

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación
**Determinación de carbono orgánico en suelos de uso ganadero en el
municipio de Tejupilco Estado de México, México**

Estudiante

Citlalli Judith Vargas Vargas

Asesores

Juan Carlos Flores López, Ph.D.

Marco Antonio Granadino, M.Sc.

Martín Arcadio Cruz López, Ing.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora Departamento Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Agradecimientos

Agradezco a la Asociación de Capturar Carbono A.C. por todo el apoyo brindado para realizar la presente investigación desde el primer momento. Al doctor José María Castro por su conocimiento y aportaciones para poder realizar este estudio. Finalmente quiero agradecer a los dueños de la finca Las Truchas por permitirme realizar este estudio en su predio.

Contenido

Agradecimientos.....	3
Contenido.....	4
Índice de Figuras.....	6
Índice de Cuadros.....	7
Índice de Anexos.....	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Materiales y Métodos.....	15
Área de Estudio.....	15
Caracterización Biofísica de la Finca	16
Adicionalidad del Proyecto entre Productores de la Región	16
Perspectiva entre los Productores de la Región	18
Determinación de Carbono Orgánico en la Finca Las Truchas.....	19
Valorización Económica del Carbono Orgánico	21
Análisis Estadístico	21
Resultados y discusiones.....	23
Caracterización Biofísica de la Finca	23
Adicionalidad	27
Perspectiva Entre los Productores.....	29
Cuantificación de las Unidades de Carbono Verificadas.....	38
Valorización Económica	41
Conclusiones	45
Recomendaciones.....	46

Referencias.....47

Anexos.....50

Índice de Figuras

Figura 1 Delimitación territorial de la finca Las Truchas.....	15
Figura 2 Puntos de muestreo	19
Figura 3 Análisis de conglomerado para percepción de los productores de la región sur del Estado de México.....	29
Figura 4 Carga animal promedio de los productores de la región sur del Estado de México	31
Figura 5 Distribución de los lotes dentro de las fincas de la región sur del Estado de México	35
Figura 6 Gráfico de “Q-Qplot” para prueba de normalidad de “Shapiro-Wilks”	40
Figura 7 Generación económica en billones de dólares en la región latinoamericana por mercados verdes durante 2014-2022.....	43

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Identificación de tipo de pastos en la finca Las Truchas, Tejupilco Estado de México	23
Cuadro 2 Identificación general del ganado según su raza, peso y ganancia de peso/día para la finca Las Truchas.....	24
Cuadro 3 Caracterización de la dieta para el ganado Braunvieh en fase productiva para la finca Las Truchas, Tejupilco Estado de México.....	24
Cuadro 4 Caracterización de los seis tipos de pastos en la finca las Truchas, Estado de México	25
Cuadro 5 Caracterización de los árboles frutales en la finca Las Truchas, Estado de México	26
Cuadro 6 Cronograma mensual de actividades del sistema de pastoreo en la finca Las Truchas, Tejupilco Estado de México	27
Cuadro 7 Edades de los productores dedicándose a la ganadería en la región sur del Estado de México	30
Cuadro 8 Relación promedio de unidades animal y hectáreas entre los productores de la región sur del Estado de México	32
Cuadro 9 Tenencia de praderas naturales entre los productores de la región sur del estado de México	32
Cuadro 10 Tenencia de forrajes para corte dentro de las fincas de la región sur del Estado de México	33
Cuadro 11 Tenencia de praderas inducidas dentro de las fincas de la región sur del Estado de México	34
Cuadro 12 Distribución del impacto económico de los productores de la región sur del Estado de México.....	35
Cuadro 13 Distribución del interés en los sistemas de producción para las fincas de la región sur del Estado de México.....	36

Cuadro 14 Distribución de frecuencia sobre conocimiento de prácticas sostenibles entre los productores de la región sur del Estado de México	37
Cuadro 15 Distribución de frecuencia sobre captura de carbono entre los productores de la región sur del Estado de México	38
Cuadro 16 Relación de carbono disponible ton/ha y toneladas equivalentes según tipo de pasto y profundidad para la finca Las Truchas, Estado de México.....	39
Cuadro 17 Prueba Shapiro wilks	40
Cuadro 18 Prueba ANDEVA para los diferentes tipos de pastos en la finca Las Truchas, Estado de México.....	40
Cuadro 19 Prueba Tukey para los diferentes tipos de pasto	41
Cuadro 20 Estimación económica por el almacenamiento de carbono en la finca Las truchas, Tejupilco México.....	44

Índice de Anexos

Anexo A Encuesta Aplicada a los Ganaderos de la Región Sur del Estado de México.....	50
--	----

Resumen

La captura de carbono en sistemas ganaderos se ha vuelto una práctica en tendencia, ofreciendo beneficios y la oportunidad de ingresar al mercado de carbono. En México, gracias al sistema de comercio de emisiones, se ha vuelto viable. Se llevó a cabo una investigación en la finca Las Truchas, en Tejupilco, Estado de México, con el fin de determinar la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo. Se buscó identificar las características necesarias para establecer un mecanismo de compra de bonos de carbono y acceder al mercado voluntario bajo la metodología VM0042 de Verra®. Se consideró la perspectiva de los productores de la región, evaluando así los tratamientos comprendidos por seis tipos de pasto a tres profundidades diferentes. Se realizó un muestreo aleatorio y una prueba de análisis de la varianza (ANDEVA) para determinar la correlación lineal entre las variables. Se realizó un análisis de conglomerados con la prueba de “Ward” para determinar la perspectiva de los productores respecto a los proyectos de carbono. Los resultados estadísticos permitieron determinar el mejor tipo de pasto para el almacenamiento de carbono orgánico en suelos, los cuales son maralfalfa y tanzania en comparación con el pasto nativo teniendo una diferencia de 8.28 y 7.52 t de CO₂eq. Se encontró aceptación entre los productores de la región con relación a este tipo de proyectos, por lo que la introducción de diferentes pasturas es una opción para los productores ante los desafíos climáticos y la oportunidad de acceder a mercados voluntarios, lo que fortalece la economía regional.

