

Proceso Certificación C-Neutral de una Finca Ganadera en Costa Rica



Jimena Rodríguez Moya
Universidad de Costa Rica

2016



Tabla de contenido

| | | |
|------|--|----|
| I. | Presentación..... | 3 |
| II. | Conceptos Básicos..... | 4 |
| III. | Ministerio de Agricultura y Ganadería..... | 6 |
| | NAMA Ganadería..... | 7 |
| IV. | Actores del proceso..... | 9 |
| 1. | La Finca a certificarse..... | 9 |
| 2. | La Metodología a usarse..... | 15 |
| | Posibles fuentes de Emisiones GEI en una Finca Ganadera..... | 16 |
| | Posibles fuentes de Captura y Almacenamiento de Emisiones GEI en una Finca Ganadera..... | 27 |
| | Acciones Dirigidas para la reducción de GEI..... | 33 |
| 3. | Entes Certificadores..... | 35 |
| | Pasos a seguir para obtener la verificación C-Neutro con la UCN-EARTH..... | 36 |
| | Pasos a seguir para obtener la verificación C-Neutro con INTECO..... | 41 |
| V. | Barreras / Perspectivas..... | 46 |
| VI. | Bibliografía..... | 49 |

I. Presentación

El presente documento pretende sistematizar el proceso que se debe llevar a cabo para lograr la certificación de carbono neutralidad de una finca ganadera en Costa Rica (bajo la normativa vigente a abril de 2015). Tiene como objetivo principal servir como herramienta de fácil uso, para evaluar si el proceso de certificación por medio de la norma vigente, se ajusta a las necesidades y objetivos de los productores, también, motivar a los productores a implementar procesos y experiencias como medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.

Esta guía no es única, por el contrario su finalidad es ordenar pasos, resumir, recopilar y presentar de manera sencilla y breve los principales puntos de sistematización para comprender la complejidad de dicho proceso, no solo para el dueño de la finca, si no para todas las partes involucradas en el mismo.

El esfuerzo de sistematizar la información surge por parte del Programa Nacional de Ganadería, del Ministerio de Agricultura y Ganadería, ente encargado de articular los actores del proceso; bajo el marco de las Acciones Nacionalmente Apropriadas para la Mitigación (NAMA) en el sector ganadero costarricense, que representa uno de los mecanismos propuestos para implementar la Estrategia Nacional de Ganadería Baja en Carbono (ENGBC)¹. Este mecanismo es producto de la concertación público-privada para la transformación de la ganadería bovina hacia la eco-competitividad², promoviendo el uso de prácticas, tecnologías y medidas dirigidas al desarrollo de una ganadería climáticamente inteligente, rentable, productiva y socialmente sostenible.

Políticamente la NAMA se soporta en una estrategia consensuada, con un marco jurídico dado por la vía de un decreto presidencial que lo declara de interés nacional. A nivel técnico, se fundamenta en el conocimiento profundo del sector, el cual permite establecer metas realistas de mejoramiento por medio de una oferta de tecnologías técnicamente sólidas validadas en campo.

¹ Explicación y referencia a la ENGBC

² Se entiende como ganadería eco-competitiva aquella cuya eficiencia económica le permite competir con sus productos en los mercados, y al mismo tiempo produce menos emisiones de GEI por unidad de producto que un escenario de referencia.

II. Conceptos Básicos

Cambio climático

Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras (IPCC 2006).

Capacidad de adaptación

Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas (IPCC 2006).

Capacidad de mitigación

Estructuras y condiciones sociales, políticas y económicas que se requieren para una mitigación eficaz (IPCC 2006).

Carbono Neutralidad

Es el balance entre la cuantificación de las emisiones y las acciones de reducción y

remoción/compensación de gases efecto invernadero (GEI) de una organización en un periodo verificable (EARTH 2016)

CO₂ eq (dióxido de carbono equivalente)

Concentración de dióxido de carbono que podría causar el mismo grado de forzamiento radiativo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (IPCC 2006).

Combustibles fósiles

Combustibles basados en carbono de depósitos de carbono fósil, incluidos el petróleo, el gas natural y el carbón (IPCC 2006).

Dióxido de carbono (CO₂)

Gas que se 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 de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta. Es el gas de referencia frente al que se miden otros gases de efecto invernadero y, por lo tanto, tiene un Potencial de calentamiento mundial de 1 (IPCC 2006).

Emisiones netas de dióxido de carbono

Diferencia entre fuentes y sumideros de dióxido de carbono en un período dado y en un zona o región específica (IPCC 2006).

Factores de Emisión

Son la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. Los factores de emisión, en general, se pueden clasificar en dos tipos: los basados en procesos y los basados en censos (Abarca 2012).

Gas de efecto invernadero (GEI)

Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nítrico (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los

halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O, y CH₄, el Protocolo de Kyoto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC) (IPCC 2006).

Metano (CH₄)

Hidrocarburo que es un gas de efecto invernadero, producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles (IPCC 2006).

Óxido nítrico (N₂O)

Potente gas de efectos invernadero emitido con los usos de cultivos en tierras, especialmente el uso de fertilizadores comerciales y orgánicos, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico, y la combustión de biomasa (IPCC 2006).

III. Ministerio de Agricultura y Ganadería

De acuerdo con el Ministerio Nacional de Ambiente y Energía (2012), el sector ganadero de Costa Rica, es una fuente significativa de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que aporta el 60,5% de las 8,629.000 tCO₂e que corresponden a actividades del sector agropecuario y el 28,59% de las emisiones totales del país. No obstante, en el Inventario Nacional de GEI, realizado en el 2010 por el MINAE y el IMN, se afirma que el sector ganadero, es de los sectores que mayor potencial de fijación posee; se estimó que el secuestro de CO₂E al año 2030 será aproximadamente 4 millones de toneladas métricas.

El documento de Política de estado para el Sector Agroalimentario y el Desarrollo Rural Costarricense 2010-2021 en su cuarto pilar: Cambio climático y gestión agroambiental cuyo objetivo es promover esfuerzos intersectoriales para mitigar y adaptarse al cambio climático, pues se considera que este es un fenómeno global que afectará la agricultura costarricense y a las otras actividades económicas que se desarrollan en el mundo rural.

En este pilar se desarrollan áreas estratégicas como: Mitigación de los efectos del Cambio Climático, se considera fundamental continuar con procesos de producción sostenibles que contribuyan a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de las prácticas agrícolas y la huella de carbono para actividades agropecuarias, en coordinación con el MINAET y el Instituto Meteorológico y otras instituciones del sector como el INTA-MAG.

Además el documento afirma que se fomentarán iniciativas de producción sostenibles con enfoques eco sistémicos mediante el aprovechamiento de los mecanismos de compensación existentes y el desarrollo de otros nuevos que permitan un uso sostenible de los recursos naturales y contribuyan a disminuir la emisión de GEI del sector agropecuario mediante varios instrumentos siendo uno de ellos el Sistema de Certificación C-Neutral.

Es por estas razones que desde el MAG a partir del año 2013, se empezó un diálogo con el sector ganadero para el diseño de un proyecto nacional para impulsar un cambio en la ganadería, donde se articulan diferentes esfuerzos y se llega a un arreglo institucional con varios actores como CORFOGA, CNPL, el Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA), y

el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), para desarrollar un conjunto de acciones y tecnologías que promuevan el avance hacia una ganadería eficiente en el país, desde el punto de vista económico y ambiental.

La propuesta de Estrategia para el Desarrollo de la Ganadería Baja en Carbono (EDGBC) expone la orientación que se dará al sector en los próximos años, para responder a las exigencias de mayor productividad y rentabilidad, menores emisiones de GEI, más secuestro de dióxido de carbono, y mayor adaptabilidad a la inestabilidad climática (MAG 2015)

NAMA Ganadería

Desde 2013, el país trabaja en el mecanismo conocido como acciones de mitigación nacionalmente adecuadas (NAMA, por sus siglas en inglés). Este permite a los países diseñar sus propias estrategias, según sea su realidad, y así no estandarizar una solución. Costa Rica actualmente cuenta con mecanismos NAMA para el sector ganadero y para el sector productor de café.

La NAMA Ganadera Costa Rica representa uno de los mecanismos propuestos para implementar la Estrategia Nacional de Ganadería Baja en Carbono (ENGBC). El objetivo general de la implementación de este mecanismo, consiste en producir un cambio transformacional en la forma de producción del sector ganadero costarricense con miras a una ganadería eco-competitiva, que según Quesada y Chacón (2015), se entiende como aquella cuya eficiencia económica le permite competir con sus productos en los mercados, y al mismo tiempo produce menos emisiones de GEI por unidad de producto que un escenario de referencia.

La Viceministra de Agricultura y Ganadería, Ivannia Quesada Villalobos, aboga por producir de manera sostenible, cuidando el suelo, el agua, la biodiversidad y a la vez reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero e incrementando así la adaptación al cambio climático. Ella apoya la vía que ha tomado el Programa Nacional de Ganadería en cuanto a la implementación de la Estrategia Nacional de Ganadería Baja en Carbono (EGBC) y agradece al señor Felipe Rivera, propietario de la primera finca ganadera certificada carbono neutral, por servir de ejemplo para que otros productores

continúen por la vía de las buenas prácticas ambientales pecuarias, por abrir sus puertas a los técnicos del MAG y del INTA.



Figura 1. Felipe Rivera, propietario de la primera finca ganadera certificada carbono neutral; junto al presidente de Costa Rica, Luis Guillermo Solís y el Ministro de Agricultura y Ganadería, Luis Felipe Arauz.

La Estrategia para el sector ganadero refleja una visión positiva respecto hacia dónde ir con la actividad ganadera para lograr más productividad, más rentabilidad, menores emisiones de GEI por unidad de producto y más secuestro de dióxido de carbono, así como reconocer de manera especial la necesidad de adaptarse a la inestabilidad climática, las exigencias del entorno económico y social y los compromisos del país para lograr la neutralidad en carbono y mitigar los efectos negativos del cambio climático (MAG 2015).

IV. Actores del proceso

1. La Finca a certificarse

El primer paso para lograr la carbono neutralidad es que el propietario y/o administrador de la finca esté comprometido con la causa y se plantee como meta alcanzar la certificación; ya que el proceso es un poco largo, requiere de orden para registrar las actividades de la finca que generan emisiones, paciencia para crear una línea base, creatividad para elaborar un plan de acciones correctivas (PAC), asistencia técnica si se considera necesario para guiar el proceso y presentar los informes, recursos económicos para hacer frente a los gastos administrativos pertinentes, pero sobre todo, dedicación a continuar recopilando información y generando datos de emisiones y remociones para alcanzar las revalidaciones anuales que realizan los entes certificadores.



