub>-eq/litro de leche, considerando que en el presente estudio las mayores emisiones por litro de leche se suscitaron en la época seca.
- Finalmente la emisión total de todos los sistemas evaluados en la región Amazonas fue de 10432.02 t de CO<sub>2</sub>-eq/año según GWP (Global Warming Potential), y de 7676.25 t de CO<sub>2</sub>-eq /año según GTP (Global Total Potential) para la región Amazonas.

- En la región Amazonas, las variables peso vivo y contenido de proteína cruda del forraje fueron las que se ajustaron al modelo de ecuación más aceptable para la predicción de dióxido de carbono equivalente, obteniéndose la siguiente ecuación:  $CO_2\text{-eq} = -7.6665 + 0.0659BW - 0.598PCForraje$ .

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Continuar estudios utilizando los sistemas encontrados en esta investigación, pero aplicando análisis individualizado de animales para determinar diseños estadísticos basados en el animal, toda vez que este trabajo se enfocó en el sistema.
- Que se realicen posteriores trabajos con sistemas de atrapado de gases, para ver las diferencias más específicas del animal, ya que el análisis muestra que más que producción, es la individualidad en términos de peso vivo, y en términos de calidad proteica del forraje, que influyen en la emisión de GEI.
- Que en próximas investigaciones continúen separando al individuo (animal de estudio) en función al número de lactancias, ya que es otra variable que muestra un gran grado de explicación sobre las emisiones.
- Realizar investigaciones que enfoquen la mejora o la optimización de emisiones en base a las variables significativas encontradas (peso vivo, proteína del forraje, número de lactaciones, contenido de sólidos totales de la leche) en los sistemas encontrados para la raza Fleckvieh, en la región Amazonas.
- Utilizar las ecuaciones encontradas en este trabajo para predecir la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq en relación a las variables más significativas, como fueron el peso vivo y el contenido de proteína del forraje, teniendo en cuenta la perspectiva del estudio a través del análisis calórico, proteico y productivo.
- Utilizar el sistema de simulación ecuacional, pues constituye una muy buena herramienta para cuantificar con certeza y confianza las emisiones GEI, pero bajo el análisis de sistema, como también la propuesta de análisis de laboratorio planteada en el presente estudio, teniendo en cuenta sólo para la región Amazonas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, M., & Muñoz, C. (2012). Ganadería Y Gases. *Informativo Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 90, 4.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemicals) (2005). Métodos oficiales de análisis de la Association of Analytical Chemists International, 18<sup>a</sup> ed. Gathersburg, MD Estados Unidos. Métodos oficiales, 2005.08.
- Armando, J., Cárdenas, B., & Lemus, C. (2013). AG-007 Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático . Revisión Enteric methane emission by ruminants and its contribution to global climate change . Review. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*, 3(2), 215–246.
- Arndt, C., Powell, J. M., Aguerre, M. J., & Wattiaux, M. A. (2015). Performance, digestion, nitrogen balance, and emission of manure ammonia, enteric methane, and carbon dioxide in lactating cows fed diets with varying alfalfa silage-to-corn silage ratios. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 418–430. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8298>
- Batalla, I., & Mena, Y. (2014). Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería bovina y ovina ecológicas en dehesas de, 1–4.
- Bayat, A. R., Tapio, I., Vilkki, J., Shingfield, K. J., & Leskinen, H. (2017). Plant oil supplements reduce methane emissions and improve milk fatty acid composition in dairy cows fed grass silage-based diets without affecting milk yield. *Journal of Dairy Science*, 1–16. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13545>
- Bell, M. J., Rees, R. M., Cloy, J. M., Topp, C. F. E., Bagnall, A., & Chadwick, D. R. (2015). Nitrous oxide emissions from cattle excreta applied to a Scottish grassland: Effects of soil and climatic conditions and a nitrification inhibitor. *Science of the Total Environment*, 508, 343–353. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.008>
- Bellarby, J.; Reyes, T.; Leip, A.; Weiss, F.; Lesschen, J. & Smith, P. (2013). Emisiones de gases de efecto invernadero del ganado y potencial de mitigación en Europa. *Rev. Global Change Biology*. Vol 19 (Nº1), 3-18. Revisado el 7 de enero de 2017. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2012.02786.x/full>

- Berra, G., y Finster, L. (2002). Emisión de gases de efecto invernadero, influencia de la Ganadería Argentina. Argentina: Proyecto de metas PNUD-SRND.
- Becoña, G. (2012). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de cría vacuna del Uruguay. Tesis para obtener el título de Magister en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Animales. Montevideo-Uruguay.
- Bonilla, J. y Lemus, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Rev. Mex. Ciencias Pecuarias*. 3(2): 215-242.
- Bustamante, M., Nobre, C., Smeraldi, R., Aguiar, A., Barioni, L., Ferreira, L., Longo, K., May, P., Pinto, & A., Ometto, J. (2015). Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. *Climatic Change*, 115 (3-4), 559-577. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0443-3>
- Cárdenas, J. (2014). *CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA Balance de gases de efecto invernadero y efectividad del pago por servicios ambientales en fincas ganaderas , península de Jose Mario Cárdenas Gutiérrez como requisito para optar por el grado de Magi.*
- Carmona, J., Bolívar, D., & Giraldo, L. (2009). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian Journal of Animal Science and Veterinary Medicine)*, 18(1), 49–63. [https://doi.org/http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-23142014000300009](https://doi.org/http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142014000300009)
- CEDECO (2005). Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos, Ed. CEDC. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/40324946/ABONOSORGANICOS-SOLIDOS-Y-LIQUIDOS>
- Clark, H., Pinares, C., de Klein, C. (2005). Methane and nitrous oxide emissions from grazed grasslands. McGilloway DA (ed). *Grassland: A Global Resource*. Wageningen Academic publishers. p. 93-279.
- Colque y Sánchez (2007). Los gases de efecto invernadero: ¿Por qué se produce el Calentamiento Global? Consultado el 7 de febrero de 2017. Disponible en [http://www.labor.org.pe/descargas/1ra%20publicacion\\_%20abc%20cc.pdf](http://www.labor.org.pe/descargas/1ra%20publicacion_%20abc%20cc.pdf)

- CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2010). Guía para la toma de muestras de suelos. Recuperado de [www.yumpu.com/es/document/view/14673563/guia-para-la-toma-de-muestras-de-suelos-corpoica](http://www.yumpu.com/es/document/view/14673563/guia-para-la-toma-de-muestras-de-suelos-corpoica)
- CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2018). Protocolo de toma de muestras de leche cruda-CORPOICA. Recuperado de <http://labconcal.com/laboratorio/index.php/user-page/item/69-protocolo-de-toma-de-muestras-de-leche-cruda-corpoica#.Wq2mbGrOWUk>
- Daneshi, A., Esmaili-Sari, A., Daneshi, M., & Baumann, H. (2014). Greenhouse gas emissions of packaged fluid milk production in Tehran. *Journal of Cleaner Production*, 80, 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.057>
- Dick, M., Abreu Da Silva, M., & Dewes, H. (2015). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96, 426–434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.080>
- Dini, Y. (2012). *Emisión De Metano Entérico De Vacas Lecheras En Pastoreo De Praderas Dominadas Por Gramíneas O Por Leguminosas. Tesis de Posgrado.*
- Dudley, Q. M., Liska, A. J., Watson, A. K., & Erickson, G. E. (2014). Uncertainties in life cycle greenhouse gas emissions from U.S. beef cattle. *Journal of Cleaner Production*, 75, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.087>
- EFCTC (EUROPEAN FLUOROCARBONS TECHNICAL COMMITTEE) (2016). Global temperature change potential compared to Global Warming Potential. Consultado el 20 de enero de 2018. Disponible en: [https://www.fluorocarbons.org/wp-content/uploads/2016/09/EFCTC\\_Learn\\_about\\_GTP\\_versus\\_GWP.pdf](https://www.fluorocarbons.org/wp-content/uploads/2016/09/EFCTC_Learn_about_GTP_versus_GWP.pdf)
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para La Agricultura y la Alimentación) (2006). La ganadería amenaza el medio ambiente. Consultado ene. 2018. Disponible: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
- FAO (2011). World Livestock 2011 – Livestock in food security. Rome.
- FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2016). Ray grass, verde. Recuperado de <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ray-grass->

