



Corporación Ganadera

**Metodología para estimar inventarios de
emisiones y remociones de GEI en el
sector ganadero**

Departamento de Proyectos

Junio, 2016

Tabla de contenido

Introducción	3
Supuestos para cálculo global de inventario de emisiones y remociones GEI para el sector ganadería bovina	4
Emisiones	4
Remociones.....	6
Determinación del año base PPNG.....	8
Cálculo de remociones de gases de efecto invernadero PPNG	8
Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero PPNG	15
Determinación de acciones dirigidas de reducción y remoción PPNG.....	18
Literatura consultada	19

Introducción

Las políticas pertinentes se enmarcan en el Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, en el que se incluye la meta de convertir a Costa Rica en un país carbono neutral al año 2021. Dicha meta fue ratificada en la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de Costa Rica (INDC, por sus siglas en inglés), durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático, celebrada en París en el año 2015; dentro de la misma se establece además la meta de reducción de un 44% de las emisiones al 2030 con respecto al *Business as usual*, mejorando la métrica para cuantificar las emisiones, permitiendo obtener información a través de acciones como NAMAs, Estrategias bajas en carbono (LED) y la estrategia nacional REDD+ para reconocer con mayor precisión las reducciones con vistas a la meta de carbono neutralidad. Es acá en donde toma relevancia el Programa Piloto Nacional de Ganadería Baja en Emisiones, ya que el mismo tiene como principal objetivo aumentar la productividad y consecuentemente rentabilidad de los productores pero además hará una contribución nacional a lo antes expuesto demostrando que si los ganaderos adoptan una serie de tecnologías podrán hacer una reducción de emisiones, las cuales a su vez les permitirán mitigar/adaptar los efectos del cambio climático.

El sector de ganadería bovina en Costa Rica es una actividad relevante para el país, tanto en términos socioeconómicos (Estrategia de Ganadería Baja en Carbono, 2015), como también en cuanto a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero y a la captura de carbono. La mayor fuente de emisiones asociada a la ganadería es la fermentación entérica (que representa el 18,5% del total de emisiones netas a nivel nacional), la que en Costa Rica corresponde casi en su totalidad a la ganadería bovina (IMN 2015). La absorción de carbono es realizada por bosques secundarios y árboles aislados dentro de las fincas de ganadería bovina, contribuyendo casi con el 70% del secuestro de carbono del país (Estrategia de Ganadería Baja en Carbono, 2015). Por otro lado, es importante recalcar la gran diversidad de condiciones que presenta el sector, al ser dependiente de los procesos biológicos asociados, las condiciones climáticas y las decisiones de los ganaderos, por lo que toma particular relevancia la planificación y apoyo de parte de iniciativas en pos de aumentar la productividad y la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI).

Supuestos para cálculo global de inventario de emisiones y remociones GEI para el sector ganadería bovina

Emisiones

Se establece que una vaca o bien animal adulto emite 1.8 toneladas de CO₂ e/ año producto de su fermentación entérica, la cual se considera la principal fuente de emisión de gas de efecto invernadero presenta la ganadería bovina. Adicionalmente tenemos emisiones entorno a las excretas en potrero, manejo de excretas y orinas de salas de ordeño, suplementación, consumos de combustibles y electricidad.

La fermentación entérica está directamente asociada al peso del animal. Según los factores de emisión del Instituto Meteorológico Nacional en publicación del Inventario 2015, una hembra adulta emite 85,80 kg de metano al año, lo cual al multiplicarse por 21 para obtener la equivalencia de kg de CO₂ e da como resultado 1.801,8 kg que si se divide entre 1000 nos da como resultado 1.8 toneladas de CO₂ e.

<i>Tipo</i>	<i>Carne</i>	<i>Leche</i>	<i>Doble propósito</i>
<i>kg CH₄ /cabeza año</i>			
Terneros	19,48	20,00	16,81
Hembras en crecimiento	63,61	48,69	41,91
Machos en crecimiento	66,25	---	70,16
Hembra adulta	85,80	85,00	85,67
Macho adulto	111,70	111,70	111,70

Imagen 1. Factores de emisión según el Instituto Meteorológico Nacional, 2015.

A efectos de precisar más esta emisión podríamos diferenciar la población, dado que podemos generar categorías según información proveniente del Censo Agropecuario 2014:

Cuadro 1. Distribución del Hato Nacional de Bovinos, 2014

Sistema de Producción		Edades	# de Bovinos
Carne	Macho	Menores de 1 año	81.919
		De 1 a menos de 2 años	117.394
		De 2 años y más	88.082
	Hembra	Menores de 1 año	50.457
		De 1 a menos de 2 años	67.078
		De 2 años y más	136.868
Leche	Macho	Menores de 1 año	8.680
		De 1 a menos de 2 años	3.633
		De 2 años y más	6.102
	Hembra	Menores de 1 año	56.726
		De 1 a menos de 2 años	57.564
		De 2 años y más	194.425
Doble Propósito	Macho	Menores de 1 año	45.369
		De 1 a menos de 2 años	25.180
		De 2 años y más	19.571
	Hembra	Menores de 1 año	65.670
		De 1 a menos de 2 años	74.095
		De 2 años y más	180.004
TOTAL			1.278.817

Fuente: Datos del Censo agropecuario, 2014.

