

# Informe técnico Taller: “Fertilización nitrogenada, línea base y proyecciones de gases de efecto invernadero en Colombia”

Carlos Felipe Torres



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN  
**Cambio Climático,  
Agricultura y  
Seguridad Alimentaria**



*The*  
**UNIVERSITY  
of VERMONT**



Alianza



**Informe técnico Taller:  
“Fertilización  
nitrogenada, línea base y  
proyecciones de gases  
de efecto invernadero en  
Colombia”**

# Contenido

|   |           |
|---|-----------|
| Contenido .....   | 2         |
| <b>“Fertilización nitrogenada, línea base y proyecciones de gases de efecto invernadero en Colombia” .....</b>          | <b>3</b>  |
| <b>1. Introducción.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3. Desarrollo del taller.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3.1 Ponencia 1: Caracterización y Uso de los Principales Fertilizantes Nitrogenados Sintéticos en Colombia .....</b> | <b>3</b>  |
| 3.1.1. Intervenciones del auditorio .....   | 5         |
| 3.1.2. Evidencias fotográficas.....   | 5         |
| <b>3.2 Ponencia 2: Actualización NDC capítulo sector agropecuario.....</b>  | <b>5</b>  |
| 3.2.1. Intervenciones del auditorio .....   | 6         |
| 3.2.2. Evidencias fotográficas.....   | 6         |
| <b>3.3 Ponencia 3: La Fertilización nitrogenada como aportante de GEI en Colombia.....</b>                              | <b>7</b>  |
| 3.3.1. Intervenciones del auditorio .....   | 9         |
| 3.3.2. Evidencias fotográficas.....   | 9         |
| <b>3.4 Ponencia 4: Resultados FASE I – Datos de actividad fertilizantes nitrogenados .....</b>                          | <b>10</b> |
| 3.4.1. Intervenciones del auditorio .....   | 10        |
| 3.4.2. Evidencias fotográficas.....   | 12        |
| <b>3.5 Ponencia 5: Cálculo de emisiones de GEI por insumos nitrogenados bajo metodología IPCC 2006 y 2019.....</b>      | <b>12</b> |
| 3.5.1. Evidencias fotográficas.....   | 13        |
| <b>3.6 Ejercicio Práctico: .....</b>  | <b>14</b> |
| 3.6.1. Evidencias fotográficas.....   | 18        |
| <b>4. Apropiación de conocimiento .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>5. Conclusiones.....</b>   | <b>20</b> |

# **“Fertilización nitrogenada, línea base y proyecciones de gases de efecto invernadero en Colombia”**

## **1. Introducción**

El taller sobre emisiones por el uso de fertilizantes nitrogenados, línea base y proyecciones de gases de efecto invernadero (GEI) en Colombia, se enmarca dentro del proyecto “Resultados de investigación para informar las estrategias de desarrollo bajo en emisiones en Colombia”, el cual contempla dentro de sus objetivos el fortalecimiento de la construcción de los inventarios de gases de efecto invernadero en el país mediante el mejoramiento de las estimaciones de N<sub>2</sub>O del suelo asociadas a fertilizantes nitrogenados aplicados en los diferentes sistemas de cultivos. Además, el proyecto busca consolidar el uso de los resultados de la investigación generada para el fortalecimiento de políticas públicas como la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) y el plan sectorial de mitigación.

## **2. Objetivo**

Capacitar a las instituciones clave del sector sobre las emisiones por el uso de fertilizantes nitrogenados, línea base y proyecciones de GEI en Colombia.

## **3. Desarrollo del taller**

El taller se desarrolló con la participación de 21 representantes de instituciones del sector agropecuario, entre ellas: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Universidad Nacional de Colombia, Federación Nacional de Cerealeros (FENALCE), Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ) y Fertinagro.

La actividad se llevó a cabo en dos fases, la primera consistió en presentaciones magistrales y la segunda en un ejercicio práctico sobre la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero por aplicación de fertilizantes nitrogenados. A continuación, se detallan los aspectos relevantes de cada ponencia y el ejercicio práctico.

### **3.1 Ponencia 1: Caracterización y Uso de los Principales Fertilizantes Nitrogenados Sintéticos en Colombia**

La presentación estuvo a cargo del Ingeniero Agrónomo Juan Carlos Hernández, Gerente Técnico en Colombia de la empresa Fertinagro. Los objetivos de su ponencia fueron presentar estadísticas de la importación y producción de fertilizantes, caracterizar los principales fertilizantes inorgánicos nitrogenados en Colombia y realizar una descripción de la demanda de fertilización nitrogenada en Colombia en cultivos de importancia económica.

A manera de contexto, los fertilizantes contribuyen con  $\frac{1}{4}$  de las emisiones de GEI de origen antropogénico desde su producción, uso y desecho, liberando principalmente gases de  $N_2O$  cuyo potencial de calentamiento global es de 310 respecto a la molécula de  $CO_2$ .

Las estadísticas de fertilizantes muestran que en Colombia alrededor de 1500 referencias de fertilizantes están siendo comercializadas por 35 a 40 empresas, de ellas 10 realizan importación, fabricación y comercialización y entre 25 a 30 son empresas productoras internas o maquilas nacionales. Los fertilizantes y materia primas importadas ingresan al país principalmente por el puerto marítimo de Buenaventura (55%), esto se relaciona directamente con la ubicación de las plantas de procesamiento en el pacífico colombiano.

El país importa 1.621.760 toneladas de fertilizantes, de las cuales, 1.070.728 contienen nitrógeno (66%). El 33% de las importaciones son de urea, 29% de cloruro de potasio (KCL), 10% de fosfato monoamónico (MAP), 9.3% de sulfato de amonio (SAM), 9.1% de fosfato diamónico (DAP) y 5% de nitrato de calcio. Los lugares de procedencia son Rusia, China y Estados Unidos. De estas fuentes nitrogenadas la urea ( $CO(NH_2)_2$ ) contiene 20% de carbono y las amidas ( $CO(CH_3)_2HN_2$ ) 16.2%, constituyéndose adicionalmente como una fuente de liberación de  $CO_2$ .

Si bien el consumo de fertilizantes se ha mantenido constante en los últimos 15 años, el impacto del nitrógeno en el uso de fertilizantes cada vez tiende a ser mayor, con un aumento del 10% entre el 2017 y 2019, aspecto relevante teniendo en cuenta el mal uso y aplicación de los fertilizantes por parte de los agricultores, donde muchos no realizan planes de fertilización según las necesidades del cultivo y del suelo, y no contemplan las condiciones climáticas cambiantes (altas temperaturas y déficit de agua).

El nitrógeno en fertilizantes minerales puede encontrarse en diferentes formas, como nitrógeno ureico ( $NH_2$ ), siendo la forma más “lenta” de nitrógeno y no puede ser absorbido por la planta, para ello debe transformarse a temperatura relativamente alta, primero en amonio ( $NH_4^+$ ) y luego en nitrato ( $NO_3^-$ ). Los efectos de la urea pueden verse incluso semanas después de su aplicación. El Nitrógeno amoniaco ( $NH_4^+$ ) que, para ser asimilado por la planta durante la fotosíntesis, debe transformarse antes a nitrato ( $NO_3^-$ ), pero la planta puede absorberlo directamente por la raíz y realizar la transformación allí. En el suelo puede fijarse levemente durante un corto periodo de tiempo antes de que cambie de forma. El nitrógeno nítrico ( $NO_3^-$ ) es la forma química natural que debe tener el nitrógeno para ser asimilado por la planta, no se fija al suelo y es fuertemente lavable.