verde

- Ferris, C. P., Jiao, H., Murray, S., Gordon, A. W., & Carson, A. F. (2017). Methane emissions from non-lactating pregnant dairy cows while grazing. *Livestock Science*, 206, 121–124. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.003>
- Flores, A. & Fred, B. (1990). Manual de pastos y forrajes. Ed. MARTEGRAF. Lima-Perú. p. 206
- Garnett, T. (2009). Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers. *Environmental Science and Policy*, 12(4), 491–503. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.01.006>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Fao*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>
- GFC, Brighter Green, & Biofuelwatch. (2014). Agricultura Industrial , Ganadería y Cambio Climático, 10.
- Gómez, C. A. (2012). *Mitigación de emisiones por ganadería y seguridad alimentaria*.
- González, A. (1995). Aplicación y efecto; residual del estiércol en la Producción y calidad del buffel (*Cenchrus ciliaris* c.v. Texas - 4464) el trópico seco Tesis en Maestro en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, Mexico. 64 p. Recuperado de [http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Alfredo%20Gonzalez%20Sotelo.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Alfredo%20Gonzalez%20Sotelo.pdf)
- Gracia E., Chacón G., Moreno B., Fernández A., Albizu I. y Baselga R. (2006). Toma de muestras en rumiantes. Exopol. Autovacunas y Diagnóstico, San Mateo, Zaragoza. Recuperado de [http://produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/infecciosas/comun\\_varias\\_especies/86-toma\\_de\\_muestras\\_en\\_rumiantes.pdf](http://produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/comun_varias_especies/86-toma_de_muestras_en_rumiantes.pdf)
- Hammond, K. J., Humphries, D. J., Westbury, D. B., Thompson, A., Crompton, L. A., Kirton, P., ... Reynolds, C. K. (2014). The inclusion of forage mixtures in the diet of growing dairy heifers: Impacts on digestion, energy utilisation, and methane emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 197, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.07.016>

- Hassán, J. A. (2011). *El ciclo de vida en la producción de leche y la dinámica de las emisiones de gases de efecto invernadero en fincas de doble propósito de la península de Azuero, República de Panamá.*
- Herrero Mario, Petr Havlík, Hugo Valin , Un Notenbaert , Mariana C. Rufino , Philip K Thornton , Michael Blümmel , Franz Weiss , Delia Grace & Michael Obersteiner . (2013). Uso de biomasa, producción, eficiencias alimenticias y emisiones de gases de efecto invernadero de los sistemas pecuarios mundiales. *Revista PNAS (Vol 110 N° 52)*, 20888-20893.<http://doi: 10.1073 / pnas.1308149110>.
- Hristov<sup>1\*</sup>, A. N., Oh<sup>1</sup>, J., , Chanhee Lee<sup>1</sup> , Robert Meinen<sup>1</sup> , Felipe Montes<sup>1</sup>, T. O., Firkins<sup>2</sup>, J., Rotz<sup>3</sup>, A., Dell<sup>3</sup>, C., ... Oosting<sup>99</sup>, y S. (2013). *Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. Fao.*
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. Mitigación de gases de efecto invernadero: Uso de modelos de simulación para la evaluación de estrategias de Alimentación. Curso Taller Internacional.
- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. *Iges*, 53(9), 18. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- IPCC. (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K, Tignor M, Miller H. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. (2013). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. Kass, D. 1996. Fertilidad de Suelos. Editorial EUNED, San José, Costa Rica. p. 272.
- Jungbluth, T., Hartung, E., y Brosse, G. (2001). Greenhouse gas emission from animal houses and manure stores. *ISSUE*, 133-145.

- Kass, D. 1996. Fertilidad de Suelos. Editorial EUNED, San José, Costa Rica. 272 p.
- Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3231–3261. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7234>
- Kreuzhuber, P., & Manrique, A. (2017). EL MUNDO DEL FLECKVIEH (pp. 1–30).
- Labconco Corporation (2017). Manual de usuario: Instrucciones originales.
- Lázaro Bazán, E. S., y Panduro Bazán de Lazaro, H. (2013). Marco Metodológico. En P. B. Lázaro Bazán Ever Salomé, Manual de Metodología de la Investigación científica (pág. 152). Chachapoyas: Universitaria UNTRM-A.
- Lizarralde, C. (2013). *Relación Entre La Huella De Carbono Y Las Prácticas De Manejo En Predios Lecheros De Uruguay. Tesis de maestría.*
- Maicelo, J., Bardales, W., & Bardales, J. (2016). *INFORME FINAL SIMMENTAL 2.* Editorial UNTRM, Chachapoyas-Amazonas.
- Manterola, H. (2015). *Cómo Mejorar La Eficiencia Productiva De Las Vacas Lecheras, Manejando Las Emisiones De Metano Y Amoníaco. Departamento de Producción Animal, Universidad de Chile.*
- Mantilla, J. (2017). Fleckvieh en Perú - Amazonas, experiencias y potencial productivo (pp. 1–33).
- Martínez, J. (2012). Eficiencia de uso y balance de nitrógeno en sistemas con trigo del sur bonaerense: dinámica en el suelo y nutrición del cultivo. Recuperado de <http://labspa.blogspot.pe/p/lupi-ana-maria-plan-de-tesis-doctorado.html>
- Martínez, B. C. (2012). Estadística y muestreo. XIII Edición. Eco ediciones. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y Asociación Nacional de criadores de ganado vacuno Fleckvieh-Simmental. 2011. Programa de mejora de la raza bovina Fleckvieh. Recuperado de [http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/Programa\\_de\\_Mejora\\_Raza\\_Bovina\\_Fleckvieh.\\_Definitivo.\\_tcm7-301716.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/Programa_de_Mejora_Raza_Bovina_Fleckvieh._Definitivo._tcm7-301716.pdf)

