

MINISTERIO DE
AGRICULTURA Y GANADERÍA

MINISTERIO DEL
AMBIENTE



GANADERÍA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE
INTEGRANDO LA REVERSIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE
TIERRAS Y REDUCIENDO LOS RIESGOS DE
DESERTIFICACIÓN EN PROVINCIAS VULNERABLES



DOCUMENTO TÉCNICO

HERRAMIENTA DE CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DIRECTAS DE GASES DE
EFECTO INVERNADERO EN SISTEMAS GANADEROS DEL ECUADOR

NIVEL DE FINCA

Descripción del modelo y guía de usuario

(versión R)

https://github.com/FAO-EC/Farm_livestock_direct_emissions_Ecuador

Quito, Ecuador

Noviembre, 2019

Proyecto: GCP/ECU/085/GFF – GCPECU/092/SCF

Ganadería Climáticamente Inteligente

Integrando la Reversión de Degradación de Tierras y Reducción del Riesgo de Desertificación en Provincias Vulnerables



Ejecutado por el Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

MINISTERIO DE
AGRICULTURA Y GANADERÍA

MINISTERIO DEL
AMBIENTE



Documento Técnico: herramienta de cuantificación de emisiones directas de gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos.

Elaborado por:

Armando Rivera Moncada (Técnico SIG- Proyecto GCI)

Email: armando.d.rivera@outlook.com

Revisado por:

Juan Merino (Coordinador Nacional del Proyecto GCI)

Jonathan Torres Celi (Asistente Técnico del Proyecto GCI)

Pamela Sangoluisa (Especialista en Mitigación del Proyecto GCI)

Quito, noviembre de 2019

CONTENIDO

1.1. INTRODUCCIÓN	4
1.2. ESTRUCTURA DEL MODELO	5
1.3. DATOS DE ENTRADA	5
1.3.1. DATOS DE LA FINCA: input_farm_data.csv	6
1.3.2. PASTO PRINCIPAL: input_pasture_main_list.csv	9
1.3.3. MEZCLAS FORRAJERAS: input_pasture_mixture_list.csv	10
1.3.4. PASTO DE CORTE: input_pasture_cut_list.csv	10
1.3.5. ALIMENTACIÓN COMPLEMENTARIA: input_feed_supplements_list.csv	10
1.4. PROCESAMIENTO DE DATOS	11
1.4.1. CONSIDERACIONES DEL CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL HATO.	11
1.4.2. CORRER EL MODELO.	14
1.5. RESULTADOS	15
1.6. HERRAMIENTA WEB	16
1.7. REFERENCIAS	17

ACRÓNIMOS

GEI	Gases de efecto invernadero
GCI	Ganadería Climáticamente Inteligente
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
PGCI	Proyecto de Ganadería Climáticamente Inteligente
SIG	Sistemas de Información Geográfica