En Colombia los principales cultivos donde se hace uso de los fertilizantes nitrogenados en orden de importancia son: café, palma de aceite, caña de azúcar, arroz riego, pastos para lechería especializada y arroz seco; en un área estimada de 3.037.809 hectáreas. La

región de América Latina en general, tiene requerimientos bajos en nitrógeno aplicado por cultivos tropicales como los frutales, en comparación con otras regiones del mundo como Asia cuya producción de cereales es altamente dependiente.

Como principal conclusión de la presentación, es necesario realizar las mediciones de nitrógeno aplicado por cultivo para diseñar las estrategias de mitigación de cambio climático asociadas con los altos riesgos del nitrógeno por pérdidas en volatilización, mineralización, nitrificación, desnitrificación y lixiviación.

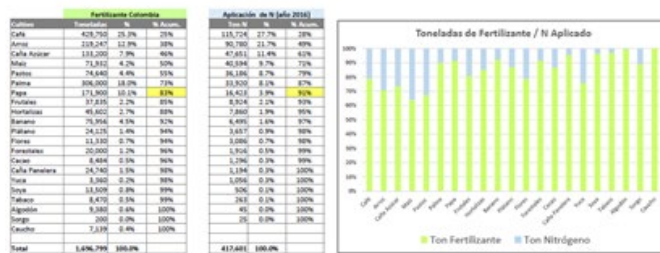
### 3.1.1. Intervenciones del auditorio

Durante esta primera sesión se generó un dialogo participativo con los representantes de los gremios de FEDEARROZ, FENALCE, FEDECACAO y el MADR, donde se expuso la problemática relacionada con los tiempos y volúmenes de aplicación de los fertilizantes, el desconocimiento de los productores agropecuarios en la composición y uso adecuado de las fuentes nitrogenadas y en la importancia de trabajar desde las agremiaciones en generar planes de fertilización según las necesidades de cada cultivo por región.

### 3.1.2. Evidencias fotográficas



Fertilizante Aplicado / Nitrógeno Aplicado (Toneladas)



Fuente: ICA, 2016. Importaciones puertos Colombia 2016-2017. Mercado de Fertilizantes, Colombia 2010-2017.

Requerimiento de Nitrógeno en los Cultivos

| Cultivo                                       | Producción                | Nitrógeno Requerimiento | Fertilizante Kg/ha (sin eficiencia) |              |            |
|---|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------|------------|
|   |                           |                         | UREA                                | SAR          | NITRATO    |
| Palmito ciclo 1er                             | 25.000 t/ha               | 100                     | 400                                 | 900          | 800        |
| Banano ciclo 1er                              | 40.000 t/ha (24/28/30/32) | 400                     | 800                                 | 1.000        | 1.400      |
| Café en producción                            | 400 t CPA                 | 100                     | 180                                 | 500          | 400        |
| Arroz   | 8 t/ha                    | 280                     | 350                                 | 800          | 800        |
| Papa (variedad acañao)                        | 800                       | 120                     | 400                                 | 1.200        | 700        |
| Papa  | 100-400 t/ha MS / ha      | 200                     | 300                                 | 1.000        | 800        |
| Café de Acañao                                | 120 t/ha TCM / ha         | 150                     | 100                                 | 700          | 500        |
| Maíz  | 8 t/ha                    | 170                     | 280                                 | 600          | 600        |
| Banano (ciclo 1er y 2do)                      | ambos años                | 300                     | 700                                 | 1.000        | 1.200      |
| Maíz (variedad maíza)                         | ambos años                | 340                     | 700                                 | 1.000        | 1.200      |
| Uva de mesa                                   | 25 t/ha                   | 100                     | 400                                 | 700          | 500        |
| Percebes de Guadalupe (Dorada, D. morada)     | ambos años                | 100                     | 300                                 | 1.200        | 800        |
| Percebes de Cerezo (Dorada, morada, calabaza) | 100                       | 400                     | 1.000                               | 700          |            |
| <b>PROMEDIO</b>                               |                           | <b>214</b>              | <b>308</b>                          | <b>1.017</b> | <b>804</b> |

- Los fertilizantes nitrogenados tienen diferentes eficiencias en tipos y condiciones de suelos
- El promedio de aplicación en Colombia es de 700 kilos de fertilizantes/Ha en cultivos de ciclo corto (arroz, maíz, soya), mientras que en cultivos perennes de 1.000 a 1.500 kilos/Ha. Banano y Flores por encima de 2.000 kilos/Ha

## 3.2 Ponencia 2: Actualización NDC capítulo sector agropecuario

La presentación estuvo a cargo del Nelson Lozano e Isabel Cárdenas del grupo de Cambio Climático del MADR, quienes expusieron sobre el objetivo de reducción de emisiones de

GEI concertado de común acuerdo con las entidades pertenecientes al SISCLIMA, entre ellas IDEAM, la Estrategia de Desarrollo Bajo en Carbono y los ministerios, de un 20% con recursos propios y en un 30% con cooperación internacional planteado en la NDC.

Los subsectores priorizados con potencial de reducción de emisiones y absorciones son las plantaciones forestales, el aumento en las hectáreas sembradas de palma, frutales y cacao. El uso de tecnologías en arroz, pastoreo racional y reconversión de la ganadería en sistemas silvopastoriles. Las propuestas de mitigación se basan, además, en fertilización adecuada para cada cultivo, manejo y eficiencia de uso.

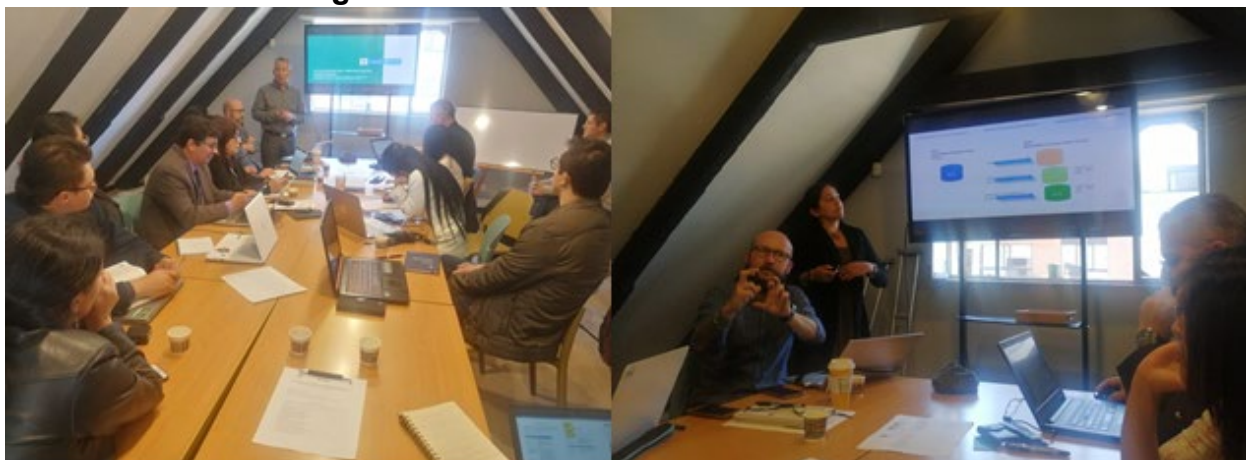
Para alcanzar dichos objetivos de reducción, el país debe concentrar esfuerzos en realizar mediciones directas de factores de emisión con el propósito de disminuir la incertidumbre de los inventarios nacionales de GEI, fortalecer los programas de extensión agropecuaria en la gestión del cambio climático y mejorar la precisión de los datos de actividad.