Figura 2. Representantes de las dos fincas certificadas C-Neutral recibiendo los reconocimientos respectivos.

En Costa Rica se han certificado 2 fincas, la Finca Santa Fé y la Finca de Carnes don Fernando. A continuación una breve reseña de cada una de estas:

Finca Santa Fe

La finca ganadera Santa Fe tiene un área de 22 hectáreas ubicada en el distrito de Pavones, cantón de Turrialba, provincia de Cartago, latitud 9°52'59,26'' Norte y longitud 83°37'12,23'' Oeste, a una altitud de 993 m.s.n.m. Se dedica a la reproducción de ganado bovino de pie de cría de la raza Brahman, principalmente venta de sementales y hembras de alto valor genético. En este proceso también como producto final se venden animales de descarte destinados a planta de cosecha.

Cuenta con 20.44 has de pastos, donde el 70% son pastos mejorados y 30% pasturas denominadas naturales. Mantiene 1.8 ha en cuatro bosquetes con crecimiento secundario (8.1% del área), cercas vivas árboles en potreros y carbono del suelo en pasturas mejoradas donde realiza la remoción.

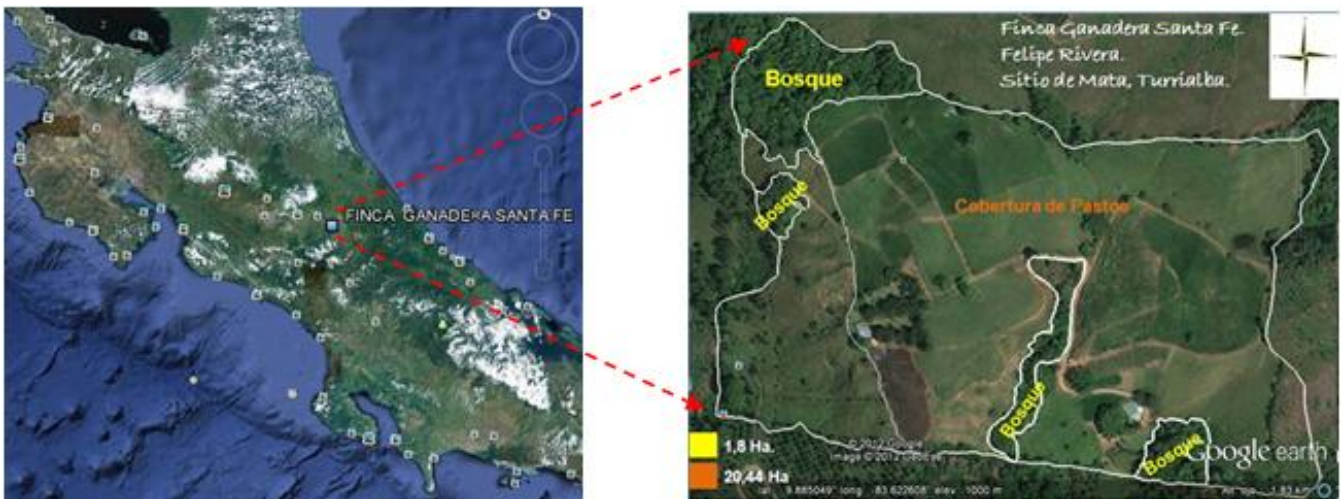


Figura 3. Ubicación finca Santa Fe

La actividad consiste en mantener un grupo de vacas y sus reemplazos, para empadrear con toros de igual o mayor calidad genética, el producto (toretas) es destinado (toros) a fincas de ganadería de carne y doble propósito comercial. En algunos casos se realizan ventas de terneras para ser usadas en fincas comerciales de ganado de carne como reproductoras. Las vacas al final de su vida productiva se faenan.

La base de la alimentación es forraje tropical, y la forma de cosecha de aproximadamente el 90% de la ingesta es en base a pastoreo, se ofrece una suplementación de forraje picado y concentrado

diariamente en el corral a los animales en proceso de amansamiento y vacas recién paridas. Todos los animales tienen acceso a sal mineral y agua *ad libitum*. Los toretes son vendidos antes de los 18 meses de edad, y las terneras antes de los 12 meses. Las vacas son descartadas aproximadamente a los 7 años.



Figura 4. Genética Brahman pura de La Finca Santa Fe.

El señor Felipe Rivera Lang, propietario de la Finca Santa Fe, afirma que obtener el reconocimiento C-neutral es un galardón que lo enorgullece y lo obliga a invitar a otras fincas a hacer lo mismo. “La tierra nos da el negocio y nuestros animales generan gases de efecto invernadero, pero solo nosotros los ganaderos somos quienes podemos demostrar que este sector puede ser sostenible y rentable” (Productor Agropecuario 2015).

Don Felipe, quien transformó una finca cafetalera y cañera de 34 hectáreas en una hacienda dedicada a la producción sostenible de ganado Brahman (raza pura), con convicción dice que abarató muchísimo los costos de insumos, hay menos contaminación de aguas, aumentó el aprovechamiento de recursos y desechos, disminuyó los gases de efecto invernadero y eso se le manifiesta en la calidad y salud de los animales (Fernández 2013).

Finca Carnes don Fernando

La finca ganadera Don Fernando tiene un área de 120 hectáreas ubicada en el distrito de La Fortuna, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, latitud 10°27'21,66'' Norte y longitud 84°38'09,79'' Oeste, a una altitud de 241 m.s.n.m. es una finca dedicada al desarrollo de animales para faena.



El área de la finca se compone (en hectáreas) de 100 de pasto, 14 de bosque, 6 de plantaciones forestales. La infraestructura principal consta de 13 corrales de estabulación, tres silos de almacenamiento de alimentos frescos para ganado, un área para fabricación de compost.

La finca tiene control operacional y financiero sobre las emisiones y capturas de GEI a través de la gerente y el administrador de la finca de acuerdo con los documentos entre la Sociedad propietaria del terreno finca Don Fernando, por lo tanto la responsabilidad las emisiones de GEI y absorciones Carbono corresponde a esta última.



Figura 5. Finca ganadera Don Fernando en La Fortuna de San Carlos.

Para lograr la certificación, la ganadera implementó una serie de buenas prácticas pecuarias que incluyen la reforestación de árboles nativos, la producción de abono orgánico, el cuidado de las fuentes de agua cercanas a sus fincas, el uso de cercas vivas, el pastoreo rotacional y alimentación de alta calidad para las más de 750 reses en su finca principal.



Figura 6. Producción de carne en armonía con el ambiente, Finca Don Fernando, San Carlos

Para Maricruz Retana, directora corporativa de Carnes Don Fernando, la empresa cada día mejora la promesa de producir la mejor carne en armonía con la naturaleza. Están muy contentos de haber logrado esa meta y comprometidos con mantenerla a favor de la calidad del producto que ofrecen a sus clientes (El Financiero 2016).

Según Ivannia Quesada, viceministra de Agricultura y Ganadería, esta ganadera ha demostrado que la ganadería eco competitiva en Costa Rica es posible. El certificado de carbono neutralidad de esta finca no es un fin en sí mismo, es un paso más que se está dando, un paso para apoyar a otros ganaderos a enfocar de mejor manera sus prácticas, a volverse empresarios y ver la ganadería como un negocio sostenible.

2. La Metodología a usarse

En primera instancia debe realizarse una recopilación de datos (registros de animales, facturas de combustible, de electricidad, de compras en general, registros contables, técnicos, etc.) exhaustiva para generar un inventario de carbono que permita conocer la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que produce la operación de la finca agropecuaria, respetando y siguiendo los criterios de la ISO 14064-1 e INTE 120106.

El momento de las auditorías internas es fundamental para comprobar que esos datos se encuentren ordenados de manera lógica, entendible y sobre todo de manera que se puedan demostrar las acciones para que a la hora de que los auditores externos (entes certificadores) revisen minuciosamente, encuentran la menor cantidad de inconformidades posibles.

Se debe definir un año base de enero a diciembre donde se tengan todos los registros por mes de ese año. No se deben realizar cambios en los límites operativos ni organizacionales ni en las metodologías de cuantificación.

A continuación se presenta un resumen de las metodologías utilizada por los investigadores a cargo de realizar las estimaciones y el inventario de gases de efecto invernadero de la Finca Santa Fe y la Finca de Carnes don Fernando. Es un conglomerado de información proveniente de los informes presentados a la Unidad de Carbono Neutro de la EARTH y a INTECO por parte de los ingenieros Abarca y Soto (2014); y del trabajo final de graduación del ingeniero Corrales (2013).

Posibles fuentes de Emisiones GEI en una Finca Ganadera

Cuadro 1. Resumen de las posibles emisiones de una Finca Ganadera

| Proceso | Fuente | Tipo de Emisión | |
|---|-----------------------|-----------------|-----------|
| | | Directa | Indirecta |
| Crianza y mantenimiento de bovinos | Fermentación Entérica | | |
| | Excretas | x | |
| Otros animales (caballos, cerdos, aves, etc.) | Fermentación Entérica | x | |
| | Excretas | | |
| Manejo de excretas | Compost acumulado | x | |
| Aplicación excretas | Compost en potreros | | |
| Aguas pluviales y residuales | Lagunas de oxidación | x | |
| Transporte de Insumos | Combustibles fósiles | x | |
| Mecanización de la finca | Aceites y Lubricantes | x | |
| Iluminación | Electricidad | | x |
| Jornada Laboral | Trabajadores | x | |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

1. Crianza y mantenimiento de bovinos

1.1 Fermentación entérica de los bovinos

Se recomienda categorizar los animales por edad y sexo con su respectivo peso, algunas categorías pueden ser: de 0 a 12 meses (0 a 1 año), de 12 a 24 meses (1 a 2 años), de 24 a 36 meses (2 a 3 años), y mayores a 36 meses (3 años), estableciendo un peso promedio por categoría de edad y sexo, posteriormente se deben realizar los cálculos de emisiones de metano (CH₄) por la fermentación entérica, y por las excretas.