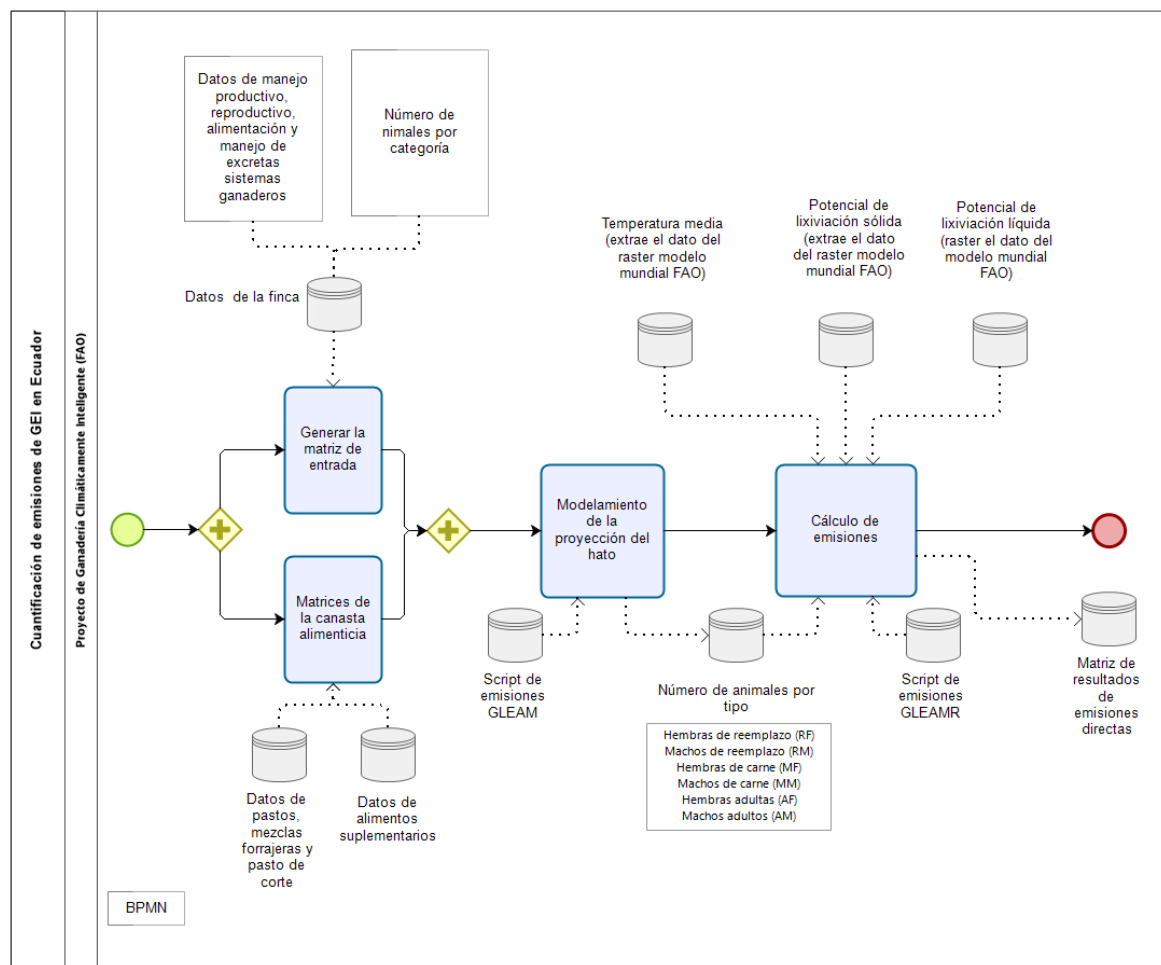
1.1. INTRODUCCIÓN

El proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente (GCI) es una iniciativa implementada en conjunto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación FAO, el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura con el financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente GEF. El objetivo del proyecto es reducir la degradación de la tierra e incrementar la capacidad de adaptación al cambio climático y de reducción de emisiones de GEI, a través de la implementación de políticas intersectoriales y técnicas de ganadería sostenible, con particular atención en las provincias vulnerables. Entre sus componentes se destacan el implementar estrategias de transferencia, difusión e implementación de tecnologías para el manejo ganadero climáticamente inteligente (MGCI) y el monitoreo de las emisiones de GEI y de la capacidad adaptativa en el sector ganadero.

Los gases de efecto invernadero de la actividad ganadera se estiman en 7.1 millones de Gg de CO₂-eq al año, lo cual representa cerca del 14% de las emisiones antropogénicas a nivel mundial (FAO, 2017a). Esta actividad es considerada una de las mayores fuentes de emisión en los sistemas agropecuarios. Ante esto, la FAO ha desarrollado un modelo de simulación de la actividad ganadera, Modelo Global de Evaluación Ambiental de la Ganadería (GLEAM, por sus siglas en inglés), para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en las diferentes etapas de producción de esta actividad. El modelo utiliza datos de distribución ganadera, alimentación, datos climáticos, localización y manejo productivo para identificar la interacción entre la actividad ganadera y su impacto en el medio ambiente (FAO, 2017b).

El proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente ha implementado 165 fincas piloto en las zonas de intervención, en las cuales ha implementado buenas prácticas ganaderas con el fin de evaluar junto a los productores los beneficios productivos. Además, las fincas sirven como fuente de información continua, en la cual se levantan datos productivos y de manejo para los reportes de mitigación y adaptación que genera el proyecto. En este ámbito, se ha desarrollado una herramienta en R que automatiza los procesos del Modelo GLEAM, adaptándola a las condiciones de Ecuador. El software permite estimar las emisiones directas (provenientes del ganado) de gases de efecto invernadero (metano y óxido nitroso) de los procesos de fermentación entérica en los animales y del proceso de manejo de las excretas. Esta herramienta fue adaptada a nivel de finca a fin de incorporar los datos de las 165 fincas piloto y generar modelos de impacto durante el tiempo de intervención del proyecto.

1.2. ESTRUCTURA DEL MODELO



1.3. DATOS DE ENTRADA

El segmento del modelo GLEAM utilizado en este ejercicio usa varios parámetros del sistema productivo ganadero bovino para estimar productividad y emisiones directas (CH₄ de la fermentación entérica, CH₄ del manejo de excretas, N₂O del manejo de excretas y N₂O de las excretas dejadas en la pastura). Se analizaron los 4 primeros capítulos del documento GLEAM 2.0 y se determinaron las características de los datos requeridos en cada fórmula. El análisis se lo realizó tomando en cuenta la región en la que está ubicada la finca (costa, sierra y amazonía) y en los dos sistemas productivos: Carne y Leche.

El modelo usa varias matrices de entrada que agrupan los datos del manejo del hato y alimentación requeridos en la construcción de las variables que se usarán en el módulo GLEAM. Los datos de entrada se simplificaron a fin de que sean de fácil entendimiento y fáciles de levantar en una finca mediante una encuesta.

1.3.1. DATOS DE LA FINCA: input_farm_data.csv

La matriz input_farm_data incluye datos de manejo del hato bovino tales como: ubicación de la finca, datos productivos, datos de los pastos y manejo de las excretas.