Palabras clave: carbono orgánico, ganadería, pasturas, suelo

Abstract

Carbon sequestration in livestock systems has become a trending practice, offering benefits and the opportunity to enter the carbon market. In Mexico, thanks to the emissions trading system, it has become viable. An investigation was carried out at the Las Truchas farm, in Tejupilco, State of Mexico, to determine the amount of organic carbon stored in the soil. The aim was to identify the necessary characteristics to establish a carbon bond purchase mechanism and access the voluntary market under the Verra® VM0042 methodology. The perspective of the producers of the region was considered, thus evaluating the treatments comprised of six types of grass at three different depths. Random sampling and an ANOVA test were carried out to determine the linear correlation between the variables. A cluster analysis using Ward's test was performed to determine the perspective of producers regarding carbon projects. The statistical results allowed us to determine the best type of grass for the storage of organic carbon in soils, which are maralfalfa and tanzania in comparison with the native grass, having a difference of 8.28 and 7.52 tons of CO₂eq. Acceptance was found among the producers of the region about this type of project, therefore the introduction of different pastures is an option for producers in the face of climatic challenges and the opportunity to access voluntary markets, which strengthens the regional economy.

Keywords: livestock, organic carbon, pastures, soil

Introducción

La llegada de un nuevo milenio trajo a la humanidad grandes retos derivados de la crisis climática actual. Por esto, los ministerios ambientales de cada país buscaron la manera de frenar estos cambios. Siendo así que, en 1997, tras la firma del protocolo de Kioto, las acciones para frenar el cambio climático se comenzaron a desarrollar. Bajo esta perspectiva, algunos proyectos surgieron como respuesta a esta problemática como es el caso en Australia (Gosnell et al., 2019), donde se abordó la ganadería regenerativa como una alternativa a la producción de alimentos y mitigación al cambio climático. Por su parte Mehecha et al. (2002) planteó la ganadería intensiva y sostenible como una forma de ingreso a un mercado cada vez más competente, recalcando la importancia de la implementación de estos sistemas para Colombia. Mientras que en Estados Unidos, Trauger (2004) sostiene la importancia de las granjas sostenibles como una forma de integración de prácticas modernas y el aumento de la participación de los miembros de la comunidad para aumentar los estándares de producción y calidad.

El Gobierno de México refrendó su compromiso ante esta crisis mundial. De esta forma, se plantearon tres áreas de desarrollo con diversas estrategias para poder mitigar el cambio climático, sin comprometer el desarrollo social y económico del país (López-Toache et al., 2015). Estas áreas se enfocaron en la creación de políticas nacionales, fiscales e instrumentos de medición para verificación y monitoreo de los componentes ambientales. Además, se incorporaron ejes estratégicos que permiten la reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la resiliencia para los sistemas productivos de todos los niveles respetando los ecosistemas y el mantenimiento de los servicios ambientales. Impulsando el desarrollo de políticas de mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI) para acelerar la transición a un modelo energético sostenible, implementando modelos para una adecuada gestión de los recursos e impulsar mejores prácticas agrícolas, ganaderas y forestales que propicien los sumideros de carbono (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2013).

Como parte de las acciones principales, se impulsó la creación de MéxiCO₂ en el año 2014, institución que se encarga de proyectos de bonos de carbono basados en la Ley de Ingresos Nacional (Estrada, 2022). Encontrando una ruta para poder cumplir con los objetivos planteados años atrás en el Plan Nacional Estratégico de Cambio Climático del 2013, así como un modelo de negocios atractivo para los productores agropecuarios. Para el año 2014 se firmó el decreto para pagos por producción de carbono (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] y Secretaría de Hacienda y Crédito Público [SHCP], 2022), el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, avalado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

Este mismo reglamento fue reformado para el año 2017. En este, se definieron las características del mercado voluntario, la comercialización de unidades de carbono a través de certificaciones que materializan la reducción de bonos permitiendo a las empresas ofertar sus productos y el servicio de carbón (Plataforma Mexicana De Carbono, 2023). A su vez se planteó el proceso que se contempla para la certificación, la relación existente en las emisiones y la compra de bonos (“Green Certified, Emission Reductions”). Este sistema es una nueva opción de gestión política, tanto a nivel nacional como internacional (Rontard et al., 2020). En México se han desarrollado pocos estudios referentes a captura de carbono en suelos bajo sistemas ganaderos (Casanova-Lugo et al., 2011; Céspedes et al., 2012; Jiménez y et al., 2012; Yerena et al., 2014; Zamora et al., 2019).

De manera paralela diversas certificadoras ambientales han desarrollado estándares enfocados al desarrollo sostenible y la acción climática en diversos sectores productivos (Pérez y Bejarano, 2008). Tal es el caso de la certificadora ambiental Verra® la cual fue fundada en el año 2007 teniendo 15 clasificaciones para proyectos de carbono en diferentes sectores productivos. Los cuales se adaptan a las regulaciones nacionales, permitiendo la aplicación de metodologías para procesos de certificación. Dentro de ellas se destacan los proyectos VCS (“Verified Carbon Standard”), los cuales incluyen los sistemas AFOLU (“Agriculture, Forestry and Other Land Use”) (Smith y Clark, 2014).

Para poder disminuir las practicas extensivas de ganadería tradicional, se ha fomentado la ganadería regenerativa, la cual ofrece un enfoque en sistemas de producción con sentido de conservación de los recursos, garantizando la viabilidad y el acceso a un mercado con pagos justos (Rodríguez Mejía et al., 2018). Con la implementación de estas prácticas se han tenido mejoras sustanciales en cuanto al rendimiento productivo, la disminución de emisiones de GEI, mantenimiento de la humedad en el suelo y la reducción de temperaturas a nivel de pastoreo (Murgueitio et al., 2014).

En el Estado de México, la región sur está enfocada en el sector agrícola y ganadero, destacan los municipios de Tejupilco y Luvianos (Orozco-Hernández et al., 2017). En estos municipios, existen alrededor de 38,435 cabezas de ganado (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], 2022). Sin embargo; debido a las condiciones climáticas, los retos que enfrentan para poder producir están ligados a los estragos del cambio climático, sumado un mercado inestable en el que comercializan sus productos (Chávez-Espinoza et al., 2021). Por ello, es necesario establecer investigaciones que profundicen en la integración de nuevas prácticas ganaderas con la opción de ingresar al mercado voluntario de carbono para así poder definir una línea metodológica para establecer el mecanismo de almacenamiento y venta de carbono.