La fermentación entérica para cada categoría de edad se estima de acuerdo con la metodología sugerida por IPCC, 2006 y adaptada para Costa Rica por Montenegro, Abarca y Peters (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 = absorción de energía bruta, en MJ/animal/día
 Y_m = tasa de conversión del metano
 (fracción de energía bruta presente en los alimentos que se convierte en metano (8,3: pasto y 6,1: concentrado))

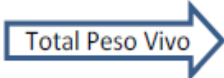
Cuadro 2. Factores de emisión para excretas y fermentación entérica

| Peso vivo | Emisión | | | |
|-----------|-----------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | Por excretas | | Por Fermentación Entérica | |
| | Kg/animal/año | | Kg/día | |
| Kg | CH ₄ | CO ₂ e | CH ₄ | CO ₂ e |
| 100 | 0.20 | 4.2 | 0.08 | 1.8 |
| 200 | 0.40 | 8.4 | 0.11 | 2.3 |
| 250 | 0.50 | 10.5 | 0.13 | 2.8 |
| 300 | 0.60 | 12.6 | 0.15 | 3.2 |
| 350 | 0.70 | 14.7 | 0.18 | 3.7 |
| 400 | 0.80 | 16.8 | 0.20 | 4.2 |
| 450 | 0.90 | 18.9 | 0.23 | 4.7 |
| 500 | 1.00 | 21.0 | 0.25 | 5.2 |
| 550 | 1.10 | 23.1 | 0.27 | 5.7 |
| 600 | 1.20 | 25.2 | 0.30 | 6.2 |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

La cantidad de animales, su estado fisiológico y peso vivo son los factores que más influyen en la emisión de metano por fermentación entérica. En la mayoría de las fincas ganaderas del país la mayor emisión de GEI en promedio va a ser por metano de la fermentación entérica.

Cuadro 3. Ejemplo para mantener actualizado el inventario de semovientes por sexo, edad y peso vivo

| Rango de edad | Sexo | | Cantidad | Promedio | Total |
|---------------|-------|--------|----------|--|-------|
| | Macho | Hembra | | Kg de peso vivo | |
| Meses | | | | | |
| 0-6 | | | | | |
| 6-12 | | | | | |
| 12-24 | | | | | |
| Más de 24 | | | | | |
| | | | |  | |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

1.2 Emisión de CH₄ por excretas de los bovinos en pastoreo

Dado que la mayoría de las fincas manejan sus animales en pastoreo y no hay cúmulos de estiércoles en ningún sitio de la finca, y que no se dispone de información en relación a la dinámica de la emisión en el trópico húmedo de excretas en potreros, se puede estimar un kilogramo por año de emisión de metano por animal adulto de 450 Kg peso vivo (equivalente a 1 Unidad Animal) debido al estiércol, de acuerdo con lo establecido para el nivel 1 por IPCC 2006.

Con esta información y los pesos promedio por categorías animales se asignó proporcionalmente la emisión por excretas a cada categoría animal mediante la ecuación lineal generada para la finca

$$EE = -0.00133 + (0.0022 * PV)$$

Donde: EE = Emisión por excretas, en kg de CH₄/animal/año
 PV = Peso vivo del animal
 0.0022 = Factor de emisión

2. Otros animales

Se deben contabilizar los animales que existen en la finca y multiplicarlos por el factor de emisión, esto resulta el metano anual que estos animales emiten, luego se multiplica por el Potencial de Calentamiento Global (PCG) que para el 2015 era de 21, sin embargo según el IPPC se debe ir migrando a utilizar 25 para convertir metano a CO₂e.

Cuadro 4. Factores de emisión por concepto de otros animales

| Espece | Fermentación Entérica kgCH ₄ /cabeza/año | Excretas kgCH ₄ /cabeza/año |
|----------|--|---|
| Búfalos | 55 | 1,0 |
| Ovejas | 5 | 1,64 |
| Cabras | 5 | 0,17 |
| Caballos | 18 | 1,0 |
| Cerdos | 1 | 0,02 |

Fuente: IMN 2010

Cuadro 5. Ejemplo para el cálculo de emisiones por concepto de otros animales

| Otros animales | | CH ₄ Entérico | | CH ₄ Excretas | | PCG | Emisión otros animales | |
|----------------|----------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|-----|------------------------|-------------------|
| Cantidad | Especie | Factor de Emisión | Emisión | Factor de Emisión | Emisión | | CH ₄ | CO ₂ e |
| | | Kg/caballo/año | Kg/año | Kg/caballo/año | Kg/año | | Kg/año | |
| 8 | Caballos | 18 | 144 | 1,64 | 13,12 | 21 | 157,12 | 3299,52 |
| 10 | Cerdos | 1 | 10 | 0,02 | 0,2 | 21 | 10,2 | 214,2 |
| 2 | Búfalos | 55 | 110 | 1 | 2 | 21 | 112 | 2352 |
| TOTAL | | | | | | | 279,32 | 5865,72 |

Fuente: Elaboración propia, con aportes de Abarca 2016

3. Manejo de excretas (Elaboración de Compost)

Emisión de N₂O –N por Elaboración de Compost y Uso de Fertilizantes

Las emisiones de N₂O que se midieron en la finca fue por la producción de compost, ya que la finca Santa Fe no aplica fertilizante químico que contenga nitrógeno desde tres años antes de realizar el inventario, cuando se logró estabilizar el pastoreo rotacional. Sin embargo, para facilidad de estimación de otras fincas, se aporta la forma de calcular las emisiones directas de N₂O procedentes de la fertilización química del suelo:

$$N_2O -N_{fert} = [(NF_a * A_p * 0.01 * (44/28))]$$

Donde: N₂O –N_{fert} = emisión de N₂O en Kg/año
NF_a = cantidad anual de nitrógeno aplicado al suelo
A_p = superficie aplicada en hectáreas
0,01= factor de emisión (1%) (Kg de N₂O-N/ha/año).
(44/28)= conversión de las emisiones de N₂O -N en N₂O

En el caso de la elaboración del compostaje, se toman en cuenta las emisiones de óxido nitroso y de metano. La emisión de N₂O –N procedente de la elaboración del compost se estimó de acuerdo con el factor de emisión de IMN para este tipo de enmienda (IMN, 2011) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$N_2O -N_{compost} = CS_{as} * 0,0003$$

Donde: N₂O –N_{compost} = emisión de N₂O en Kg/año
CS_{as} = cantidad anual de desechos sólidos en MS
0,0003 = factor de emisión (kg N₂O/kg
materia seca de desechos sólidos)

La emisión de metano procedente de la elaboración del compost se estimó de acuerdo con el factor de emisión de IMN para este tipo de enmienda (IMN, 2013. Factores de Emisión) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$CH_{4\text{compost}} = CADS_{ms} * 4,0$$

Donde: $CH_{4\text{compost}}$ = Emisión de CH_4 en Kg/año
 $CADS_{ms}$ = Cantidad Anual de Desechos Sólidos.
 4,0 = Coeficiente de emisión (kg N_2O /kg materia seca de desechos sólidos)

Cuadro 6. Ejemplo de registro de cantidad

| Fecha | Cantidad de sustrato (Kg) | Cantidad de compost |
|-------|---------------------------|---------------------|
| | | |
| | | |
| | | |

Fuente: Elaboración propia

4. Aplicación de compost

La totalidad del compost resultante del rubro anterior, si se aplica en finca, se debe contabilizar las emisiones de N_2O-N procedente de la aplicación, ya que se utiliza como enmienda al suelo de las áreas de pastoreo rotacional. La finca de llevar un registro en volumen de la cantidad de compost que se vierte a los suelos de pasturas, el proceso de elaboración debe estar bien definido y estructurado dando como resultado un producto homogéneo, procediendo a realizar una prueba para calibrar la relación peso volumen del compost.

Cuadro 6. Prueba de densidad: peso/volumen del compost

| Volumen | Peso 1 | Peso 2 | Peso 3 | Promedio |
|---------|------------------|--------|--------|----------|
| m3 | Kg de compost/m3 | | | |
| 1 | 806 | 800 | 824 | 810 |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

Se tiene que realizar un análisis de calidad al compost donde se compruebe el contenido de nitrógeno, este % de N se toma como base para el cálculo de la emisión de N_2O-N , producto de la

aplicación al suelo, para lo cual se estima una volatilización constante del 1% del N total aplicado al suelo, de acuerdo con lo establecido por IMN (2014).

5. Laguna de oxidación

En algunas fincas se tienen lagunas de oxidación como opción tecnológica para el manejo de remanentes, estas normalmente están formadas por aguas de escorrentía, donde también se depositan las aguas de lavado del corral de manejo de los animales. Para el inventario de GEI se deben tomar en cuenta esas aguas vertidas.

Se calcula la cantidad de litros de agua total gastados durante el lavado del corral donde se maneja el ganado, referidos en un año y así se logra obtener la cantidad de litros de agua que son vertidos en la laguna por año.

Se deben tomar muestras y analizarlas en un laboratorio de aguas para determinar la demanda química de oxígeno (DQO), y así estimar la emisión anual de metano de acuerdo con los factores de emisión establecidos por el IMN 2012.

$$CH_{4LO} = DQO * CAV_a * 0,05$$

Donde: CH_{4LO} = Emisión de CH_4 en Kg/año de laguna de oxidación
 DQO = Demanda Química Oxígeno (Kg/litro)
 CAV_a = Cantidad Anual de Agua Vertida (litros).
 0,05 = Factor de emisión (aguas lagunas poco profundas)

Cuadro 7. Ejemplo para el cálculo de emisión GEI por aguas de lavado

| Fuente de Emisión | Consumo (l/año) | DQO (kg/l) | DQO (kg/año) | F. Emisión | CH_4 (kg/año) | PCG | CO_2 e (kg/año) |
|---------------------|-----------------|------------|--------------|------------|-----------------|-----|-------------------|
| Laguna de oxidación | 4800 | 0.0799 | 383.5 | 0.05 | 19.175 | 21 | 402.675 |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

6. Combustibles fósiles

Este tema es de los más delicados a la hora de comprobar la trazabilidad de las facturas de compra y el uso de los combustibles en la maquinaria y/o vehículos de la finca. Se debe realizar un inventario de motores de combustión interna, móviles y estacionarios de la finca, luego se utilizan los factores de emisión establecidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2011), en base a la calidad y tipo de combustible que importa la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), el cual se basa en calcular las emisiones de CO₂ sobre la base de la cantidad y el tipo de combustible quemado y su contenido de carbono, de acuerdo con el método del nivel 1 de IPCC (2006).

$$\text{Emisión de CO}_2 \text{ e} = \sum (\text{CC} \cdot \text{EF CO}_2) + \sum (\text{CC} \cdot \text{EF CH}_4 \cdot 21) + \sum (\text{CC} \cdot \text{EF N}_2\text{O} \cdot 310)$$

Donde: Emisión en el año = CO₂e (ton/año)

CC = Consumo del Combustible en litros

EF CO₂ CH₄ N₂O = Factor de emisión respectivo (IMN, 2011)