Aplicando los factores de emisión de la imagen 1 a la población indicada en el cuadro 1 obtenemos las emisiones de metano en kg que se procede a indicarlo en toneladas de metano, resultando una emisión total de 273.470,67 toneladas, que traducidas a CO₂ e corresponde a 5.742.884,07 toneladas.

Cuadro 2. Emisiones de Metano en toneladas para el hato nacional, según categoría.

Sistema de Producción		Edades	Emisión en ton CH ₄
Carne	Macho	Menores de 1 año	1.595,78
		De 1 a menos de 2 años	7.777,35
		De 2 años y más	9.838,75
	Hembra	Menores de 1 año	982,90

		De 1 a menos de 2 años	4.266,83
		De 2 años y más	11.743,27
Leche	Macho	Menores de 1 año	173.600
		De 1 a menos de 2 años	254,89
		De 2 años y más	681,59
	Hembra	Menores de 1 año	1.134,52
		De 1 a menos de 2 años	2.802,79
		De 2 años y más	16.526,12
Doble Propósito	Macho	Menores de 1 año	762,65
		De 1 a menos de 2 años	1.766,62
		De 2 años y más	20.106,44
	Hembra	Menores de 1 año	1.103,91
		De 1 a menos de 2 años	3.105,32
		De 2 años y más	15.420,94
TOTAL			273.470,67

Fuente: Departamento de Proyectos CORFOGA, 2016

Remociones

Se considera a su vez que una de las principales fuentes de fijación en las fincas ganaderas son los bosques (Ribereños, bosquetes, plantaciones forestales, entre otros). La fijación de carbono en un árbol depende de una serie de variables, dentro de las que podemos destacar la especie, edad, entre otros.

La imagen 2 evidencia lo antes expuesto:

Especie	Nombre	Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)	Densidad (g/m ³)	Carbono (%)	CO ₂ e ton
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Guayacán	13	36	12	0.46	51.8	0.57
<i>Schizolobium parahyba</i>	Gallinazo	14	55	17	0.36	50.2	1.40
<i>C. alliodora</i>	Laurel	14	55	17	0.42	50.0	1.59
<i>E. deglupta</i>	Eucalipto	13	55	18	0.36	48.0	1.44
<i>T. amazonica</i>	Amarillón	14	55	16	0.55	55.0	2.43
	Promedio	13.60	51.20	16.00	0.43	50.99	1.48

Adaptado: Datos de Álvarez (2008) y Dzib (2003).

Imagen 2. Medidas dasométricas de algunas especies forestales CR.

Según datos del censo agropecuario 2014, se hace referencia a que el área poseen las fincas ganaderas en bosque es de aproximadamente 295.383 hectáreas. Si partimos de que estas áreas se encuentran en una edad mayor o igual de 20 años principalmente en bosque húmedo y según las tasas de crecimiento de bosques utilizadas para la estimación de captura neta de CO₂ (Fuentes IPCC, 2006; IMN 2014) tenemos un crecimiento de biomasa bosque de 13.75 expresada en materia seca/hectárea/año.

Se procede a calcular:

$$CO_2 \varepsilon Bosque_1 = \text{Área} * MS * 0,47 * \left(\frac{44}{12}\right)$$

Dónde:

CO₂ e Bosque₁= cantidad de Dióxido de Carbono Equivalente removido anualmente

MS = Crecimiento anual del Bosque en Materia Seca

0,47 = Contenido de carbono de la biomasa del bosque.

Se obtiene un dato de remociones por hectárea de 23 toneladas de CO₂ e las cuales si se multiplican por las 295.383 hectáreas nos brindan un total de fijación de 6.998.071 toneladas de CO₂e anuales. Se excluyen las áreas de reforestación, de regeneración e inclusive charrales y tacotales presentes en estas fincas ganaderas.

El sector ganadero presenta otras fuentes también de remoción tales como: árboles dispersos en potrero, cercas vivas, bancos forrajeros y carbono en suelo.

Es importante indicar que lo anterior en un cálculo global de lo que la principal fuente de emisión y de remoción presentan las fincas ganaderas y se evidencia que el sector con su principal fuente de emisión y remoción, es carbono positivo y presenta un potencial de reducción y remoción importante.

Para efectos de proceder con una mayor precisión ahora se implementa la siguiente metodología en 93 fincas del Programa Piloto Nacional de Ganadería Baja en Emisiones.