**Los datos ingresados deben ser el promedio de un año calendario.*

1.3.1.1. Datos generales:

Variable	Descripción
fecha	Año de evaluación. Se puede incluir una fecha específica o período
finca	Nombre de la finca
Latitud	Coordenada latitud de la ubicación de la finca*
Longitud	Coordenada longitud de la ubicación de la finca*
producto	Tipo de producción, opciones: Carne, Leche**
sistema_productivo	Tipo de sistema productivo, opciones: Marginal, Mercantil, Combinado, Empresarial***

* Las coordenadas geográficas son necesarias, ya que los datos de temperatura y lixiviación se extraen con estos datos

**Escribir una sola opción. Debe ser escrita conservando el formato, es decir la primera letra en mayúsculas y el resto en minúsculas.

***Escribir una sola opción. Debe ser escrita conservando el formato, es decir la primera letra en mayúsculas y el resto en minúsculas. Los sistemas se basan en la Metodología de valoración de tierras rurales (MAGAP & PRAT, 2008): Marginal (prácticas de manejo tradicionales, principal fuente de ingresos no proviene de la finca, genera pocos excedentes para la venta de productos), Mercantil (los productos generados en la finca son comercializados constantemente, la principal fuerza de trabajo en la finca es familiar, bajo en nivel de tecnificación), Combinado (semi-tecnificado, la principal fuerza de trabajo en la finca es asalariada, los productos generados en la finca son comercializados constantemente), Empresarial (altamente tecnificado, la principal fuerza de trabajo en la finca es permanente y asalariada, producción destinada a la agroindustria y mercado de exportación)

1.3.1.2. Datos del hato: Número de animales por categoría

Variable	Descripción
vacas	Número de hembras adultas (mayores a 2 años) que se tuvo en el año, incluidas en producción y secas*
vacas_produccion	Número de hembras adultas que estén produciendo leche*
vaconas	Número de hembras entre 1 y 2 años
terneras	Número de hembras menores a 1 año
toros	Número de machos adultos (mayores a 2 años)
toretas	Número de machos entre 1 y 2 años
terneros	Número de machos menores a 1 año

* El número promedio total animales que se tuvo durante el año de evaluación, sin incluir animales que se vendieron, descartaron o que murieron.

1.3.1.3. Datos del hato: Parámetros de mortalidad y salida de animales

Variable	Descripción
vacas_muertas	Número de vacas que murieron en el año
terneras_muertas	Número de terneras que murieron en el año
toros_muertos	Número de toros que murieron en el año
terneros_muertos	Número de terneros que murieron en el año
vacas_faenadas	Número de vacas que se faenaron en el año
vacas_vendidas	Número de vacas que se vendieron en el año
toros_faenados	Número de toros que se faenaron en el año
toros_vendidos	Número de toros que se vendieron en el año

* El número total de animales que salieron durante el año de evaluación.

1.3.1.4. Datos del hato: Parámetros de fertilidad y pesos

Variable	Descripción
partos_totales	Número de partos totales que hubo en el hato
edad_primer_parto_meses	Edad promedio en meses que las vacas tienen su primer parto**
peso_vacas	Peso promedio en kg de las vacas*
peso_terneras	Peso promedio en kg de las terneras al nacimiento*
peso_toros	Peso promedio en kg de los toros*
peso_terneros	Peso promedio en kg de los terneros al nacimiento*
peso_sacrificio_vaconas	Peso promedio en kg de las vaconas al sacrificio o venta*
peso_sacrificio_toretas	Peso promedio en kg de los toretes al sacrificio o venta*

*Todos los pesos se ingresan en kilogramos.

**Edades y período se ingresan en meses.

1.3.1.5. Datos del hato: Parámetros productivos

Variable	Descripción
grasa_leche	Porcentaje de grasa en la leche*
proteina_leche	Porcentaje de proteína en la leche**
produccion_leche_litro_animal_dia	Producción de leche promedio en litros por animal por día
periodo_lactancia_meses	Período de lactancia promedio***

*Valores por defecto: región costa = 3.98, región sierra = 3.72, región amazónica = 3.17

**Valores por defecto: región costa = 3.42, región sierra = 3.01, región amazónica = 2.91

***Edades y período se ingresan en meses.

1.3.1.6. Datos de la finca: Alimentación

Variable	Descripción
superficie_pastos_ha	Superficie de pastos que posee en la finca en hectáreas
edad_pasto_vacas	Edad del pasto principal (de existir), cuando las vacas entran en los potreros, opciones: 1, 2, 3*
edad_pasto_otros	Edad del pasto principal (de existir), cuando las otras categorías de animales (vaconas, toros, toretes) entran en los potreros, opciones: 1, 2, 3*
superficie_mezclas	Superficie de mezclas forrajeras que posee en la finca en hectáreas**
pasto_corte_vaca_kg	Kilogramos de pasto fresco de corte que se le da en promedio a cada vaca al día (kilogramos por animal por día)***
pasto_corte_otros_kg	Kilogramos de pasto fresco de corte que se le da en promedio a cada animal de las otras categorías de animales (vaconas, toros, toretes) al día (kilogramos por animal por día)***

*Escribir una sola opción. 1 = 0 – 25 días, 2 = 26 a 50 días, 3 = más de 50 días. El pasto principal se define en la matriz input_pasture_main_list, la cual se describe en la sección 1.2.2.