- Moe, P. y Tyrrel, H. (1979). Methane production of dairy cows. *Dairy Sci* 62: 1583-1586.
- Molina, E. (2010). Análisis de suelos y su interpretación. Recuperado de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Morrison, S. J., McBride, J., Gordon, A. W., Wylie, A. R. G., & Yan, T. (2017). Methane Emissions from Grazing Holstein-Friesian Heifers at Different Ages Estimated Using the Sulfur Hexafluoride Tracer Technique. *Engineering*, 3(5), 753–759. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.018>
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Métodos Básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Negussie, E., de Haas, Y., Dehareng, F., Dewhurst, R. J., Dijkstra, J., Gengler, N., ... Biscarini, F. (2017). Invited review : Large-scale indirect measurements for enteric methane emissions in dairy cattle: A review of proxies and their potential for use in management and breeding decisions. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2433–2453. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12030>
- Nieto, M. I., Guzmán, M. L., & Steinaker, D. (2014). Emisiones de gases de efecto invernadero: Simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 40(1), 92–101. <https://doi.org/http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84931068462&partnerID=tZOtx3y1>
- NRC (2001) Necesidades nutritivas del gando vacuno lechero. Department of Animal Science. University of Minesota. USA.
- Oliva, M., Rojas, D., Morales, A., Oliva, C., y Oliva, M. (2015). Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*. 6 (3): 211 – 215. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.07>
- PASOLAC (2007). Estiércol de Vaca. Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua. Recuperado de [http://www.funica.org.ni/docs/conser\\_sueyagua\\_49.pdf](http://www.funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_49.pdf)

- Ruiz, G. (2016). Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Caca, provincia de Yauyos, Lima. Tesis para optar el grado de Magister en Química. Lima, Perú. p. 79-80.
- Schuetze, F. (2017). Greeting from the World Simmental Fleckvieh Federation (pp. 1–28).
- SAGARPA, S. de A. G.-D. R.-P. y A. (2012). *Sustentabilidad de los Recursos Naturales Subíndice de Emisiones de Gases Efecto Invernadero – Metodología de Cálculo*.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & Haan, C. de. (2009). *La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones. Environmental Modeling and Assessment* (Vol. 14). <https://doi.org/10.1007/s10666-008-9149-3>
- Stumpfenhusen, F. (2017). Congreso Internacional Fleckvieh 2017 en Chachapoyas / Peru Fleckvieh : In *Aprovechamiento del tipo “doble propósito” en varios sistemas del mundo*.
- Tanzler, J. (2017). Fleckvieh La genética del futuro (pp. 1–27).
- Thoma, G., Popp, J., Nutter, D., Shonnard, D., Ulrich, R., Matlock, M., ... Adom, F. (2013). Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. *International Dairy Journal*, 31(1), S3–S14. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.08.013>
- Thompson, J. E. (2017). Survey data reflecting popular opinions of the causes and mitigation of climate change. *Data in Brief*, 14, 412–439. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.07.060>
- Uyaguari, J. P. (2014). CAPÍTULO III Emisiones parciales de gases efecto invernadero en hatos lecheros de Costa Rica, identificación de variables explicativas de emisiones. *CATIE*, 39–63.
- Walkley A., Black I.A. 1934. An examination of Degatjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Walkley, A. (1947). A critica examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Effect ot variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Seo.* 63: 251-264. 1947.

- Watt, L. J., Clark, C. E. F., Krebs, G. L., Petzel, C. E., Nielsen, S., & Utsumi, S. A. (2015). Differential rumination, intake, and enteric methane production of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7248–7263. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9463>
- Yáñez, E. E., & Gualdrón, M. A. (2014). *Metodología para la identificación y cuantificación de emisiones fugitivas de metano en campos de producción.*

## VIII. ANEXOS

**Tabla 1A.** Variables analizadas para la época lluviosa en los sistemas de producción de la raza Fleckvieh evaluados en la región Amazonas.

| Variables analizadas                                    | Época lluviosa                       |                                  |                    |   |                              |  |   |   |  |   |
|---|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------|---|------------------------------|--|---|---|--|---|
|   | S1                                   | S2                               | S3                 | S4  | S5                           | S6   | S7  | S8  | S9   | S10   |
| Tipo de alimento  | Rye grass, trébol, kikuyo y nicarión | Rye grass, trébol, pasto ovillo. | Rye grass y trébol | Rye grass, agashul, nudillo, kikuyo, grama azul | Rye grass, trébol y agashul. | Rye grass, trébol blanco, kikuyo, biquerón, zacate | King grass, pasto camerum, pasto elefante, maralfalfa, kikuyo | Gramma, pasto elefante, king grass, brachiarias | Rye grass, trébol blanco, agashul, nudillo | Rye grass, trébol rojo y blanco, kikuyo, grama, gashul, nudillo |
| Sistema de crianza                                      | Extensivo                            | Extensivo                        | Extensivo          | Extensivo                                       | Extensivo                    | Extensivo  | Extensivo   | Extensivo                                       | Extensivo                                  | Extensivo   |
| Sistema de alimentación                                 | Pastoreo                             | Pastoreo                         | Pastoreo           | Pastoreo  | Pastoreo                     | Pastoreo   | Pastoreo  | Pastoreo  | Pastoreo                                   | Pastoreo  |
| Humedad del alimento                                    | 81.4                                 | 82.0                             | 77.8               | 82.5  | 79.9                         | 80.4   | 78.2  | 78.7  | 75.9                                       | 79.7  |
| Producción de Leche                                     | 12.3                                 | 9.3                              | 11.4               | 7.0   | 9.8                          | 11.0   | 12.2  | 10.0  | 7.1  | 7.0   |
| Costo de cosecha % del req. de mantenimiento (10 a 90%) | 15.0                                 | 15.0                             | 15.0               | 15.0  | 15.0                         | 15.0   | 15.0  | 15.0  | 15.0                                       | 15.0  |
| Composición de grasa en la leche                        | 3.8                                  | 3.6                              | 4.0                | 3.9   | 4.2                          | 3.6  | 4.4   | 4.0   | 4.2  | 3.6   |
| Composición de proteína en la leche (Pl)                | 3.4                                  | 3.2                              | 3.6                | 3.5   | 3.8                          | 3.3  | 4.0   | 3.6   | 3.8  | 3.2   |
| Composición de lactosa en la leche                      | 4.6                                  | 4.9                              | 4.7                | 4.9   | 4.7                          | 4.7  | 5.0   | 4.6   | 4.9  | 4.9   |
| Composición de minerales en la leche                    | 0.7                                  | 0.7                              | 0.7                | 0.7   | 0.7                          | 0.7  | 0.7   | 0.7   | 0.7  | 0.7   |
| Composición de sólidos totales en la leche              | 12.3                                 | 11.9                             | 13.0               | 12.1  | 12.4                         | 12.0   | 12.8  | 12.1  | 12.6                                       | 12.1  |
| Composición de sólido no grasos en la leche             | 8.5                                  | 8.3                              | 9.0                | 8.3   | 8.2                          | 8.3  | 8.4   | 8.1   | 8.4  | 8.5   |
| Peso vivo del animal                                    | 627.7                                | 515.5                            | 605.2              | 608.0   | 610.8                        | 581.0  | 568.0   | 568.0   | 537.7                                      | 533.0   |
| Semana de lactación                                     | 34.0                                 | 34.0                             | 34.0               | 34.0  | 34.0                         | 34.0   | 34.0  | 34.0  | 34.0                                       | 34.0  |
| Largo de lactación (LL)                                 | 240.0                                | 240.0                            | 240.0              | 240.0   | 240.0                        | 240.0  | 240.0   | 240.0   | 240.0                                      | 240.0   |
| Reciclaje de nitrógeno (40 - 60)%                       | 50.0                                 | 50.0                             | 50.0               | 50.0  | 50.0                         | 50.0   | 50.0  | 50.0  | 50.0                                       | 50.0  |
| Tamaño corporal metabólico                              | 125.4                                | 108.2                            | 122.0              | 122.4   | 122.9                        | 118.3  | 116.3   | 116.3   | 111.7                                      | 110.9   |
| Metabolismo basal                                       | 8778.0                               | 7573.0                           | 8541.3             | 8570.9  | 8600.8                       | 8283.8   | 8144.4  | 8144.4  | 7816.0                                     | 7765.0  |
| Catabolismo de ayuno (CA)                               | 9655.8                               | 8330.3                           | 9395.4             | 9428.0  | 9460.9                       | 9112.2   | 8958.8  | 8958.8  | 8597.6                                     | 8541.5  |