Para esta investigación se considera seguir un enfoque cuantitativo y se cuenta con un marco muestral de 93 fincas forman parte del Programa Piloto de Ganadería baja en Emisiones, ubicadas en la Región chorotega, atlántica, pacífica, norte y brunca de Costa Rica.

Determinación del año base PPNG

Con relación al marco espacial este considera el 2015 como año base para el cálculo de las emisiones y la línea base de las remociones de GEI será el 2016.

Para el año base de emisiones se selecciona el 2015, dado que este año estas fincas particularmente inician un proceso de documentación importante, lo que permite tener información lo suficientemente confiable para proceder a su cálculo, empleando las ecuaciones basadas en lo establecido por el IPCC 2006.

Caso de las emisiones producto de la fermentación entérica, todos los animales en estas fincas fueron pesados, permitiendo que los cálculos aplicados fueran con datos reales y no supuestos respecto al peso, factor determinante para esta fuente de emisión bajo cálculos en un nivel II de acuerdo al IPCC, así mismo esto aplica para los cálculos deberán de desarrollarse para el cálculo de las emisiones por excretas en potrero.

A nivel de registros económicos las fincas en el 2015 inician con registros contables mensuales, en donde puede corroborarse los consumos producto de la electricidad y combustible.

Por cuanto a la línea base de remociones esta será considerada para el 2016 y se iniciará con una metodología de medición, las cual será tomada de manera continua. Para efectos de remoción del componente arbóreo será cada año y el componente suelo será cada dos años.

Se procederá con la descripción de sitio de estas dos fincas sean seleccionadas, a través de ubicación de coordenadas geográficas y se caracterizará el uso del suelo (bosque secundario, áreas de reforestación, potrero, caminos) de ambas fincas y de igual forma se desarrollarán los respectivos mapas digitales.

Cálculo de remociones de gases de efecto invernadero PPNG

Como punto de partida en cuanto a determinación de remociones se procede a identificar los límites de estas fincas, bajo un enfoque de control. Se consideran todas las emisiones y remociones sobre las cuales se tiene control operacional. Seguidamente se procederá a cuantificar las remociones de la finca dentro de sus límites operativos. La metodología se aplicará para la toma de información de árboles dispersos en potrero se desarrolla una revisión

de literatura, con el objetivo de encontrar un mecanismo que permita capturar información de campo que sea lo suficientemente robusta para poder ser avalada en un proceso de verificación de carbono neutralidad bajo las normas INTE ISO 14064-1-2006 y la INTE ISO TR 14069-2015, empleando las fórmulas establece el IPCC 2006.

En árboles dispersos en fincas ganaderas es más importante el tamaño de las pasturas que la cantidad de árboles por área. Se considera que una parcela de medición por cada 10 hectáreas es suficiente, tomando en cuenta la disponibilidad de recurso. Sin embargo, en fincas de 40 hectáreas de pastura o menos es necesario incrementar el número de parcelas.

Para la ubicación de las parcelas se debe considerar la fisiografía visual de las áreas de pastura de la finca en tres aspectos importantes: la topografía, el paisaje que se observa en relación al arreglo de especies arbóreas y el tipo de suelo. En cuanto a la ubicación de las parcelas, en fincas de topografía homogénea, una misma apreciación del arreglo de pasturas con árboles, y tipo de suelo, la localización de estas se realizara por medio de un muestreo aleatorio con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica, definiendo la posición de las mismas en un ordenamiento completamente al azar, utilizando el programa ArcGis 10.2; así mismo, se definirá la intensidad y error asociado para este muestreo. Sin embargo cuando existen diferentes pendientes, coloraciones de suelo y arreglos visuales de árboles y pasturas se hace necesario realizar un muestreo más ponderado. Lo recomendable es realizar una estratificación de las diferentes áreas (plano, ondulado quebrado versus sin árboles, pocos árboles, muchos árboles) de la finca y asignar un número de muestras proporcional al área de cada estrato. Se deberá de realizar un inventario forestal de medición continua con el fin de determinar el incremento corriente anual de carbono fijado.

Por cuanto al tamaño de las parcelas estas serán de 2500 m², las cuales también facilitan la extrapolación a hectáreas y luego a área de pastura de las fincas. Se propone utilizar parcelas circulares, en donde el radio es de 28 m. Esta forma circular será la mejor pues ocupa el menor perímetro por área. En esta forma circular solo se toma el punto central de círculo con sus respectivas coordenadas geográficas; facilitando en la toma de datos dado que las áreas a cubrir son extensas.

Para el marcaje de esta parcelas solamente se utiliza un cuerda de una longitud equivalente al radio de la parcela (28m para 2500 m²), atada a una varilla o estaca de aproximadamente un metro de altura para comodidad de la persona que mide.

