

2020

NAMA Ganadería  
0767

**Metodología de Medición, Reporte y Verificación  
de la Acción de Mitigación Nacionalmente  
Apropiada para la Ganadería Bovina. Periodo  
2019-2020**

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA AGROPECUARIA  
DIRECCIÓN NACIONAL DE EXTENSIÓN AGROPECUARIA**

PROGRAMA NACIONAL DE GANADERÍA (DNEA) | UNIDAD PECUARIA (INTA)

## Tabla de contenido

### Contenido

<b>Introducción</b> .....	2
<b>Metodología</b> .....	3
<b>Sistema DNEA y programación en línea</b> .....	4
<b>Metas de la NAMA</b> .....	7
<b>Selección de fincas y muestreo</b> .....	8
<b>Asignación de fincas por región</b> .....	9
<b>Fuentes de Emisión.</b> .....	9
<b>Emisiones de los animales</b> .....	10
<b>Fermentación entérica</b> .....	10
<b>Equinos</b> .....	12
<b>Excretas (estiércol y orines)</b> .....	12
<b>Emisión de las pasturas</b> .....	12
<b>Conversión de tierras a pasturas</b> .....	12
<b>Pasturas</b> .....	12
<b>Emisiones por uso de energía fósil</b> .....	13
<b>Combustibles fósiles</b> .....	13
<b>Energía eléctrica</b> .....	14
<b>Emisión por uso del agua</b> .....	14
<b>Aguas residuales no domésticas</b> .....	14
<b>Aguas residuales domésticas</b> .....	14
<b>Fuentes de remoción</b> .....	15
<b>Carbono de bosque y áreas en regeneración natural.</b> .....	15
<b>Carbono orgánico de suelo en pasturas</b> .....	16
<b>Carbono de árboles en pasturas</b> .....	17
<b>Literatura</b> .....	20
<b>ANEXO 1</b> .....	23
<b>ANEXO 2</b> .....	24

## Introducción

El sector de agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) está incluido como parte de la meta nacional de la Contribución Prevista y Determinada (CPD) de Costa Rica en la ratificación del Acuerdo de París desde el 2016. El país se comprometió a mejorar significativamente la métrica para cuantificar la cantidad de emisiones y remociones en este sector hasta obtener información verificable por medio de las acciones piloto como los NAMA's, las estrategias sectoriales para el desarrollo de productos bajos en carbono (LED) y la estrategia nacional de la deforestación evitada (REDD+) (MINAE, 2015).

En 2015 se estableció la **Estrategia de Desarrollo Ganadero Bajo en Carbono** (EDGBC) y se sustentó en el:

1. Análisis de la evolución y diagnóstico de la situación del sector ganadero al 2015;
2. Escenario de Línea de Base tomando como año de referencia 2015,
3. Análisis de:
  - a. Alternativas de manejo con énfasis en la alimentación del ganado
  - b. Escenarios de adopción e implementación de las alternativas tecnológicas
  - c. Barreras a las alternativas seleccionadas

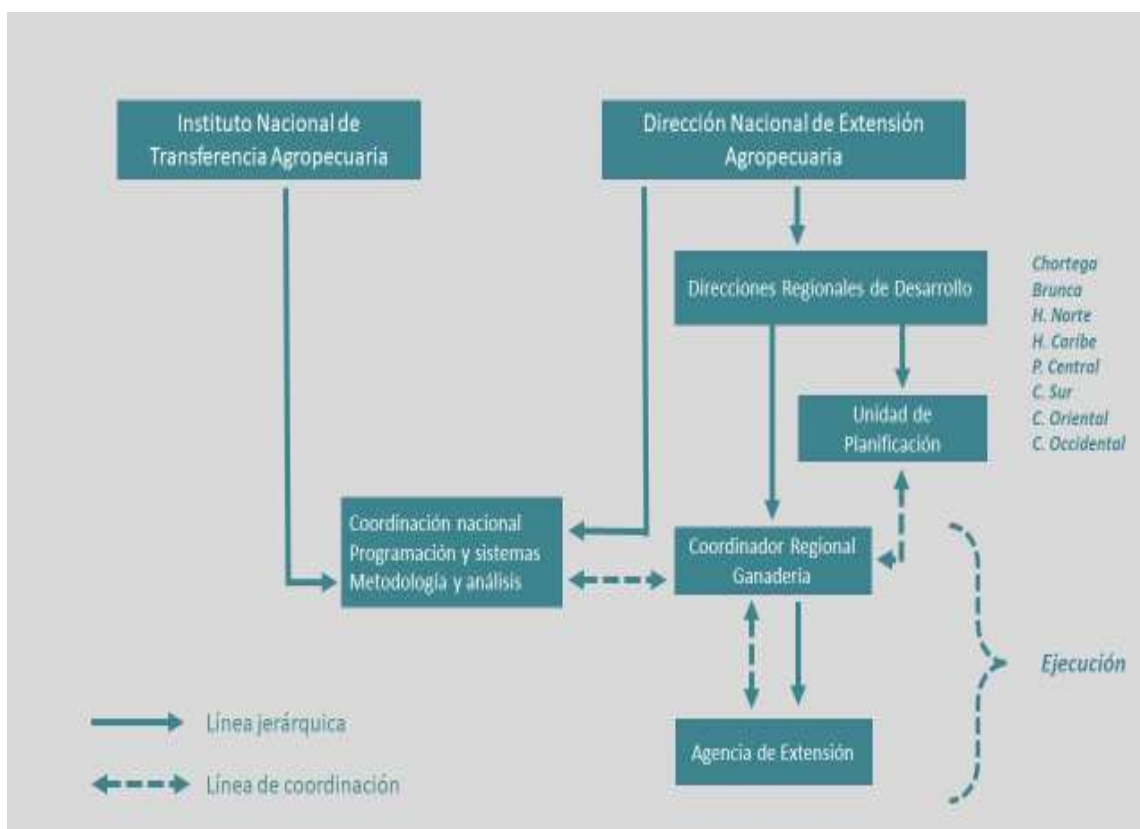
Dentro de las CPD y EDGBC un aspecto de especial importancia fue la relación de la ganadería con las condiciones climáticas como estacionalidad, variabilidad climática y la contribución a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). La EDGBC indicó que la emisión de GEI por los procesos de producción, y las remociones de carbono por el bosque en crecimiento y las diferentes coberturas del suelo de las fincas ganaderas se tenían que relacionar con la productividad del ganado en pie que se destina a sacrificio para producir carne y el que se destinaba a la producción de leche. Sin descuidar los costos y la rentabilidad, tomando en cuenta la dependencia de los diferentes ecosistemas, los sistemas productivos, la alimentación y el manejo del negocio en los diferentes entornos socioeconómicos rurales.

La NAMA Ganadería es un proyecto país incluido entre las 15 líneas priorizadas por la EDGBC, la misma cuenta con 3 escalamientos de 2018 a 2034 y va ajustando paulatinamente los mecanismos tanto de implementación como de control, en este caso el nivel 1 está asociado al Plan Nacional de Desarrollo 2019-2022, con metas claras y medibles, por esta razón la Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria (DNEA) en coordinación con el Departamento Pecuario del INTA y el Programa Nacional de Ganadería del MAG realizaron los ajustes pertinentes en el Sistema Informático de la DNEA, para el control del proceso y la verificación por interesados del seguimiento de que las acciones en tiempo real, donde es posible observar el impacto en el tiempo.

La primera evaluación del MRV del NAMA de la EDGBC inició en noviembre 2019 extendiéndose debido a la pandemia del COVID-19 hasta octubre 2020. Se realizó en todo el territorio nacional, de forma voluntaria, pragmática, no invasiva y basada en la dinámica socioeconómica de los diferentes territorios rurales del país. Respetó la diversidad y fomentó las capacidades nacionales y regionales en los procesos metodológicos tanto nacionales como internacionales de métrica y levantamiento de información agroambiental a nivel de finca.