CF = Combustible Fósil

Cuadro 8. Factores de Emisión que se pueden utilizar para los combustibles fósiles.

| Combustible | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
|-------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | Kg/litro | | |
| Diésel | 2.69 | 0.3630 | 0.02178 |
| Gasolina | 2.26 | 0.3265 | 0.01959 |
| Biodiesel | 1.68 | 0,2380 | 0,0143 |

Fuentes: IMN, 2014; RECOPE, 2014, IPCC, 2006

Cuadro 9. Ejemplo para llevar control de las emisiones por uso de combustibles fósiles

| Unidades | | Periodo | | | 365 | | Días | |
|-------------------------------------|--------|--|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Emisión de los combustibles fósiles | | Factores de Emisión | | | Emisión Kg | | | |
| Combustible | Litros | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ e |
| Diesel | 1521.9 | 2.690 | 0.0003630 | 0.000020 | 4093.911 | 0.55245 | 0.03044 | 4114.95 |
| | | Emisión de los combustibles fósiles | | | | | | 4114.95 |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

7. Electricidad

La emisión indirecta por electricidad debe ser tomada en cuenta, la iluminación de la finca y el uso de energía eléctrica en general se comprueba con el consumo consignado en el recibo de pago del proveedor y se multiplica por el factor de emisión indicado por el IMN 2012:

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

Donde: CO₂ e = Emisión (Kg)

KWh = Kilowatts hora consumidos

FE_{ft} = Factor de Emisión

0.0771 Kg CO₂e/KWh

Cabe destacar que el Factor de Emisión para Costa Rica (en este caso: 0,0771), varía de acuerdo con el año, debido a que en el país, el 99% de la energía eléctrica se produce con fuentes

renovables, diferentes al petróleo; la mayoría energía hidroeléctrica y depende de la precipitación anual.

Cuadro 10. Ejemplo para llevar registro del uso de la electricidad

| Mes | KWh |
|-------------|-----|
| Enero | 43 |
| Febrero | 46 |
| Marzo | 45 |
| Abril | 45 |
| Mayo | 44 |
| Junio | 42 |
| Julio | 42 |
| Agosto | 45 |
| Setiembre | 44 |
| Octubre | 45 |
| Noviembre | 43 |
| Diciembre | 43 |
| Total | 527 |
| D. Estándar | 1.3 |

| Consumo | Período | Factor emisión | Emisión |
|---------|---------|--------------------------|----------------------|
| KWh | Meses | Kg CO ₂ e/KWh | Kg CO ₂ e |
| 527 | 12 | 0.0771 | 40.6317 |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

8. Exclusiones

La Norma INTE 12-01-06:2016 indica explícitamente que “la organización puede excluir de la cuantificación los sumideros o fuentes de GEI directas o indirectas que individualmente y en sumatoria no superen el 3% del inventario total o el valor establecido en el programa establecido por el usuario previsto. La organización debe explicar por qué se excluyen de la cuantificación determinadas fuentes o los sumideros de GEI. Aquellas cuya cuantificación no es técnicamente viable ni rentable deben incluirse mediante una estimación validada”.

En el siguiente ejemplo se muestra que a pesar de que se deben cuantificar la mayor cantidad de emisiones, algunas son despreciables por su representación porcentual del total. En este ejemplo, las filas marcadas en gris se excluyeron; las correspondientes a excretas de animales en pastoreo (0,13%), mantenimiento de otros animales (0,14%), aguas residuales (0,05%), electricidad (0,07%) y uso de lubricantes (0,01%), sumaron 0,40 % del total de emisiones, por lo que se consideran excluidas de la cuantificación.

Cuadro 11. Ejemplo para llevar registro del uso de la electricidad

| Gases emitidos | CO2 | CH4 | N2O | CO2 e | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | Ton | | | % | |
| Fermentación Entérica | | 33,90 | | 712,5 | 31,22 |
| Elaboración Compost | | 31,96 | 2,39 | 1.414,4 | 62,03 |
| Combustible | 87,71 | 0,013 | 0,001 | 88,2 | 3,87 |
| Aplicación de Compost | | | 0,182 | 56,4 | 2,47 |
| Otros animales | | 0,157 | | 3,3 | 0,14 |
| Electricidad | 1,7 | | | 1,7 | 0,07 |
| Excretas animales en pastoreo | | 0,138 | | 2,9 | 0,13 |
| Aguas residuales trabajadores | | 0,054 | | 1,1 | 0,05 |
| Lubricantes | 0,23 | | | 0,2 | 0,01 |
| Total de emisiones | 89,64 | 66,21 | 2.57 | 2.280,3 | 100,0 |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

En las fincas también es normal que se transporten animales y subproductos frescos para la alimentación animal. En el caso de los semovientes ocurre hacia y fuera de la finca, no obstante, si el traslado de animales en su totalidad es contratado, pues la finca no cuenta con vehículo adecuado para tal efecto, este rubro por transporte tampoco entra dentro de la cuantificación, de igual manera sucede con el transporte de subproductos si es contratado.

Posibles fuentes de Captura y Almacenamiento de Emisiones GEI en una Finca Ganadera

Cuadro 12. Resumen de las posibles remociones en una Finca Ganadera

| Proceso | Tipo de Remoción | |
|---|------------------|-----------|
| | Directa | Indirecta |
| Dióxido de carbono (CO ₂) en el suelo. | | |
| Captura de carbono en biomasa leñosa. Cercas Vivas. | x | |
| Árboles aislados y arbustos (Perennes, leñosos). | x | |
| Estimación del carbono en bosquetes con crecimiento secundario. | x | |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

a) Bosquetes y árboles aislados en áreas de potreros

Se deben utilizar los valores de captura de CO₂ por defecto para bosques naturales tropicales establecidos por el IPCC, 2006.

Cuadro 13. Captura de CO₂ dependiendo del tipo de Bosque

| Bosques Secundarios | Tipo de Bosque | Edad (años) | MS (ton/ha/año) | CO ₂ (ton/ha/año) |
|---|-------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------|
| Crecimiento neto de biomasa en bosques naturales* | Tropical húmedo hojas caducas | ≤20 | 7 | 25,7 |
| | | >20 | 2 | 7,3 |
| | Tropical Seco | ≤20 | 4 | 14,7 |
| | | >20 | 1 | 3,7 |
| Crecimiento regeneración natural** | Tropical. Costa Rica | ≤20 | 6 | 22,0 |
| Promedio | | | 4 | 14,7 |

Fuente: IPCC 2006; IMN 2009.

b) Cercas Vivas

Existen diversas maneras de estimar las remociones de carbono por la existencia de árboles en los potreros, se recomienda medir la altura total del tallo (corte de poda) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de una muestra de 6 individuos representativos con los cuales se obtiene un promedio, en una distancia de 25 metros lineales de cerca, luego se deben contabilizar la cantidad de árboles presentes en esa distancia y se multiplica por dicho promedio, para estimar un promedio de biomasa por metro lineal de cerca.

Posteriormente, se estima la cantidad de carbono en biomasa estimada en el total de la cerca viva, los datos se expresan en toneladas de CO₂ por metro lineal de cerca viva (ton/m). Este procedimiento se tiene que repetir cada vez que cambia la fisonomía de la cerca viva. Las ecuaciones que se utilizan para este cálculo son las siguientes:

Estimación del volumen del tallo.

$$V_t = \pi * r^2 * a$$

Donde: π = constante
r = radio
a = altura

Estimación del peso del tronco.

$$P_t = V_t * d * F_e$$

Donde: V_t = volumen de tocón (Tallo)
d = densidad de la madera
 F_e = Factor de expansión (1.3)

Estimación del Carbono.

$$PCt = Pt * 0,5$$

Donde:
Pt = Peso del tocón
0,5 = Cantidad de carbono en la biomasa

Estimación de Dióxido de Carbono equivalente retenido

$$CO2e \text{ Retenido} = PCt * (44/12)$$

Donde: PCt = Peso de carbono tronco
44 = Peso molecular de CO2
12 = Peso molecular C

Cantidad de CO2 e retenido por metro lineal.

$$CO2e \text{ retenido} / \text{distancia total de cerca viva}$$

Cuadro 14. Ejemplo para medir el avance en el incremento del perímetro de cercas vivas

| Ubicación de la cerca | Fecha Inicio | Fecha Final | Metros Lineales | Cantidad de arbustos sembrados | Diámetro a la mitad (cm) | Altura de arbusto o estaca (m) |
|-----------------------|--------------|-------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2015)

c) Contenido de carbono en suelo

De acuerdo con Abarca (2016), en Costa Rica, es común que las remociones de carbono atmosférico se asocien solamente al crecimiento de árboles, en bloque forestales por lo general de una misma especie y más recientemente al crecimiento sucesional que es un estado de bosque secundario. Pero con las experiencias que se han tenido al momento de dar la asistencia técnica de las dos fincas certificadas, se comprobó que la forma más rápida de remover carbono orgánico, es por medio de suelos bien manejados, sin embargo existen intereses políticos y económicos por parte del gremio forestal que han invisibilizado esta situación.

Las actividades de gestión de los suelos tienen incidencia en los aportes de C orgánico a través de los cambios por los aportes de los agregados directos de C de los abonos orgánicos, y la cantidad de carbono restante después de actividades de remoción de biomasa, como el pastoreo. La gestión del uso de la tierra también puede tener su influencia sobre el almacenamiento de C orgánico en el suelo al modificarse las tasas de erosión y la subsiguiente pérdida de C de un sitio. Se ha observado que los suelos bajo pastoreo racional bien manejados incrementan los contenidos de carbono orgánico (Veldkamp, 1994, Umaña, 1997, Guo and Gifford, 2002; Sorio, 2012).

Es por estas razones que cuando se trata de fincas agropecuarias con buena gestión del uso de suelo, los entes certificadores en el país aceptan el concepto de remoción de carbono en suelos, convirtiéndose este rubro en el más importante para alcanzar la carbono neutralidad y en el caso de los dos ejemplos de fincas mencionados en este documento, no sólo se alcanzó la condición de C-Neutral, sino también hubo un excedente de carbono removido, que en caso de existir un mecanismo de comercio para estos créditos de carbono, el productor podría lucrar con estos. Sin embargo, en Costa Rica todavía no existe un método para esto. Si se diera este avance a nivel de gestión política, los productores agropecuarios se verían muy beneficiados ya que serían capaces de comercializar créditos de carbono entre ellos e incluso con otros sectores que no tienen posibilidades de remover y deben comprar, como los sectores comercial e industrial.