Una vez clavada la varilla en la que se amarra la cuerda, se geo referencia el punto, seguidamente se tensa la cuerda y se camina formando el círculo contando los árboles que quedan adentro del mismo. Una vez terminada esta acción se identifican los árboles con el número de parcela de seguido del número de árbol dentro de la parcela. Ejemplo: 3-1 (parcela 3 árbol 1). La identificación de estos árboles utilizará placas y clavos de aluminio, que nos permitirán una mayor vida útil. A su vez cada árbol se le tomará las respectivas coordenadas geográficas. Así mismo serán tomados en consideración únicamente los árboles que se encuentren totalmente dentro de la parcela, aquellos que se encuentren en el límite de la parcela no deberán de incluirse tal y como se muestra en la figura 1.

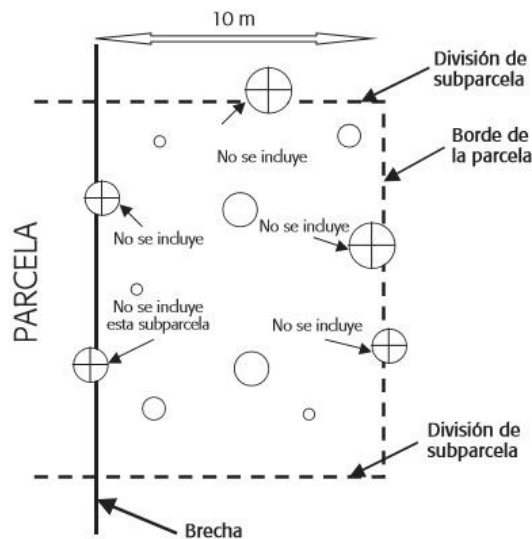


Imagen 3. Árboles de la parcela son incluidos en medición

Un vez identificados se procede a medir cada uno de ellos. Se medirán dos variables que son altura y diámetro a la altura de pecho (1.30m). Se utilizará el Factor de Expansión de la Biomasa (FEB), el cual es un coeficiente que permite añadir a la biomasa de los fustes, obtenida a partir del volumen inventariado en campo, la biomasa correspondiente a las ramas, hojas y raíces. Es decir, los FEB expanden el peso seco del volumen calculado de existencias para incluir los componentes no maderables del árbol o el bosque. Antes de aplicar dichos FEB, el volumen maderable (m³) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m³). Los FEB van a variar en función de las características y las dimensiones de los árboles evaluados. Árboles de diámetros menores y muy ramificados presentan FEB mayores (Russo, 2009).

A continuación la descripción metodológica para los otros dos cálculos son necesarios para la remoción en fincas ganaderas.

Para determinar el carbono (C) acumulado en la biomasa de las áreas de bosques naturales (primarios y secundarios) y de plantaciones forestales se deberá de realizar un inventario forestal de medición continua con el fin de determinar el incremento corriente anual de carbono fijado. Para este proceso se utilizará la metodología indicada por Russo, 2009, primero se calcula el volumen maderable. Para ello se determina el área basal en cada una de las unidades muestrales. El área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales (área del tronco a 1,30 m de altura) de todos los árboles con un diámetro mayor a 10 cm existentes en una hectárea (y se expresa en m²/ha).

$$n \text{ AB} = \sum_{i=1}^n a_i \quad i=1 \text{ para } 1 \text{ ha}$$

$$\text{AB} = [(\text{DAP medio})^2 \times 0,7854] (\text{m}^2/\text{arb}) \times \text{N} (\text{arb}/\text{ha})$$

Luego se determina su altura media. El producto del AB multiplicado por la altura y por un coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol) es el volumen maderable o volumen de los fustes.

$$\text{Vol} = \text{AB} \times \text{H} \times 0,5$$

Luego, a partir del volumen se determina el contenido de carbono, que es el producto del volumen multiplicado por el contenido de materia seca (% MS, se consideró 50%) y por el contenido de C en la MS (% C = 50% aceptado el IPCC).

$$\text{Cantidad de C} = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

A esta cantidad de C se le aplica el Factor de Extensión de la Biomasa (FEB) igual a 1,6 considerando un 60% adicional contenido en ramas y follaje (en la literatura este factor se menciona con rango entre el 60% y el 90%) y la cifra total se multiplica por el área respectiva de cada una de las unidades.

Para el muestreo de biomasa se establecerán en cada sitio de estudio como mínimo tres parcelas circulares de 100 m² (con un radio de 5,64 m, establecidas con una cuerda). Dentro de cada parcela se cuenta el número de árboles existentes con un diámetro a la altura del pecho, medida a 1,30 m desde el suelo (DAP), igual o superior a 10 cm, para calcular la densidad expresada en árboles por hectárea (arb/ha). Por ejemplo, como la parcela es de 100

m², cada individuo contabilizado dentro de la misma representa 100 árboles por hectárea (1 ha = 10.000 m²). En cada árbol dentro de la muestra se mide el diámetro (con una cinta diamétrica se mide la circunferencia del fuste o tronco a 1,30 m de altura y se divide entre $\pi = 3,1416$).