### **3.2.1. Intervenciones del auditorio**

La intervención en la ponencia fue realizada por los profesionales de AGROSAVIA, quienes manifestaron la importancia del apoyo del estado para la implementación de prácticas y medidas de mitigación de GEI en el sector. En esta misma línea, el MADR realizó sus aportes enfatizando en la iniciativa de FINAGRO sobre las tasas de crédito e incentivos agropecuarios, además, los representantes del IDEAM compartieron algunas experiencias exitosas de acuerdos de conservación con productores.

A manera de conclusión, los participantes al taller sugieren que se debe trabajar en el fortalecimiento de la asistencia técnica integral desde la política pública de extensión agropecuaria. Se hace énfasis en la pertinencia de introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno en los distintos sistemas productivos, en la importancia de masificar la práctica del análisis de suelo como herramienta para generar protocolos de fertilización.

### **3.2.2. Evidencias fotográficas**



### **3.3 Ponencia 3: La Fertilización nitrogenada como aportante de GEI en Colombia**

La ponencia fue presentada por Felipe Torres consultor agrometeorólogo de la empresa Clima Soluciones, quien explicó que Colombia si bien, no contribuye representativamente a las emisiones mundiales de GEI de origen antropogénico (0.42%), ha aunado esfuerzos en torno a los compromisos adquiridos en el acuerdo de París sobre el cambio climático. Los países con mayor contribución a las emisiones son China (29.5%), Estados Unidos (16%) e India (6.4%).

El inventario nacional de GEI en Colombia se realiza empleando como guía metodológica las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Este se divide en 4 módulos: energía, residuos, procesos industriales y AFOLU (agricultura, silvicultura y otros usos del suelo).

La tendencia de las emisiones del módulo AFOLU para la serie 1990 – 2014, muestran un promedio histórico anual de 148,774 Gg de CO<sub>2</sub>eq, con un promedio de absorciones de -16,552 Gg de CO<sub>2</sub> año. Los resultados totales de la serie 1990-2014 muestran que las emisiones netas incluidas en el módulo de AFOLU presentaron un decrecimiento anual entre 1990 y 2014, la disminución de las emisiones entre los dos años fue de 18,547 Gg CO<sub>2</sub>eq, diferencia que representa un decrecimiento de 7.93%. Las emisiones totales de AFOLU estimadas para el año 2014 fueron de 129,512 Gg de CO<sub>2</sub>eq, de los cuales: el 66,7% corresponde a emisiones de CO<sub>2</sub>, el 17,8% a CH<sub>4</sub>, y el 15,5% a N<sub>2</sub>O.

El módulo AFOLU se compone de tres categorías: 3.A. Ganado, 3.B. Tierras y 3.C. Fuentes agregadas. Las categorías 3A y 3C corresponden a las emisiones de GEI directas e indirectas de las actividades agrícolas y pecuarias, y la categoría 3B donde se agrupan las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> asociadas al uso y cambio de uso del suelo.

La categoría 3A- Ganado, cuantifica todas las emisiones directas de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica y las emisiones de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O directas por la gestión del estiércol. La categoría 3C - Fuentes agregadas y emisiones no CO<sub>2</sub> provenientes de la tierra: Cuantifica las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O proveniente de los suelos gestionados y los sistemas de gestión de estiércol (actividades agrícolas), las emisiones de CO<sub>2</sub> por aplicación de cal y urea en los cultivos y las emisiones GEI no CO<sub>2</sub> por quema de biomasa. Adicionalmente se cuantifican las emisiones de metano del cultivo del arroz.

Las emisiones por subcategoría muestran que la fermentación entérica representa en promedio para las emisiones nacionales 19.676 Gg de CO<sub>2</sub>eq para la serie 1990-2014, entre estos años las emisiones han aumentado en un 11%. En general para la serie temporal, el ganado bovino contribuye con las mayores emisiones por metano entérico, 94% de las emisiones. El ranking por departamento ubica a los departamentos de Antioquia, Casanare y Córdoba (30% de las emisiones de la subcategoría de fermentación entérica) como los mayores emisores explicado por su alta población bovina.

La subcategoría de gestión estiércol, cuantifica emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O producidas por los diferentes sistemas de gestión. El CH<sub>4</sub> del sistema de gestión de estiércol pasturas, se reporta en la subcategoría 3A2 al igual que las emisiones directas de N<sub>2</sub>O generado por la dieta de los animales. Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por lixiviación y volatilización del nitrógeno se contabilizan en la subcategoría 3C6.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y las emisiones directas de N<sub>2</sub>O por la gestión del estiércol (categoría 3A2), han representado para el inventario nacional en promedio para la serie 1990 a 2014, 1.643 Gg de CO<sub>2</sub>eq al año. Esta subcategoría depende directamente de las poblaciones ganaderas, con una tendencia creciente, calculada para el año 2014 en 2.136 Gg de CO<sub>2</sub>eq, con un aumento del 67% respecto a 1990. El promedio para los años 1990 a 2014 para la subcategoría 3C6 emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por la gestión del estiércol, se ha calculado en 301 Gg de CO<sub>2</sub>eq año, con una línea de tendencia creciente, dado principalmente al desarrollo de los sistemas avícolas en Colombia. Los departamentos con las mayores emisiones para estas subcategorías son Cundinamarca, Santander y Antioquia.

La subcategoría 3C4-Emissiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados, abarca la cuantificación de nitrógeno que ingresa a los sistemas agrícolas y pecuarios, que se emite de manera directa a la atmosfera. Las entradas de nitrógeno incluyen: fertilizantes de nitrógeno sintético (FSN); nitrógeno orgánico aplicado como fertilizante, p. ej., estiércol animal, compost, lodos cloacales, desechos (FON); nitrógeno de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo (FPRP), nitrógeno en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluidos los cultivos fijadores de nitrógeno y de forrajes durante la renovación de las pasturas (FCR); mineralización de nitrógeno relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM) y la gestión de suelos orgánicos (Histosoles) (FOS).

La subcategoría 3C5 - Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados, cuantifica el nitrógeno volatilizado y el que se lixivia en los suelos gestionados por volatilización de nitrógeno como NH<sub>3</sub> y óxidos de N (NO<sub>x</sub>), y la deposición de estos gases y de sus productos NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sobre los suelos y la superficie de los lagos y otras masas de agua. Además, la lixiviación y escurrimiento desde la tierra de nitrógeno de agregados de fertilizantes sintéticos y orgánicos, residuos agrícolas, mineralización de nitrógeno relacionada con pérdida de C del suelo, en suelos minerales y en suelos orgánicos drenados/gestionados por los cambios en el uso de la tierra o las prácticas de gestión, y la deposición de orina y estiércol de los animales en pastoreo.

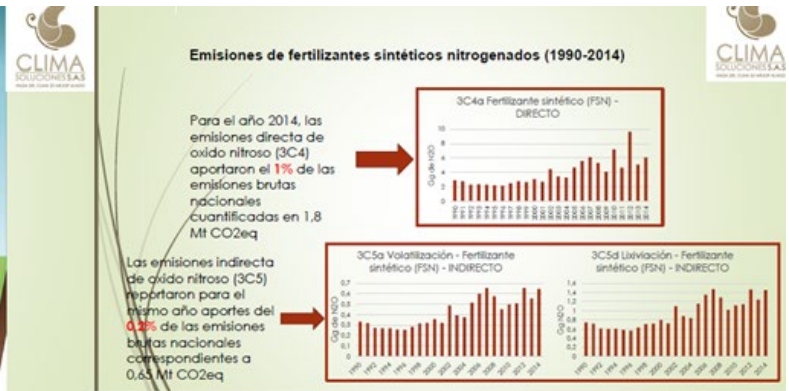
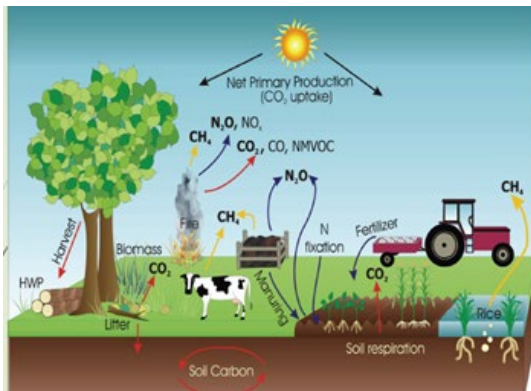
Para la serie temporal 1990 a 2014, las emisiones directas de N<sub>2</sub>O han representado para el país un promedio de 14.753 Gg de CO<sub>2</sub>eq año. La participación promedio histórica en orden de importancia es: nitrógeno depositado en las pasturas (72%), gestión de suelos histosoles (14.2%), fertilizantes nitrogenados de origen sintético (8.5%), mineralización por

cambio en el uso o manejo del suelo (3.7%), residuos de cultivo (1.4%) y fertilizantes nitrogenados de origen orgánico (0.4%).