** Los pastos de las mezclas forrajeras se definen en la matriz input_pasture_mixture_list. Ver sección 1.2.3. De no existir mezclas forrajeras, colocar el valor cero.

*** Los pastos de corte se define en la matriz input_pasture_cut_list que se describe en la sección 1.2.4. Si no hay pastos de corte, colocar cero

1.3.1.7. Datos de la finca: Manejo de excretas

Variables	Descripción
excretas_sin_manejo	Porcentaje de las excretas que son dejadas en los potreros sin manejo
excretas_dispersion_diaria	Porcentaje de las excretas que son dispersadas diariamente en los potreros
excretas_liquido_fango	Porcentaje de las excretas que es almacenado con un mínimo agregado de agua fuera del lugar en el que están los animales, usualmente por períodos menores a un año
excretas_compostaje	Porcentaje de las excretas que se utiliza para la fabricación de abonos orgánicos con volteo frecuente para mezclado y aireación
excretas_digestor_anaerobico	Porcentaje de las excretas que se recogen en un tanque contenedor o laguna cubierta de manera anaeróbica (sin presencia de aire). Por lo general, los digestores se diseñan para descomponer los desechos, produciendo biogas que es capturado y usado como combustible
excretas_lote_secado	Porcentaje de las excretas que se acumulan en un área abierta sin cobertura vegetal
excretas_almacenamiento_solido	Porcentaje de las excretas que se almacena en camas, típicamente por un período de varios meses. El estiércol se puede apilar debido a la presencia de una cantidad suficiente de material de cama o la pérdida de humedad por evaporación.
excretas_laguna_anaerobica	Porcentaje de las excretas que se almacenan de forma líquida en lagunas diseñadas para estabilizar los residuos y el almacenar. El almacenamiento es por largos períodos de un año o más. El líquido de la laguna es utilizado como fertilizante.
excretas_incinera	Porcentaje de las excretas que se secan y se queman como combustible.

* La suma de los porcentajes del manejo de las excretas debe sumar 100.

1.3.2. PASTO PRINCIPAL: input_pature_main_list.csv

La matriz input_pature_main_list debe contener la lista de los pastos principales que tienen mayor presencia en la finca. La tabla 1 muestra los datos de los principales pastos que se encuentran en el Ecuador. Los datos que se muestran en el listado fueron recopilados de diferentes fuentes literarias, con la colaboración de personal de la Subsecretaría de Ganadería del Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

- digestibility_percentage_min: Es el porcentaje mínimo de digestibilidad asociado al pasto.
- digestibility_percentage_max: Es el porcentaje máximo de digestibilidad asociado al pasto.
- nitrogen_content_min: Es el contenido máximo de nitrógeno (gramos de nitrógeno / kg materia seca) del pasto.
- nitrogen_content_max: Es el contenido máximo de nitrógeno (gramos de nitrógeno / kg materia seca) del pasto.

Tabla1: Porcentaje de digestibilidad y contenido de nitrógeno de los principales pastos de Ecuador

id	name	digestibility_percentage_min	digestibility_percentage_max	nitrogen_content_min	nitrogen_content_max
1	ninguno	33.00	33.00	19	19
2	Achicoria	61.78	61.78	19	19
3	Alfalfa	68.84	68.84	19	19
4	Brachiarias	46.95	72.10	19	19
5	Estrella	33.00	70.00	19	19
6	Festuca	66.50	66.50	19	19
7	Gramalote	51.46	58.90	19	19
8	Kikuyo	42.20	65.90	19	19
9	King grass	46.32	72.70	19	19
10	Llantén	56.64	59.67	19	19
11	Maní forrajero	52.65	64.87	19	19
12	Maralfalfa	60.29	74.14	19	19
13	Pasto azul	49.41	56.64	19	19
14	Pasto miel	55.70	69.30	19	19
15	Rye grass	49.51	69.75	19	19
16	Saboya	50.20	70.00	19	19
17	Trébol blanco	51.16	74.70	19	19
18	Trébol rojo	61.32	66.78	19	19

*En caso de poseer datos específicos de digestibilidad y contenido de nitrógeno del pasto principal de una finca, se debe colocar el mismo valor en máximo y mínimo.

Se recomienda colocar un solo pasto en este listado, pero de ser necesario, se puede colocar varios pastos que estén presentes en la finca.

1.3.3. MEZCLAS FORRAJERAS: [input_pasture_mixture_list.csv](#)

En la matriz `input_pasture_mixture_list` se debe enlistar los pastos que se manejan en potreros con mezclas forrajeras dentro de la finca. Estos pastos deben tener un manejo adecuado, en la cual se controla el punto óptimo de consumo.