Ante esta necesidad, el objetivo general del presente estudio es determinar el carbono orgánico almacenado en suelos con diferentes tipos de pasto bajo disposición ganadera en la finca Las Truchas ubicada en el municipio de Tejupilco, en el Estado de México. Los objetivos específicos que se desarrollarán son: a) Cuantificar el carbono orgánico del suelo mediante la metodología de Verra® con la finalidad de vender los bonos de carbono dentro del mercado voluntario y, b) Determinar una valorización económica del carbono orgánico almacenado en suelos con diferentes tipos de pastos para analizar la perspectiva de cambio entre ganadería tradicional y ganadería regenerativa con los productores de la región sur del Estado de México.

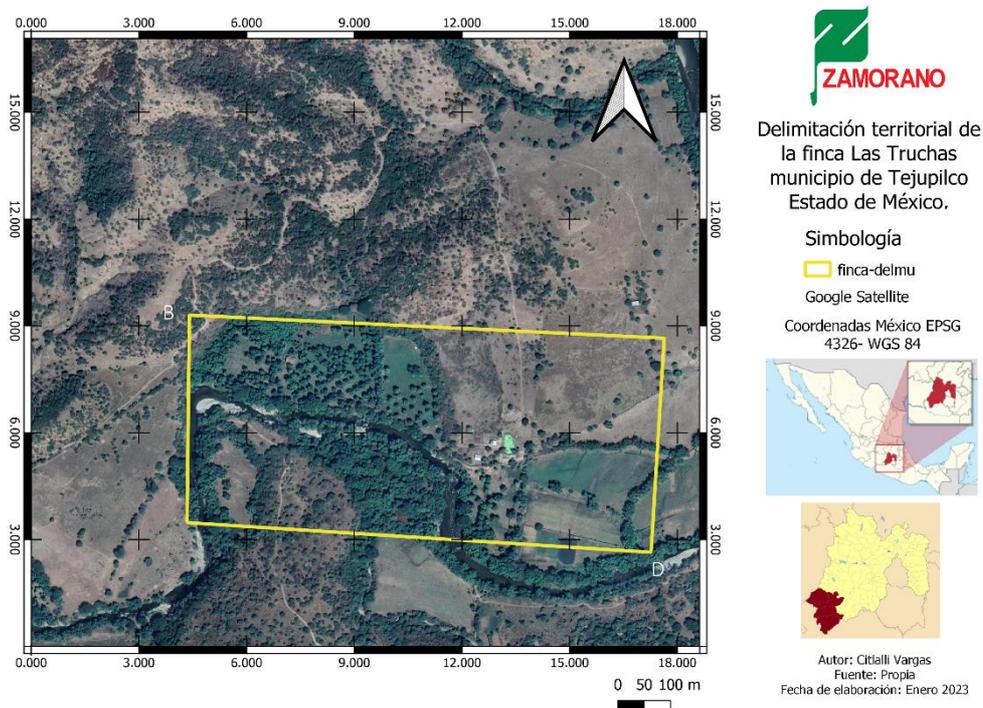
Materiales y Métodos

Área de Estudio

El estudio se desarrolló en la finca Las Truchas, ubicada en el poblado de Bejucos, municipio de Tejupilco al suroeste del Estado de México, limitando con el estado de Guerrero. Las coordenadas para la delimitación la finca son $18^{\circ}46'12''$ de latitud norte y $100^{\circ}27'43.2''$ de longitud oeste (B) y $18^{\circ}46'26.4''$ de latitud norte y $100^{\circ}27'43.2''$ de longitud oeste (D) (Figura 1). La temperatura media mensual es de 26.4°C , con una temperatura máxima mensual de 32.2°C y una temperatura mínima mensual 25.3°C . La precipitación anual es de 1,366.50 mm (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2022). El clima de la región es Aw1(w)(i')g (cálido) y A(C)w2(w)(i')g (semicálido) según la caracterización climática de "Köppen". La finca se encuentra a una altitud de 944 msnm y 570 ha de extensión, de las cuales se utilizaron 55 ha con pastoreo rotacional, siendo estas el área de evaluación que establece la certificadora Verra® (Figura 1).

Figura 1

Delimitación territorial de la finca Las Truchas



Debido a la naturaleza del estudio este se llevó a cabo en diferentes etapas acopladas a los lineamientos que establece la metodología VM0042 de Verra®, los cuales se describen a continuación:

Caracterización Biofísica de la Finca

Como primera etapa de este estudio se tipificó la finca Las Truchas, para identificar el modelo de ganadería actual. Este proceso inicio con una serie de visitas de reconocimiento por la finca y reuniones con los propietarios y empleados. En estas visitas se identificaron los aspectos más relevantes de la producción acoplados a la metodológica VM0042 de Verra®. En este sentido, la evaluación comprendió el periodo de enero de 2019 a diciembre de 2022. Se realizó un inventario en la finca donde se clasificaron los tipos de pasto, árboles frutales, unidades animal y maquinaria que se posee; esto con el fin de completar la línea base del proyecto la cual funciona como referencia para desarrollar la investigación.

Adicionalidad del Proyecto entre Productores de la Región

En los proyectos de carbono se considera la adicionalidad como la característica clave para definir la viabilidad del proyecto con relación a las prácticas de mitigación y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas son el resultado de iniciativas voluntarias o reguladas que buscan la implementación de nuevas prácticas tecnológicas dentro de las fincas, las cuales deben de propiciar el incremento en el carbón almacenado. Las tecnologías implementadas deben propiciar el incremento del carbono orgánico y estas no deben ser el fin económico directo para el productor. Finalmente, para que puedan desarrollarse las nuevas tecnologías deben existir incentivos económicos que propicien la adopción de estas. Para el caso de la finca Las Truchas se incluye la adopción de sistemas rotacionales de pastoreo, con los cuales buscan contribuir a la mitigación de emisiones a la atmosfera sin comprometer o cambiar el giro inicial del productor (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Para determinar la adicionalidad dentro de un proyecto se evalúan dos parámetros, el primero debe responder a las características biofísicas de la finca y el segundo a cómo se han adoptado

las nuevas prácticas tecnológicas. Para efectos de esta investigación se corroboró la implementación de cinco variedades de pastos dentro de la finca Las Truchas los cuales se adecuan a los parámetros que establece “Verified Carbon Standard” (VCS). Se desarrolló un instrumento de consulta el cual muestra el interés por parte de otros productores por implementar practicas tecnológicas dentro de su finca con el fin de ingresar al mercado voluntario (VERRA, 2022).