### 3.3.1. Intervenciones del auditorio

La intervención en la sesión sobre fertilización nitrogenada como aportante de GEI en Colombia fue realizada por el representante de FEDECACAO, quien expuso su inquietud sobre las emisiones en sistemas ganaderos confinados, su premisa era que dichos sistemas podrían tener menores emisiones que los sistemas en pastoreo extensivo. Ante este interrogante, el IDEAM hizo la aclaración que los sistemas en confinamiento son demandantes de insumos externos a la finca que conllevan un mayor lastre de emisiones de CO<sub>2</sub> por la producción de alimentos basados en granos de cereales. Adicionalmente, los contenidos de nitrógeno de los alimentos son más altos y por tanto la excreción en orina y heces mucho mayor, en comparación con los sistemas en pastoreo bien manejados.

### 3.3.2. Evidencias fotográficas



### **3.4 Ponencia 4: Resultados FASE I – Datos de actividad fertilizantes nitrogenados**

La presentación fue realizada por Felipe Torres consultor agrometeorólogo de la empresa Clima Soluciones, quien comenzó su intervención explicando el supuesto empleado en el inventario nacional de GEI en Colombia, de que toda la producción de fertilizantes de un año determinado es vendido y utilizado en ese mismo periodo de tiempo. De esta forma, se construyó el primer, segundo y tercer informe bienal de actualización (IBA) de Colombia ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (CMUCC) y la tercera comunicación nacional de cambio climático.

Los datos de actividad para la estimación de las emisiones por aplicación de fertilizantes nitrogenados fueron tomados de las estadísticas de comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos, del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Esta información contiene 25.000 registros de ventas, importaciones y exportaciones de fertilizantes realizadas entre el año 2005 y 2017, con porcentaje específico de nitrógeno en su composición. El porcentaje de nitrógeno de las mezclas comerciales utilizado como supuesto fue establecido en 17.5% por consulta de experto.

La información desagregada de insumos nitrogenados para la obtención del dato de actividad empleado en el inventario nacional de GEI nacional permite reducir la incertidumbre de las emisiones de las subcategorías 3C4 y 3C5. Adicionalmente, contar con la información específica del consumo de urea en el país permitirá realizar el recalcu de las emisiones de N<sub>2</sub>O dentro del inventario e incluir una nueva categoría asociada a las emisiones de CO<sub>2</sub> por aplicación de urea.

#### **3.4.1. Intervenciones del auditorio**

El MADR, en cabeza de Nelson Lozano, menciona la importancia de la disminución de incertidumbre en las transacciones de bonos de carbono, por ejemplo, para los programas de pago por reducción de emisiones en plantaciones forestales.

El representante de Fertinagro, Juan Carlos Hernández, hace su aporte en torno a la pertinencia de evaluar el aporte en unidades de nitrógeno de los fertilizantes foliares por su contenido de urea en la mezcla, ya que solo se está teniendo en cuenta en las estadísticas del país los fertilizantes edáficos con aporte de nitrógeno. Además, de la importancia de que las agremiaciones presenten en el taller generen recomendaciones genéricas de requerimientos de nutrientes de los cultivos y de capacitar a los agrónomos que realizan la asistencia técnica en la lectura e interpretación de los análisis de suelos.

Los miembros presentes de FENALCE ante esta intervención comentan sobre estudios realizados en el cultivo de maíz, donde se encontró que los requerimientos de nutrientes están siendo sobreestimados entre un 35 a 40%, y que desde el gremio de cerealeros se han generado las recomendaciones de triple fraccionamiento en fertilización de N/K: 20% a la siembra, 40% en estado B6 y 40% en B8 –B10. Adicionalmente, FENALCE ha establecido recomendaciones de unidades de nitrógeno requeridas por región y variedad del cultivo (entre 125 y 170 kg/ha semestral) y se ha realizado el cálculo de índices de eficiencia en la fertilización.

Jeimar Tapasco investigador del CIAT comenta sobre las listas de chequeo desarrolladas en conjunto con FENALCE, donde se describen los puntos claves de seguimiento para el

cultivo, entre ellos análisis de suelos, fraccionamiento de la fertilización, manejo sanitario, cosecha y uso de agua.

Desde del IDEAM se genera la inquietud de cuál es el manejo dado a los residuos de cosecha en los diferentes cultivos agrícolas, ya que dentro del plan de mejora del inventario nacional de GEI se contempla incorporar factores de emisión propios para emisiones de N<sub>2</sub>O por residuos de cultivo. FENALCE menciona que desde el gremio se genera la recomendación de incorporar la labranza de conservación, no remover el suelo para evitar la mineralización del nitrógeno y no realizar quemas. Además, que han realizado mediciones fenológicas para estimación de GEI (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) en maíz y estimación de porcentajes de nutrientes que quedan en los residuos de cosecha. Esta información está disponible en el reporte del convenio CIAT – FENALCE.

Cecilia Medina representante de la ECDBC, hizo su intervención recalcando la pertinencia del taller para conocer que hacen los gremios en estudios de GEI, ya que estos pueden servir de insumos para la construcción de la NDC.

FEDECACAO comentó al grupo sobre los procesos de adopción de tecnología de los últimos 10 años por parte de los cacaoteros, donde los productores tecnificados (30%) aplican fertilizantes compuestos, principalmente DAP, N, P, K y minerales menores, resaltando que los productores de economía campesina no fertilizan. FEDECACAO estima 176.000 hectáreas sembradas en el 2019 con un aumento proyectado de 6.000 hectáreas. A la Federación se encuentran adscritas 52.000 familias, de las cuales 10.000 hacen parte del programa de análisis de suelos y recomendaciones de fertilización.

La federación de arroceros FEDEARROZ, nos comentó sobre el programa AMTEC, donde se brinda el acompañamiento a los productores respecto al análisis de suelos, la curva de absorción de nutrientes, la identificación de etapas fenológicas para fertilización, el fraccionamiento en la aplicación de fertilizantes y las fuentes a aplicar. El 50% de las áreas sembradas del país se encuentran dentro el programa AMTEC, y de estas el 90% realiza fertilización nitrogenada según las recomendaciones generadas. La Federación proyecta un aumento del 20% en la adopción de esta tecnología para el año 2020. Por otra parte, ha identificado que la adopción de tecnología no es estable en el tiempo debido a falencias en la asistencia técnica local, por lo que han destinado recursos recibidos de la subasta de arroz internacional para fortalecer la asistencia técnica y la renovación de los extensionistas. Respecto a la estimación de GEI por parte de la Federación, se han instalado dos torres de Eddy Covariance, para medición de flujos de gases en sistemas de cultivo arroz riego y seco.