A los efectos de este ejercicio sólo se considera la biomasa aérea (biomasa sobre el suelo) de cada árbol se divide en 3 componentes: 1) Biomasa del fuste total: 2) Biomasa de ramas y 3) Biomasa de hojas.

Finalmente para la determinación del carbono presente en el suelo se seguirá el mismo procedimiento utilizado para determinar las parcelas de muestreo de árboles dispersos en potrero, a través del muestreo estratificado aleatorio en donde se definirá igualmente una intensidad y error de muestreo asociado. Se considera que existe independencia entre las variables a muestrear que componen el carbono orgánico total de suelos: Densidad Aparente (DA) y Carbono (C) (Alvarado 2005; Corrales 2013), por lo tanto, los muestreos también se tratan en forma independiente para cada variable, y luego obtener una muestra compuesta para estimar el Carbono Orgánico del Suelo (COS) (IPCC, 2006).

Se utiliza la metodología descrita por IPCC, 2006 (Vol.4; Cap. 2 y 6) para suelos minerales nivel 2 método de pérdidas y ganancias (Ec. 2.25 cap2) con los datos de las existencias de carbono de las áreas de pastoreo de la finca.

Se utiliza un esquema tipo “reloj” de acuerdo con la metodología propuesta por Acosta *et al*, 2001. Donde en el centro se toma la muestra de densidad aparente, este punto de igual forma deberá de ser georeferenciado y a los lados en un radio de 4m se tomarán cuatro submuestras de suelo. Cada dos años se vuelve al mismo punto de muestreo para la muestra de suelo. El radio de la toma de muestra en cada punto es de aproximadamente 1 metro.

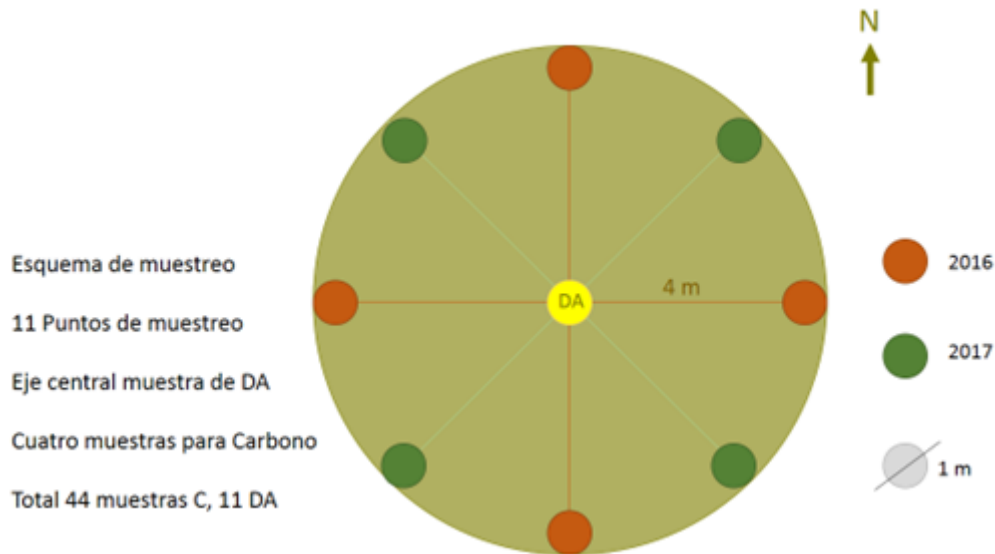


Imagen 4. Distribución puntos de muestreo suelo

Se realizan muestreos en dos ocasiones en suelo de las parcelas de medición establecidas en la finca con un intervalo de dos años entre cada muestreo y obtener el carbono de suelo en dos momentos diferentes. Para la determinación del contenido de carbono se toman al menos cuatro sub-muestras por parcela de muestreo, que luego se mezclan para obtener una muestra de 0,5 kilogramos para envió al laboratorio de suelos del Instituto de Investigación y Transferencia Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (INTA). Se realizan los muestreos de densidad aparente a una profundidad de 10 cm según corresponda las parcelas versus el área de las fincas.

El reporte del laboratorio es dado en porcentaje de carbono ($C_s\%$); si el reporte viene dado en %MO se convierte a COS por medio de la siguiente formula:

$$\%C_s = \% MO * 0,58$$

Donde:

C_s = Carbono Orgánico de Suelos (%)

MO = Materia Orgánica (%)

0,58 = Factor de conversión de MO a Carbono del laboratorio de suelos de INTA.

Para la estimación del carbono de suelo por hectárea en una lámina de 10 cm suelo se sigue el procedimiento establecidos por Veldkamp, 1993, para suelos y zonas de vida tropicales de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$COS = C_s * L_s * DA * 10^4$$

Donde:

COS = Carbono Orgánico Suelo (ton/ha)

C_s = Contenido de carbono en el suelo (g/g)

L_s = Lámina de suelo (cm)

DA = Densidad Aparente (g/ cm³)

Para obtener el dióxido carbono equivalente (CO₂ e) se utiliza la conversión en función de los pesos moleculares del CO₂ y el C (44/12).