Para dar respuesta al segundo parámetro de la adicionalidad se realizaron cuatro grupos de diálogo con los productores de la región con el fin de conocer su perspectiva ante la adopción de nuevas tecnologías y su posible interés en un mercado voluntario de carbono. Los productores que fueron convocados forman parte de la Región de Ganaderos del Sur del Estado de México (RGSEM). Se inició la recolección de datos por medio de una encuesta previamente estructurada (Anexo A), donde se consultaron conceptos de ganadería regenerativa, prácticas de silvicultura, captura de carbono y bonos de carbono. Una vez recopilados los datos se calculó la tasa de adopción promedio para proyectos de carbono en la región sur del Estado de México, la cual se calculó según las ecuaciones 1 y 2.

$$Ar = EA_{ai} \times PA_{ai} \quad [1]$$

$$PA_{ai} = \frac{Area_{a1}}{Area_{a1} + Area_{a2}} \quad [2]$$

Donde:

Ar = Tasa de adopción promedio ponderada en la región dada en porcentaje

EA_{ai} = Tasa de adopción existente de la actividad más grande en la región; considerada al 50%

PA_{ai} = Relación de la adopción de propuesta a nivel de proyecto de la actividad a1; en hectáreas

$Area_{a1}$ = Área de adopción propuesta a nivel de proyecto en la región a1; en hectáreas

$Area_{a2}$ = Área de adopción propuesta a nivel de proyecto en la región a2; en hectáreas

Perspectiva entre los Productores de la Región

Como tercera etapa se analizó el instrumento de estudio referente a la percepción de los productores de la región sur del Estado de México (Anexo A). Para el análisis se aplicó una encuesta a los productores; considerando su pertenencia a una asociación ganadera como el punto de referencia. La segmentación tomada como referencia entre los productores se estableció de forma directa por el interés que tienen los productores por estar dentro de una asociación y cumplir con los estatutos que esta determina; como la regularización de la tenencia de tierra, promoción de las practicas ganaderas sustentables y sostenibles, orientación sobre la estandarización para el sector ganadero nacional (Ley de Organizaciones Ganaderas, 2012). Del total de las 120 variables propuestas en el instrumento de consulta se seleccionaron 10 variables principales; municipio de procedencia, unidades animales, producción de becerro, manejo reproductivo, integración de prácticas, nutrición, sanidad, administración y manejo de praderas. Las cuales hacen referencia en los criterios de manejo más importantes que deben de existir dentro de una finca.

Para establecer los conocimientos e intereses entre los productores se realizó una convocatoria a 170 productores que conforman la región ganadera, con el fin hacer la toma de datos correspondiente y dar a conocer esta investigación. Para ello fue necesario tomar una muestra representativa con un nivel del 95% de confianza (Ecuación 3).

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{e^2(N-1) + Z^2 * \sigma^2} \quad [3]$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra que se busca.

N = Tamaño de la población

σ = Desviación estándar de la población la cual se definió como 0.5

Z = Es el valor que se obtiene a través de niveles de confianza. Para un 95% de confianza equivale a 1.96

e = Es el límite de error muestral admisible. El cual equivale a 0.5

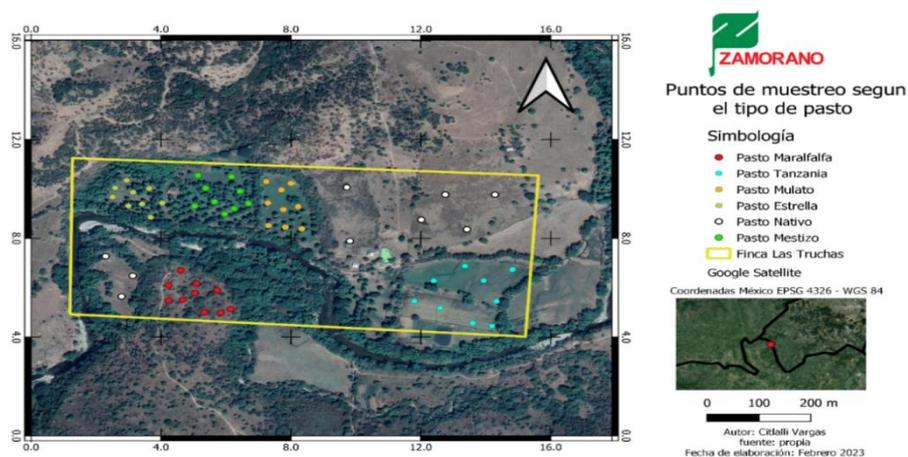
De esta forma se tomaron un total de 62 productores provenientes de los municipios de Almoloya de Alquisiras, Amatepec, Luvianos, Otzoloapan, Santo Tomás, Tejupilco, Temascaltepec, Tlatlaya, Zacazonapan. Los resultados de las encuestas proporcionaron 120 variables para la construcción de una base de datos. Las encuestas fueron realizadas durante el mes de diciembre de 2022.

Determinación de Carbono Orgánico en la Finca Las Truchas

Para la cuarta etapa se realizó un muestreo de suelo según los seis tipos de pasto que se encuentran en la finca, las profundidades para el análisis se fijaron a 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm. Para la selección de los puntos de muestreo se realizó un marcaje en zigzag en cada parcela y se seleccionaron los puntos al azar. Las muestras que se recolectaron fueron compuestas, para conformar las muestras se eligieron nueve puntos de cada uno de los tipos de pasto para conformar el modelo estadístico de ANDEVA. Se obtuvieron un total de 18 muestras; seis para cada tipo de profundidad. (Figura 2).

Figura 2

Puntos de muestreo



El muestreo se llevó a cabo durante el mes de diciembre de 2022, una vez recolectadas las muestras de suelo, se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo, ubicada en el municipio de Texcoco en el Estado de México. Los análisis de suelo contemplaron la separación de materia orgánica, balance de suma de carbono, porcentaje de carbono orgánico disponible, porcentaje de nitrógeno disponible, porcentaje de materia orgánica, densidad real del suelo (g/cm^3) y densidad aparente (g/cm^3). Este último parámetro fue medido mediante el método del cilindro, el cual tiene una dimensión de 7cm alto \times 16.39 cm^2 de área.