En cuanto a metodología para comprobar la adicionalidad de carbono en el suelo se detalla la siguiente:

Se debe decidir cuál será el criterio para definir la cantidad de puntos a muestrear. Puede ser por tipo de pasto, por topografía del terreno (muy quebrado, quebrado, plano), por área (1 muestra cada 5 hectáreas por ejemplo). Una vez se tenga definido y debidamente justificado, entonces se procede a tomar dos tipos de muestras.

La primera para analizar la densidad aparente (**muestra 1**) (este es el punto que se debe georeferenciar para poder comprobar en un año la adicionalidad de carbono). La segunda para comprobar el contenido de carbono en suelo que también sirve para realizar un análisis químico completo (**muestra 2**), estas dos deben ser por cada punto de muestreo.

La muestra 1 se debe tomar con un cilindro de 5 cm de diámetro interno (2 pulgadas) por 10 cm de largo, calibrado a un volumen conocido. Se limpia bien el terreno de hojarasca y se introduce el cilindro en el suelo hasta lograr los 10cm de profundidad, se retira el cilindro y se deposita con cuidado de no perder material en una bolsa de papel. En el caso de la segunda, corresponde a una muestra compuesta tomada a 6 m de distancia de la muestra 1 y convencionalmente con el uso de un barreno se procede a muestrear, luego por medio de cuarteo se envía una muestra de 0,5 kilogramos al laboratorio.

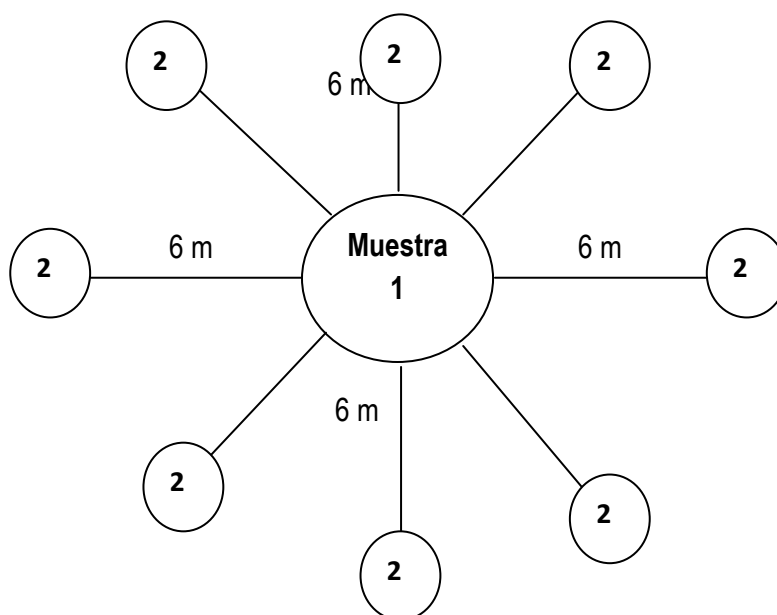


Figura 7. Esquema de muestreo de suelo para cada punto que se vaya a muestrear. Fuente: Elaboración propia.

Cuando el carbono viene reportado por el laboratorio como materia orgánica se utiliza la siguiente conversión:

$$\text{Contenido de carbono en el suelo} = \% \text{ M.O} * 0,58$$

Para la estimación del carbono de suelo por hectárea en una lámina de suelos se siguen en los procedimientos establecidos por Veldkamp, 1993 e Ibrahim 1994, para suelos y zonas de vida similares en condiciones tropicales de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{COT} = \text{Cs} * \text{Ls} * \text{da} * 104$$

Donde: COT = Carbono Orgánico Total (ton/ha)
 Cs = Contenido de carbono en el suelo (g/g)
 Ls = Lámina de suelo (m)
 da = Densidad Aparente (ton/ m3)

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

Cuadro 15. Ejemplo para comprobar la remoción de carbono por incremento de almacén en el suelo.

| Cobertura Pasto | Área | 28/05/2015 | | 29/07/2016 | | 428 Días | | 365Días | | |
|-----------------|------|------------|---------|------------|---------|----------|-------|---------|---------|---------|
| | | COS1 | | COS2 | | Δ COS | | Δ COS | Δ CO2 e | |
| | ha | ton/ha | ton | ton/ha | ton | ton/ha | ton | ton/ha | ton | |
| Total | 100 | 17,2 | 1.704,2 | 24,8 | 2.484,2 | 7,6 | 780,1 | 6,6 | 665.2 | 2.441,4 |

COS: Carbono orgánico del suelo

Δ COS: Cambio en la cantidad de carbono del suelo en un periodo determinado

Δ CO2 e: Cambio en términos de Dióxido de Carbono Equivalente (C*3.67)

Profundidad de muestreo 10 cm

Según el ejemplo, la cantidad de carbono que removi6 la finca del 2015 al 2016 por el incremento de carbono en el suelo fue de 2.441,4 toneladas de di6xido de carbono equivalente

Acciones Dirigidas para la reducción de GEI

De acuerdo con la norma nacional INTE 12-01-06:2016, "Las organizaciones que emprendan iniciativas para desarrollar un Sistema de Gestión para demostrar la C-Neutralidad deben implementar un Plan de gestión para lograr las reducciones y/o remociones de GEI. Todas las reducciones y/o remociones de emisiones o aumento de remociones se deben registrar. El Plan de gestión para la C-Neutralidad debe incluir como mínimo:

- a) La declaración de la alta dirección del compromiso de la organización con la C-Neutralidad para el alcance definido.
- b) Los objetivos de reducción de GEI para el alcance definido, los cuales deben ser adecuados a la escala de tiempo establecido para lograr la C-Neutralidad.
- c) Los recursos previstos para alcanzar y mantener las reducciones y/o remociones de las emisiones de GEI, incluidos los supuestos realizados y justificación de las técnicas y medidas aplicadas para reducir las emisiones de GEI.
- d) La estrategia de compensación que se ha adoptado, incluyendo una estimación de la cantidad de emisiones de GEI que deben ser compensadas, la naturaleza de las compensaciones, metas, actividades o acciones que deben realizarse, la metodología a seguir, los responsables, indicadores de seguimiento y los métodos de control que permitan la mejora continua del sistema de gestión.

En el caso de fincas ganaderas, existen alternativas de reducción que han sido aprobadas por la norma dentro de las cuales se pueden mencionar:

1. Mejoramiento genético

El mejoramiento genético es una herramienta para la reducción de la emisión de metano entérico. El mérito genético total (DEP's) son las diferencias esperadas en la progenie de un reproductor, relativas a características productivas como pesos al destete, al año o a 550 días; o bien la circunferencia escrotal al año o a 550 días. Estas características cuando son positivas mejoran la eficiencia energética del animal, en términos de cantidad de metano por cantidad de peso vivo y reproducción.

El objetivo de esta acción dirigida puede ser lograr el aumento de peso por animal a través del avance genético, del hato de la finca en un menor tiempo a fin de reducir el ciclo de vida y por lo tanto la emisión de GEI.

Aunque la incorporación de la genética en la contribución a la mitigación es muy reciente, se observa que el mejoramiento de las características cuantitativas (como la producción de leche y la ganancia de peso por animal) es una herramienta para reducir las emisiones de GIE en la finca (menos cantidad de animales y un ciclo productivo menor) y expandirlo a otras fincas mediante la disseminación de reproductores (Abarca y Soto 2014)

Cuadro 16. Ejemplo para Medir el mérito genético total como medida de reducción de metano por unidad de peso vivo

| Indicador | Valor |
|-------------------------|-------|
| Merito genético total | |
| Circunferencia escrotal | |

Fuente: Adaptado de Abarca y Soto (2014)

2. Aumento de cercas vivas

Las cercas vivas son una forma de capturar y retener carbono en el sistema ganadero, sin embargo muchas fincas del país no las utilizan y en su lugar hay postes muertos que no generan ningún beneficio ambiental. Por lo que esta opción representa una forma para la adicionalidad en la remoción de emisiones mediante el incremento en longitud de las cercas vivas.

La mayoría de cercas vivas que se encuentran son de Poró (*Erythrina berteroana*), sin embargo se recomienda incursionar nuevas especies que aporten nutricionalmente a la dieta de los animales, por lo que se pueden incrementar las cercas vivas con botón de oro (*Tithonia diversifolia*), también llamada falso girasol y tora amarilla. Es endémica de Costa Rica, se da bien desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm. Es una planta con contenidos altos de proteína, se adapta a suelos poco fértiles, su follaje es muy digestible. Produce entre 90 a 130 toneladas de materia verde con ciclos de poda no menores a 50 días. En las fincas se propaga en forma vegetativa por esquejes de 25 a 40 cm de largo y es de fácil establecimiento en la época de lluvia (Arronis, 2013).

3. Entes Certificadores

En Costa Rica hay dos entes certificadores de carbono neutralidad, INTECO y la Unidad de Carbono Neutro de la Universidad EARTH (UCN-EARTH). En el caso de la finca Santa Fe, quien realizó las verificaciones y la certificó fue la UCN-EARTH y en el caso de Finca Carnes don Fernando fue INTECO. A continuación se presenta un resumen de los procesos que se deben seguir para conseguir la certificación, que de acuerdo a las políticas nacionales e internacionales en realidad corresponde a una verificación:

ESCUELA DE AGRONOMÍA DE LA REGIÓN TRÓPICO HÚMEDA

La EARTH fue fundada en 1986 por ley del Gobierno de la República de Costa Rica como una institución internacional privada, sin fines de lucro y fue creada gracias al apoyo del Gobierno de Costa Rica, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Fundación W.K. Kellogg.

La unidad de Carbono Neutro, es dirigida por el Ing. Edmundo Castro, PhD; quien actuó como observador en el proceso de certificación de la Finca Santa Fe, fue un grupo de 4 técnicos especializados, el que realizó la declaración (líder de equipo, agrónomo con experiencia en ganadería, verificador en formación, ingeniero forestal).

El costo de certificarse varía según la complejidad de la organización interesada, para obtener una cotización por parte de la UCN-EARTH es necesario enviar el Formulario F-29 (paso #1) para que a nivel interno, se evalúe la información necesaria para estimar los costos. En el caso de la Finca Santa Fe, el costo de la certificación fue de \$3900.

Pasos a seguir para obtener la verificación C-Neutro con la UCN-EARTH

1. FORMULARIO F-29. INFORMACIÓN PRELIMINAR PARA ACTIVIDADES DE VALIDACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

La Unidad de Carbono Neutro de la Escuela Agronómica de la Región Trópico Húmeda, solicita completar el “F-29 Información preliminar para actividades de validación y/o verificación”, con el objetivo de tener claro los objetivos de la organización (finca) que desea certificarse, sus expectativas, características y sus condiciones propias.