Pasos seguidos para estimar COS₀ y COS_(0-T) y los cambios de existencias netas de C en el suelo en fincas ganaderas, de acuerdo con la ecuación 2.5 (Vol.4; Cap 2.), el procedimiento 6.3.3.4 (Vol 4. Cap 6) de IPCC,2006.

1. Muestreo inicial para determinar COS_(t1)
2. Segundo muestreo para determinar COS_(t2)
3. Se estima el cambio anual promedio (Δ) de existencias de COS orgánico del suelo restando las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo (COS_(t1)) de las existencias finales de C orgánico del suelo (COS_(t2)), dividiendo por el tiempo entre los dos momentos
4. Para obtener el dióxido carbono equivalente (CO₂ e) se utiliza la conversión en función de los pesos moleculares del CO₂ y el C (44/12).

$$\Delta COT = \frac{(COT_{t2} - COT_{t1})}{(t_2 - t_1)}$$

Donde:

ΔCOS = Cambio de COS (ton/ha)

COS_{t1} = Existencia de carbono en el suelo en el momento t1 (ton/ha)

COS_{t2} = Existencia de carbono en el suelo en el momento t2 (ton/ha)

Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero PPNG

Para el cálculo del año base de emisiones de gases de efecto invernadero se procede como primer paso definir los límites de cada una de las fincas que serán objeto de estudio, los cuales seguirán un enfoque de control. Posteriormente de la identificación, se documentarán las principales fuentes de emisiones directas e indirectas.

Así mismo todos los datos de emisiones serán equiparados a toneladas de CO2 equivalente. A continuación se detallan los potenciales de calentamiento de los gases están presentes para la actividad ganadera y que serán considerados en esta investigación, empleando las fórmulas establece el IPCC 2006.

Cuadro 3. Potenciales de Calentamiento Global (PCG) de GEI estudiados.

CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2013.

Para la estimación de metano por fermentación entérica, se estratificaran los animales por sexo con su respectivo peso real, posteriormente se realizaran los cálculos de emisiones de metano (CH₄) por la fermentación entérica.

Se realiza un análisis de digestibilidad *in vitro* de la materia seca -y detergentes de acuerdo a la metodología de Van Soest, *et al* (1991) de los principales pastos presentes, el consumo de forraje se estima de acuerdo con la metodología establecida por RNC, 2001 para ganadería de carne.

La fermentación entérica para cada categoría de edad se estimó de acuerdo con la metodología sugerida por IPCC, 2006 y adaptada para Costa Rica por Montenegro, Abarca y Peter, 2009 Mediante la siguiente ecuación:

$$FE = (EB \cdot Y_m \cdot 365 \text{ días/año}) / (55,65 \text{ MJ/kg CH}_4)$$

Donde:

FE = Factor de Emisión, en kg de CH₄/animal/año

EB = Consumo de energía bruta, en MJ/animal/día

Y_m = tasa de conversión del metano, que es la fracción de energía bruta presente en los alimentos que se convierte en metano (8,3 para pasto y 6,1 para concentrado)

Para el cálculo de emisiones por concepto de combustible se utilizará los factores de emisión establecidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2015), con base en la calidad y tipo de combustible que importa la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) de acuerdo con el método del nivel 1 de IPCC (2006).

Para lo cual se le solicita a los productores las facturas de compra, de combustible fósil que utilizó en las maquinas, vehículos que emplea dentro de la finca, en un año.

Para obtener la cantidad emitida de GEI provenientes de la combustión del diésel o gasolina, se multiplica la cantidad de litros gastados por un año en la finca, por el factor de emisión consignado por el (IMN, 2015) para “residencial y agrícola/ Diésel”, para cada gas efecto invernadero, y seguidamente se multiplica por el valor respectivo del potencial de calentamiento global para cada gas efecto invernadero según el instituto meteorológico nacional (IMN, 2015) para tener el valor de dióxido de carbono equivalente.

Cuadro 4. Factores de Emisión utilizados para el combustible en inventario fincas ganaderas.

Combustible	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	Kg/L	g/L	
Diésel	2.69	0.363	0.02178
Gasolina	2.26	0.3265	0.01959

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2015.