Se categorizaron las variables de ingreso para el modelo estadístico de ANDEVA, según el tipo de pasto con el fin de tener la modelación matemática correspondiente con relación al uso del suelo y la incertidumbre conocida por el proceso de muestreo y evaluación del modelo. Los pasos de cuantificación y verificación de carbono se muestran a continuación:

Para el cálculo de las toneladas de carbono disponibles en el suelo se tuvo la relación existente entre la DAP (densidad aparente), la cual se obtuvo de la relación entre el peso de la materia orgánica y el volumen del cilindro en g/cm^3 y el carbono orgánico expresado en porcentaje (Ecuación 4):

$$DAP \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{DAP(\text{g}/\text{cm}^3) \times (\% \text{ Carbono orgánico})}{100} \quad [4]$$

Donde:

DAP: corresponde a la densidad aparente del suelo

Carbono orgánico: expresado en %

Para conocer el volumen del suelo se utilizó la Ecuación 5:

$$\text{volumen del suelo} = 100\text{cm} \times 100\text{cm} \times \text{profundidad muestra en cm} \quad [5]$$

Posteriormente se obtuvo la relación del CO_2 por hectárea considerando la relación que existe entre el volumen de acuerdo con la profundidad (Ecuación 6):

$$\frac{CO_2}{ha} = \frac{\text{volumen de profundidad (cm}^3\text{)} \times DAP(\frac{g}{cm^3})}{1000} \quad [6]$$

Finalmente, para desarrollar la relación con las toneladas de carbono fijadas en el suelo y las toneladas de CO₂ equivalente que pudieran ingresar al mercado de carbono considerando la equivalencia establecida por la Ecuación 7:

$$\text{Toneladas de carbono en el suelo} = \text{Toneladas de CO}_2 \times 3.67 \quad [7]$$

Donde el factor 3.67 corresponde a las toneladas de CO₂ equivalente.

Valorización Económica del Carbono Orgánico

Como quinta etapa se estimó la cantidad de CO₂ equivalente con relación al carbono orgánico disponible, esta equivalencia contempla la cantidad de bonos de carbono que se encuentra disponible para ofertar dentro del mercado de carbono según los principios de la adicionalidad. El precio que se fijó para cada bono de carbono está relacionado con el precio promedio anual fijados por la certificadora Verra® México, la bolsa mexicana de valores a través de MéxiCO₂ y la empresa “ClimateTrade®”. Esta última es una plataforma de venta de bonos de carbono para proyectos que se están ejecutando alrededor del mundo y son verificados bajo diferentes certificadoras como lo es Verra®.

Análisis Estadístico

Para desarrollar el análisis de las pruebas de carbono orgánico almacenado en la finca Las Truchas se empleó una prueba de Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía la cual corresponde a tipo de pasto. De manera paralela se manejó la profundidad como un sistema de bloques. Posteriormente se realizó la prueba de “Tukey” para separación de medias y así conocer las diferencias significativas entre las cuatro clasificaciones de pastos que se generaron según las diferencias estadísticamente

significativas de cada uno de ellos. Para determinar la normalidad de las variables del estudio de cuantificación de carbono se realizó la prueba de “Q-Qplot” y “Shapiro-Wilk” empleando los residuales de las toneladas equivalentes de CO₂ con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. El análisis estadístico se desarrolló en el “software InfoStat®” versión 2020.

El análisis de los datos arrojados en las encuestas se realizó mediante una prueba de análisis multivariado y una prueba de conglomerados tomando las variables: Municipio de procedencia, producción, manejo reproductivo, integración económica, nutrición, sanidad, venta de becerros, administración de la finca, manejo de praderas y unidades animal. El análisis de conglomerado se hizo en el programa “InfoStat®” versión 2020. El corte para el análisis de los conglomerados se realizó a una distancia de 7.25 usando la distancia euclidiana, la cual permite que se establezcan escalas comparables para la evaluación de diferentes características (Núñez-Colín y Escobedo-López, 2011). Se obtuvo una subdivisión de ocho grupos los cuales comparten características que permitieron clasificarlos en grupos homogéneos. El método de clasificación para las fincas fue “Ward” obteniendo una matriz de las varianzas mínimas de los datos. En esta clasificación no se descartó ninguna finca posteriormente, se evaluó la semejanza entre las 62 fincas generando distintos niveles de conglomerados.

Resultados y discusiones

Caracterización Biofísica de la Finca

A través de la caracterización de la finca se determinaron los principales componentes biofísicos de la línea base para establecer la evaluación inicial. Las variedades identificadas dentro de las parcelas corresponden a árboles frutales, teniendo un total de 100 árboles de mango (*Manguifera Indica L*), 20 de limón (*Citrus limon*), 15 de nanches (*Byrsonima crassifolia*), 20 de guayabos (*Psidium guayaba*) y 15 de naranjos (*Citrus sinensis*) sumando con un total de 170. Para los pastos la distribución actual de las parcelas se ha desarrollado por etapas de acuerdo con la disponibilidad de semillas que se ha tenido en la región a lo largo de los años. Sin embargo, aun predomina la tenencia de pastos nativos (Cuadro 1).

Cuadro 1

Identificación de tipo de pastos en la finca Las Truchas, Tejupilco Estado de México

Tipo de pasto	Área (ha)
Pasto nativo	35
Mulato (<i>Brachiaria híbrido</i>)	5
Mestizo (<i>Brachiaria híbridos Híbrido CIAT 36087, híbrido BR02/0465. híbrido BR02/2974</i>)	5
Maralfalfa(<i>Pennisetum violaceum</i>)	4
Estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i>)	3
Tanzania (<i>Panicum maximum cv.Tanzania</i>)	3
Total	55

Dentro de la región, el sistema de producción que predomina es de doble propósito, la finca Las Truchas no es la excepción. De forma particular dentro de la finca se encuentra la raza “Braunvieh” la cual tiene una buena adaptabilidad a la geografía y clima de la región. La distribución de las unidades animal para las parcelas de estudio dentro de la finca Las Truchas se basa en un hato de 120 unidades animal; teniendo una composición por categorías de 40 vacas, 15 vaquillas, 25 terneros y 40 toros. Con este hato los ingresos que se generan son por la venta de leche y carne. Este último tiene un ciclo de 42 – 36 meses (Cuadro 2).