Este formulario puede ser descargado de manera libre y gratuita en la página web: <https://www.earth.ac.cr/es/about-earth/carbono-neutro/spanish-como-logra-una-organizacion-convertirse-en-c-neutro/>

2. ACEPTAR LA COTIZACIÓN QUE LA UCN-EARTH BRINDA

La información que se necesita detallar en el F-29 es fundamental para estimar los costos, por lo que debe ser lo más verídica posible.

3. FORMULARIO F-10. SOLICITUD DE ACTIVIDAD DE VALIDACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

La Unidad de Carbono Neutro de la Escuela Agronómica de la Región Trópico Húmeda, solicita completar el “F-10 Solicitud de actividad de validación y/o verificación”, con el objetivo de confirmar los objetivos de la organización (finca) que desea certificarse, sus expectativas, características y sus condiciones propias.

Este formulario puede ser descargado de manera libre y gratuita en la página web: <https://www.earth.ac.cr/es/about-earth/carbono-neutro/spanish-como-logra-una-organizacion-convertirse-en-c-neutro/>

La UCN-EARTH revisa la información, de estar completa, se continua el proceso, de no ser así, la organización tiene 10 días para completar el formulario correctamente y continuar el proceso objetivos de la

4. CUANTIFICAR EL INVENTARIO DE EMISIONES

Cuantificar el inventario de emisiones basado en la norma ISO 14064-1:2006 ó bien, norma nacional INTE 12-01-06:2016 (en el caso de Costa Rica para obtener la Marca País), y adicional puede apoyarse del documento llamado Protocolo de Cuantificación de Gases Efecto Invernadero (GEI) del Instituto Mundial de Recursos.

Las fuentes de emisiones que existen en las fincas ganaderas son:

- Fermentación Entérica de Bovinos
- Excretas de Bovinos
- Uso de Combustibles Fósiles
- Fertilización Nitrogenada
- Indirecta por uso de electricidad.
- Elaboración de Compost
- Aplicación de Compost
- Otros animales
- Aguas residuales

(Información detallada de emisiones en el capítulo de la metodología)

5. PLANIFICACIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES

Planificación o implementación de acciones ó proyectos de reducción o proyectos de reducción que demuestren disminución de emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

6. PLANIFICACIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES Ó PROYECTOS DE REMOCIÓN

Planificación o implementación de acciones o proyectos de remoción ó compra voluntaria de mecanismos de compensación para neutralizar las emisiones que no han sido reducidas para el mismo periodo de cuantificación de emisiones, basado en las normas correspondientes. El propósito de este procedimiento es definir las acciones necesarias para reducir las emisiones de GEI y

remover CO₂, los responsables y los plazos máximos para alcanzar el objetivo general de mantener la carbono neutralidad.

Cuadro 17. Ejemplo para realizar un plan de gestión de remociones

| Objetivo | Meta | Acciones | Recursos disponibles | Responsable | Tiempo |
|---|---|--|---|-------------|--------|
| Remociones de carbono mediante el incremento del componente arbóreo y arbustivo, así como la deposición y conservación de la materia orgánica al suelo con pasturas | Incremento de la biomasa leñosa. | Siembra de arbustos en cercas vivas (500/año) Reposición de árboles muertos o cosechados Enriquecimiento de áreas en procesos de sucesión a bosque, ornato y pasturas | Recurso humano capacitado en cercas vivas Recurso financiero para compra de árboles a viveros y esquejes. Recurso humano capacitado y comprometido en cuidado de árboles en crecimiento | | |
| | Incremento del carbono orgánico total del suelo | Implementación de un sistema de manejo de pastoreo racional, que permitan pastoreos profundos pero cortos, alta concentración de excretas. Periodos de rebrote de las especies forrajeras acorde con su fenología y época del año. | Recuso financiero para mantenimiento e incremento del número de apartos. | | |

7. ESTABLECER Y MANTENER PROCEDIMIENTOS

Se debe establecer y mantener procedimientos que respaldan y aseguran el cumplimiento correcto y control de los principios en un Sistema de Información sobre Gases Efecto Invernadero (GEI) de la organización o proyecto. Basado en la norma ISO 14064-1:2006 (para acciones) o norma ISO 14064-2:2006 (para proyectos), o bien, norma nacional INTE 12-01-06:2016 (en el caso de Costa Rica para obtener la Marca País).

8. ELABORAR UN INFORME DE GEI

Elaborar un informe de GEI sobre los resultados de la cuantificación de emisiones, reducciones y remociones o compensaciones que demuestran el balance neutral o excedente positivo para el logro y cumplimiento de la C-neutralidad para cada periodo verificable. Basado en las normas correspondientes.

9. AUDITORÍA INTERNA

Se debe realizar una auditoría interna con personal de la organización que no haya participado del desarrollo de la información y documentos, o bien, puede contratar la auditoría por un profesional competente que demuestre conocimiento de las normas requeridas. Las etapas de una auditoría son las siguientes:

1. Revisión documental
2. Elaboración de plan de auditoría
3. Reunión de apertura, auditor-auditado
4. Recorrido rápido de las instalaciones
5. Ejecución de la auditoría: documentación, bases de información, entrevistas, observación.
6. Reunión de cierre
7. Informe de auditoría
8. Plan de acciones correctivas

10. EVALUACIÓN

Finalmente se realiza una evaluación que demuestre la conformidad con el proceso efectuado de acuerdo a la normativa y aspectos técnicos llamado verificación de tercera parte, la cual se debe realizar por un organismo verificador acreditado en el sector al que pertenece la organización o proyecto.

Proceso EARTH- UCN para verificación externa de GEI

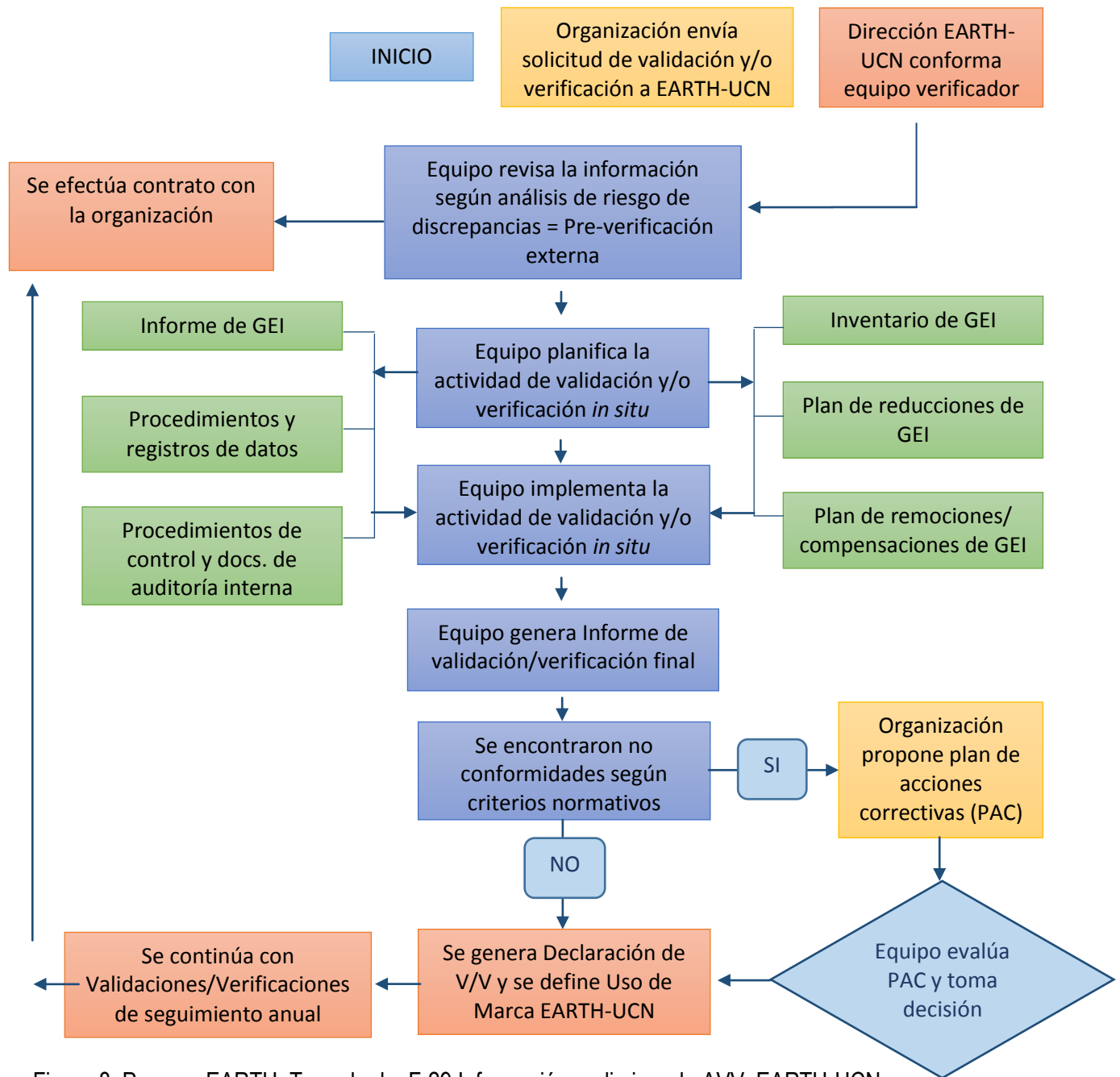


Figura 8. Proceso EARTH. Tomado de: F-29 Información preliminar de AVV. EARTH-UCN

INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS DE COSTA RICA (INTECO)

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica es una asociación privada, sin fines de lucro, con personería jurídica y patrimonio propio. Creada en 1987, en el año 1995 fue reconocida, por decreto ejecutivo, como el Ente Nacional de Normalización. Ese reconocimiento se consolida con la emisión de Ley del Sistema Nacional para la Calidad, N° 8279, publicada el 21 de mayo del 2002. Está reconocido como el Ente Nacional de Normalización por cinco años, reconocimiento que se puede mantener si la Asociación cumple a satisfacción con el encargo que le hace la Ley (INTECO 2016).

El proceso de evaluación de la Unidad Ambiental se desarrolla por etapas según se detalla a continuación:

Pasos a seguir para obtener la verificación C-Neutro con INTECO

1. ETAPA I: PRE VERIFICACIÓN

Se solicita a las organizaciones completar y enviar la R01-PGUV-01 “Solicitud de evaluaciones ambientales”, la cual servirá como base para llevar a cabo un análisis documental, el planteamiento de una oferta preliminar de servicios R02-PGUV-01 “Oferta de servicios para evaluaciones ambientales” y su envío al cliente para su aprobación, y planificar la pre verificación y análisis de riesgo.