## Metodología

El sistema se desarrolló en el Ministerio de Agricultura y Ganadería en forma conjunta por el Programa Nacional de Ganadería Baja en Carbono, la Unidad de Computo de la Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria y la Unidad Pecuaria del Instituto Nacional de Transferencia Agropecuaria (INTA). El enfoque se dirigió a estimar el impacto de las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA) de la Estratégica de Ganadería Baja en Carbono (EGBC). El esquema utilizado fue el de balance de carbono (FAO 2011; INTECO 2016; Abarca-Monge 2016) a nivel de finca. El objetivo fue obtener la emisión neta, restando a la emisión bruta de GEI, las remociones de carbono por los deferentes sumideros, involucrando integralmente los procesos de intercambio de GEI de la finca con la atmósfera. Todo expresado como CO<sub>2</sub>e en unidades de masa, de acuerdo con la Norma Costarricense de Carbono (INTECO 2016) y los lineamientos de MRV Platform for Agriculture (2020) (<https://www.agmr.org/>) de la Alianza Global de Investigación sobre Gases Efecto Invernadero en Agricultura y el Programa de Investigación en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del CGIAR (GRA, CCAFS, por sus siglas en inglés).



**Figura 1. Esquema operativo para la realización del MRV del NAMA de la EDGBC**

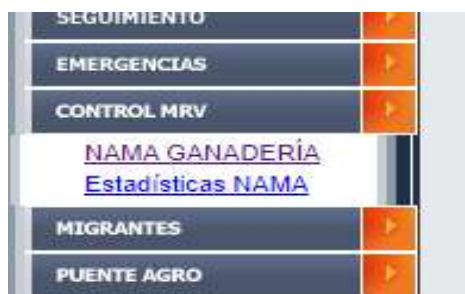


## Sistema DNEA y programación en línea para fincas del subgrupo MRV del NAMA ganadería.

Se tiene habilitado el módulo de MRV en el Sistema de Información de la DNEA, en el cual permite llevar el control del subgrupo MRV de las fincas de NAMA Ganadería, con el fin de registrar la información de estimación de emisiones y remociones, con el fin de dar seguimiento al impacto de las actividades NAMA.

En el sistema se debe de registrar la información del productor y la información de la finca donde se realizarán las mediciones, con el fin de tener la información básica completa de la finca.

**a**



La figura *a* muestra el listado de evaluaciones de NAMA ganadería registrados en el sistema, pero solo se puede registrar uno nuevo accediendo desde las fincas agropecuarias.

En figura *b* se muestra el listado de fincas agropecuarias, se selecciona la finca a atender y se le da la opción de NAMA, para realizar el registro de las estimaciones para la finca específica y llevar el control de los diferentes años registrados para esa finca y tener el historial de cada medición, ejemplo año 2020 y el 2021, o desde el menú principal.

La figura *c* muestra la pantalla inicial donde se indica la trazabilidad y la ubicación de la finca.

**b**

**LISTADO DE FINCAS AGROPECUARIAS**

Buscar por: Todos  Buscar

Dirección Regional: Dirección de Desarrollo Central Occidental

Agencia: Agencia de Extensión Agropecuaria de Alajuela

Fincas Asociadas al Productor: PADILLA CASTRO JOSE ENRIQUE, Identificación: 1-0361-0551

Exportar Grid:

Arrastre una columna aquí para agrupar por dicha columna

#	Id Productor	Productor	Id Finca	Cod Finca	Finca	Propietario	Latitud	Longitud	Area	Provincia	Cantón	Distrito	Dirección	ID	Opciones
2	Padilla Castro Jose Enrique	2502			PADILLA CASTRO JOSE ENRIQUE		0,00000	0,00000	0,00	Alajuela	Poás	San Pedro	800 mts o del SUPER CHOCO, Calle Guano	2450	<input type="button" value="Modificar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
2	Padilla Castro Jose Enrique	5199			Padilla Castro Jose Enrique		0,00000	0,00000	0,00	Cartago	La Unión	San Diego	DE LA ESCUELA LUIS MADRIGAL 500 MTS SUR. REGISTRO PYMPA DRCA 095	5147	<input type="button" value="Modificar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
2	Padilla Castro Jose Enrique	13114			Padilla Castro Jose Enrique		0,00000	0,00000	0,00	Cartago	La Unión	San Diego	DE LA ESCUELA LUIS MADRIGAL 500 MTS SUR. REGISTRO PYMPA DRCA 095	13062	<input type="button" value="Modificar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
2	Padilla Castro Jose Enrique	29515		Fernando Cordero	Padilla Castro Jose Enrique		0,00000	0,00000	0,00	San José	Desamparados	Desamparados	DE LA ESCUELA LUIS MADRIGAL 500 MTS SUR. REGISTRO PYMPA DRCA 095	29463	<input type="button" value="Modificar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
2	Padilla Castro Jose Enrique	31319			Padilla Castro Jose Enrique		0,00000	0,00000	1,50	Cartago	La Unión	San Diego	DE LA ESCUELA LUIS MADRIGAL 500 MTS SUR. REGISTRO PYMPA DRCA 095	31267	<input type="button" value="Modificar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>

Registro de Fincas | Información de Fincas | Ubicación Mapa | Solicitar Quema | Estadísticas | Plan de Finca | **NAMA**

**c**

**DATOS PARA ESTIMAR LAS EMISIÓN DE GEI, REMOCIONES DE CARBONO**

Datos Finca | Estimación Emisiones | Estimación Remociones

Fecha Inicio evaluación:

Finca:

Productor: Fincas Asociadas al Productor: PADILLA CASTRO JOSE ENRIQUE, Identificación: 1-0361-0551

Dirección de Desarrollo Central Occidental

Agencia de Extensión Agropecuaria de Alajuela

Evaluador: CHRISTIAN RODRIGUEZ RODRIGUEZ

Ubicación Finca: DE LA ESCUELA LUIS MADRIGAL 500 MTS SUR. REGISTRO PYMPA DRCA 095

Provincia: Cartago

Cantón: La Unión

Distrito: San Diego

Coordenadas: 0,00000

Año Evaluación: 0

Sistema Básico de Producción: Cria

**Figura 2. Pestaña “a”, listados de finca de la NAMA “b” e información inicial “c”**

DATOS PARA ESTIMAR LAS EMISIÓN DE GEI, REMOCIONES DE CARBONO

Listado

Datos Finca   Estimación Emisiones   Estimación Remociones

- 1-Composición del Hato
- Promedio de peso y producción de vacas lactando
- Calidad de pasto
- Combustible Fósiles
- Electricidad
- Nitrógeno de fertilización al suelo
- Otros Datos

Actualizar

- *El ingreso de datos tiene tres partes, Datos de la Finca, Estimación de Emisiones y Estimación de Remociones*
- *Los formularios se deben ir llenando en el orden correspondiente, de arriba hacia abajo*

DATOS PARA ESTIMAR LAS EMISIÓN DE GEI, REMOCIONES DE CARBONO

Datos Finca   Estimación Emisiones   Estimación Remociones

1-Composición del Hato

Tipo de Animal

Peso vivo

Cantidad Animales

Concentrado kg/animal/día

Agregar

Tipo Animal	Peso Vivo	Cantidad Animales	Concentrado kg/animal/día
Sin datos para mostrar			

Promedio de peso y producción de vacas lactando

Prod. de Leche	Peso	Prod. de Leche	Cantidad
Vacas lecheras en producción			

Calidad de pasto

Especie

Meter txt

FDN %

Digestibilidad %

Combustible Fósiles

Combustible	Listros/año
Diesel	
Gasolina Regular	
Gas LP	

Electricidad

- *Primero se llenan los datos de la finca*
- *En segundo orden los datos para estimar emisiones de GEI*
- *De último se llenan los datos de los muestreos para estimar las remociones de carbono*

DATOS PARA ESTIMAR LAS EMISIÓN DE GEI, REMOCIONES DE CARBONO

Datos Finca   Estimación Emisiones   Estimación Remociones

Remociones por bosque

Cob. Arbreas no pastoreadas

Fecha de Muestreo

Total de áreas (Ha)

Carbono Suelo % (Lab)

Remociones por suelos de pastura

Fecha

Punto de muestreo

Coordenadas

Área de pastoreo (Ha)

Carbono Suelo % (Lab)

Densidad Aparente Estimada

Remociones por árboles dispersos en finca

Punto central medición

Fecha

Árboles en 1000 m2

DAP promedio (1.30 m)

Altura estimada (m)