Los representantes de AGROSAVIA expusieron al auditorio sobre el trabajo de la entidad en estimación de requerimientos nutricionales para los cultivos de mora, plátano, banano, maíz, sorgo y aguacate, entre otros. Su programa de transferencia de tecnología se enfoca en propender por la fertilización orgánica, desarrollando biofertilizantes para cacao, plátano y banano donde se han encontrado efectos positivos después del segundo ciclo de producción. Dentro de sus líneas de investigación, se encuentra la estimación de emisiones de GEI en el sector agrícola y pecuario, empleando diferentes metodologías adaptadas y validadas para condiciones contrastantes del país, los resultados de estas investigaciones han sido socializadas recientemente con el Proyecto de Desarrollo Sostenible Bajo en Carbono para la Orinoquía, quienes han priorizado 5 cadenas productivas para evaluar el



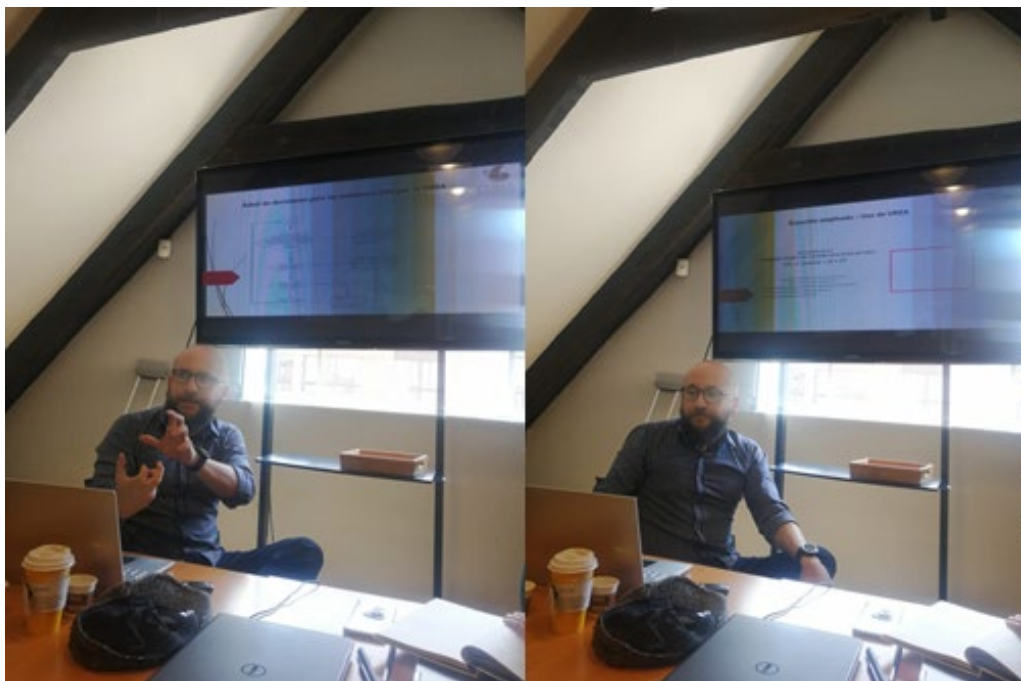
En cuanto a las emisiones del módulo suelos gestionados, este cuantifica emisiones de  $N_2O$  proveniente del nitrógeno que ingresa a los sistemas agrícolas y pecuarios y se emite de manera directa e indirecta a la atmósfera, por ejemplo, cultivos agrícolas y pastizales donde existen entradas de nitrógeno. Las emisiones se cuantifican en las subcategorías 3C4 y 3C5.

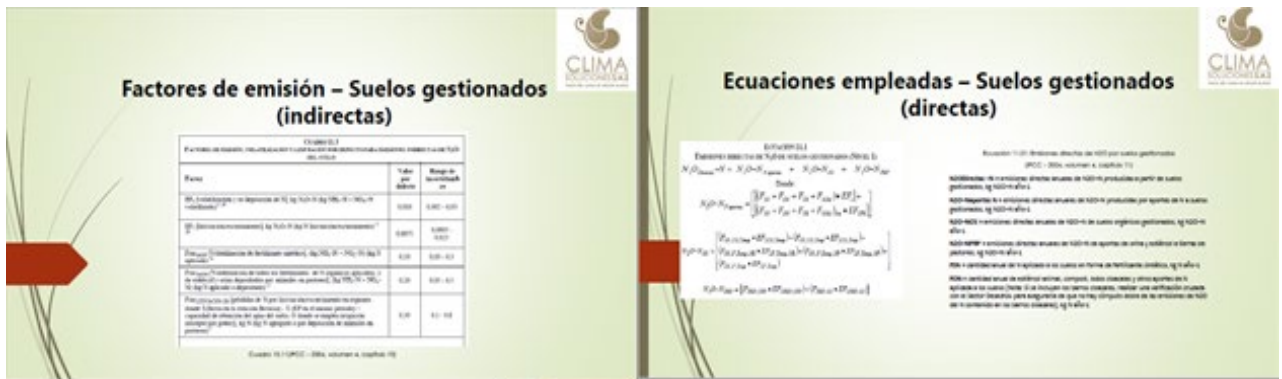
Las fuentes de nitrógeno para estimar las emisiones directas e indirectas de  $N_2O$  de suelos gestionados son: fertilizantes de nitrógeno sintético ( $F_{SN}$ ), nitrógeno orgánico aplicado como fertilizante ( $F_{ON}$ ), nitrógeno de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales en pastoreo ( $F_{PRP}$ ), nitrógeno en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) ( $F_{CR}$ ), mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales ( $F_{SOM}$ ) y el drenaje o gestión de suelos orgánicos ( $F_{OS}$ ).

El árbol de toma de decisiones para la estimación directas e indirectas de  $N_2O$  ha permitido identificar como fuente de datos de actividad las estadísticas del ICA y el uso de factores de emisión por defecto del IPC, ya que el país no cuenta con factores propios.

Las emisiones indirectas hacen referencia a las fracciones de nitrógeno que se lixivian y se volatilizan, estas fracciones son diferentes entre las fuentes de emisión.

### 3.5.1. Evidencias fotográficas





### 3.6 Ejercicio Práctico:

La actividad práctica se desarrolló en grupos de 2 personas, cada grupo trabajó con una base de datos de fertilizantes diferente desde el año 2005 a 2017, realizando la siguiente secuencia de pasos:

- Sumatoria del volumen total de fertilizantes por año en toneladas
- Asumir que el 17.5% de la mezcla es nitrógeno (supuesto del inventario nacional)
- Calcular el % de nitrógeno del volumen total, según contenido de nitrógeno del fertilizante, el contenido de nitrógeno es igual al dato de actividad a emplear en el inventario.
- Calcular la diferencia entre el supuesto del 17.5% y el porcentaje real de nitrógeno contenido en los fertilizantes
- Filtrar fertilizantes con porcentajes entre 44 y 46% de nitrógeno y convertir a toneladas