**Tabla 2A.** Variables analizadas para la época seca en los sistemas de producción de la raza Fleckvieh evaluados en la región Amazonas.

| Variables analizadas                                    | Época seca                           |                                  |                    |   |                              |  |   |   |  |   |
|---|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------|---|------------------------------|--|---|---|--|---|
|   | S1                                   | S2                               | S3                 | S4  | S5                           | S6   | S7  | S8  | S9   | S10   |
| Tipo de alimento  | Rye grass, trébol, kikuyo y nicarión | Rye grass, trébol, pasto ovillo. | Rye grass, trébol. | Rye grass, agashul, nudillo, kikuyo, grama azul | Rye grass, trébol y agashul. | Rye grass, trébol blanco, kikuyo, biquerón, zacate | King grass, pasto camerum, pasto elefante, maralfalfa, kikuyo | Gramma, pasto elefante, king grass, brachiarias | Rye grass, trébol blanco, agashul, nudillo | Rye grass, trébol rojo y kikuyo, grama, gashul, nudillo |
| Sistema de crianza                                      | Extensivo                            | Extensivo                        | Extensivo          | Extensivo                                       | Extensivo                    | Extensivo  | Extensivo   | Extensivo                                       | Extensivo                                  | Extensivo   |
| Sistema de alimentación                                 | Pastoreo                             | Pastoreo                         | Pastoreo           | Pastoreo  | Pastoreo                     | Pastoreo   | Pastoreo  | Pastoreo  | Pastoreo                                   | Pastoreo  |
| Humedad del alimento                                    | 80.9                                 | 82.5                             | 79.0               | 80.6  | 80.0                         | 81.7   | 78.6  | 79.5  | 79.9                                       | 81.2  |
| Producción de Leche                                     | 9.8                                  | 7.4                              | 9.2                | 5.6   | 7.9                          | 8.8  | 9.7   | 8.0   | 5.7  | 5.6   |
| Costo de cosecha % del req. de mantenimiento (10 a 90%) | 15.0                                 | 15.0                             | 15.0               | 15.0  | 15.0                         | 15.0   | 15.0  | 15.0  | 15.0                                       | 15.0  |
| Composición de grasa en la leche                        | 3.8                                  | 3.6                              | 4.0                | 3.9   | 4.2                          | 3.6  | 4.4   | 4.0   | 4.2  | 3.6   |
| Composición de proteína en la leche (Pl)                | 3.4                                  | 3.2                              | 3.6                | 3.5   | 3.8                          | 3.3  | 4.0   | 3.6   | 3.8  | 3.2   |
| Composición de lactosa en la leche                      | 4.6                                  | 4.9                              | 4.7                | 4.9   | 4.7                          | 4.7  | 5.0   | 4.6   | 4.9  | 4.9   |
| Composición de minerales en la leche                    | 0.7                                  | 0.7                              | 0.7                | 0.7   | 0.7                          | 0.7  | 0.7   | 0.7   | 0.7  | 0.7   |
| Composición de sólidos totales en la leche              | 12.3                                 | 11.9                             | 12.2               | 12.1  | 12.4                         | 12.0   | 12.8  | 12.1  | 12.6                                       | 12.1  |
| Composición de sólido no grasos en la leche             | 8.5                                  | 8.3                              | 8.2                | 8.3   | 8.2                          | 8.3  | 8.4   | 8.1   | 8.4  | 8.5   |
| Peso vivo del animal                                    | 627.7                                | 515.5                            | 605.2              | 608.0   | 610.8                        | 581.0  | 568.0   | 568.0   | 537.7                                      | 533.0   |
| Semana de lactación                                     | 34.0                                 | 34.0                             | 34.0               | 34.0  | 34.0                         | 34.0   | 34.0  | 34.0  | 34.0                                       | 34.0  |
| Largo de lactación (LL)                                 | 240.0                                | 240.0                            | 240.0              | 240.0   | 240.0                        | 240.0  | 240.0   | 240.0   | 240.0                                      | 240.0   |
| Reciclaje de nitrógeno (40 - 60)%                       | 50.0                                 | 50.0                             | 50.0               | 50.0  | 50.0                         | 50.0   | 50.0  | 50.0  | 50.0                                       | 50.0  |
| Tamaño corporal metabólico                              | 125.4                                | 108.2                            | 122.0              | 122.4   | 122.9                        | 118.3  | 116.3   | 116.3   | 111.7                                      | 110.9   |
| Metabolismo basal                                       | 8778.0                               | 7573.0                           | 8541.3             | 8570.9  | 8600.8                       | 8283.8   | 8144.4  | 8144.4  | 7816.0                                     | 7765.0  |
| Catabolismo de ayuno (CA)                               | 9655.8                               | 8330.3                           | 9395.4             | 9428.0  | 9460.9                       | 9112.2   | 8958.8  | 8958.8  | 8597.6                                     | 8541.5  |