Una vez que la organización acepta la Oferta de Servicios, INTECO procede a formalizar el R03-PGUV-01 “Acuerdo para el proceso de evaluaciones ambientales”, el cual se envía al cliente para oficializar el servicio con las firmas de ambas partes. El acuerdo contiene los requisitos técnicos y detalla las condiciones de la evaluación.

La pre verificación inicia con la recopilación de la Información y registros requeridos en la solicitud de evaluaciones ambientales y el envío del R01-IGUV-01-01 “Plan de pre verificación y análisis de riesgo”, en donde se indicarán las actividades a realizar en la primera etapa de evaluación con la organización.

Durante la ejecución de esta etapa se determina la naturaleza, escala y complejidad de la actividad de evaluación que se va a realizar a nombre del cliente, la confianza en la información y la

declaración que hace la parte responsable, la cobertura total de la información y la elegibilidad para participar un programa, si aplica.

Si la información proporcionada por el cliente no es suficiente para llevar a cabo una revisión de la información INTECO no continua con la evaluación hasta tener la información necesaria.

La Unidad Ambiental debe evaluar las fuentes y la magnitud de los errores, omisiones y tergiversaciones potenciales para las actividades posteriores de evaluación. Incluye la revisión de posibles errores, omisiones y malinterpretaciones potenciales evaluadas. Debe considerarse al menos: el riesgo inherente de que ocurra una discrepancia sustancial, el riesgo de que los controles de la organización no eviten ni detecten una discrepancia sustancial, el riesgo de que el equipo de evaluación no detecte alguna discrepancia sustancial que no haya sido corregida por los controles de la organización.

El resultado de la primera etapa genera un informe R02-IGUV-01-01 "Informe de preverificación y análisis del riesgo", el cual es entregado al cliente. Dicho informe contiene los hallazgos detectados en la evaluación, los cuales se refieren a incumplimientos u observaciones con respecto a los criterios de evaluación definidos y deben ser corregidos por la organización para poder proceder con la siguiente etapa. El informe de pre-verificación también se utiliza como elemento de entrada para elaborar el R04-IGUV-01-01 "Plan de muestreo y verificación" para la siguiente etapa de evaluación.

El tiempo transcurrido entre la pre verificación y la verificación no debe superar los 12 meses. En aquellos casos en donde se supere dicho lapso, se deberá completar el registro R13- PGUV-01 "Actualización de datos" para evaluar si existen cambios en el sistema que afecten el proceso de verificación. En caso de que existan modificaciones a aspectos tales como: año de reporte, alcance u otros cambios significativos dentro del sistema, con respecto al proceso de preverificación, se deberá iniciar el proceso de evaluación nuevamente (realizando tanto la preverificación como la verificación), caso contrario, se podrá proceder con la etapa de verificación.

2. ETAPA II: VERIFICACIÓN

El equipo evaluador planifica la verificación según los criterios de evaluación establecidos en el Acuerdo para Evaluaciones Ambientales y los resultados de la primera etapa de evaluación según informe de pre-verificación. Para esto elabora y envía al cliente el R04-IGUV-01-01 “Plan de muestreo y verificación”.

En esta etapa el equipo verifica si existen discrepancias sustanciales en la declaración según el acuerdo, ejecuta las actividades de evaluación in situ, realiza muestreos, entrevistas, recorridos a instalaciones, análisis y pruebas al sistema de información y datos de la organización relacionados con la declaración respectiva

El equipo evaluador como resultado de la verificación elabora el R05-IGUV-01-01 “Informe de verificación”, el cual se presenta a la organización. Este informe contiene las discrepancias o incumplimientos con respecto a los criterios de evaluación acordados (en caso de que existan).

3. ETAPA III: EVALUACIÓN Y DECISIÓN

En el caso de que existan discrepancias durante la verificación la organización tiene un plazo máximo de 30 días naturales a partir de la fecha de finalización de la verificación para entregar un Plan de Acciones Correctivas (PAC) con evidencias de cambios y correcciones. Para el caso de discrepancias sustanciales la organización deberá presentar adicionalmente en el lapso indicado el cierre de acciones. Si el miembro del equipo evaluador que revisa el PAC considera que la información suministrada es suficiente lo evalúa dando su recomendación, en caso contrario solicitará ampliación a la organización. En caso de requerirse ampliación, se le otorgan treinta días naturales a la organización para que dé respuesta a la misma, con posibilidad de extender el plazo a un máximo de treinta días naturales en caso de que el evaluador del PAC lo considere necesario y previa justificación técnica por parte de la organización. En algunos casos a criterio de los evaluadores, INTECO puede requerir una evaluación en las instalaciones del cliente para dar cierre al plan de acciones.

El miembro del equipo evaluador que revisó el PAC le entrega la propuesta a la persona encargada de la Coordinación por medio del R03-IGEC-05-01 “Informe de evaluación y decisión para evaluaciones ambientales”.

INTECO cuenta con quince hábiles posteriores a la recepción de la solicitud para tomar una decisión definitiva de acuerdo a las recomendaciones recibidas por el miembro del equipo verificador y comunica a la organización la decisión tomada a través del registro R05-IGEC-05-01 “Carta de decisión”. Posteriormente, se procede a elaborar la Declaración o Certificado correspondiente, según la norma evaluada.

4. EVALUACIONES DE SEGUIMIENTO

Anualmente, la Unidad Ambiental realiza verificaciones de seguimiento para asegurar el cumplimiento con los criterios de evaluación. La verificación de seguimiento corresponde a una visita de verificación, cuya duración se acuerda con la organización en la Oferta de Servicios y Acuerdo de Verificación respectivo.

El resultado de esta verificación pasa por todo el proceso de evaluación y decisión de INTECO, para finalmente tomar una decisión positiva o negativa acerca del otorgamiento, mantenimiento y/o renovación de las declaraciones respectivas.

La Unidad Ambiental de INTECO cuenta con instructivos y procedimientos para el trámite de quejas y apelaciones establecidos en el PGG-05 “Procedimiento para el trámite de quejas, apelaciones y sugerencias”, el cual pueden ser accedido en la página web de INTECO.

En caso de cualquier denuncia y/o apelación, la Unidad de Verificación pone a disposición el R01-PGG-05 “Formulario para la presentación de quejas, apelaciones y sugerencias” en la página web de INTECO.

Proceso de Evaluaciones Ambientales de INTECO

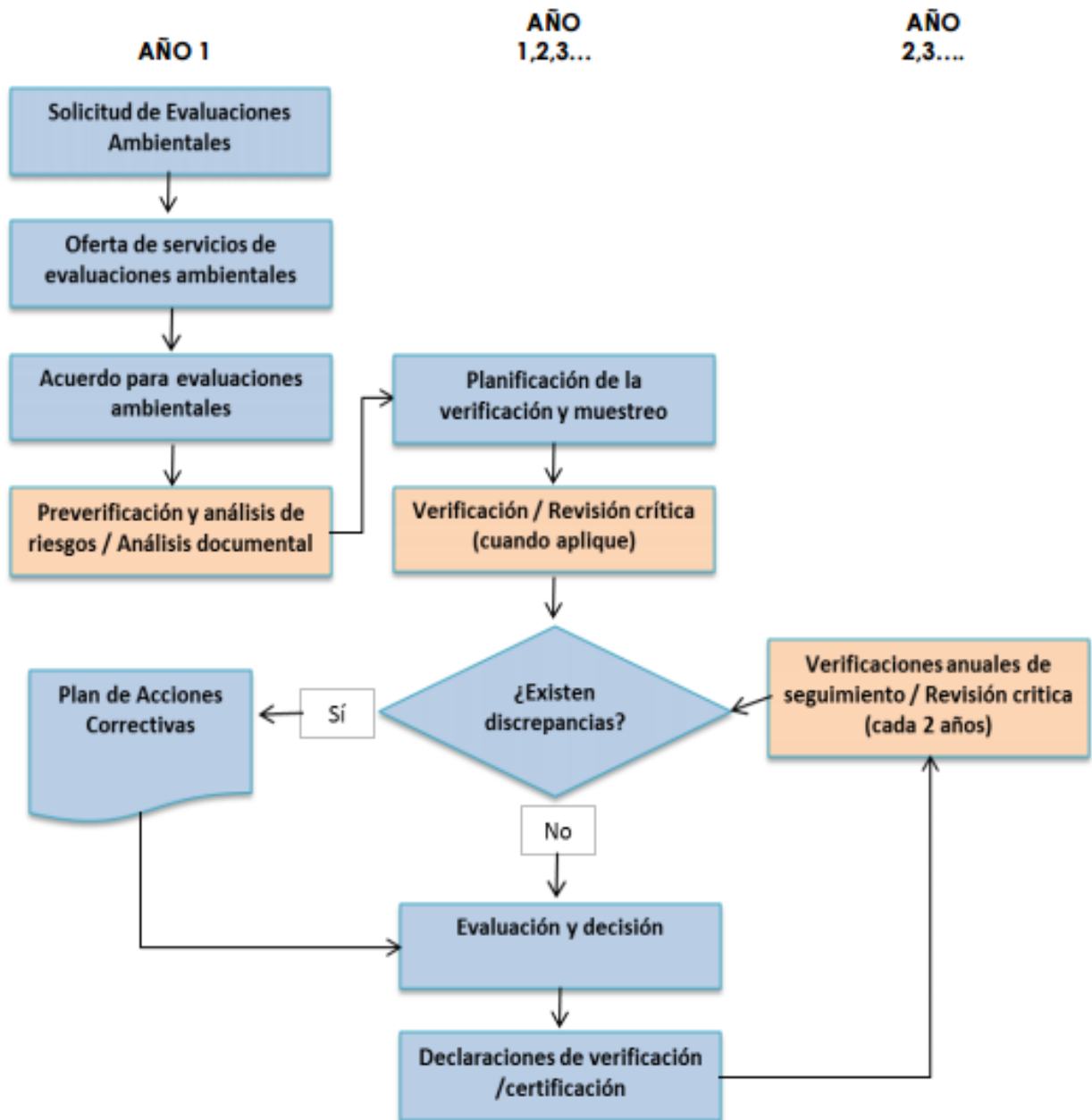


Figura 9. Proceso INTECO. Tomado de: Descripción del proceso de evaluaciones ambientales, INTECO 2016.