Acciones de Reducción

Acciones	Fecha Inicio	Economía en HgCO2 e

DATOS PARA ESTIMAR LAS EMISIÓN DE GEI, REMOCIONES DE CARBONO

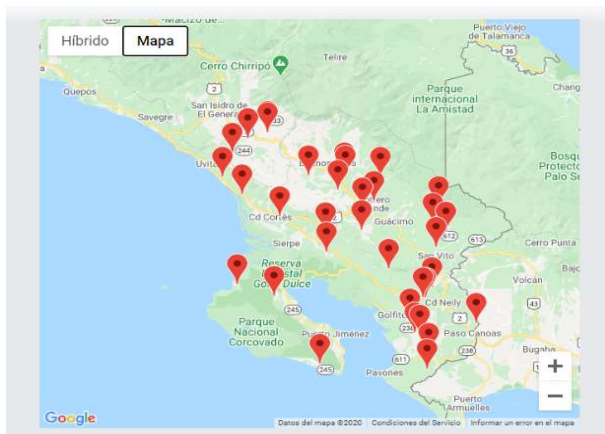
Listado

Datos Finca   Estimación Emisiones   Estimación Remociones

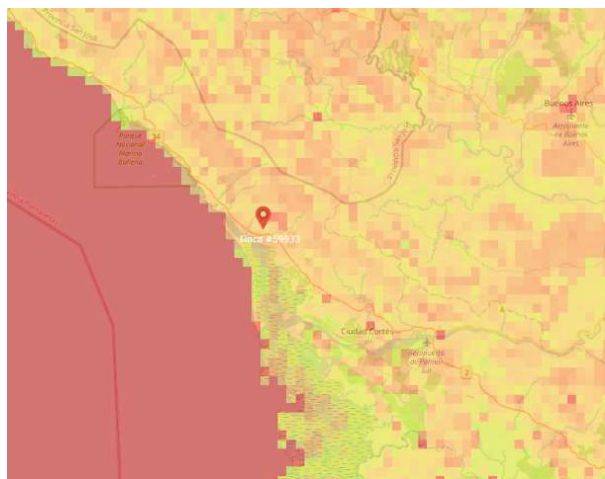
- Remociones por bosque
- Remociones por suelos de pastura (Densidad Aparente)
- Remociones por árboles dispersos en finca
- Acciones de Reducción
- Proyección de adicionalidad en árboles en pasturas
- Proyección de incremento de carbono

Actualizar

**Figura 3. Pantallas de ingreso de datos técnicos**



En la imagen se muestra el mapa con la ubicación geográfica de las fincas NAMA.  
(ej. Zona Sur de la Región Brunca)  
Las fincas del MRV además tienen las ubicaciones adicionales que corresponden a cada sitio de muestreo de árboles y suelos.



La imagen muestra también la ubicación sobre el mapa de Carbono realizado INTA, indicando el nivel actual de carbono para la localidad donde se encuentra la finca.

Informe por finca de balance de gases efecto invernadero en toneladas (Mg) por gas (CO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>; N<sub>2</sub>O) y en CO<sub>2</sub>e  
Remociones en toneladas de carbono y CO<sub>2</sub>e  
Además, permite generar listados y gráficos del estado de avance y exportar bases de datos

Informe del Balance de GEI y Remociones de Carbono

Año Evaluación: 2020 Fecha Evaluación: 01/08/2020

Unidades	Toneladas en 365 días			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> e
<b>Gas</b>				
<b>Emisión</b>	<b>13,1917</b>	<b>16,372932249237</b>	<b>0,001183299</b>	<b>367,3900696439</b>
<b>Fermentación Entérica</b>		16,228944889237	2	340,8079422539
<b>Fertilización Nitrogenada</b>			7,2E-05	0,02232
<b>Combustibles</b>	13,1916	0,0016394	0,0000984	13,25280489
<b>Agua de Lavado</b>		0		0
<b>Caballos</b>		0,03928		0,82488
<b>Estiercol en pastoreo</b>		0,09860788		2,032962
<b>Agua Resid Domesticas</b>		0,00626		0,13146
<b>Electricidad</b>	0,00007540			0,00007540
<b>Orina animales pastoreo</b>			0,00102492	0,31772500

**Figura 4. Resultados que genera el sistema para 2020**

## Metas de la NAMA

La NAMA cuenta con dos indicadores a reportar por lo cual se diseñaron diversos procesos como: protocolos, capacitaciones y coordinaciones para poder dar cumplimiento a los mismos.

- *Número de fincas que implementan el modelo NAMA Ganadería* (estas fincas no necesariamente llevan mediciones, pero si deben tener su diagnóstico y plan de finca en SDNEA)
- *Ton de CO<sub>2</sub>e Reducido*: este se calcula por medio de las fincas de control que la DNEA en conjunto con cada Dirección Regional de Desarrollo quienes seleccionaron las fincas para realizar las mediciones y muestreos que se enviaron al laboratorio de suelos de INTA y luego se ingresaron en el Sistema en línea de DNEA para el cálculo automático, según tiempos establecidos para poder brindar los reportes semestrales y anuales del PND.

Ambos indicadores son sectoriales y de importancia para el escalamiento del modelo de la NAMA Ganadería, el año 2019 se tuvo como año base, esto quiere decir que cada región hizo un inventario de las fincas que habían venido implementando las medidas de la NAMA Ganadería (reúne las fincas de los pilotos con CORFOGA, la CNPL, proyectos de transferencia del MAG, Proyectos de socios cooperantes como Fondo de Adaptación, PNUD y otros; intervenciones con fondos de Emergencia, COMCURE, Proyecto MIS entre otros).

Cada región tubo un número de fincas como meta, este número se calculó con base a tres fuentes de información, la primera el Censo Nacional Agropecuario 2015 que fue la estadística oficial, posterior a esto el Programa Nacional de Ganadería en 2017 tomó la información del censo y reactualizó la línea de base de la Estrategia Ganadera Baja en Carbono. Con base a esta información y con los de proyectos pilotos de la NAMA (2014-2018) se generaron los escenarios de escalamiento de la NAMA, este es el primer escenario y se espera cumplir en el periodo administrativo (2018-2022); en la segunda fase se espera llegar al 40% de las fincas del país y en la tercera al 70% del país (año 2034).

A lo interno de cada Dirección Regional y en coordinación con el Comité Técnico Regional (COTER), los encargados de planificación regional, el encargado de ganadería y el director de extensión se realizaron la asignación del número de fincas a nivel regional, donde cada Agencia de Extensión Agropecuaria reporta para el cumplimiento de este indicador con base a la meta planteada.

Para el indicador de reducción de emisiones se utilizó la metodología validada y adaptada a las condiciones nacionales por el INTA y CATIE (Vega et al 2016), esta metodología de levantamiento de información, cálculo y análisis se probó previamente en el programa Piloto con CORFOGA y fue la base para la obtención de la certificación de carbono neutralidad en dos fincas en Costa Rica. De esta forma el primer paso fue el registró de los procesos de emisión y remoción de cada finca en el sistema de la DNEA en el año 2019 y en forma posterior hacer un comparativo al siguiente año (y así secuencialmente) para determinar las variaciones de las emisiones de GEI y remociones de C de los diferentes procesos que suceden en las fincas. Las reducciones y las emisiones pueden ser por varias causas, por ejemplo: ajustes en la carga animal reduciendo así las categorías de animales que emiten más, salida de animales al mercado, o bien por medio de las tecnologías propiamente (un ejemplo es la conversión de las excretas en bio-gas en un biodigestor); en este cálculo por ser reducción no se consideran las capturas de CO<sub>2</sub>.



Los escenarios y cantidad de fincas en cada región son un mínimo para alcanzar la meta de reducción. De esta manera en promedio cada finca debería reducir la emisión en 21 toneladas de CO<sub>2</sub> como mínimo, entre más fincas participen en la NAMA, mayor serán las reducciones de CO<sub>2</sub> equivalente.