Para estimar la emisión total se realiza la suma de los valores obtenidos en cada gas efecto invernadero emitido por el uso de la energía fósil y se obtuvo el dióxido de carbono equivalente total emitido por la quema del combustible fósil.

$$ECF = \sum (CC * EF_{CO_2}) + [\sum (CC * EF_{CH_4}) * 21] + [\sum (CC * EF_{N_2O}) * 310]$$

Donde:

CC = Consumo del Combustible (litros)

EF_{CO₂, CH₄, N₂O} = Factor de emisión respectivo (IMN, 2011)

ECF = Emisión por Combustible Fósil (CO₂e (ton/año))

Para el cálculo de la estimación de emisiones indirectas por electricidad, la cual es utilizada mayoritariamente para picado de pasto, ordeño, enfriamiento de leche e iluminación, se toma el consumo consignado en los registros de electricidad (facturas mensuales) y se multiplica por el factor de emisión indicado por el IMN (2015) para factor térmico del año 2015.

$$CO_2e = KWh * FE_{ft}$$

Donde:

CO₂ e = Emisión (Kg)

KWh = Kilowatts hora consumidos

FE_{ft} = Factor de Emisión (del factor térmico costarricense) 0.1170 Kg CO₂e/KWh.

Finalmente para el cálculo de las emisiones producto de las excretas bajo el sistema bajo pastoreo rotacional fijo no hay cúmulos de estiércol en ninguna área destinada para tal fin. Además no se dispone de información en relación a la dinámica de la emisión en el trópico húmedo de excretas en pasturas, por lo tanto se estimó un kilogramo por año de emisión de metano por animal adulto de 450 Kg peso vivo (equiv. 1 Unidad Animal), de acuerdo con lo establecido para el nivel por IPCC (2006) e IMN (2015). Con esta información y los pesos reales por categorías animales se asigna proporcionalmente la emisión por excretas a cada categoría animal mediante la siguiente ecuación.

$$EE = -0.00133 + (0.0022 * PV) \quad (R^2=99)$$

Donde:

EE = Emisión por excretas, en kg de CH₄/animal/año

PV = Peso vivo del animal

Determinación de acciones dirigidas de reducción y remoción PPNG

Finalmente se determinarán las acciones dirigidas deben de implementar estas fincas con el objetivo de reducir o evitar las emisiones de GEI o bien incrementar las remociones de GEI. Se realizará una revisión bibliográfica y además se establecerán prácticas que el autor con base en su experiencia ha logrado identificar deben de fortalecerse en las fincas ganaderas para mejorar sus emisiones.

En dado caso de implementar estas acciones dirigidas y presentar diferencias en las emisiones o bien reducciones la finca deberá según la Norma INTE ISO 14064-1-2006:

1. Describir la acción dirigida.
2. Los límites espaciales y temporales de la acción dirigida.
3. El enfoque empleado para cuantificar las diferencias de emisiones o remociones GEI.
4. La determinación y clasificación de las diferencias de las emisiones o remociones GEI atribuibles a las acciones dirigidas, como: emisiones o remociones directas, indirectas o de otro tipo.

En caso de que estas fincas implementan programas internos que reducen GEI de sus operaciones, las reducciones resultantes son usualmente captadas en los límites de su inventario. Estas reducciones no tienen que ser reportadas de manera separada, a menos que sean vendidas, intercambiadas externamente, o bien, utilizadas como compensación o crédito.

Literatura consultada

't Mannelje L 2007 The role of grasslands and forests as carbon stores. *Tropical Grasslands* 41:50–54.

Abarca, S.; Soto, R.; Montenegro, J. 2014. Determinación del carbono retenido en el componente leñoso de fincas con acciones en agricultura sostenible en la Región Chorotega. INTA. Informe final para Departamento de Agricultura Sostenible MAG.

Abarca, S; Hernández, M. 2012. Variación del contenido de carbono de los suelos en uso agropecuario y bosque de la Estación Experimental Los Diamantes. Informe para C-Neutralidad EELD. INTA.

Acosta, M.; Etchevers, J. D.; Monreal, C.; Quednow, K.; Hidalgo, C. 2001. Un método para la medición de carbono en los compartimentos subterráneos (raíces y suelos) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. In: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Sistemas Forestales. 18-20 de octubre 2001, Valdivia Chile.

Alvarado, A.; Forsythe, W. 2005. Variación de la Densidad Aparente en Órdenes de Suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 29(1):85-94.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2010. Determinación del balance de los GEI en fincas ganaderas de la región de Chorotega como elemento de referencia para mejorar la competitividad. Informe final. SP N° 14-2009. 250 p.

Cederbeg, C; Henriksson, M; Berglund, M. 2013. An LCA researcher's wish list – data and emission models needed to improve LCA studies of animal production. *Animal* 7:s2 212-219.

VI Censo Nacional Agropecuario 2014, Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, 2015.

Corrales, J. A. 2013. Estimación del balance de gases de efecto invernadero (GEI) en dos fincas en la zona de Turrialba, Costa Rica. Tesis UCR. Turrialba, Costa Rica. 92p.

Dourmad, J.Y; Rigolot, C; Van der Werf, H. 2008. Emission of greenhouse gas, developing management and animal farming systems to assist mitigation. In Livestock and Global Climate Change. Cambridge University Press. 36-39 p

Estrategia para la Ganadería baja en Carbono en Costa Rica, Noviembre 2015. Informe final estrategia y plan de acción.