V. Barreras / Perspectivas

Uno de los factores más importantes en el proceso de certificación es la toma de registros y la recopilación de datos, para posteriormente realizar el inventario de emisiones y remociones; después de realizar este trabajo, se identificó que el acceso a información es la barrera más significativa que se tiene en el proceso. Por esto, es fundamental que los productores estén conscientes de la importancia que tiene anotar todas las eventualidades que pasan en la finca, ya que a la hora de que los entes certificadores realizan las verificaciones anuales revisan de manera detallada la trazabilidad de los datos que se reportaron en los informes.

Como se mencionó anteriormente, el compromiso de la finca para lograr la meta de certificarse carbono neutral es primordial, se debe contar con un involucramiento total de la alta gerencia, también de los administrativos y de la totalidad de los colaboradores. La contabilidad debe estar orientada a facilitar datos y registros según corresponda.

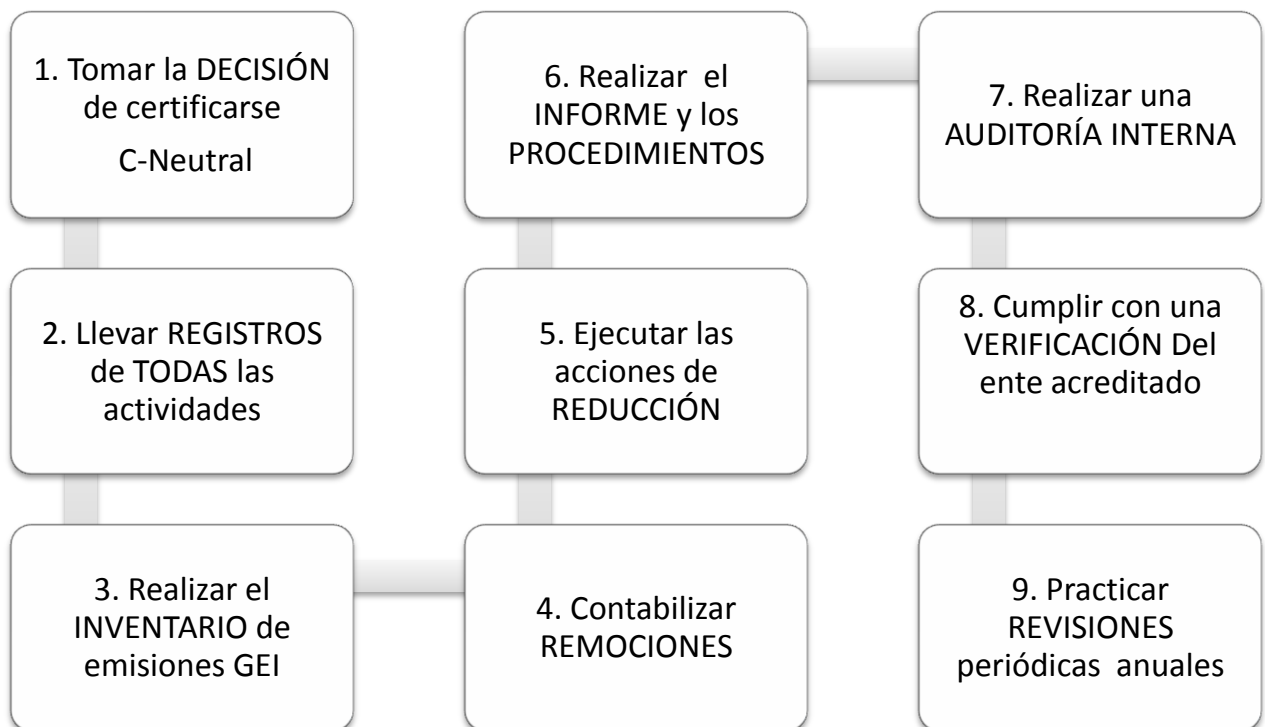


Figura 10. Resumen del proceso C-Neutral: 9 pasos para lograrlo. Fuente: Elaboración propia

Entre algunos de los beneficios que se adquieren por alcanzar esta certificación sobresalen: reducir costos operativos, esto porque al tener control de las emisiones, más que todo por combustibles y electricidad, se pueden implementar acciones correctivas para disminuir las emisiones; generar un nicho de mercado para consumidores con la capacidad de pago diferenciado por alimentos producidos con conciencia ambiental; también se puede mejorar el manejo y la reutilización de residuos o remanentes, transformándolos en fuentes energéticas.

En las experiencias que se tienen en Costa Rica para el año 2016, se evidencian 2 realidades, una finca pequeña donde el mayor reto fue precisamente, la recopilación de datos y la anuencia del productor a facilitar y tomar nota de los eventos de la finca. Otra, una finca que llevan registros detallados y la trazabilidad de estos es muy buena, este último caso es lo que debería normalizarse a lo largo y ancho del país, con el fin de levantar una línea base de datos e información valiosa para así inventariar animales, suelos, árboles, etc. y tener estimaciones de emisiones y remociones de GEI más fidedignas.

Otra barrera identificada fue la económica, el costo de certificarse C-neutral es alto. No existe un precio fijo para obtener la certificación, este va a depender del tipo de sistema que se tenga y la capacidad de la finca para realizar el proceso por su cuenta o si es necesaria la contratación de una consultoría para acompañar técnicamente la finca.

Las diferentes circunstancias o crisis económicas y fluctuaciones en los precios de materias primas y productos terminados, ocurridas en los últimos años, han dejado huella suficiente para plantear en el escenario agropecuario del país, una necesidad latente de propuestas y acciones concretas en torno a un mejor aprovechamiento de los recursos. Producir de manera amigable con el ambiente, es una necesidad de subsistencia de las fincas productivas, donde las exigencias estatales, de mercado y competitivas, son claras y concisas y cada vez toman mayor importancia a nivel nacional y mundial.

Sin embargo, producir en armonía con la naturaleza no es sinónimo de certificarse carbono neutral ya que este es un proceso rígido, regido bajo una norma estricta que demanda mucho detalle, que es posible que no sea atractivo para los productores agropecuarios. Por otro lado, desde el Programa Nacional de Ganadería del MAG, se incentiva a que las fincas de todo el país adopten las prácticas y tecnologías que promueve la NAMA Ganadera; que en los sistemas productivos se implemente el pastoreo racional, las cercas vivas, la mejora de pasturas, la mejora en planes de

fertilización, la cosecha de agua de lluvia, la siembra de bancos forrajeros, y todas las opciones tecnológicas posibles para mejorar la adaptación de los sistemas a los efectos del cambio climático y mitigar las emisiones de GEI que genera el sector.

Costa Rica adquirió el compromiso de ser C-Neutral para el año 2021, ésta es una meta bastante ambiciosa, pero que se está trabajando fuertemente en la mayoría de los sectores para alcanzarla. El tema más delicado es la medición y la contabilidad, que no se dupliquen esfuerzos y tampoco se sobreestimen las emisiones, también el reporte y la verificación de las mismas.

El sector agropecuario está comprometido con la causa y por esto es que actualmente existen esfuerzos importantes en este tema. No obstante, se tiene claro que lograr la certificación de fincas representa un proceso engorroso, prueba de ello es que solamente dos sistemas ganaderos se han certificado y lo lograron gracias al apoyo técnico y económico del Ministerio de Agricultura y Ganadería, por lo que pensar en que todas las fincas del país se van a certificar, no es factible, por las barreras antes mencionadas. Al menos por el momento, al 2016 no existe un incentivo económico real para las fincas que logren la certificación y esta situación no motiva a los productores.

Como conclusión, se afirma que alcanzar la carbono neutralidad puede traer beneficios a las fincas que funcionan con una alta visión empresarial. Para aquellos sistemas productivos que tienen una agro cadena que incluye la comercialización y el mercadeo directo de los productos terminados, la certificación constituye una diferenciación importante en nichos de mercado específicos, no obstante este tipo de sistemas no representan el grueso de los productores del país, que son PYMES y venden sus productos a intermediarios.

Debido a esto, se piensa que un sello diferenciador para fincas ganaderas que adopten buenas prácticas productivas, es un tema promisorio y mucho más atractivo, que viéndolo desde una perspectiva más integral y no solamente desde la huella de carbono, tiene incluso mucho más potencial de mitigación de efectos adversos al ambiente, es decir, tomando en cuenta también huella hídrica y otros factores de impacto ambiental.

VI. Bibliografía

- Abarca S., Soto R. 2013. Informe presentado ante la UCN-EARTH por la Finca Santa Fé para alcanzar la carbono neutralidad.
- Abarca S., Soto R. 2016. Informe presentado ante INTECO por la Finca Don Fernando para alcanzar la carbono neutralidad.
- Corrales A. 2013. Estimación del balance de gases de efecto invernadero (GEI), en dos fincas en la zona de Turrialba, Costa Rica. Trabajo Final de Graduación, para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Fitotecnia. Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica.
- Fernández E. 2013. Ganadería Sostenible se afianza. Diario El Financiero. Disponible en: http://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/ganaderia_sostenible-ganaderia_tradicional-ganaderos-corfoga-catie_0_418758158.html
- 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) 2014. Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Cuarta Edición. 2014.
http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/factoresemision-gei-2014_1.pdf
- IMN (MINAE) 2015. Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Quinta Edición. 2015.
<http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/factoresemision-gei-2015.pdf>
- IPCC, 2006. Emisiones Resultantes de la Gestión del Ganado y del Estiércol. In: Directrices para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Volumen 4 (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra) Capítulo 10. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático. WMO/UNEP. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_3_Ch3_Uncertainties.pdf

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.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_3_Ch3_Uncertainties.pdf

IPCC, 2006. Introducción. In: Directrices para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Volumen 2 (Energía) Capítulo 1. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático. WMO/UNEP.

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf

IPCC, 2006. Metodologías Aplicables a Múltiples Categorías de Uso de la Tierra. In: Directrices para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Volumen 4 (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra) Capítulo 2. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático. WMO/UNEP.

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf

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.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_06_Ch6_Grassland.pdf

MAG 2015. Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Chacón M., Reyes C., Segura J San José, Costa Rica.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 2015. Informe Final: Estrategia y Plan de Acción. Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

MINAE, MAG, PNUD. 2013. NAMA Ganadería. Validación del documento Concept Note. MINAE, MAG, PNUD. 23p.

MINAE, IMN, GEF, PNUD. 2014. Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2010. Costa Rica.

RECOPE, 2015. Hoja de Seguridad Biodiesel. 5 P.

<https://www.recope.go.cr/productos/usos-y-especificaciones/seguridad-de-los-productos/>

Sorio, H. 2012. Pastoreo Voisin. Teorías-Prácticas-Vivencias. 3er ed. Meritos edt. 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.