EJERCICIO\_TALLER\_FERTILIZANTES\_05032020 (1) - Excel (Error de activación de productos)

| Año  | NOMBRE PRODUCTO     | VOLUMEN TONELADAS | UNIDAD | Tipo Fertilizante    | GRADO | TOTAL N                       |
|------|---------------------|-------------------|--------|----------------------|-------|-------------------------------|
| 2006 | 25/04/2012          | 14,900,180        | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 25    | 3,725,045                     |
| 2006 | 10-20-20            | 36,371,669        | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 10    | 3,637,167                     |
| 2006 | 10-20-20-4          | 3,212,966         | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 10    | 321,297                       |
| 2006 | 10-24-24 MZ         | 1,925,743         | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 10    | 192,574                       |
| 2006 | 10-30-10            | 29,299,954        | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 10    | 2,929,995                     |
| 2006 | 10-30-10            | 92,235            | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 10    | 9,224                         |
| 2006 | 10-30-10 MZ         | 401,587           | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 10    | 40,159                        |
| 2006 |                     | 1,763,751         | Kg     | FUENTES DE NITROGENO | 21    | 370,388                       |
| 2006 |                     | 615,975           | Kg     | FUENTES DE NITROGENO | 22    | 135,514                       |
| 2006 |                     | 30,685            | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 15    | 4,603                         |
| 2006 |                     | 130,621           | Kg     | FUENTES DE POTASIO   | 13    | 16,981                        |
| 2006 |                     | 3,541,117         | Kg     | FUENTES DE NITROGENO | 46    | 1,628,914                     |
| 2006 |                     | 657,864           | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 26    | 171,045                       |
| 2006 |                     | 1,228             | Kg     | FOLIARES EN MEZCLA   | 18    | 221                           |
| 2006 |                     | 7                 | Kg     | COMPUESTOS NPK       | 10    | 1                             |
|      |                     | 1,791,409,147     |        |                      |       | 394,351,352                   |
|      | Toneladas N (17.5%) | 313,496,601       |        |                      |       | 80,854,751 26%<br>Toneladas % |

- En la hoja de cálculo 3C3 plantilla para estimación de inventarios, ingresar dato de actividad (toneladas urea año)
- Consultar guías IPCC 2006 y buscar factores de emisión para emisiones de CO<sub>2</sub> por aplicación de urea (0.20 ton C)
- Realizar ajuste por peso molecular de CO<sub>2</sub> (44/12)

EJERCICIO\_TALLER\_FERTILIZANTES\_05032020 (1) - Excel (Error de activación de productos)

|    |                                  |  |   |
|----|----------------------------------|--|---|
| 1  | Sector                           | Agriculture, Forestry and Other Land Use                                     |   |
| 2  | Category                         | Urea Fertilization: Annual CO <sub>2</sub> emissions from Urea Fertilization |   |
| 3  | Category code                    | 3C3  |   |
| 4  | Sheet                            | 1 of 1   |   |
| 5  | Equation                         | Equation 11.13   |   |
| 6  | Subcategories for reporting year | Annual amount of Urea Fertilization  | Annual CO <sub>2</sub> -C emissions from Urea Fertilization |
| 7  |                                  | (tonnes urea yr <sup>-1</sup> )  | (tonnes C yr <sup>-1</sup> )                                |
| 8  |                                  | [tonnes of C (tonne of urea) <sup>-1</sup> ]                                 |   |
| 9  |                                  |  | CO <sub>2</sub> -C Emission = M * EF                        |
| 10 |                                  | M  | EF  |
| 11 | (a)                              | 152,648  | 0.20  |
| 12 | Total                            |  | 30,530  |
| 13 |                                  |  | 111,942   |

- En la hoja de cálculo 3C4 emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados, ingresar dato de actividad en kg de nitrógeno total
- Consultar guías IPCC 2006 e identificar factores de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O por fertilizantes sintéticos nitrogenados (0.01 kg N<sub>2</sub>O - N)
- Realizar ajuste por peso molecular de N<sub>2</sub>O (44/28)
- Para las emisiones directas de N<sub>2</sub>O por el cultivo de arroz riego, ingresar dato de actividad asumiendo el mismo valor en kg de nitrógeno total
- Consultar guías IPCC 2006 e identificar factores de emisión para emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por el cultivo de arroz riego (0.0003 kg N<sub>2</sub>O - N)
- Realizar ajuste por peso molecular de N<sub>2</sub>O (44/28)

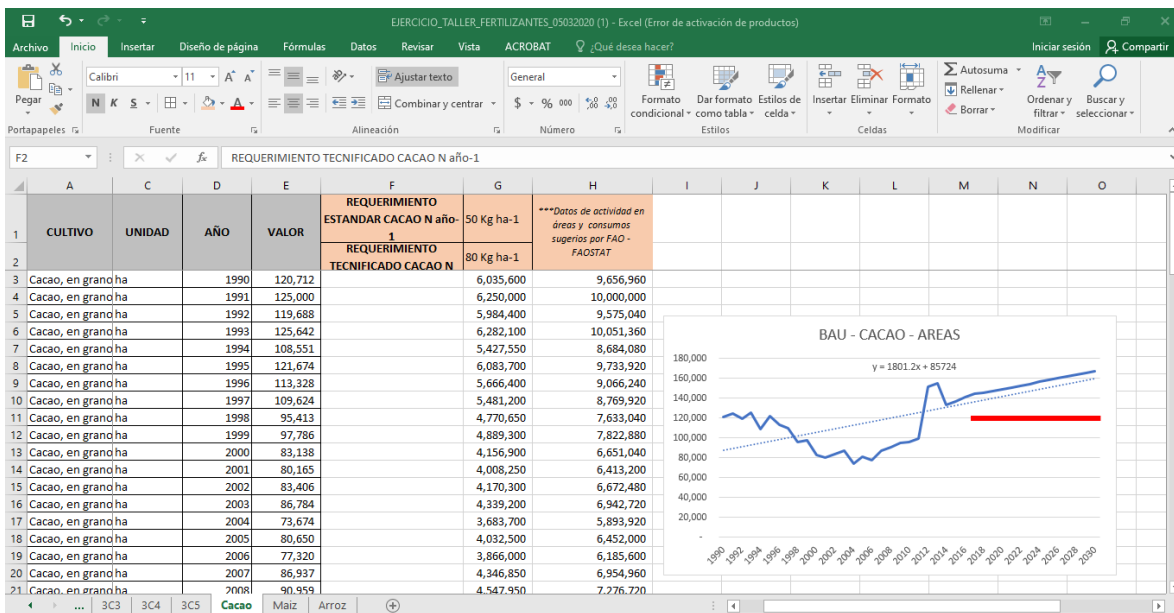
| Equation   |   | Equation 11.1  |  |                  |                      |
|--|---|--|--|------------------|----------------------|
| Anthropogenic N input type   | Annual amount of N applied                  | Emission factor for N <sub>2</sub> O emissions from N inputs | Annual direct N <sub>2</sub> O-N emissions produced from managed soils |                  |                      |
|  | (kg N yr <sup>-1</sup> )                    | (kg N <sub>2</sub> O-N (kg N input) <sup>-1</sup> )          | (kg N <sub>2</sub> O-N yr <sup>-1</sup> )                              |                  |                      |
|  | F   | EF   | N <sub>2</sub> O-N <sub>managed</sub> = F * EF                         |                  |                      |
| Anthropogenic N input types to estimate annual direct N <sub>2</sub> O emissions produced from managed soils |   |  |  |                  |                      |
| synthetic fertilizers  | F <sub>syn</sub> N in synthetic fertilizers | EF <sub>f</sub>  | 0.01   | 3,943,514        | No saturados en agua |
| Anthropogenic N input types to estimate annual direct N <sub>2</sub> O emissions produced from flooded rice  |   |  |  |                  |                      |
| synthetic fertilizers  | F <sub>syn</sub> N in synthetic fertilizers | EF <sub>rrk</sub>  | 0.0003   | 1,183,054        | Saturados en agua    |
| <b>Total</b>   |   |  |  | <b>6,136,350</b> |                      |