**Tabla 3A.** Sistema Calórico para la época lluviosa de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.

| SISTEMA CALÓRICO  | Época Lluviosa |              |              |             |              |              |              |              |              |              |
|---|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|   | S1             | S2           | S3           | S4          | S5           | S6           | S7           | S8           | S9           | S10          |
| Kcal digestible x unidad                                | 2.93           | 2.99         | 3.01         | 2.92        | 2.99         | 2.87         | 3.01         | 2.96         | 2.93         | 2.94         |
| Porcentaje de energía digestible (%)                    | 83.00          | 83.00        | 83.00        | 83.00       | 83.00        | 83.00        | 83.00        | 83.00        | 83.00        | 83.00        |
| NDT (%)   | 64.52          | 66.25        | 67.78        | 65.08       | 66.42        | 64.18        | 67.67        | 66.69        | 65.66        | 65.79        |
| ED (Kcal/Kg)  | 2.84           | 2.92         | 2.99         | 2.87        | 2.93         | 2.83         | 2.98         | 2.94         | 2.90         | 2.90         |
| EM (Kcal/Kg)  | 2.33           | 2.40         | 2.45         | 2.35        | 2.40         | 2.32         | 2.45         | 2.41         | 2.37         | 2.38         |
| EM (Kcal/Kg)  | 2.42           | 2.50         | 2.57         | 2.45        | 2.51         | 2.41         | 2.56         | 2.52         | 2.47         | 2.48         |
| Requerimiento Energético EM (Kcal/Kg)                   | 32.13          | 27.86        | 33.58        | 27.10       | 30.97        | 30.23        | 33.24        | 30.67        | 27.68        | 26.54        |
| Energía Neta para mantenimiento (Mcal)                  | 9.66           | 8.33         | 9.40         | 9.43        | 9.46         | 9.11         | 8.96         | 8.96         | 8.60         | 8.54         |
| Constante por calorimetría de mantenimiento (Km)        | 0.71           | 0.71         | 0.71         | 0.71        | 0.71         | 0.71         | 0.71         | 0.71         | 0.71         | 0.71         |
| Energía Metabolizable para mantenimiento (Mcal)         | 15.72          | 13.49        | 15.13        | 15.32       | 15.31        | 14.86        | 14.43        | 14.48        | 13.95        | 13.85        |
| Energía metabolizable disponible para producción (Mcal) | 16.40          | 14.37        | 18.44        | 11.78       | 15.66        | 15.37        | 18.80        | 16.19        | 13.73        | 12.69        |
| ENI (Kcal/Kg)   | 1.46           | 1.50         | 1.54         | 1.47        | 1.51         | 1.45         | 1.54         | 1.51         | 1.49         | 1.49         |
| Requerimeinto ENI (Kcal/Kg) fx (F,P,L) leche            | 0.72           | 0.70         | 0.76         | 0.75        | 0.78         | 0.70         | 0.82         | 0.75         | 0.80         | 0.70         |
| Requerimeinto ENI (Kcal/Kg) fx (F,P) leche              | 0.73           | 0.70         | 0.76         | 0.74        | 0.79         | 0.71         | 0.82         | 0.76         | 0.79         | 0.70         |
| Requerimeinto ENI (Kcal/Kg) fx (F) leche                | 0.71           | 0.69         | 0.73         | 0.72        | 0.75         | 0.70         | 0.77         | 0.73         | 0.75         | 0.69         |
| Valor calórico de la leche (Kcal/Kg)                    | 0.76           | 0.73         | 0.77         | 0.76        | 0.78         | 0.74         | 0.81         | 0.76         | 0.79         | 0.74         |
| Eficiencia de producción de la leche (Kcal/Kg)          | 0.59           | 0.59         | 0.60         | 0.59        | 0.59         | 0.59         | 0.60         | 0.59         | 0.59         | 0.59         |
| Energía metabolizable para 1 Kg leche (Mcal)            | 1.29           | 1.23         | 1.29         | 1.28        | 1.32         | 1.25         | 1.36         | 1.28         | 1.34         | 1.25         |
| <b>Producción estimada de leche fx (energía) Kg/día</b> | <b>12.74</b>   | <b>11.65</b> | <b>14.29</b> | <b>9.18</b> | <b>11.89</b> | <b>12.26</b> | <b>13.85</b> | <b>12.62</b> | <b>10.24</b> | <b>10.13</b> |

**Tabla 4A.** Sistema Calórico para la época seca de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.

| SISTEMA CALÓRICO  | Época Seca   |              |              |             |              |              |              |             |             |             |
|---|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|   | S1           | S2           | S3           | S4          | S5           | S6           | S7           | S8          | S9          | S10         |
| Kcal digestible x unidad                                | 3.00         | 3.07         | 2.95         | 2.95        | 3.08         | 2.89         | 2.97         | 2.81        | 2.93        | 2.95        |
| Porcentaje de energía digestible (%)                    | 83.00        | 83.00        | 83.00        | 83.00       | 83.00        | 83.00        | 83.00        | 83.00       | 83.00       | 83.00       |
| NDT (%)   | 66.24        | 68.51        | 66.01        | 66.01       | 67.98        | 64.82        | 66.36        | 63.38       | 65.19       | 66.20       |
| ED (Kcal/Kg)  | 2.92         | 3.02         | 2.91         | 2.91        | 3.00         | 2.86         | 2.93         | 2.79        | 2.87        | 2.92        |
| EM (Kcal/Kg)  | 2.39         | 2.48         | 2.39         | 2.39        | 2.46         | 2.34         | 2.40         | 2.29        | 2.36        | 2.39        |
| EM (Kcal/Kg)  | 2.50         | 2.60         | 2.49         | 2.49        | 2.58         | 2.44         | 2.51         | 2.37        | 2.45        | 2.50        |
| Requerimiento Energético EM (Kcal/Kg)                   | 30.94        | 26.97        | 30.32        | 26.79       | 29.87        | 28.25        | 30.31        | 27.24       | 25.22       | 25.08       |
| Energía Neta para mantenimiento (Mcal)                  | 9.66         | 8.33         | 9.40         | 9.43        | 9.46         | 9.11         | 8.96         | 8.96        | 8.60        | 8.54        |
| Constante por calorimetría de mantenimiento (Km)        | 0.71         | 0.72         | 0.71         | 0.71        | 0.71         | 0.71         | 0.71         | 0.70        | 0.71        | 0.71        |
| Energía Metabolizable para mantenimiento (Mcal)         | 15.63        | 13.38        | 15.22        | 15.28       | 15.23        | 14.82        | 14.50        | 14.65       | 13.97       | 13.83       |
| Energía metabolizable disponible para producción (Mcal) | 15.31        | 13.59        | 15.10        | 11.52       | 14.64        | 13.43        | 15.82        | 12.59       | 11.26       | 11.25       |
| ENI (Kcal/Kg)   | 1.50         | 1.56         | 1.50         | 1.50        | 1.55         | 1.47         | 1.51         | 1.43        | 1.48        | 1.50        |
| Requerimiento ENI (Kcal/Kg) fx (F,P,L) leche            | 0.72         | 0.70         | 0.76         | 0.75        | 0.78         | 0.70         | 0.82         | 0.75        | 0.80        | 0.70        |
| Requerimiento ENI (Kcal/Kg) fx (F,P) leche              | 0.73         | 0.70         | 0.76         | 0.74        | 0.79         | 0.71         | 0.82         | 0.76        | 0.79        | 0.70        |
| Requerimiento ENI (Kcal/Kg) fx (F) leche                | 0.71         | 0.69         | 0.73         | 0.72        | 0.75         | 0.70         | 0.77         | 0.73        | 0.75        | 0.69        |
| Valor calórico de la leche (Kcal/Kg)                    | 0.76         | 0.73         | 0.77         | 0.76        | 0.78         | 0.74         | 0.81         | 0.76        | 0.79        | 0.74        |
| Eficiencia de producción de la leche (Kcal/Kg)          | 0.59         | 0.60         | 0.59         | 0.59        | 0.60         | 0.59         | 0.59         | 0.59        | 0.59        | 0.59        |
| Energía metabolizable para 1 Kg leche (Mcal)            | 1.28         | 1.22         | 1.30         | 1.28        | 1.31         | 1.25         | 1.36         | 1.30        | 1.34        | 1.25        |
| <b>Producción estimada de leche fx (energía) Kg/día</b> | <b>11.96</b> | <b>11.10</b> | <b>11.63</b> | <b>9.00</b> | <b>11.17</b> | <b>10.73</b> | <b>11.60</b> | <b>9.71</b> | <b>8.38</b> | <b>8.99</b> |