Se entiende que fincas implementando el modelo NAMA Ganadería cuentan con una situación inicial donde se efectuó algún tipo de intervención (Ejemplo; pastoreo racional, uso de cercas vivas, o bien ferti-riego con purines entre otras), esa situación inicial definió el año base de la finca. Para que esa misma finca pueda ser contabilizada nuevamente en el siguiente año debe incluir una nueva tecnología por ejemplo cosecha de agua de lluvia o cualquier tecnología asociada al modelo de la NAMA y así sucesivamente para ser registrada en el tercero y en el cuarto. Esto tiene sentido debido a que normalmente un plan de finca se establece en el tiempo y no solo en un año, las intervenciones y el apoyo técnico se distribuyen en el tiempo, en algunos casos por 4 o más años de acuerdo con la capacidad de la institución de seguimiento y vinculado a las posibilidades económicas del productor para hacer los cambios sugeridos.

## Selección de fincas y muestreo

El Ministerio de Agricultura en 2015 definió un grupo de acciones tecnológicas (Cuadro 1) llamadas “*acciones NAMA*”, para ser implementadas a nivel de finca a través de diferentes instituciones, proyectos y organizaciones, en un lapso de cinco años. En 2019 estimó que aproximadamente 1000 fincas habían adoptado el pastoreo racional, tecnología obligatoria para considerar a una finca dentro del grupo NAMA. Sin embargo, de acuerdo con las proporciones de pasturas mejoradas reportadas para 2019 por INEC (2020) es posible que la adopción de las tecnologías NAMA ha sido mayor a la esperada. Por lo tanto, se tomó una muestra del 30% sobre una población de 1000 fincas, con posibilidad de inferir con un 90% de confianza y 15% de error en una población de 1700 fincas, sobre el almacén de carbono de suelo; que dentro del grupo de las nueve fuentes de emisión y tres de remoción (indicadores) observadas en las fincas se consideró con mayor probabilidad de variación.

**Cuadro 1. Tecnologías NAMA 2015. Programa Nacional de Ganadería Baja en Carbono**

Acción tecnológica	Impacto de la acción en:					
	Mitigación	Adaptación	Productividad	Costos	Barreras	Promedio
Pastoreo racional	4	1	5	3	5	3,6
Mejora de pastos	4	1	5	3	2	3,0
Cercas vivas	3	1	1	4	4	2,6
Fertilización	2	1	1	4	5	2,6
Banco forrajero	2	3	5	3	1	2,8
Mineralización	1	1	3	3	5	2,6
Fomento del ensilaje	2	5	5	1	1	2,8
Supl. con heno	2	3	3	2	2	2,4
Mejora genética	1	5	5	1	1	2,6
S. Silvo-pastoriles	3	5	1	1	1	2,2
Supl. grano y legum.	2	1	5	1	1	2,0

Escala de impacto 1 =muy bajo, 5=muy alto.

## Asignación de fincas por región

El programa de GBC asignó una cantidad de 316 fincas por región en función de la distribución de fincas reportadas en 2019. Se realizaron muestreos satisfactorios en 282 fincas. Se excluyeron 34 fincas (C. Oriental 4; Central Sur 3; Huetar Norte 17; P. Central 10) por presentar inconsistencias (menos de 8 kg de metano año<sup>-1</sup> y/o almacén de carbono en suelos con cero toneladas).

**Cuadro 2. Fincas con muestreos satisfactorios para MRV por región.**

Dirección de Desarrollo	Fincas
Dirección de Desarrollo Brunca	35
Dirección de Desarrollo Central Occidental	24
Dirección de Desarrollo Central Oriental	24
Dirección de Desarrollo Central Sur	27
Dirección de Desarrollo Chorotega	38
Dirección de Desarrollo Huetar Caribe	20
Dirección de Desarrollo Huetar Norte	74
Dirección de Desarrollo Pacífico Central	40
<b>Total general</b>	<b>282</b>

## Fuentes de Emisión.

Las fuentes de emisión por finca se indican en el cuadro 3. Se reportaron por gas, la suma por fuente de emisión y total se realizó en Dióxido de Carbono Equivalente (CO<sub>2</sub>e). De acuerdo con lo indicado por FAO 2011; INTECO 2016; IMN 2019, IPCC 2019.

**Cuadro 3. Fuente de emisión y gas emitido por finca para evaluación MRV**

Unidades	Toneladas en 365 días (Mg <sup>1</sup> año <sup>-1</sup> )			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> e
Gas				
Emisión total por gas				
Fermentación Entérica				
Fertilización Nitrogenada				
Combustibles				
Aguas de Lavado				
Caballos				
Estiércol en pastoreo				
Aguas residuales domésticas				
Electricidad				
Orina en pastoreo				

## Emisiones de los animales

### Fermentación entérica

Para la estimación de la emisión del metano entérico se utilizó el Nivel 2 de IPCC (2019), como una metodología sensible a las variantes de alimentación, con el objetivo de obtener datos lo más reales posibles (Wilkes and Suzanne van Dijk, 2018).

Las ecuaciones utilizadas fueron:

*Estimación de la relación energía neta disponible para mantenimiento y crecimiento de la energía digestible consumida*

*Eq 10.14 y 10.15 IPCC, 2019 (Vol 4; Cap 10; páginas 10.28-29)*

$$REM = [1,123 - (4,092 * 10^{-3} * ED) + (1,126 * 10^{-3} * ED^2) - 25,4/ED]$$

$$REG = [1,164 - (5,160 * 10^{-3} * ED) + (1,308 * 10^{-3} * ED^2) - 37,4/ED]$$

*Donde:*

*REM = Ratio energía de mantenimiento*

*REG = Ratio energía de crecimiento*

*ED = Energía digestible (energía digestible/energía bruta)*

### Estimación del consumo de materia seca

*Eq 10.18 IPCC, 2019 (Vol 4; Cap 10; página 10.30)*

$$CSM = PV^{0,75} * ((0,0582 * EN_m - 0,00266 * EN_m^2 - 0,0869) / (0,239 * EN_m))$$

*Donde:*

*CSM = Consumo de material seca; Kg día<sup>-1</sup>*

*PV = Peso vivo*

*EN<sub>m</sub> = Concentración estimada de la energía neta de la dieta*

Estimación del consumo de energía bruta de los forrajes por unidad de peso: constante 18.45 MJ/kg RNC (1996), Baxter K. L. (1974), Cardona et al (2002).

$$EBI = IMS * 18,45$$

Donde:

*EBI = Energía Bruta Consumida*

*IMS =ingesta de Materia Seca*

*18.45=contenido de materia seca de los alimentos (MJ/Kg)*

Estimación de la emisión de metano para una categoría de animal determinada (nivel 2)

*Eq 10.21 IPCC, 2019 (Vol 4; Cap 10; página 10.46)*

$$FE = [EB * (Y_m/100) * 365]/55,65$$

Donde:

*FE = Factor de Emisión; Kg CH<sub>4</sub> cabeza<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>*

*GE = Energía bruta consumida; MJ cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>*

*Y<sub>m</sub> = Factor de conversión de la energía bruta a metano; %*

*55,65= Energía convertida a metano (MJ/kg CH<sub>4</sub>)*

*Valor de Y<sub>m</sub> en función del nivel de suplementación con concentrados (alimentos balaceados)*

Para todas categorías animal se fijó el Y<sub>m</sub> en 6,1% cuando el consumo de materia seca (MS) fue solamente pasto y forrajes, con una reducción de 0,09% por cada kg de MS consumida de concentrado adicional hasta un Y<sub>m</sub> de 5,2%. Este rango se obtuvo de los valores promedio obtenidos por Soto et al (2018) para animales cebú de la raza Brahman exclusivamente en pastoreo y Abarca et al (2018) con animales lecheros Jersey y cruces con cebú suplementados con concentrado en las condiciones similares a las fincas dentro del MRV. La tasa de variación de 0,09%/Kg MS concentrado en el Y<sub>m</sub> se estimó por regresión lineal. La variación del Y<sub>m</sub> se realizó como respuesta al conceso experto de los coordinadores regionales de ganadería del Ministerio de Agricultura y Ganadería sobre la mejora de la dieta en función de la suplementación con concentrados, harina de granos, sub productos de oleaginosas y grasa de sobrepaso de con los que suplementan los animales los bovinos normalmente en Costa Rica con un rango estimado de 0 a 60% del consumo de materia seca total consumida.