- En la hoja de cálculo 3C5 emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados: lixiviación y volatilización del nitrógeno, ingresar dato de actividad en kg de nitrógeno total
- Consultar guías IPCC 2006 e identificar factores de emisión por lixiviación (0.0075 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N lixiviación/escurrecimiento)<sup>-1</sup>, y volatilización (0.010 kg N<sub>2</sub>O-N (kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizado)<sup>-1</sup>
- Consultar guías IPCC 2006 e identificar las fracciones que se volatilizan (0.10 (kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N) (kg N aplicado)<sup>-1</sup> y se lixivian (0.30 kg N)
- Realizar ajuste por peso molecular de N<sub>2</sub>O (44/28)

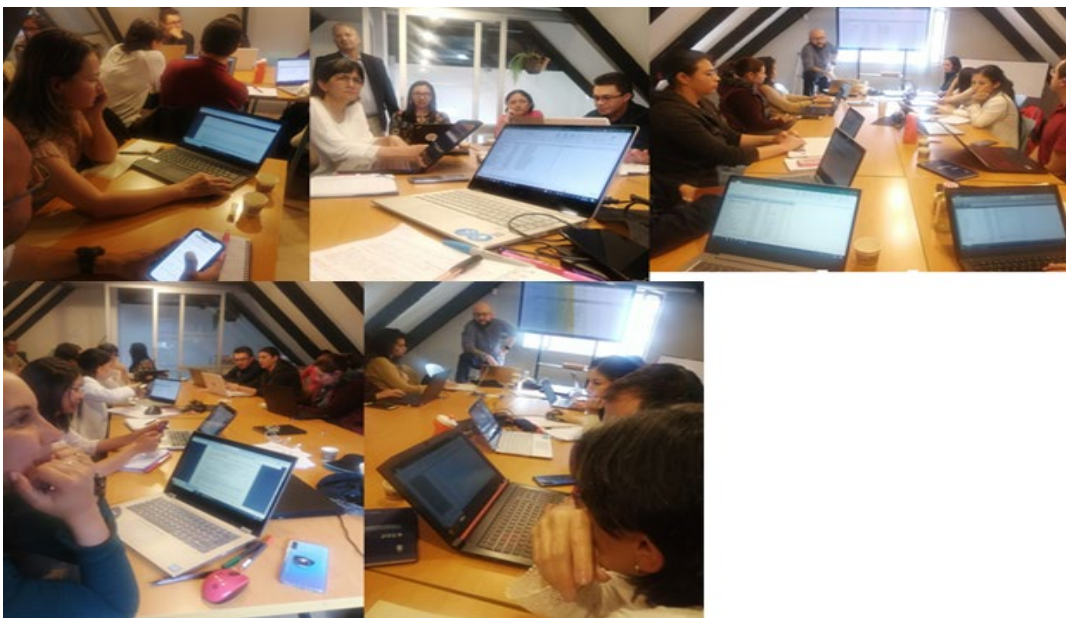
EJERCICIO\_TALLER\_FERTILIZANTES\_05032020 (1) - Excel (Error de activación de productos)

| Sector                     | Agriculture, Forestry and Other Land Use   |  |   |   |
|----------------------------|--|--|---|---|
| Category                   | Indirect N <sub>2</sub> O Emissions from Managed Soils: N <sub>2</sub> O from N leaching/runoff from Managed Soils |  |   |   |
| Category code              | 3C5  |  |   |   |
| Sheet                      | 2 of 2   |  |   |   |
| Equation                   | Equation 11.10   |  |   |   |
| Anthropogenic N input type | Annual amount of synthetic fertilizer N applied to soils<br>(kg N yr <sup>-1</sup> )                               | Fraction of all N additions to managed soils that is lost through leaching and runoff<br>(kg N (kg of N additions) <sup>-1</sup> ) | Emission factor for N <sub>2</sub> O emission from N leaching and runoff<br>(kg N <sub>2</sub> O-N (kg N leaching and runoff) <sup>-1</sup> ) | Annual amount of N <sub>2</sub> O-N produced from managed soils in regions where leaching and runoff occurs<br>$N_{2}O_{L-N} = (F_{SN} + F_{CN} + F_{PPF} + F_{CR} + F_{SCM}) * F_{FAC_{LEACH-N}} * EF_{N}$ |
|                            | $F_{FN}$   | $Frac_{leach}$   | $EF_N$  | $N_{2}O_{L-N}$  |
| (a)                        | 394 351 352  | 0.0075   | 0.3   | 887 291   |
| Total                      |  |  |   | 1 394 314   |

Como segunda parte del ejercicio cada grupo tuvo que realizar las proyecciones en requerimientos de nitrógeno por hectárea, a partir de una base de datos de siembra de cultivos de cacao, maíz y arroz, que contenía valores proyectados para la serie 1990 a 2030. Los participantes asumieron un aumento del 60% en los requerimientos de nitrógeno de los cultivos y graficaron las proyecciones.



### 3.6.1. Evidencias fotográficas



#### 4. Apropiación de conocimiento

Como herramienta de diagnóstico de apropiación de conocimiento se realizó una evaluación inicial y final a los participantes, esta consistió en calificar numéricamente de 1 a 5 (siendo 1 no tener conocimiento en la temática y 5 conocer a profundidad el mismo) el nivel de conocimiento sobre las temáticas del taller y responder una pregunta abierta sobre las expectativas previas al taller y el grado en que estas fueron satisfechas. Las preguntas formuladas fueron:

- ¿Qué dominio tiene de las guías del IPCC del año 2006?
- ¿Qué dominio tiene de las guías de refinamiento del IPCC del año 2006?
- ¿Conoce las fuentes de emisiones directas de óxido nitroso del sector agropecuario?
- ¿Conoce las fuentes de emisiones indirectas de óxido nitroso del sector agropecuario?
- ¿Qué nivel de conocimiento tiene de las emisiones de GEI propias del uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados?
- ¿Qué nivel de conocimiento tiene de las emisiones de GEI en los suelos gestionados?
- ¿Qué nivel de conocimiento tiene de las emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de la urea?
- ¿Qué expectativas tiene del taller práctico sobre fertilizantes nitrogenados y emisiones de GEI?