**Tabla 5A.** Sistema Proteico para la época lluviosa de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.

| SISTEMA PROTEICO   | Época Lluviosa |              |             |             |              |             |             |             |             |             |
|--|----------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | S1             | S2           | S3          | S4          | S5           | S6          | S7          | S8          | S9          | S10         |
| Materia seca indigestible (IDMS)                               | 5.31           | 2.52         | 6.28        | 4.76        | 4.76         | 5.92        | 5.07        | 4.81        | 4.80        | 4.83        |
| Proteína metabólica fecal (MFP) g/día                          | 360.92         | 171.42       | 427.30      | 323.99      | 323.42       | 402.46      | 345.09      | 327.35      | 326.26      | 328.40      |
| Proteína urinaria endógena (EUP) g/día                         | 274.63         | 236.93       | 267.22      | 268.15      | 269.08       | 259.16      | 254.80      | 254.80      | 244.53      | 242.93      |
| Proteína superficial (pelos, pezuñas, cuernos etc), g/día (SP) | 15.36          | 13.25        | 14.95       | 15.00       | 15.05        | 14.50       | 14.25       | 14.25       | 13.68       | 13.59       |
| Requerimiento total de proteína neta, g/día (NP)               | 650.90         | 421.60       | 709.47      | 607.14      | 607.55       | 676.12      | 614.14      | 596.40      | 584.46      | 584.92      |
| Índice de calidad de proteína (PQI)                            | 0.68           | 0.68         | 0.68        | 0.68        | 0.68         | 0.68        | 0.68        | 0.68        | 0.68        | 0.68        |
| Requerimiento total de proteína metabolizable (g) (MP)         | 951.61         | 616.37       | 1037.23     | 887.63      | 888.23       | 988.48      | 897.87      | 871.94      | 854.48      | 855.15      |
| Requerimiento total de proteína cruda, g (CP)                  | 1119.54        | 725.14       | 1220.27     | 1044.27     | 1044.98      | 1162.92     | 1056.32     | 1025.81     | 1005.27     | 1006.06     |
| Consumo de proteína cruda, g (PCc)                             | 2277.50        | 1803.24      | 1537.28     | 1473.29     | 1830.31      | 1481.49     | 1518.43     | 1353.37     | 1303.09     | 1415.13     |
| <b>Proteína disponible para producción de leche, g (PDPI)</b>  | 1157.96        | 1078.10      | 317.01      | 429.02      | 785.33       | 318.56      | 462.11      | 327.56      | 297.82      | 409.07      |
| Proteína neta por kg de leche, g (PN11)                        | 34.00          | 31.90        | 35.90       | 34.70       | 37.70        | 32.50       | 39.80       | 36.00       | 38.00       | 31.90       |
| <b>Proteína metabolizable por kg de leche, g (PM11)</b>        | 51.17          | 51.17        | 51.17       | 51.17       | 51.17        | 51.17       | 51.17       | 51.17       | 51.17       | 51.17       |
| Proteína cruda por kg de leche, g (PC11)                       | 60.20          | 60.20        | 60.20       | 60.20       | 60.20        | 60.20       | 60.20       | 60.20       | 60.20       | 60.20       |
| <b>Producción de leche por proteína, kg</b>                    | 19.24          | 17.91        | 5.27        | 7.13        | 13.05        | 5.29        | 7.68        | 5.44        | 4.95        | 6.80        |
| <b>Producción estimada de leche fx (energía) Kg/día</b>        | <b>12.74</b>   | <b>11.65</b> | <b>5.27</b> | <b>7.13</b> | <b>11.89</b> | <b>5.29</b> | <b>7.68</b> | <b>5.44</b> | <b>4.95</b> | <b>6.80</b> |

**Tabla 6A.** Sistema Proteico para la época seca de cada sistema de producción de la raza Fleckvieh evaluado en la región Amazonas.

| SISTEMA PROTEICO   | Época Seca   |             |             |             |                  |             |             |             |             |             |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | S1           | S2          | S3          | S4          | S5               | S6          | S7          | S8          | S9          | S10         |
| Materia seca indigestible (IDMS)                               | 4.05         | 4.08        | 4.92        | 5.13        | 4.16             | 5.29        | 5.75        | 4.78        | 3.98        | 3.99        |
| Proteína metabólica fecal (MFP) g/día                          | 275.15       | 277.56      | 334.28      | 348.87      | 283.19           | 359.76      | 391.30      | 324.73      | 270.36      | 271.57      |
| Proteína urinaria endógena (EUP) g/día                         | 274.63       | 236.93      | 267.22      | 268.15      | 269.08           | 259.16      | 254.80      | 254.80      | 244.53      | 242.93      |
| Proteína superficial (pelos, pezuñas, cuernos etc), g/día (SP) | 15.36        | 13.25       | 14.95       | 15.00       | 15.05            | 14.50       | 14.25       | 14.25       | 13.68       | 13.59       |
| Requerimiento total de proteína neta, g/día (NP)               | 565.13       | 527.74      | 616.45      | 632.02      | 567.32           | 633.42      | 660.35      | 593.78      | 528.56      | 528.09      |
| Índice de calidad de proteína (PQI)                            | 0.68         | 0.68        | 0.68        | 0.68        | 0.68             | 0.68        | 0.68        | 0.68        | 0.68        | 0.68        |
| Requerimiento total de proteína metabolizable (g) (MP)         | 826.22       | 771.55      | 901.24      | 924.01      | 829.42           | 926.06      | 965.43      | 868.10      | 772.75      | 772.07      |
| Requerimiento total de proteína cruda, g (CP)                  | 972.02       | 907.70      | 1060.2<br>8 | 1087.0<br>6 | 975.79           | 1089.4<br>8 | 1135.8<br>0 | 1021.3<br>0 | 909.12      | 908.31      |
| Consumo de proteína cruda, g (PCc)                             | 2111.5       | 1453.8      | 1606.0      | 1419.0      | 2054.3           | 1381.1      | 1599.7      | 1141.1      | 1513.6      | 1265.5      |
| <b>Proteína disponible para producción de leche, g (PDPI)</b>  | 1<br>9       | 4<br>546.13 | 6<br>545.78 | 7<br>332.00 | 5<br>1078.5<br>6 | 5<br>291.67 | 3<br>463.94 | 0<br>119.80 | 4<br>604.52 | 7<br>357.25 |
| Proteína neta por kg de leche, g (PN11)                        | 34.00        | 31.90       | 35.90       | 34.70       | 37.70            | 32.50       | 39.80       | 36.00       | 38.00       | 31.90       |
| <b>Proteína metabolizable por kg de leche, g (PM11)</b>        | 51.17        | 51.17       | 51.17       | 51.17       | 51.17            | 51.17       | 51.17       | 51.17       | 51.17       | 51.17       |
| Proteína cruda por kg de leche, g (PC11)                       | 60.20        | 60.20       | 60.20       | 60.20       | 60.20            | 60.20       | 60.20       | 60.20       | 60.20       | 60.20       |
| <b>Producción de leche por proteína, kg</b>                    | 18.93        | 9.07        | 9.07        | 5.52        | 17.92            | 4.85        | 7.71        | 1.99        | 10.04       | 5.93        |
| <b>Producción estimada de leche fx (energía) Kg/día</b>        | <b>11.96</b> | <b>9.07</b> | <b>9.07</b> | <b>5.52</b> | <b>11.17</b>     | <b>4.85</b> | <b>7.71</b> | <b>1.99</b> | <b>8.38</b> | <b>5.93</b> |