## Equinos

Algunas fincas especialmente de cría, mantienen uno a tres equinos como parte de los procesos productivos. Estos se contabilizaron cuando estuvieron presentes y se estimó la fermentación entérica por el Nivel 1, de acuerdo con el factor de emisión de IMN (2020).

## Excretas (estiércol y orines)

De acuerdo con INEC (2020) el 90% de la ganadería de Costa Rica es a pastoreo y 5,3% en semi-estabulación (12 a 14 horas de pastoreo). Así mismo, INEC (2020) indica que cuando hubo excretas en instalaciones aproximadamente el 92% de las fincas utilizaron la técnica del compost aeróbico como tratamiento.

La totalidad de las fincas de la muestra para el MRV utilizaron pastoreo, ninguna almacenó purines por más de 24 horas. Las condiciones ecológicas de las zonas ganaderas de Costa Rica de ambiente húmedo y alta actividad biológica (León, 2017) podría hacer posible la descomposición aeróbica de las excretas en las pasturas en una alta proporción.

Tomando en consideración lo anterior y en concordancia con IMN (2020b), se estimó la emisión de metano del estiércol en  $1,0 \text{ kg CH}_4 \text{ UA}^{-1} \text{ año}^{-1}$  ( $\text{UA} = 450 \text{ kg de peso vivo}$ ). El valor de sólidos volátiles (SV) se estimó en de  $6,8 \text{ g kg PV}^{-1}$  en una relación de  $0,9 \text{ g CH}_4 \text{ kg SV}^{-1}$  (Tabla 10.14, página 10.58; IPCC, 2019). Se realizó el cálculo por categoría animal de acuerdo al peso vivo estimado en cada finca para las categorías existentes al momento de la evaluación con el procedimiento descrito por el nivel 2 de IPCC (2019).

Para la emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  producto de la orina de animales en pastoreo, se tomó el valor promedio por defecto del 10% del nitrógeno excretado, partiendo de una excreción de  $0,31 \text{ kg } 1000 \text{ kg PV}^{-1}$ , promedio sugerido para América Latina en otros vacunos por IPCC (2019) (Cuadro 10.19, página 10 83).

## Emisión de las pasturas

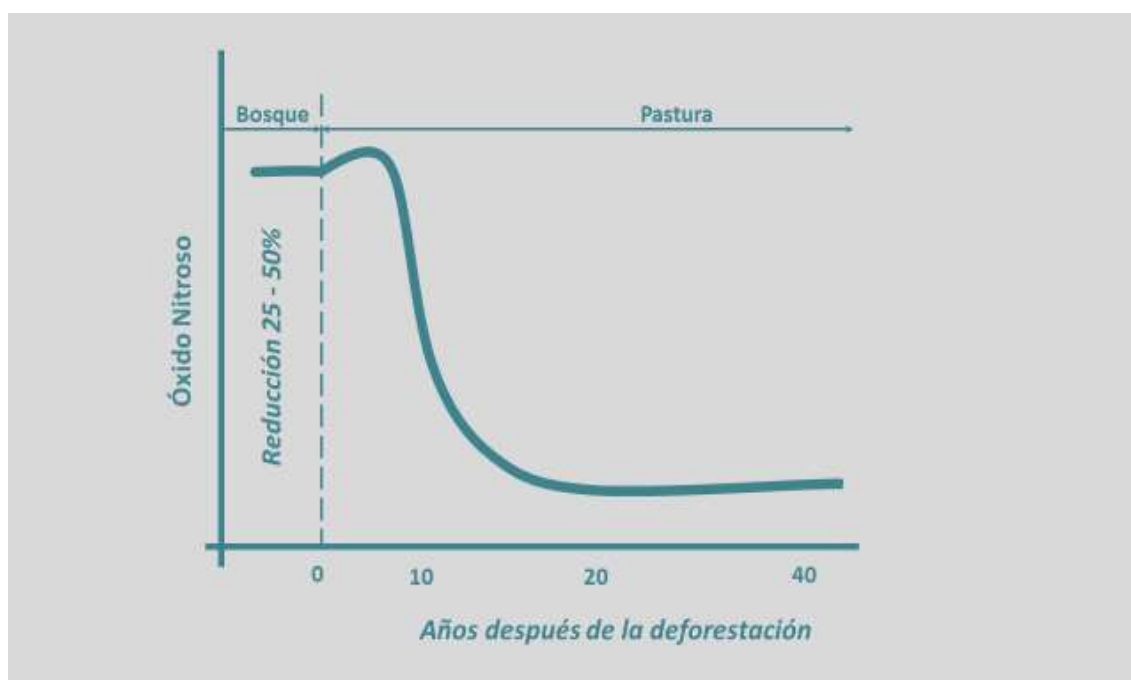
### Conversión de tierras a pasturas

La totalidad de los predios que compusieron la finca ganadera de la muestra para el MRV fueron inspeccionadas *in situ* por personal calificado y entrenado. En ningún caso se observó indicio de tala de árboles o deforestación de bosques.

### Pasturas

De acuerdo con IPCC (2019), la fijación biológica de nitrógeno se ha eliminado como fuente directa de  $\text{N}_2\text{O}$  debido a la falta de evidencia de emisiones derivadas del propio proceso de fijación. Así mismo, las emisiones inducidas por el crecimiento de forrajes pueden estimarse únicamente en función de la superficie y aportes de nitrógeno subterráneos (Rochette and Janzen, 2005). En concordancia con lo expuesto por IPCC 2019; la pérdida de N disponible reduce las tasas de nitrificación y denitrificación con la consecuente reducción de la producción de  $\text{N}_2\text{O}$ . Para el caso de la ganadería en Costa Rica, se tiene evidencia de las bajas concentraciones de N en relación a la

cobertura boscosa adyacente (Abarca et al, 2018; Arguedas et al 2020). Así mismo, la evidencia científica en forma consistente en las dos últimas décadas indica que la emisión interanual de óxido nitroso de las pasturas es menor en relación con los bosques naturales americanos y que se estabiliza entre los siete y diez años de haber realizado el cambio de uso (Figura 1) (Keller 1999 en Costa Rica, Melillo et al 2001, Niel et al 2005 y Meurer et al 2016 en Brasil; así como Koehler 2008 en Panamá). Una tendencia similar fue observada por Arguedas (2020) en pasturas de especies mejoradas y bosques en zonas de vida muy húmedas de Costa Rica.



**Figura 2. Reducción estimada de la emisión de óxido nitroso después de establecida la pastura**

Por lo tanto, para efectos del MRV se desagregó la emisión de N<sub>2</sub>O en fincas sin y con fertilización nitrogenada sintética (bajo y alto nivel de nitrógeno respectivamente).

En las fincas que utilizaron fertilización nitrogenada se utilizó el factor por defecto de 1% por volatilización y reposición de N (tabla 11.3) IPCC 2019.

## Emisiones por uso de energía fósil

### Combustibles fósiles.

La emisión de GEI por la combustión de energía fósil se estimó en base a la estimación de consumo en litros anuales de gasolina, diésel y gas utilizados en los procesos productivos. Cuando los vehículos, maquinaria y equipo se utilizaron en forma diferida en otros procesos, se estimó en forma

porcentual la cuota utilizada para los procesos de la producción bovina. Los factores de emisión fueron los recomendados por IMN (2018) para la calidad de combustible y tipo de motores y equipos utilizados en Costa Rica para las actividades de transporte y agropecuaria.

**Cuadro 4. Factores de emisión en Kg litro<sup>-1</sup> de combustible (IMN 2018)**

Combustible	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Diesel	2,613	0,3820000	0,024420
Gasolina	2,231	0,3460000	0,022110
Gas LP	1,610	0,1390000	0,002745

### Energía eléctrica

La energía eléctrica es la única fuente de emisión indirecta estimada en el MRV. En Costa Rica los niveles de producción de energía eléctrica a partir de fuentes no fósiles es muy alta. No obstante, se utiliza una pequeña porción de energía fósil que varía dependiendo de las cantidades de lluvia anual, para lo cual se utilizó el factor de 0,0395 Kg CO<sub>2</sub>e KWh<sup>-1</sup> (IMN 2018).