Cuadro 2

Identificación general del ganado según su raza, peso y ganancia de peso/día para finca Las Truchas

Caracterización del ganado		
Tipo de ganado	Bovino	
Raza	Suizo Europeo	
Braunvieh		
Sexo	Peso promedio	
Hembras	400	kg
Machos	450	kg
Niveles productivos	Nivel de producción	
Litros de leche producidos promedio por vaca al día	17	Litros
Vacas en producción	32	Vacas
Ganancia de peso diaria	900	Gramos

Dentro del inventario como parte de la metodología de Verra®, debe identificarse la infraestructura de la finca. Para la investigación se encontró que Las Truchas posee dos corrales de manejo, un trinquete, una estación de ordeño y un tractor. Para efectos de la caracterización de la finca se debe tener en cuenta la dieta, para ello se revisó el libro de trabajo de la finca para conocer la composición de la dieta y sus cambios en relación con la época del año y la disponibilidad del pasto. Cabe destacar que el tipo de pasto que se utiliza en la rotación de los lotes está en función a la ubicación, disponibilidad y ciclo de corte de cada uno. Los datos de la dieta se encuentran expresados en función de porcentaje (Cuadro 3).

Cuadro 3

Caracterización de la dieta para el ganado Braunvieh en fase productiva para la finca Las Truchas,

Tejupilco Estado de México

Época seca	
	Porcentaje nutricional en materia seca
Mezcla de mazorca molida	49%
Sal mineral	0.35%
	Porcentaje nutricional en materia seca
Melaza	4%
Consumo de silo de pastura	46.65%
Época de mantenimiento (época de lluvia)	
Mazorca molida	28.5%
Melaza	4%
Época de mantenimiento (época de lluvia)	
Sal mineral	0.5%

Época de mantenimiento (época de lluvia)	
Pasto ad libitum	70%

Para establecer los criterios de aplicación a proyectos de carbono es necesario que los productores cuenten con un sistema de ganadería que incluya dentro de sus características, la implementación de sistemas que contribuyan a la mitigación del cambio climático sin afectar sus niveles productivos. En la finca Las Truchas la familia propietaria seleccionó los pastos con relación a dos criterios; el rendimiento productivo y la adaptación a las condiciones climáticas e hídricas de la región. Las características de los pastos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4

Caracterización de los seis tipos de pastos en la finca las Truchas, Estado de México

Nombre científico	<i>Brachiaria híbridos; Híbrido CIAT 36087, híbrido BRO2/0465. híbrido BRO2/2974</i>	<i>Brachiaria híbrido</i>	<i>Pennisetum violaceum</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>Panicum maximum cv. Tanzania</i>
Nombre común	Mestizo	Mulato	Maralfalfa	Estrella	Tanzania
Raíz	Ramificado	Ramificada	Adventicia	Rizomas	Rizomas
Profundidad de la raíz	200 cm	150 cm	200 cm	150 cm	100 cm
Tipo de crecimiento	Semi erecto	Erecto	Erecto	Semi erecto	Erecto
Altura promedio hoja	120 - 150 cm	Lanceolado 90 - 100cm	200 cm	40 cm	100 cm
Materia viva	130 t/ha/año	122/t/ha/año	200t/ha/año	120t/ha/año	80 t/ha/año
Materia seca	30 t/ha/año	25/t/ha/año	60 t/ha/año	34 t/ha/año	30 t/ha/año
Cortes al año (días)	25-30	28	45 - 60	27	30 - 45
Ciclo de crecimiento (días)	70 - 80	90-120	160	90	90 a 120
Hábito	Semidecumbente	Amacollado	Tipo caña	Rastrero	Amacollado

Cada parcela de la finca esta cultivada con diversidad de árboles frutales, estos generan un ingreso para la finca. Por lo cual, es de gran importancia, para los dueños continuar con la siembra de árboles dentro de sus potreros por los beneficios múltiples que estos ofrecen (Cuadro 5).

Cuadro 5*Caracterización de los árboles frutales en la finca Las Truchas, Estado de México*

	Manguifera Indica L	<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Citrus sinensis</i>	<i>citrus limón</i>	<i>Psidium guayaba</i>
Nombre común	Mango heydi, manila, criollo	Nanche	Naranjos	Limón	Guayaba
Raíz	Raíz pivotante, dos secundarias y cuatro profundas	pivotante y secundaria	Pivotante con raíces primarias y secundarias	Pivotante, con secundaria	Pivotante con raicillas superficiales
DAP promedio	82.5 cm	45.7 cm	42.4 cm	30 cm	50.8 cm
Ciclo vegetativo	30 años	20 años	35 años	35 años	30 - 40 años
Diámetro de la copa	7 - 19 m	5 m	7-14 m	7 a 14 m	7 - 14 m

Luego de realizada la caracterización de la finca se procedió a identificar los aspectos relevantes del sistema de producción los cuales se componen de la siguiente infraestructura: Un sistema de rotación de pastoreo que permite una regeneración de los pastos según los consumos que se registren por las unidades animales, lo cual ha eficientizado el manejo animal dentro de los corrales, procesos de sanidad para prevención de enfermedades dentro del hato y la generación de resiliencia frente a las condiciones climáticas mediante la adopción de prácticas ganaderas como la implementación de pastos y un sistema rotacional de pastoreo (Mendoza, 2022).

En las visitas de reconocimiento se identificaron las actividades que se realizan de acuerdo con la época del año. Se logró identificar el manejo de la finca a lo largo del tiempo. El cronograma de actividades para el manejo del sistema de pastoreo rotacional que se realizara cada año toma en cuenta las actividades que se realizan desde el 2007 y que se replican anualmente pudiendo identificar las principales actividades que se deben de realizar para un sistema rotacional. Se debe tener en cuenta que la disponibilidad de los pastos está en función de la época del año, los ciclos de corte y regeneración de cada pasto, capacidad de carga por hectárea y el tipo de pasto. En la fertilización se emplea urea, potasio y fósforo principalmente aplicando una carga promedio de 200 kg/ha mediante un sistema manual (cuadro 6).