En la tabla 1, se muestra un listado de los principales pastos del Ecuador. Se puede utilizar esta información para llenar los datos de la matriz de mezclas forrajeras, o colocar datos propios de cada finca

1.3.4. PASTO DE CORTE: [input_pasture_cut_list.csv](#)

En la matriz `input_pasture_cut_list` se debe enlistar los pastos de corte que se manejan en la alimentación de los animales. En la tabla 1, se muestra un listado de los principales pastos del Ecuador. Se puede utilizar esta información para llenar los datos de la matriz de mezclas forrajeras, o colocar datos de pastos propios de cada finca.

1.3.5. ALIMENTACIÓN COMPLEMENTARIA: [input_feed_supplements_list.csv](#)

La matriz `input_feed_supplements_list` debe incluir los alimentos, adicionales al pasto, que conforman la canasta alimenticia de los animales, así como los kilogramos de materia fresca de cada alimento que se les da a las diferentes categorías de animales al día. La tabla 2 describe datos de los principales alimentos que se manejan en la canasta alimenticia en el Ecuador. Los datos que se muestran en el listado fueron recopilados de diferentes fuentes literarias, con la colaboración de personal de la Subsecretaría de Ganadería del Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

- `digestibility_percentage`: Es el porcentaje de digestibilidad asociado al alimento.
- `nitrogen_content`: Es el contenido de nitrógeno (gramos de nitrógeno / kg materia seca) del alimento.
- `dry_matter_percentage`: Es el porcentaje de materia seca del alimento.
- `adult_female_feed_kg`: Los kilogramos del alimento que se les da en promedio a cada vaca al día (kilogramos por animal por día).
- `other_categories_feed_kg`: Kilogramos del alimento que se le da en promedio a cada animal de las otras categorías de animales (vaconas, toros, toretes) al día (kilogramos por animal por día)

Tabla2: Porcentaje de digestibilidad, contenido de nitrógeno, materia seca de los principales alimentos suplementarios en Ecuador

id	name	digestibility_percentage	nitrogen_content	dry_matter_percentage	adult_female_feed_kg	other_categories_feed_kg
1	heno o ensilaje de pasto	52.00	14.00	33.02	3	3
2	heno o ensilaje de leguminosas y pasto	54.00	23.00	20.58	3	3
3	ensilaje de maiz	68.70	14.00	27.42	3	3
4	residuos de trigo	45.20	6.00	32.70	3	3
5	residuos de maiz	57.60	10.00	25.00	3	3
6	residuos de arroz	46.50	6.00	21.15	3	3
7	residuos de cana	54.50	9.00	32.70	3	3
8	granos de maiz	85.90	16.00	86.43	3	3
9	residuos de otros granos	44.40	6.66	86.43	3	3
10	palmiste	71.20	27.00	88.00	3	3
11	melaza	82.50	9.40	70.60	3	3
12	balanceado	83.55	30.32	87.05	3	3
13	ensilaje de alfalfa	60.30	29.00	23.57	3	3
14	subproductos de cerveza	60.60	47.20	88.60	3	3

1.4. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el procesamiento de los resultados, se generó un script “script_emisiones.R” en R programming, que recopila los algoritmos desarrollados en el modelo GLEAM. Los comentarios dentro del script enlazan los algoritmos con las secciones del documento GLEAM 2.0 en las que se encuentra su descripción. Esto permite una lectura fácil y ágil de los algoritmos generados.

El modelo GLEAM trabaja con datos de temperatura media y porcentaje de lixiviación de sólidos y líquidos, asociados a la ubicación de la finca. Para este proceso se utilizan 3 imágenes raster (temp.tif, leachliquid.tif y lichsolid.tif), las cuales se encuentran dentro de la carpeta DATA. Para procesar estos datos se utilizó la librería “raster” del paquete R, la cual permite extraer el dato de las imágenes raster que corresponden a la ubicación de la finca. Para este proceso se utiliza los datos de longitud y latitud.

1.4.1. CONSIDERACIONES DEL CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL HATO.

Varios algoritmos del modelo requirieron de parámetros cuyo cálculo se realizó mediante un análisis en conjunto con el equipo técnico del Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente, a fin de definir la mejor forma de construirlos. Estos cálculos se describen a continuación:

1. Las unidades de los datos de entrada fueron homologadas para su uso en Ecuador. De esta manera, se manejan kilogramos (en todos los datos de peso) y meses (en los datos de períodos).
2. Los resultados de emisiones están dados en kg CO₂ eq / año. Por este motivo, los datos ingresados deben corresponder al período de un año calendario.
3. El número total de animales (vacas, vaconas, terneras, toros, toretes y terneros) corresponden al promedio de animales que se tuvieron en el año en evaluación, sin incluir animales vendidos, descartados o muertos.

4. El modelo GLEAM maneja el dato de Edad al Primer Parto (AFC por sus siglas en inglés) en años, por lo que se asigna la siguiente ecuación:

$$\text{AFC} = \text{edad al primer parto en meses} / 12$$

5. Se incluyó un proceso de corrección de los pesos de animales adultos (vacas - AFKG y toros - AMKG) con los pesos al sacrificio de animales jóvenes (vaconas - MFSKG y toretes - MMSKG). Al fin de evitar que los pesos de los animales jóvenes sean mayores a los de los animales adultos por algún error de introducción de datos.