### Emisión por uso del agua

#### Aguas residuales no domésticas.

Costa Rica mantiene una precipitación pluvial alta, las regiones ganaderas se encuentran ubicadas en zonas de vida entre 1800 a 4500 mm año<sup>-1</sup> aproximadamente, por lo que el recurso hídrico es abundante; aunque en las regiones de menor precipitación tiende a ser estacional. Por lo cual es usual lavar las instalaciones de los sistemas de lechería especializada y doble propósito donde esperan las vacas a ser ordeñadas cuando vienen de las pasturas. Esta agua residual cargada de materiales orgánicos, independientemente de su destino dentro de los terrenos de la finca genera saturación de los espacios porosos del suelo y eventualmente se utiliza alguna laguna poco profunda. La estimación de la emisión de aguas de lavado de instalaciones se realizó mediante la relación de la emisión de metano derivado de la demanda química de oxígeno utilizando el factor 0,05 kg CH<sub>4</sub> kg DQO<sup>-1</sup> de acuerdo con los factores de emisión IMN (2019) para Costa Rica.

#### Aguas residuales domésticas

En las fincas ganaderas residen normalmente una o más familias, este grupo familiar compuesto por más de dos personas por lo general habita las 24 horas del día. Por otra parte, los trabajadores no residentes con una jornada de ocho horas reducen su permanencia en la finca a un tercio del día. La mayoría de fincas utiliza tanque séptico para los cuales IMN generó un factor de emisión de 4,38 kg CH<sub>4</sub> persona<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> el cual se utilizó en un 100% para los habitantes de la finca y de un tercio para los trabajadores no residentes.

## Fuentes de remoción

Sobre las absorciones de carbono por los sumideros de las fincas no es posible inferir dentro de la estructura actual del esquema de los inventarios nacionales de GEI en los apartados de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) debido a que estos deben seguir los lineamientos de IPCC (2019). Las coberturas boscosas y arbóreas de las fincas ganaderas en las regiones tropicales mesoamericanas son diversas en términos de los roles funcionales temporales y espaciales, así como en especies y tipos de cobertura (por ejemplo: los sistemas agoforestales y silvopastoriles) (CATIE 2018); por lo que tienden a confundirse con masas boscosas cuando no hay comprobación a nivel de uso de suelo y por lo general suelen tomarse erróneamente como bosques. La estimación por imágenes sin comprobación *in situ* podría sobrestimar las áreas de bosque y genera datos con altas incertidumbres como los observados en el Inventario Nacional de GEI 2015 (MINAE 2019). El Proyecto de Paisajes Productivos indicó en el primer trimestre de año 2020, que los cantones de Pérez Zeledón, Buenos Aires y Coto Brus mantenían 115 504 hectáreas de pasturas con más de un 30% de cobertura arbórea (MINAE/GEF/PNUD 2020) lo que representó el 22% del área total de los tres cantones. Mientras el Inventario Nacional de GEI atribuye una emisión por conversión de bosque pastizales de 2363 Gg de CO<sub>2</sub>e, siendo un 32 % mayor a la emisión por fermentación entérica en términos de CO<sub>2</sub>e de los bovinos. Por lo que es posible que se esté añadiendo una emisión poco confiable y muy alta al sector ganadero por deforestación.

Las remociones de carbono de las fincas ganaderas se han clasificado en tres fuentes:

1. *Áreas en crecimiento natural y boscosas no pastoreadas dentro de los límites físicos y administrativos de la finca, que cumplen un rol en el sistema productivos como protección de acuíferos y de los bovinos.*
2. *Árboles dispersos en finca, dentro de pasturas, como cercas vivas, linderos, caminos. Se excluyó plantaciones forestales en monocultivo financiadas por algún sistema de pago de servicios ambientales.*
3. *Carbono orgánico de los suelos bajo pasturas a 30 cm de profundidad siempre y cuando estén dentro de un sistema de pastoreo racional donde se definió claramente los periodos de pastoreo y descanso de la pastura, en un ciclo flexible pero suficientemente amplio para mantener una adecuada producción de biomasa y cobertura del suelo.*

### Carbono de bosque y áreas en regeneración natural.

La metodología utilizada es la descrita por IPCC (2019) para el nivel 1. Partiendo de una estimación anual de crecimiento de biomasa en materia seca (MS) para generar la captura de C en bosque en función del área cubierta por este tipo de vegetación. Las tasas de crecimiento y la proporción estimada del tipo de bosque dentro de las fincas ganaderas se indican en el cuadro 5.

Esta cobertura se definió de acuerdo con la ley 7575 artículo 3 inciso d:



“Bosque: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP)”

**Cuadro 5. Estimación en materia seca del crecimiento anual de la biomasa y la remoción de carbono en los bosques de las fincas ganaderas.**

Zona ecológica	Región	Status/condición	Biomasa	Carbono	CO <sub>2</sub> e	Estimación del tipo de regeneración natural (%)	Proporción de CO <sub>2</sub> e a la media ponderada
			Ton/ha/año (Mg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )			%	
Bosque tropical	Norte y Sur de América	Primario	1	0,5	1,8	0,1	0,18
		Secundario > 20 años	2,3	1,2	4,2	0,4	1,69
		Secundario ≤ 20 años	5,9	3,0	10,8	0,5	5,41
		<b>Promedio</b>	<b>3,1</b>	<b>1,5</b>	<b>5,6</b>	<b>1,0</b>	<b>7,28</b>

Derivado de IPCC, 2019. Directrices para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Tabla 4.9 (actualizada).

Eq. CO<sub>2</sub>e Bosque

$$CO_2 \text{ Bosque} = \text{Área} * MS * 0,5 * (44/12)$$

Donde:

CO <sub>2</sub> e Bosque	=	Dióxido de Carbono Equivalente removido anualmente (Mg ha <sup>-1</sup> ~ ton/ha)
Área	=	Hectáreas de bosque
MS	=	Crecimiento anual del Bosque en Materia Seca (Mg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ~ ton/ha/año)
0,50	=	Contenido de carbono de la biomasa del bosque (%)
44	=	Peso molecular del CO <sub>2</sub>
12	=	Peso molecular del Carbono

### Carbono orgánico de suelo en pasturas.

Después de observar la fisiografía de las pasturas, se elige un área representativa en términos de coloración, relieve y estado de la vegetación, donde se estable un punto central el cual se georreferencia, y se toma la muestra para Densidad Aparente (DA) en ese punto. Luego se toma de 15 a 20 sub-muestras con barreno en toda el área de pasturas, a una profundidad entre 0 y 30 cm

de profundidad, todas se vierten en un recipiente de entre 16 a 20 litros de capacidad, donde se mezclan hasta observar homogeneidad para tomar una muestra de 0,5 kg a la cual se le elimina las piedras y partículas  $\geq 2$  mm aproximadamente, se empaca una bolsa plástica debidamente identificada y se cierra herméticamente (con un nudo) para envío al laboratorio.

La estimación de COS por hectárea en una lámina de suelo de 30 cm se realiza de acuerdo a la guía de Medición y Modelación del Carbono Almacenado en el Suelo y Cambios en el Almacenamiento de los Sistemas de Producción Ganaderos de FAO (2019).

*Eq. C Carbono Orgánico del Suelo*

$$COS = Cs * Ls * DA * 10^4$$

Donde:

COS = Carbono Orgánico Suelo ( $Mg\ ha^{-1} \sim ton/ha$ )

Cs = Concentración de carbono en el suelo (g/g) (en partículas exclusivamente de suelo < 2m)

Ls = Lámina de suelo (30 cm)

DA = Densidad Aparente ( $Mg\ m^{-3} \sim g/cm^3$ )

Para obtener el dióxido carbono equivalente ( $CO_2e$ ) se utilizó la conversión en función de los pesos moleculares del  $CO_2$  y el C ( $44/12 \sim 3,67$ ).

### Carbono de árboles en pasturas

Se selecciona un punto representativo dentro del paisaje de la finca. Se utiliza una parcela circular de  $1000\ m^2$  a partir del punto central de muestreo (Cuadro1) con un radio de 17,8 m de acuerdo con la figura 1. Donde se cuenta e identifica cada árbol dentro del círculo, a todos se les mide la altura y el diámetro a altura de pecho (DAP  $\approx 130$  m).