Fisher M J, Braz S P, Dos Santos R S M, Urquiaga Alves B J R and Boddey R M 2007 Another dimension to grazing systems: Soil Carbon. Tropical Grasslands 41:65-83.

Gerber, P.J.; Hristov, A.N.; Henderson, B.; Makkar, H.; Oh, J.; Lee, C.; Meinen, R.; Montes, F.; Ott, T.; Firkins, J.; Rotz, A.; Dell, C.; Adesogan, A.T.; Yang, W.Z.; Tricarico, J.M.; Kebreab, E.; Waghorn, G.; Dijkstra, J.; Oosting, S. 2013. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. In. 2013. Animal. England, p. 220-34

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma.

Hassan, J. 2011. El ciclo de vida en la producción de leche y la dinámica de las emisiones de gases de efecto invernadero en fincas doble propósito de la península de Azuero, República de Panamá. Thesis M.Sc, CATIE, Turrialba, CR. 162 p.

Hernández, M; Abarca, S; Soto, R. 2014. Evaluación de pasto *Brachiaria híbrido* cv Cayman, en pastoreo en el trópico muy húmedo de Costa Rica. Revista Universidad Técnica Nacional. XVI (70):48-54. ISSN 1659-1836.

Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45: 27-36.

IMN (MINAE) 2014. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono 2010. Costa Rica 2014. MINAE, IMN, GEF, PNUD. 68 p.

http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/inventariogasesinvernadero2010-web_0.pdf

IMN (MINAE) 2015. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono 2015. Costa Rica 2015. MINAE, IMN, GEF, PNUD.

INTA CORFOGA. 2013. Materia orgánica compactación y carbono del suelo. *Informe 2013. Valoración Servicios Ecosistémicos en fincas Ganaderas de Cría*. (I. CORFOGA, Ed.) San José, Costa Rica.

INTECO, 2006. Gases de Efecto Invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. San José, Costa Rica.

Informe bienal de actualización ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático (BUR), 2015, Instituto Meteorológico Nacional, Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas. San José, Costa Rica.

IPCC, 2006. Incertidumbres. **In:** Directrices para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Volumen 1 (Orientación General y Generación de Informes) Capítulo 3. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático. WMO/UNEP.

http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_3_Ch3_Uncertainties.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Cambio climático 2007: informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. Ginebra, Suiza. 104 p

.2013. Working group in contribution to the IPCC fifth assessment report climate change 2013: the physical science basis. Final draft underlying scientific-technical assessment. Stockholm, Sweden. 2216 p.

IPCC, 2006. Pastizales. **In:** Directrices para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Volumen 4 (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra) Capítulo 6. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático. WMO/UNEP.

http://www.ipccngqip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_06_Ch6_Grassland.pdf

Kasterine, A; Vanzetti, D. 2010. The Effectiveness, Efficiency and Equity of Market-based and Voluntary Measures to Mitigate Greenhouse Gas Emissions from the Agri-food Sector. Disponible en

http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Sectors/Fair_trade_and_environmental_exports/Climate_change/TER_UNCTAD_KasterineVanzetti.pdf

Giraldo, L. A.; Saldarriaga, L.; Botero, J; David, P. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural. In: I Seminario Internacional sobre Sistemas Sostenibles de Producción. 1995. 28p.

Guo, L.B.; Gifford, R.M. 2002. Soil Carbon Stocks and Land Use Change: a Meta-Analysis. *Global Change Biology* 8:345-360.

Lombo, D.F. Tobar, D. Villanueva, C. 2011. Estado de la cobertura arbórea en pasturas activas en dos paisajes agropecuarios en el neotrópico americano. In manejo agropecuario como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. CATIE. (Serie técnica. Informe técnico/ CATIE; no.387) (5):93-102. ISBN 978-9977-57-547-6.
http://www.fontagro.org/sites/default/files/pub_libro_manejo_agroecologico.pdf

Naranjo, JF. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV. Medellín, Colombia.

Russo, R. 2009. Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa

forestal. Universidad EARTH. Unidad de carbono neutro. Guácimo, Limón, Costa Rica. p 17

Sorio, H. 2012. Pastoreo Voisin. Teorías-Prácticas-Vivencias. 3^{er} ed. Meritos ed. Passo Fundos, Brasil. 298 p.

Umaña C. 1997. Tasas de degradación de materia orgánica en pasturas del trópico húmedo. Sede del Atlántico. Tesis UCR. Turrialba, Costa Rica.

Veldkamp, E. 1994. Organic carbon turnover in three tropical soil under pasture after deforestation. In soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropic of Costa Rica. Ph. D Thesis. Wageningen University. p 117.

Villacís, J. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. M.Sc. Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica. P 129.

Villanueva, C.; Tobar, D.; Ibrahim, M.; Casasola, F. 2007. Árboles Dispersos en potreros en fincas ganaderas del Pacífico Central de Costa Rica. Agroforestería de las Américas 45:12-19