La restricción: Si AFKG es menor que MFSKG, entonces se asigna:

$$\text{AFKG} = \text{MFSKG}$$

$$\text{MFSKG} = \text{AFKG}$$

La restricción: Si AMKG es menor que MMSKG, entonces se asigna:

$$\text{AMKG} = \text{MMSKG}$$

$$\text{MMSKG} = \text{AMKG}$$

6. Para los datos de grasa y proteína en la leche se generaron valores por defecto regionales para los casos en que no exista un análisis. Los valores son:

Región	Grasa en la leche	Proteína en la leche
Amazonía	3.17	2.91
Costa	3.98	3.42
Sierra	3.72	3.01

7. El período de lactancia (LACT_PER por sus siglas en inglés) en el modelo GLEAM está contemplado en días, por lo que se asigna la siguiente ecuación para el cálculo:

$$\text{LACT_PER} = \text{período de lactancia en meses} * 30.4$$

8. Los porcentajes de manejo de excretas tienen que sumar 100. Para conocer porcentaje en un sistema específico, se puede hacer una aproximación en relación con el tiempo que los animales pasan en ciertas instalaciones de la finca. Por ejemplo, si los animales pasan 4 horas en una sala de ordeño y el resto del tiempo en los potreros, se puede asumir que 4 horas (16% del tiempo) se manejan las excretas en lote de secado y 20 horas (84% del tiempo) las excretas no tienen manejo:

$$\text{Excretas lote de secado} = 16$$

$$\text{Excretas sin manejo} = 84$$

9. Para obtener la tasa de mortalidad de terneras (DR1F) y terneros (DR1M), se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{DR1F} = (\text{terneras muertas} / (\text{terneras} + \text{terneras muertas})) * 100$$

$$\text{DR1M} = (\text{terneros muertos} / (\text{terneros} + \text{terneros muertos})) * 100$$

10. La tasa de mortalidad en adultos se obtiene con la siguiente fórmula:

$$DR2 = ((\text{vacas muertas} + \text{toros muertos}) / (\text{vacas} + \text{toros} + \text{vacas muertas} + \text{toros muertos} + \text{vacas faenadas} + \text{toros faenados} + \text{vacas vendidas} + \text{toros vendidos})) * 100$$

11. El peso de terneros y terneras (CKG) se corrige de acuerdo con los valores ingresados, de la siguiente manera:

Si solo existe datos de peso de terneros: $CKG = \text{peso de terneros}$

Si solo existe datos de peso de terneras: $CKG = \text{peso de terneras}$

Si existen datos de terneras y terneros: $CKG = (\text{peso de terneras} + \text{peso de terneros}) / 2$

12. A la tasa de fertilidad de hembras de reemplazo (FRRF) se le asigna 95, tal como indica el documento GLEAM – página 12.

13. La tasa de reemplazo de vacas (RRF) se calcula de la siguiente manera:

$$RRF = ((\text{vacas} - \text{vacas muertas} - \text{vacas de descarte}) / (\text{vacas} + \text{vacas muertas} + \text{vacas faenadas} + \text{vacas vendidas})) * 100$$

14. La tasa de salida de vacas (ERF) se calcula con la siguiente ecuación:

$$ERF = ((\text{vacas de descarte} + \text{vacas vendidas}) / (\text{vacas} + \text{vacas muertas} + \text{vacas faenadas} + \text{vacas vendidas})) * 100$$

15. La tasa de salida de toros (ERM) se calcula con la siguiente ecuación:

$$ERM = ((\text{toros de descarte} + \text{toros vendidos}) / (\text{toros} + \text{toros muertos} + \text{toros faenados} + \text{toros vendidos})) * 100$$

16. La tasa de fertilidad (FR) se calcula de diferente manera dependiendo del tipo de producción de la finca:

Si es producción de leche: $FR = (\text{número de partos} / \text{vacas en producción}) * 100$

Si es producción de carne: $FR = (\text{número de partos} / \text{vacas}) * 100$

17. Para el cálculo de alimentación, en la sección de valores nutricionales (página 52 del documento GLEAM), se asignaron algunos valores por tipo de sistema productivo, los cuales se describen a continuación:

Porcentaje de energía digerible (DE):

Sistema marginal = 45

Sistema mercantil = 50

Sistema combinado = 55

Sistema empresarial = 60

Energía dietética neta estimada (grow_nema):

Sistema marginal = 3.5

Sistema mercantil = 4.5

Sistema combinado = 5.5

Sistema empresarial = 6.5

18. En la sección de proyección del hato realizado en el cálculo, se obtienen los siguientes valores: hembras de reemplazo (RF), machos de reemplazo (RM), hembras de carne (MF) y machos de carne (MM). Para el cálculo de los animales de reemplazo se toman en cuenta las salidas de animales en la proyección del hato y se calcula el número de animales que se requieren para reemplazar esas salidas. El resto de los animales que ingresan al hato y que no son considerados de reemplazo, se los considera de carne.