**Figura 6. Forma de la parcela para medición de árboles en pasturas.**

Para la estimación de carbono se utiliza la metodología descrita por Russo (2009), modificada para arboles individuales. Se aplica un factor de 20% adicional por raíces y 30% para ramas principales, independientemente de la especie y tipo de copa, lo que arroja un factor de expansión de 1,5. Los pasos para el cálculo se describen a continuación:

Volumen del fuste:

*Eq. Volumen del árbol*

$$V = DAP^2 * 0,7854 * A$$

*Donde:*

$V$  = Volumen en  $m^3$   
 $DAP$  = Diámetro a la altura de pecho (1,30 m)  
 $A$  = Altura en metros

Contenido de carbono en el fuste:

*Eq. Contenido de C en fuste*

$$CF = V * 0,47 * 0,5$$

*Donde:*

$CF$  = Carbono del fuste  
 $0,47$  = densidad general de la madera  
 $0,50$  = Contenido de carbono en la materia seca de la madera

Carbono en la biomasa total del árbol (fuste, hojas, ramas y raíz).

*Eq. Contenido de C del árbol*

$$CA = CF * 1,5$$

*Donde:*

$CA$  = Carbono del Árbol  
 $1,5$  = Factor de expansión por raíces y ramas

Paso de carbono a dióxido de carbono equivalente ( $CO_2e$ )

*Eq. Contenido de  $CO_2e$  árbol*

$$CO_2e \text{ del árbol} = CA * 3,67$$

*Donde:*

*CA = Carbono del Árbol*

*3.67 = (44/12) relación de peso molecular CO<sub>2</sub>/C*



## Literatura

- Abarca-Monge, S. 2016. Emisión de gases de efecto invernadero y absorción de carbono en fincas ganaderas. Avances Tecnológicos 11(1): 71-76 ISSN-1659-0538. Consultado 06 mar. 2019. Disponible en [http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances\\_tecnologicos/article/view/30/18](http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/30/18)
- Arguedas, F.; Hernández, M.; Abarca, S.; Soto, R. 2020. Adicionalidad de carbono orgánico del suelo en pasto Cayman bajo pastoreo racional Voisin. Avances Tecnológicos. Postprint. [http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances\\_tecnologicos/article/view/180/166](http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/180/166)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Generalizando la evaluación del balance de carbono en agricultura Ex – Act: una herramienta para medir el balance de carbono. Consultado 06 mar. 2019. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex\\_act/pdf/Policy\\_briefs/Policy\\_brief\\_ES\\_mainstreaming.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/Policy_briefs/Policy_brief_ES_mainstreaming.pdf)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems: Guidelines for assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership (en línea). Rome, Italia. 170 p. Consultado 06 mar. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca2934en/CA2934EN.pdf>
- GRA, CGIAR, CCAFS. 2020. Resources and guidance for MRV of Mitigation in Agriculture. **In:** MRV Platform for Agriculture. Measuring, Reporting, verifying greenhouse gas emission and mitigation (en línea). Consultado 04 Nov 2020. Disponible en <https://www.agmrv.org/>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2020. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Resultados Generales de la Actividad Ganadera vacuna y Porcina. San José, C.R. (en línea) Consultado 10 oct 2020. Disponible en: <https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/reagropecuaria2019-01.pdf>
- IMN (INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL) 2018. Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Octava edición (en línea). Consultado 03 Dic 2019. Disponible en: <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/factores-de-emision-gei-octava-edicion-2018/>
- IMN (INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL) 2019. Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Novena edición (en línea). Consultado 03 Dic 2019. Disponible en: <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/factores-de-emision-gei-noveno-edicion-2019/>
- IMN (INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL) 2019. Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Décima edición (en línea). Consultado 03 Dic 2019. Disponible en: <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/factores-de-emision-gei-decima-edicion-2020/>
- INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). 2016. Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos. INTE B5:2016.
- IPCC (Grupo Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático), 2019. Emission from livestock and manure management. **In:** Directrices para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Volumen 4 (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra) Capítulo 10. (en línea) Consultado 06 oct 2020. Disponible en: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)

- IPCC (Grupo Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático), 2019. Pastizales. **In:** Directrices para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Volumen 4 (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra) Capítulo 6. (en línea) Consultado 06 oct 2020. Disponible en:  
[https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_06\\_Ch6\\_Grassland.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_06_Ch6_Grassland.pdf)
- Koehler, B.; Corre, M.; Veldkemp, E.; Wullaert, H.; Wright, J. 2009. Immediate and long-term nitrogen oxide emissions from tropical forest soils exposed to elevated nitrogen input. *Global Change Biology*. 15:2049-2066. (en línea) Consultado 06 oct 2020. Disponible en:  
[www.researchgate.net/publication/227501459\\_Immediate\\_and\\_long-term\\_nitrogen\\_oxide\\_emissions\\_from\\_tropical\\_forest\\_soils\\_exposed\\_to\\_elevated\\_nitrogen\\_input](http://www.researchgate.net/publication/227501459_Immediate_and_long-term_nitrogen_oxide_emissions_from_tropical_forest_soils_exposed_to_elevated_nitrogen_input)
- Liu, S.; Reiners, W. Keller, M.; Schimel, D. 1999. Model simulation of change in N<sub>2</sub>O and NO emission with conversion of tropical rain forest to pastures in the Costa Rica Atlantic Zone. *Global Biogeochemical cycles* 13(2): 663- 677. (en línea) Consultado 06 oct 2020. Disponible en:  
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/1999GB900002>
- Melillo, J.; Steudler, P.; Feigl, B.; Neill, C.; Garcia, D., Piccolo, M.; Cerri, C.; Tian, H. 2001. Nitrous oxide emissions from forest and pastures of various ages in the Brazilian Amazon. *Journal of Geophysical Research*. 106 (24): 34,179-34,188. (En línea) Consultado 12 nov 2020. Disponible en  
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2000JD000036>
- Meurer, K.; Franko, U.; Stage, C.; Dalla, J.; Madari, B.; Jungkunst, H. 2016. Direct nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) fluxes from soils under different land use in Brazil-a critical review. *Environment Research Letter*  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/2/023001>
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). 2015. Contribución Previa y Determinada a Nivel Nacional de Costa Rica. San José, CR. (En línea) Consultado 12 nov 2020. Disponible en  
<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%20%200%20final%20ES.pdf>
- Neill, C.; Garcia-Montiei, D.; Melillo, J.; Feigi, B. 2005. Rates and controls of nitrous oxide and nitric oxide emissions following conversion of forest to pasture in Rondonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 71: 1-15 (En línea) Consultado 12 nov 2020. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/226892809\\_Rates\\_and\\_controls\\_of\\_nitrous\\_oxide\\_and\\_nitric\\_oxide\\_emissions\\_following\\_conversion\\_of\\_forest\\_to\\_pasture\\_in\\_Rondonia/link/54c8c4050cf238bb7d0e4b7a/download](https://www.researchgate.net/publication/226892809_Rates_and_controls_of_nitrous_oxide_and_nitric_oxide_emissions_following_conversion_of_forest_to_pasture_in_Rondonia/link/54c8c4050cf238bb7d0e4b7a/download)
- Rochette, P.; Janzen, H. 2005. Towards a Revised Coefficient for Estimating N<sub>2</sub>O Emission from Legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 73: 171-179. (en línea) Consultado 12 nov 2020. Disponible en:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-005-0357-9>
- Rowlings. D.; Grace, P.; Scheer, C.; Lui, S. 2015. Rainfall variability drives interannual variation in N<sub>2</sub>O emissions from a humid, subtropical pasture. *Science of the Total Environment* 8(18). 512-513. (en línea) Consultado 12 nov 2020. Disponible en:  
<https://europepmc.org/article/med/25613765>
- 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.  
[https://www.researchgate.net/publication/236593400\\_GUIA\\_PRACTICA\\_PARA\\_LA\\_MEDICION\\_DE\\_LA\\_CAPTURA\\_DE\\_CARBONO\\_EN\\_LA\\_BIOMASA\\_FORESTAL](https://www.researchgate.net/publication/236593400_GUIA_PRACTICA_PARA_LA_MEDICION_DE_LA_CAPTURA_DE_CARBONO_EN_LA_BIOMASA_FORESTAL)

Vega, A.; Tobar D.; Sepúlveda, C.J.; Villanueva, C.; Abarca S. 2016. Análisis de herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) y su aplicación en sistemas de producción doble propósito en fincas ganaderas de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica In: Impacto de las estrategias de alimentación en bovinos de doble propósito en la emisión de gases de efecto invernadero (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) en fincas ganaderas, Cuenca del Río Jesús María, Costa Rica. Tesis Msc. CATIE. 44p.