**Tabla 7A.** Emisión total estimada de metano (kg de CO<sub>2</sub>-eq) para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP (Global Warming Potential) y GTP (Global Total Potential) en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

| SISTEMA      | Global Warming Potential |                  | Global Total Potential |                 |
|--------------|--------------------------|------------------|------------------------|-----------------|
|              | Época Lluviosa           | Época Seca       | Época Lluviosa         | Época Seca      |
| S1           | 40440.13                 | 31191.77         | 6470.42                | 4990.68         |
| S2           | 8433.62                  | 17504.01         | 1349.38                | 2800.64         |
| S3           | 75639.42                 | 61695.99         | 12102.31               | 9871.36         |
| S4           | 33580.24                 | 37815.62         | 5372.84                | 6050.50         |
| S5           | 99357.49                 | 90683.30         | 15897.20               | 14509.33        |
| S6           | 53920.26                 | 51754.81         | 8627.24                | 8280.77         |
| S7           | 15140.08                 | 19220.48         | 2422.41                | 3075.28         |
| S8           | 48012.08                 | 51640.91         | 7681.93                | 8262.55         |
| S9           | 130115.19                | 114891.53        | 20818.43               | 18382.64        |
| S10          | 55384.75                 | 47488.24         | 8861.56                | 7598.12         |
| <b>Total</b> | <b>560023.27</b>         | <b>523886.65</b> | <b>89603.72</b>        | <b>83821.86</b> |

**Tabla 8A.** Emisión total estimada de óxido nitroso (kg de CO<sub>2</sub>-eq) para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP y GTP en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

| SISTEMA      | Global Warming Potential |                   | Global Total Potential |                   |
|--------------|--------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
|              | Época Lluviosa           | Época Seca        | Época Lluviosa         | Época Seca        |
| S1           | 493453.50                | 426858.78         | 387476.91              | 335184.41         |
| S2           | 164555.74                | 207328.59         | 129214.91              | 162801.65         |
| S3           | 841399.09                | 728708.05         | 660695.93              | 572206.99         |
| S4           | 358876.33                | 373957.61         | 281802.22              | 293644.56         |
| S5           | 1217623.60               | 1134954.53        | 956120.55              | 891205.90         |
| S6           | 595839.54                | 557384.42         | 467874.00              | 437677.70         |
| S7           | 195271.31                | 210312.95         | 153333.85              | 165145.07         |
| S8           | 591462.44                | 588799.04         | 464436.95              | 462345.56         |
| S9           | 1479178.04               | 1334312.77        | 1161502.22             | 1047748.95        |
| S10          | 597006.61                | 537623.75         | 468790.42              | 422160.93         |
| <b>Total</b> | <b>6534666.20</b>        | <b>6100240.48</b> | <b>5131247.96</b>      | <b>4790121.72</b> |

**Tabla 9A.** Emisión total estimada de GEI (kg de CO<sub>2</sub>-eq) para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP y GTP en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

| SISTEMA      | Global Warming Potential |                   | Global Total Potential |                   |
|--------------|--------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
|              | Época Lluviosa           | Época Seca        | Época Lluviosa         | Época Seca        |
| S1           | 533893.63                | 458050.55         | 393947.33              | 340175.09         |
| S2           | 172989.36                | 224832.60         | 130564.29              | 165602.29         |
| S3           | 917038.51                | 790404.03         | 672798.23              | 582078.35         |
| S4           | 392456.57                | 411773.22         | 287175.06              | 299695.06         |
| S5           | 1316981.10               | 1225637.83        | 972017.75              | 905715.23         |
| S6           | 649759.79                | 609139.23         | 476501.24              | 445958.47         |
| S7           | 210411.40                | 229533.43         | 155756.26              | 168220.34         |
| S8           | 639474.52                | 640439.95         | 472118.88              | 470608.10         |
| S9           | 1609293.23               | 1449204.30        | 1182320.65             | 1066131.60        |
| S10          | 652391.36                | 585111.99         | 477651.98              | 429759.05         |
| <b>Total</b> | <b>7094689.47</b>        | <b>5220851.68</b> | <b>6624127.13</b>      | <b>4873943.59</b> |

**Tabla 10A.** Emisión total de CO<sub>2</sub>-eq/litro de leche/sistema para la Época Lluviosa (ELL) y la Época Seca (ES), según GWP y GTP en cada sistema de producción de la raza Fleckvieh, de la región Amazonas.

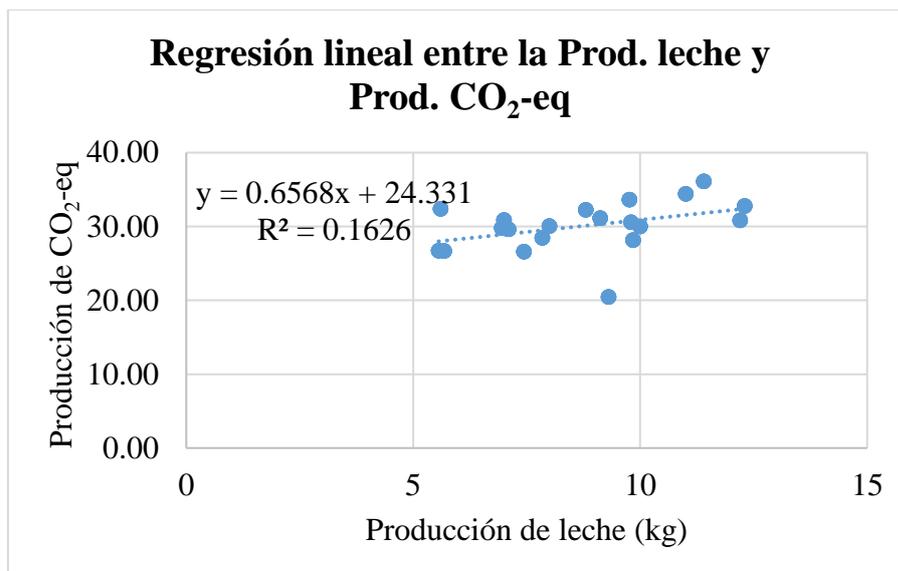
| SISTEMA | Global Warming Potential |            | Global Total Potential |            |
|---------|--------------------------|------------|------------------------|------------|
|         | Época Lluviosa           | Época Seca | Época Lluviosa         | Época Seca |
| S1      | 2.67                     | 2.86       | 1.97                   | 2.12       |
| S2      | 2.20                     | 3.58       | 1.66                   | 2.63       |
| S3      | 3.15                     | 3.40       | 2.31                   | 2.50       |
| S4      | 4.39                     | 5.75       | 3.21                   | 4.19       |
| S5      | 3.11                     | 3.62       | 2.29                   | 2.67       |
| S6      | 3.12                     | 3.65       | 2.29                   | 2.67       |
| S7      | 2.53                     | 3.45       | 1.87                   | 2.53       |
| S8      | 3.00                     | 3.76       | 2.22                   | 2.76       |
| S9      | 4.18                     | 4.70       | 3.07                   | 3.46       |
| S10     | 4.28                     | 4.80       | 3.14                   | 3.53       |

**Tabla 11A.** Tabla de datos para la estimación de la regresión lineal entre la producción de leche (kg) y la producción de CO<sub>2</sub>-eq (kg), en la región Amazonas.