La distribución de los animales calculados (RF, RM, MF y MM) es asignada al número total de animales jóvenes de nuestro hato (vaconas y toretes):

$$\text{RF hato} = \text{RF calculado} * (\text{vaconas} + \text{toretos}) / (\text{RF} + \text{RM} + \text{MF} + \text{MM})$$

$$\text{RM hato} = \text{RM calculado} * (\text{vaconas} + \text{toretos}) / (\text{RF} + \text{RM} + \text{MF} + \text{MM})$$

$$\text{MF hato} = \text{MF calculado} * (\text{vaconas} + \text{toretos}) / (\text{RF} + \text{RM} + \text{MF} + \text{MM})$$

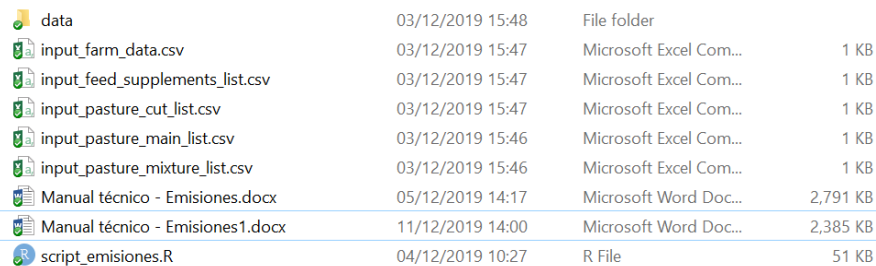
$$\text{MM hato} = \text{MM calculado} * (\text{vaconas} + \text{toretos}) / (\text{RF} + \text{RM} + \text{MF} + \text{MM})$$

1.4.2. CORRER EL MODELO.

El script de programación está realizado en R programming y requiere del software R para su uso. Adicionalmente se recomienda utilizar RStudio para un fácil procesamiento del script. Las pruebas fueron realizadas utilizando la versión 3.6.1 de R y la versión 1.2.1335 de RStudio.

El script tiene comentarios que ayudan a vincular cada sección y logaritmos con su respectiva sección del documento GLEAM.

La carpeta que contiene el script debe contener los archivos CSV de los datos de entrada, tal como se muestra en la imagen 1.



data	03/12/2019 15:48	File folder	
input_farm_data.csv	03/12/2019 15:47	Microsoft Excel Com...	1 KB
input_feed_supplements_list.csv	03/12/2019 15:47	Microsoft Excel Com...	1 KB
input_pasture_cut_list.csv	03/12/2019 15:47	Microsoft Excel Com...	1 KB
input_pasture_main_list.csv	03/12/2019 15:46	Microsoft Excel Com...	1 KB
input_pasture_mixture_list.csv	03/12/2019 15:46	Microsoft Excel Com...	1 KB
Manual técnico - Emisiones.docx	05/12/2019 14:17	Microsoft Word Doc...	2,791 KB
Manual técnico - Emisiones1.docx	11/12/2019 14:00	Microsoft Word Doc...	2,385 KB
script_emisiones.R	04/12/2019 10:27	R File	51 KB

Imagen 1: componentes del script de emisiones

Ver sección 1.3 para conocer la manera de gestionar los datos de entrada. Una vez llenados los archivos de entrada seguimos el siguiente procedimiento:

- Abrir el archivo script_emisiones.R en RStudio
- Seleccionar todas las líneas de código
- Presionar el botón RUN
- Se genera un archivo results.csv en la carpeta que contiene el script.

1.5. RESULTADOS

El script genera una matriz de resultados de las emisiones directas por tipo de fuente. Adicionalmente, se muestra el estimado de producción de carne y leche durante el año de evaluación.

La intensidad de emisiones se calcula dividiendo el total de emisiones para el estimado de producción de carne y leche. Este factor indica el nivel de eficiencia del sistema productivo, y se puede comparar con los datos nacionales, los cuales se describen a continuación:

La intensidad de emisiones del 10% más bajo de la muestra nacional evaluada por el proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente son:

Para Sistemas de Carne: 27.30 kg CO₂ eq / kg carne a la canal

Para Sistemas de Leche: 1.9 kg CO₂ eq / litro de leche

A continuación, se hace una descripción de la matriz de resultados de la herramienta (results.csv)