[https://scholar.google.com/citations?user=TUZ4mXMAAAAJ&hl=es#d=gs\\_md\\_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview\\_op%3Dview\\_citation%26hl%3Des%26user%3DTUZ4mXMAAAAJ%26citation\\_for\\_view%3DTUZ4mXMAAAAJ%3Au5HHmVD\\_uO8C%26tzom%3D360](https://scholar.google.com/citations?user=TUZ4mXMAAAAJ&hl=es#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Des%26user%3DTUZ4mXMAAAAJ%26citation_for_view%3DTUZ4mXMAAAAJ%3Au5HHmVD_uO8C%26tzom%3D360)

Villanueva, C.; Casasola, F.; Detlefsen, G. 2018. Potencial de los Sistemas Silvopastoriles en la Mitigación Al Cambio climático y generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica. Serie Técnica. Boletín Técnico / CATIE; no. 87. 61 p. (en línea) Consultado 12 nov 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/324005563 Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigacion al cambio climatico y en la generacion de multiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica](https://www.researchgate.net/publication/324005563_Potencial_de_los_sistemas_silvopastoriles_en_la_mitigacion_al_cambio_climatico_y_en_la_generacion_de_multiples_beneficios_en_fincas_ganaderas_de_Costa_Rica)

## ANEXO 1.

### Ficha técnica: Intervención estratégica PNDIP 2019-2022

#### Indicador: Número de fincas ganaderas aplicando el modelo NAMA

Nombre del indicador	Número de fincas ganaderas aplicando el modelo NAMA
Definición conceptual	<p>El indicador se refiere a las fincas ganaderas que utilizan tecnologías que promueven la reducción de emisiones el secuestro de carbono y la eficiencia económica. El modelo NAMA aplicado, permite reducción de emisiones en fincas ganaderas, que al aplicar en forma integral prácticas de producción sostenibles, tales como: Pastos mejorados, aumento de la arborización de potreros, pastoreo rotacional, mejor uso de fertilizantes, entre otros.</p> <p>En el nivel más básico del sistema de intervenciones de NAMA Ganadería se basa en dos ámbitos; manejo y alimentación por lo tanto la matriz de planificación de la UPI así lo contempla para considerar otros objetivos de actividad y elementos que no vienen así expuestos en el PND (porque es una labor interna de la institución)</p>
Fórmula de cálculo	<p>Sumatoria de fincas ganaderas que aplican modelo NAMA</p> <p>Ambos indicadores son indicadores sectoriales y de importancia para el escalamiento del modelo de la NAMA Ganadería, en el año 2019 se tiene como año base, esto quiere decir que cada región hace un inventario de las fincas que han venido implementando las medidas de la NAMA Ganadería (acá entran fincas de los pilotos con CORFOGA, la CNPL, proyectos de transferencia del MAG, Proyectos de socios cooperantes como Fondo de Adaptación, PNUD y otros; intervenciones con fondos de Emergencia, COMCURE, Proyecto MIS, etc).</p>
Componentes involucrados en la fórmula del cálculo	Fincas ganaderas que aplican modelo NAMA
Unidad de medida	Número
Interpretación	Se refiere a las fincas ganaderas con tecnologías modelo NAMA que adoptan tecnologías de producción sostenible.
Desagregación	<p><b>Geográfica:</b> El indicador se distribuye geográficamente en las seis regiones del país de acuerdo a la regionalización nacional de Mideplan. <b>Regiones: 2019-2022 (1.773)</b> Brunca: 306 Central: 386 Chorotega: 320 Huetar Caribe: 169 Huetar Norte: 466 Pacífico Central: 125</p>
	<p><b>Temática:</b> Este indicador se contempla el enfoque de género en el que incluye la participación de hombres, mujeres y jóvenes en las actividades de producción. (Las personas beneficiarias de los modelos de fincas ganaderas se podrían desagregar en: Sexo, edad, etnias (indígenas, afrodescendientes, inmigrantes), condición de discapacidad.</p>
Línea de base	La línea de base se tomó como referencia el año 2017 en la cual se trabajó 300 fincas bajo el modelo de NAMA Ganadería.
Meta	La meta corresponde a 1.773 fincas ganaderas que aplican el modelo NAMA
periodicidad	La periodicidad con que se suministrará la información del indicador citado es anual.
Fuentes de información	Las fuentes de información son las Agencias de Extensión Agropecuaria, las Direcciones Regionales y el coordinador del NAMA Ganadería de la Dirección de Extensión Agropecuaria del MAG.
Clasificación	( ) Impacto. (X) Efecto. (x) Producto.
Tipo de operación estadística	La información se recopilará de los reportes que se obtienen del registro que disponen las Direcciones Regionales sobre la implementación del NAMA Ganadería.
Comentarios generales	

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, setiembre 2018.

## ANEXO 2.

### Intervención estratégica PNDIP 2019-2022

#### Indicador: Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente t/año del NAMA Ganadería.

Nombre del indicador	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente t/año del NAMA Ganadería.
Definición conceptual	El indicador hace referencia, a la reducción de emisiones CO <sub>2</sub> por emisiones se entiende, los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanen como residuos o productos de la actividad humana o natural (por ejemplo: las plantas emiten CO <sub>2</sub> ). Paralelamente es importante mencionar que por CO <sub>2</sub> se define, el gas que produce de forma natural y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa, cambios en el uso de las tierras y otros procesos industriales. Es el principal gas, efecto invernadero antropogénico que afecta la radiación del planeta. Es el gas de referencia, frente al que se miden otros gases de efecto invernadero y tiene un potencial de calentamiento mundial. (IPCC, 2001)
Fórmula de cálculo	Es importante destacar, que no existe una fórmula de cálculo del indicador establecida o homogénea ya que es un conjunto de las mismas, considera fórmulas para la medición de emisiones de metano, óxido nitroso y reducciones por carbono en tejidos y suelos según estándares del IPCC. El reporte está condicionado a la operación del sistema de MRV. (Monitoreo, Reporte, Verificación).
Componentes involucrados en la fórmula del cálculo	Los componentes involucrados, en la fórmula de cálculo son emisiones de metano, óxido nitroso y reducciones por carbono en tejidos y suelos según estándares.
Unidad de medida	Toneladas reducidas de CO <sub>2</sub> equivalente
Interpretación	Se refiere a la reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> que aplica la estrategia del NAMA Ganadería, que permita atenuar las afectaciones al clima.
Desagregación.	<u>Geográfica:</u> Para la implementación del indicador el mismo se distribuye geográficamente en las regiones del País de acuerdo a la regionalización de Mideplan. <b>Regiones: 2019-2022 (38.999)</b> Brunca: 6.735 Central: 8.487 Chorotega: 7.041 Huetar Caribe: 3.725 Huetar Norte: 10.261 Pacífico Central: 2.750 <u>Temática:</u> NA
Línea de base	La línea de base se tomó como referencia el año 2017 en la cual al no aplicarse la estrategia del NAMA Ganadería se tendría 166.618 t de CO <sub>2</sub> Equivalente (Fuente NAMA POCH).
Meta	La meta corresponde a la reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> de 38.999 toneladas
Periodicidad	La periodicidad con que se suministrará la información del indicador citado es anual y se proporcionará a partir del año 2020.
Fuentes de información	Para la recopilación de la información la misma se obtendrá de la Direcciones Regionales, organizaciones, instituciones del sector, las Agencias de Extensión Agropecuaria y el coordinador del NAMA Ganadería de la Dirección de Extensión Agropecuaria del MAG. (Sistema de MRV. (Monitoreo, Reporte, Verificación).
Clasificación	( ) Impacto. (x) Efecto. ( ) Producto.
Tipo de operación estadística	La información se recopilará, de los reportes que se obtienen del registro, del MRV de la implementación del NAMA Ganadería.
Comentarios generales	

Fuente: MAG, setiembre 2018.