| <b>MESES</b> | <b>Prod. Leche</b> | <b>Prod CO<sub>2</sub>-eq</b> |
|--------------|--------------------|-------------------------------|
| ENE          | 12.3               | 32.79                         |
| FEB          | 12.3               | 32.79                         |
| MAR          | 12.3               | 32.79                         |
| ABR          | 12.3               | 32.79                         |
| MAY          | 9.84               | 28.13                         |
| JUN          | 9.84               | 28.13                         |
| JUL          | 9.84               | 28.13                         |
| AGO          | 9.84               | 28.13                         |
| SET          | 9.84               | 28.13                         |
| OCT          | 9.84               | 28.13                         |
| NOV          | 12.3               | 32.79                         |
| DIC          | 12.3               | 32.79                         |
| ENE          | 9.3                | 20.47                         |
| FEB          | 9.3                | 20.47                         |
| MAR          | 9.3                | 20.47                         |
| ABR          | 9.3                | 20.47                         |
| MAY          | 7.44               | 26.60                         |
| JUN          | 7.44               | 26.60                         |
| JUL          | 7.44               | 26.60                         |
| AGO          | 7.44               | 26.60                         |
| SET          | 7.44               | 26.60                         |
| OCT          | 7.44               | 26.60                         |
| NOV          | 9.3                | 20.47                         |
| DIC          | 9.3                | 20.47                         |
| ENE          | 11.4               | 36.09                         |
| FEB          | 11.4               | 36.09                         |
| MAR          | 11.4               | 36.09                         |
| ABR          | 11.4               | 36.09                         |
| MAY          | 9.12               | 31.11                         |
| JUN          | 9.12               | 31.11                         |
| JUL          | 9.12               | 31.11                         |
| AGO          | 9.12               | 31.11                         |
| SET          | 9.12               | 31.11                         |
| OCT          | 9.12               | 31.11                         |
| NOV          | 11.4               | 36.09                         |
| DIC          | 11.4               | 36.09                         |
| ENE          | 7                  | 30.87                         |
| FEB          | 7                  | 30.87                         |
| MAR          | 7                  | 30.87                         |

|       |      |       |
|-------|------|-------|
| ABR   | 7    | 30.87 |
| MAY   | 5.6  | 32.39 |
| JUN   | 5.6  | 32.39 |
| JUL   | 5.6  | 32.39 |
| AGO   | 5.6  | 32.39 |
| SET   | 5.6  | 32.39 |
| OCT   | 5.6  | 32.39 |
| NOV   | 7    | 30.87 |
| DIC   | 7    | 30.87 |
| <hr/> |      |       |
| ENE   | 9.8  | 30.56 |
| FEB   | 9.8  | 30.56 |
| MAR   | 9.8  | 30.56 |
| ABR   | 9.8  | 30.56 |
| MAY   | 7.84 | 28.44 |
| JUN   | 7.84 | 28.44 |
| JUL   | 7.84 | 28.44 |
| AGO   | 7.84 | 28.44 |
| SET   | 7.84 | 28.44 |
| OCT   | 7.84 | 28.44 |
| NOV   | 9.8  | 30.56 |
| DIC   | 9.8  | 30.56 |
| <hr/> |      |       |
| ENE   | 11   | 34.40 |
| FEB   | 11   | 34.40 |
| MAR   | 11   | 34.40 |
| ABR   | 11   | 34.40 |
| MAY   | 8.8  | 32.25 |
| JUN   | 8.8  | 32.25 |
| JUL   | 8.8  | 32.25 |
| AGO   | 8.8  | 32.25 |
| SET   | 8.8  | 32.25 |
| OCT   | 8.8  | 32.25 |
| NOV   | 11   | 34.40 |
| DIC   | 11   | 34.40 |
| <hr/> |      |       |
| ENE   | 12.2 | 30.82 |
| FEB   | 12.2 | 30.82 |
| MAR   | 12.2 | 30.82 |
| ABR   | 12.2 | 30.82 |
| MAY   | 9.76 | 33.62 |
| JUN   | 9.76 | 33.62 |
| JUL   | 9.76 | 33.62 |
| AGO   | 9.76 | 33.62 |
| SET   | 9.76 | 33.62 |
| OCT   | 9.76 | 33.62 |
| NOV   | 12.2 | 30.82 |

|     |      |       |
|-----|------|-------|
| DIC | 12.2 | 30.82 |
| ENE | 10   | 30.01 |
| FEB | 10   | 30.01 |
| MAR | 10   | 30.01 |
| ABR | 10   | 30.01 |
| MAY | 8    | 30.06 |
| JUN | 8    | 30.06 |
| JUL | 8    | 30.06 |
| AGO | 8    | 30.06 |
| SET | 8    | 30.06 |
| OCT | 8    | 30.06 |
| NOV | 10   | 30.01 |
| DIC | 10   | 30.01 |
| ENE | 7.1  | 29.61 |
| FEB | 7.1  | 29.61 |
| MAR | 7.1  | 29.61 |
| ABR | 7.1  | 29.61 |
| MAY | 5.68 | 26.66 |
| JUN | 5.68 | 26.66 |
| JUL | 5.68 | 26.66 |
| AGO | 5.68 | 26.66 |
| SET | 5.68 | 26.66 |
| OCT | 5.68 | 26.66 |
| NOV | 7.1  | 29.61 |
| DIC | 7.1  | 29.61 |
| ENE | 6.95 | 29.77 |
| FEB | 6.95 | 29.77 |
| MAR | 6.95 | 29.77 |
| ABR | 6.95 | 29.77 |
| MAY | 5.56 | 26.70 |
| JUN | 5.56 | 26.70 |
| JUL | 5.56 | 26.70 |
| AGO | 5.56 | 26.70 |
| SET | 5.56 | 26.70 |
| OCT | 5.56 | 26.70 |
| NOV | 6.95 | 29.77 |
| DIC | 6.95 | 29.77 |



**Figura 1A.** Estimación de la ecuación de regresión lineal simple entre las variables: producción de CO<sub>2</sub>-eq y producción de leche, para la región Amazonas.

### PANEL FOTOGRÁFICO



**Foto 01:** Realizando encuesta al señor Gilberto García González en el distrito de Yambrasbamba, provincia de Bongará.



**Foto 02:** Realizando encuesta al señor Segundo Idrogo Vásquez en el centro poblado de Rosapampa, distrito de Bagua grande, provincia de Utcubamba.



**Foto 03:** Realizando encuesta a la señora Mávila Suta Montenegro en el distrito de Soloco, en la provincia de Chachapoyas.



**Foto 04:** Realizando trabajo de campo en el fundo del señor Simeón Vásquez Flores, del anexo de San Lorenzo, distrito de La Florida, provincia de Bongará.



**Figura 05:** Realizando trabajo de campo en el fundo del señor Efraín Frías Guevara en el distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza.



**Figura 06:** Efectuando trabajo de campo en el fundo del señor Pepe Goñas Galo en el distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas.



**Figura 07:** Ejecutando trabajo de campo en el fundo del señor Cesar Julio Acosta Torres en el distrito de Limabamba, provincia de Rodríguez de Mendoza.



**Figura 08:** Realizando secado de muestras de pasto en estufa, en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de los Alimentos, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).



**Figura 09:** Efectuando molienda de muestras sacadas de la estufa para su análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de los Alimentos, de la UNTRM.



**Figura 10:** Realizando sellado de bolsas con las muestras respectivas para su análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de los Alimentos, de la UNTRM.



**Figura 11:** Cumpliendo con el proceso de extracción de grasa para determinación del porcentaje de grasa de las muestras, en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de los Alimentos, de la UNTRM.



**Figura 12:** Ejecutando el proceso para determinación del porcentaje de proteína de las muestras, mediante equipo Kjeldahl en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de los Alimentos, de la UNTRM.



**Figura 13:** Efectuando el proceso de liofilización para las muestras de leche, en el equipo liofilizador Freezone del Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal, de la UNTRM.