Cuadro 6

Cronograma mensual de actividades del sistema de pastoreo en la finca Las Truchas, Tejupilco

Estado de México

Actividades	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Preparación del terreno para siembras del año siguiente	X	X										X
Siembra y resiembra de pastos					X	X	X					
Fertilización con urea, potasio y fósforo				X				X				
Control de malezas por medio mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de plagas				X	X	X	X	X	X			
Podas de árboles frutales						X	X	X				
Reparación de cercos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Conservación de forrajes(ensilaje)	X	X								X	X	X
Mantenimiento del sistema de riego por aspersión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pastoreo rotacional según disponibilidad de los pastos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plantación de cercos vivos				X	X	X						

Desde el año 2010 se ha empleado la conservación de forrajes mediante ensilaje, lo que permite contar con alimento en la época seca del año la cual va de marzo a julio, para ello se destinan alrededor de 200 toneladas. Para el control de plagas en los pastos se emplean insecticidas orgánicos durante los meses de sequía debido a que en estos meses reportan una alta incidencia de plagas. Un adecuado sistema de pastoreo en función del tiempo, permite un rebrote vigoroso lo cual se ve reflejado en la calidad de la alimentación del ganado y la maximización de la materia orgánica por hectárea lo cual refleja una adecuada capacidad de carga (Milera-Rodríguez et al., 2019).

Adicionalidad

Para efectos de la adicionalidad se corroboró el cambio por uso de tecnología dentro de la finca. Posteriormente se analizó la aceptación e interés que pudiera existir por los productores de la región en relación con las prácticas de ganadería sostenible y los proyectos de bonos de carbono. De esta manera se identificaron las barreras que impiden la implementación del proyecto y el ingreso de las unidades de carbón verificadas (UCV) al mercado voluntario dentro de los parámetros que contempla la metodología de Verra® con diferentes productores de la región. Para hacer la estimación de la adicionalidad se tomaron las encuestas aplicadas a los productores de la región sur del Estado de México.

Las encuestas que se tomaron permitieron determinar la adopción de prácticas sostenibles y como estas pueden romper las barreras de producción que están frenadas por la parte cultural, social y económica dentro de la región. Se siguieron los parámetros que se expresan en la metodología de Verra® los cuales hacen referencia a que siempre y cuando esta aceptación del proyecto entre productores de la región supere el 20% podrían ser ejecutados proyectos de carbono (VERRA, 2022). Con los datos de adopción de los proyectos en la región y la relación del área que actualmente se emplea para la ganadería se evaluó la tasa de adopción de proyectos de carbono en la región, con base en las Ecuaciones 8 y 9.

$$PA_{ai} = \frac{140000}{140000+1816.91} = 0.987 \quad [8]$$

$$Ar = 50\% \times 0.987 = 49.35\% \quad [9]$$

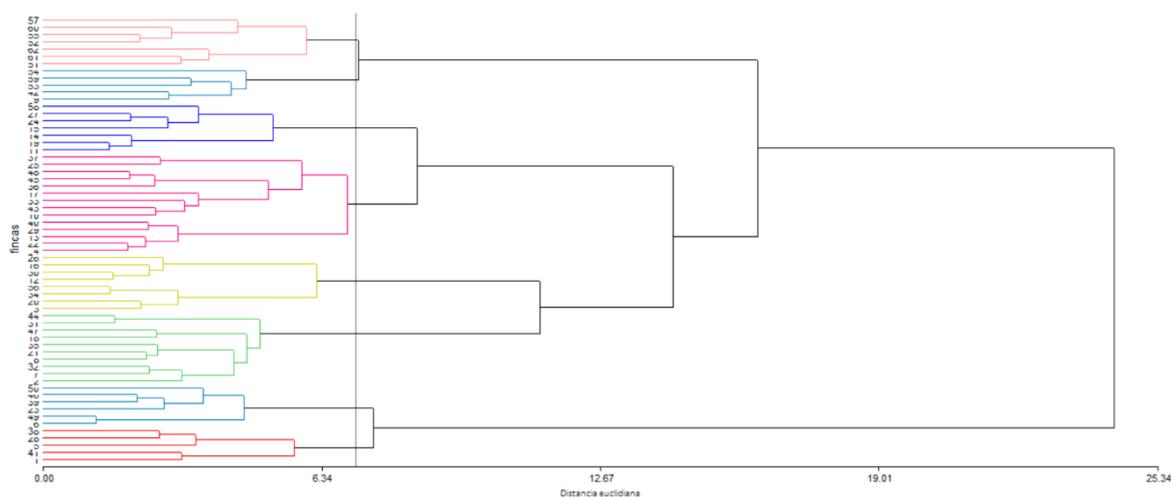
Los valores utilizados para la adopción de tecnología en la región responden a la segunda condición establecida para la adicionalidad. Los valores corresponden a la información proporcionada por las encuestas realizadas y la información disponible del censo realizado por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, 2012). En relación a las hectáreas que cada entidad posee para el Estado de México se contabilizaron 500,000 ha en producción ganadera de las cuales 140,000 son ocupadas en la región sur de la entidad, según datos de la Secretaria del Campo del Estado de México (Secretaria del Campo, 2023). De manera que, del total de la muestra tomada de los productores de la región, el 49.35% presentó una aceptación por los proyectos de carbono, sustentando la viabilidad de aplicación del proyecto para incluir proyectos como este dentro de los mercados voluntarios.

Perspectiva Entre los Productores

Con el análisis multivariado se lograron establecer ocho grupos de análisis para conocer la relación del porcentaje de acuerdo con el número de fincas evaluadas. El corte para el análisis fue a una distancia euclidiana de 7.25 (Figura 3). Cada una de las 62 fincas evaluadas se agrupó dentro de algún conglomerado. La distribución porcentual de los conglomerados se definió de la siguiente manera: conglomerado 1 representa el 11.29%, el conglomerado 2 el 8.06%, el conglomerado 3 el 11.29%, el conglomerado 4 el 22.58%, el conglomerado 5 el 12.90%, el conglomerado 6 el 16.12%, el conglomerado 7 el 9.67% y el conglomerado 8 el 8.06%.