Variables	Descripción	Unidades
farm_name	Nombre de la finca y período de evaluación	kg CO ₂ eq
CH4_Enterico_AFM	Metano de la fermentación entérica de las vacas en producción	kg CO ₂ eq
CH4_Enterico_AFN	Metano de la fermentación entérica de las vacas secas	kg CO ₂ eq
CH4_Enterico_AM	Metano de la fermentación entérica de los toros	kg CO ₂ eq
CH4_Enterico_RF	Metano de la fermentación entérica de las hembras de reemplazo	kg CO ₂ eq
CH4_Enterico_RM	Metano de la fermentación entérica de los machos de reemplazo	kg CO ₂ eq
CH4_Enterico_MM	Metano de la fermentación entérica de los machos de carne	kg CO ₂ eq
CH4_Enterico_MF	Metano de la fermentación entérica de las hembras de carne	kg CO ₂ eq
CH4_Manure_Management_AFM	Metano del manejo de excretas de las vacas en producción	kg CO ₂ eq
CH4_Manure_Management_AFN	Metano del manejo de excretas de las vacas secas	kg CO ₂ eq
CH4_Manure_Management_AM	Metano del manejo de excretas de los toros	kg CO ₂ eq
CH4_Manure_Management_RF	Metano del manejo de excretas de las hembras de reemplazo	kg CO ₂ eq
CH4_Manure_Management_RM	Metano del manejo de excretas de los machos de reemplazo	kg CO ₂ eq
CH4_Manure_Management_MM	Metano del manejo de excretas de los machos de carne	kg CO ₂ eq
CH4_Manure_Management_MF	Metano del manejo de excretas de las hembras de carne	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_Management_AFM	Óxido nitroso del manejo de excretas de las vacas en producción	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_Management_AFN	Óxido nitroso del manejo de excretas de las vacas secas	kg CO ₂ eq

N2O_Manure_Management_AM	Óxido nitroso del manejo de excretas de los toros	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_Management_RF	Óxido nitroso del manejo de excretas de las hembras de reemplazo	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_Management_RM	Óxido nitroso del manejo de excretas de los machos de reemplazo	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_Management_MM	Óxido nitroso del manejo de excretas de los machos de carne	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_Management_MF	Óxido nitroso del manejo de excretas de las hembras de carne	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_in_pasture_AFM	Óxido nitroso de las excretas sin manejo de las vacas en producción	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_in_pasture_AFN	Óxido nitroso de las excretas sin manejo de las vacas secas	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_in_pasture_AM	Óxido nitroso de las excretas sin manejo de los toros	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_in_pasture_RF	Óxido nitroso de las excretas sin manejo de las hembras de reemplazo	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_in_pasture_RM	Óxido nitroso de las excretas sin manejo de los machos de reemplazo	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_in_pasture_MM	Óxido nitroso de las excretas sin manejo de los machos de carne	kg CO ₂ eq
N2O_Manure_in_pasture_MF	Óxido nitroso de las excretas sin manejo de las hembras de carne	kg CO ₂ eq
milk	Producción de leche	litros de leche
meatm	Producción de carne de animales jóvenes sacrificados	kg carne a la canal
meatfm	Producción de carne de salida de animales adultos machos	kg carne a la canal
meatff	Producción de carne de salida de animales adultos hembras	kg carne a la canal
TOTAL_CH4_Enteric_Fermentation_kg_CO2eq	Total de metano de la fermentación entérica	kg CO ₂ eq
TOTAL_CH4_Manure_Managment_kg_CO2eq	Total de metano del manejo de excretas	kg CO ₂ eq
TOTAL_N2O_Manure_Managment_kg_CO2eq	Total de óxido nitroso del manejo de excretas	kg CO ₂ eq
TOTAL_N2O_Manure_in_pastures_kg_CO2eq	Total de óxido nitroso de las excretas sin manejos	kg CO ₂ eq
TOTAL_EMISSIONS	Total de emisiones	kg CO ₂ eq
TOTAL_MILK	Total de producción de leche	litros de leche
TOTAL_MEAT	Total de producción de carne	kg carne a la canal
MILK_INTENSITY	Intensidad de emisiones en leche	kg CO ₂ eq / litro de leche
MEAT_INTENSITY	Intensidad de emisiones en carne	kg CO ₂ eq / kg carne a la canal

1.6. HERRAMIENTA WEB

El proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente ha desarrollado una herramienta web para un fácil procesamiento de los datos en los sistemas ganaderos de Ecuador. Para ello se ha establecido el portal www.ganaderiaclimaticamenteinteligente.com, en cuya sección de “Herramienta de cálculo Emisiones Directas” se puede ingresar los datos de manejo del hato y alimentación.

Para el correcto uso de la herramienta se debe registrar en la página web, en la sección “Iniciar Sesión”, esto permitirá tener un historial de las evaluaciones que se realicen en la finca y poder observar el cambio en las diferentes evaluaciones.

Los resultados de la herramienta generan un archivo PDF con los mismos resultados de la sección 1.5. Sin embargo, en la sección “Mi perfil” del menú desplegable de la derecha, permite revisar el historial de nuestra finca y poder generar comparaciones históricas de las diferentes evaluaciones en el componente de emisiones.

1.7. REFERENCIAS

BIBLIOGRAFIA

FAO (2017a). Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM).

FAO (2017b). Livestock solutions for climate change. Tomado de <http://www.fao.org/3/a-i8098e.pdf>

Gilbert, Marius; Nicolas, Gaëlle; Cinardi, Giusepina; Van Boeckel, Thomas P.; Vanwambeke, Sophie; Wint, William G. R.; Robinson, Timothy P., 2018, "Global cattle distribution in 2010 (5 minutes of arc)", <https://doi.org/10.7910/DVN/GIVQ75>, Harvard Dataverse, V3

MAGAP & PRAT. (2008). Metodología de valoración de tierras rurales—Propuesta.