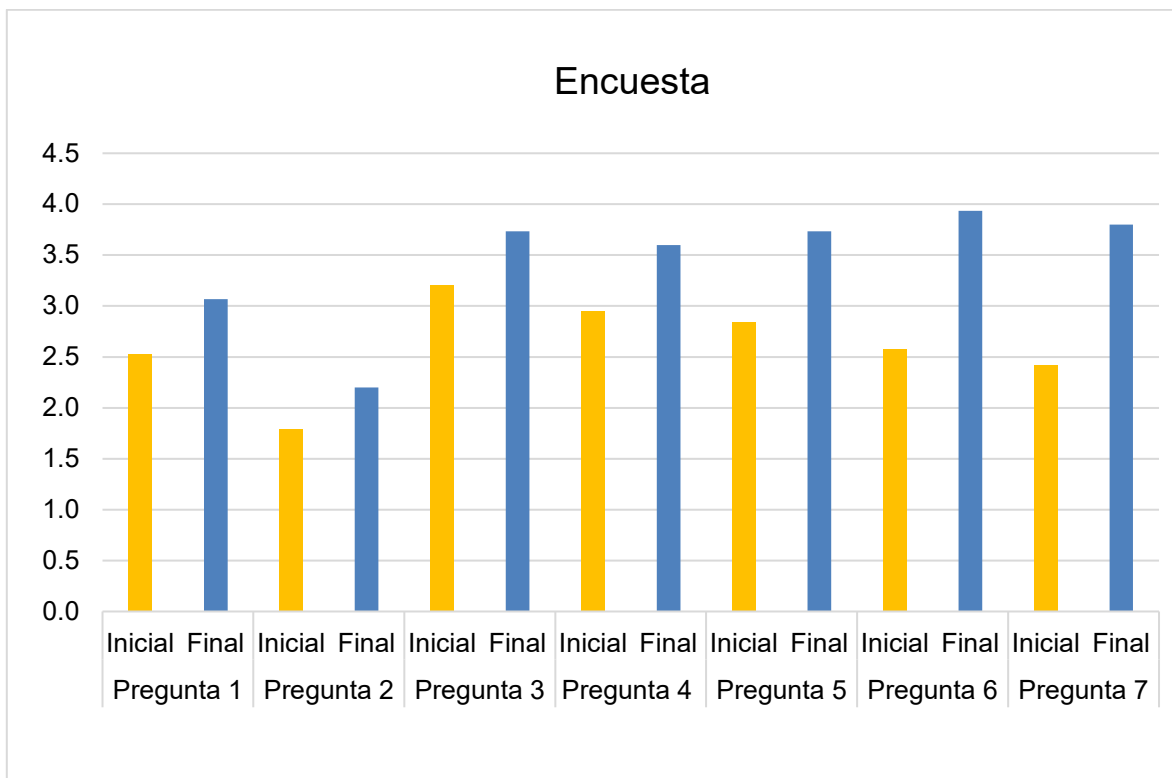
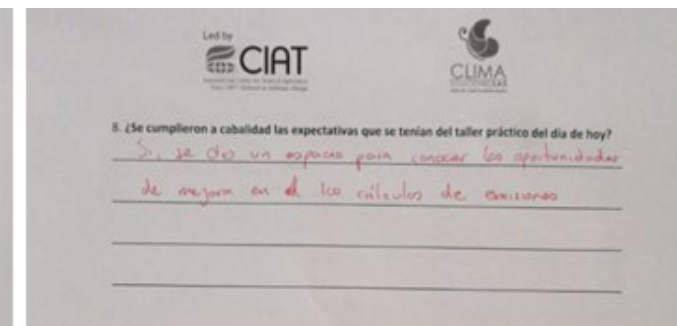
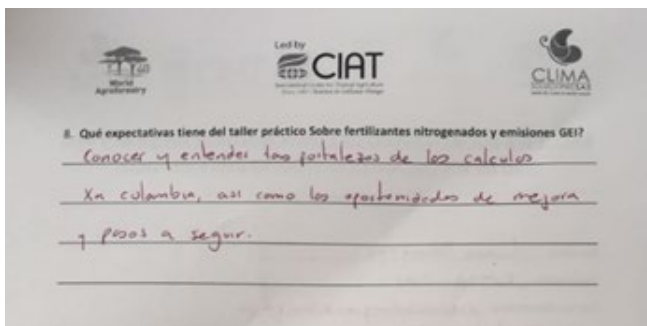
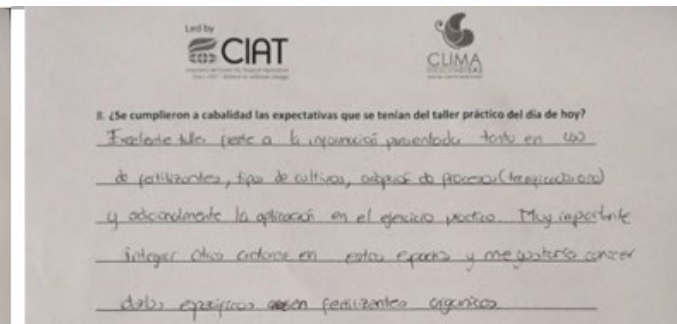
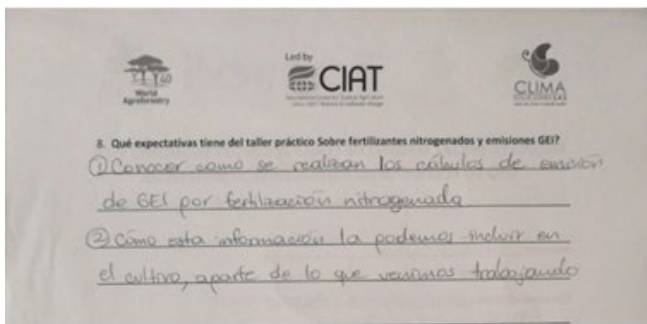
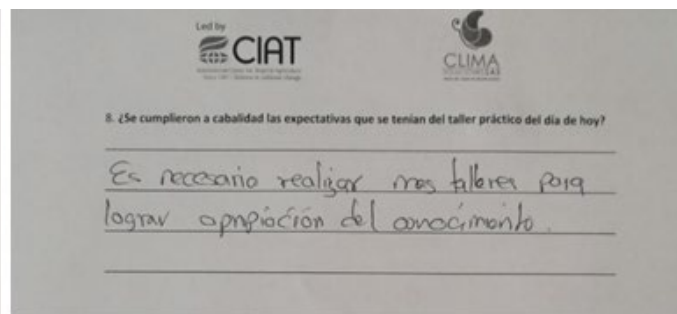
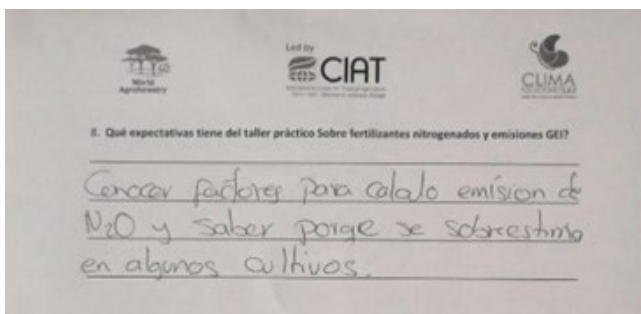


Figura 1. Curva de aprendizaje de los asistentes al taller

El gráfico de barras muestra que todos los participantes al inicio del taller tenían un conocimiento bajo (inferior a 3) sobre las metodologías de estimación, las emisiones de GEI de los suelos gestionados y las fuentes de N<sub>2</sub>O. A partir de la información compartida y el ejercicio práctico desarrollado en el taller, la percepción general del grupo fue positiva frente a la adquisición de nuevos conocimientos, aclaración de dudas y satisfacción de sus expectativas frente a la temática.

Algunos de los comentarios recibidos en la pregunta abierta se presentan a continuación:

| <b>Encuesta Inicial</b>   | <b>Encuesta Final</b>  |
|---|--|
| <p><b>Final</b></p> <p>Asignación en fuentes y cantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados, su efecto en las emisiones y conocer metodología para cálculo de emisiones según suelos, sistemas productivos, altitud, etc...</p> | <p>Si, se creó motivación para continuar estudiando e investigando sobre el efecto de la fertilización y particularmente sobre emisiones GEI y su medición. Gracias.</p> |



## 5. Conclusiones

Las proyecciones para escenarios de mitigación de las emisiones de GEI generadas por los suelos gestionados deben construirse con los gremios, quienes son los conocedores del sector y tienen influencia directa en el productor.

Las instituciones del Estado deben fortalecer su articulación con los gremios en la apropiación de los conceptos y metodologías del inventario nacional e GEI y generar el intercambio de información para construir factores de emisión y mejorar los datos de actividad para la estimación de las emisiones.

Posibilitar espacios de intercambio de conocimiento como cursos y taller donde sea posible profundizar sobre las temáticas de cambio climático, además de extender la invitación a otros actores de importancia, por ejemplo, la Federación colombiana de productores de papa y las cadenas productivas del MADR.

This work is supported by USDA Foreign Agricultural Service program “Enhancing Capacity for Low Emission Development Strategies (EC-LEDS).” The view expressed are those of the authors and do not necessarily reflect the views or policies of USDA.



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN  
**Cambio Climático,  
Agricultura y  
Seguridad Alimentaria**



*The*  
**UNIVERSITY**  
*of*  
**VERMONT**



Alianza