Figura 3

Análisis de conglomerado para percepción de los productores de la región sur del Estado de México



Para el caso del conglomerado 1 se tiene que el tiempo promedio dedicado a la ganadería se encuentra en 24.57 años, seguido del conglomerado 2 donde el promedio dedicado a la ganadería resulta en 29 años. El conglomerado 3 muestra una edad promedio dedicado a la ganadería de 26.85 años, el conglomerado 4 muestra una edad promedio de 22.85 años. Para el conglomerado 5 el promedio dedicado a la ganadería obtenido fue de 19.25 años. Mientras que para el conglomerado 6 el promedio dedicado a la ganadería resulto en 31.3 años. Para el conglomerado 7 la edad promedio de dedicarse a la ganadería fue de 33.33 y finalmente para el conglomerado 8 la edad promedio

resultado en 29 años. De tal manera que los promedios de edad dedicados a la ganadería oscilaron entre 19 y 33 años respectivamente. Los valores de edades máximas y mínimas se describen en el Cuadro 7.

Cuadro 7

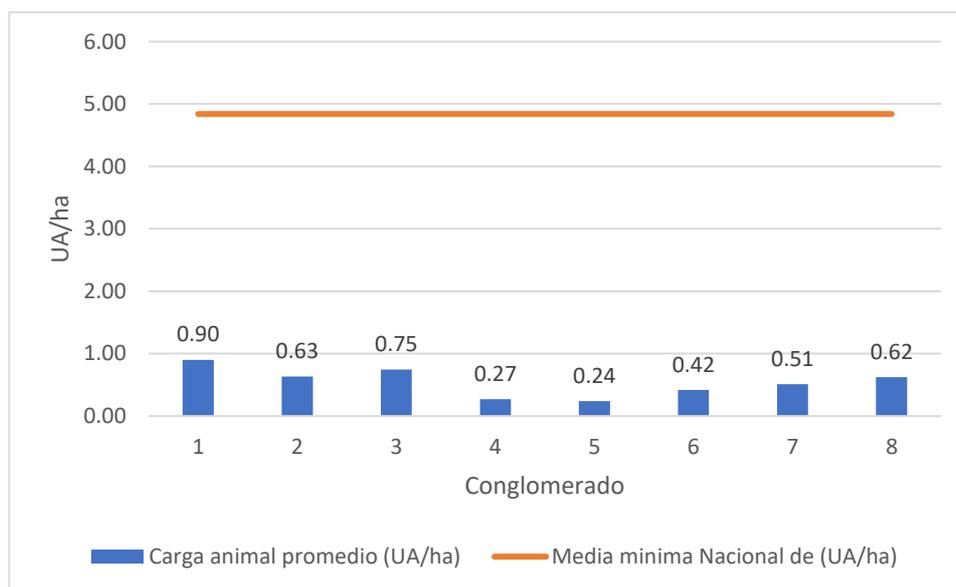
Edades de los productores dedicándose a la ganadería en la región sur del Estado de México

Conglomerado	Número de fincas	Promedio de tiempo dedicado a la ganadería	Valor máximo de tiempo dedicado a la ganadería	Valor mínimo de tiempo dedicado a la ganadería
1	7	24.57	50	2
2	5	29.00	50	20
3	7	26.85	47	10
4	14	22.85	42	2
5	8	19.25	27	5
6	10	31.30	45	12
7	6	33.33	50	22
8	5	29.00	55	15

Una de las variables más importantes que se tomaron en cuenta entre los productores fue el número de unidades animal y el tamaño de cada finca, esto con el fin de obtener una relación sobre la carga animal que se tiene dentro de la región para así conocer el nivel productivo con el que cuentan en relación con la media nacional. Para los 62 productores encuestados se obtuvo un total de 6,535 unidades animal dentro de 13,840 ha, teniendo una carga animal promedio de 0.427 UA/ha comparada con la mínima nacional que es de 4.84 UA/ha (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2022). Lo cual indica que la capacidad productiva de la región se encuentra debajo por 4.36 UA/ha un reflejo de la prevalencia de los sistemas productivos extensivos. A continuación, se muestran los valores promedios para cada conglomerado en relación con la carga animal tomada con los valores promedios de unidades animal y hectáreas (Figura 4).

Figura 4

Carga animal promedio de los productores de la región sur del Estado de México



En cuanto a las unidades animal se logró determinar un valor máximo promedio de 282.83 UA el cual corresponde al conglomerado 7 mientras que el valor mínimo promedio es para el conglomerado 3 con 61 UA. Sin embargo, el valor mínimo de UA que se encontró fue de 9 UA, este dato se presentó en el conglomerado 5. Mientras que el valor máximo que se encontró fue de 450 UA y corresponde al conglomerado 8. En cuanto al tamaño de la finca se encontró que el valor promedio más alto fue de 554.66 ha el cual corresponde al conglomerado 7 y el valor promedio más bajo fue de 86.80 ha correspondiente al conglomerado 2. Para los valores mínimos de tenencia de tierra se encontró que es de 2 ha y corresponde al conglomerado 1, mientras que el valor máximo de tenencia de tierra es de 834 ha y corresponde al conglomerado 8. En el Cuadro 8 se describen los valores para unidades animal y terreno disponible que poseen los productores para sus actividades ganaderas.

Cuadro 8

Relación promedio de unidades animal y hectáreas entre los productores de la región sur del Estado de México

Conglomerado	Promedio de UA	Valor máximo de UA	Valor mínimo de UA	Promedio de (ha)	Valor máximo de ha	Valor mínimo de ha
1	115.42	330	36	128.28	450	2
2	54.80	100	19	86.80	210	15
3	61.00	115	16	254.57	573	10
4	68.35	180	180	166.35	573	10
5	40.25	105	9	96.37	245	19
6	105.80	236	14	254.00	500	52
7	282.83	330	210	554.66	700	450
8	273.40	450	112	437.60	834	200

En lo que respecta a la distribución del predio, se consideró la utilización directa de praderas naturales, es decir aquellos lotes que poseen pasto nativo, siendo estos lo de mayor predominancia entre los 62 productores. De tal manera que el valor promedio mínimo fue de 44.25 ha y corresponde al conglomerado 5 mientras que el promedio máximo fue de 268 ha y corresponde al conglomerado 7. Mientras que para los valores mínimos se tiene un valor de 10 y este corresponde a los conglomerados 1,3,4 y 5 en cuanto a los valores de los máximos registrados el número de hectáreas fue de 484 y corresponde al conglomerado 4 (Cuadro 9).

Cuadro 9

Tenencia de praderas naturales entre los productores de la región sur del estado de México

Conglomerado	Promedio de praderas naturales (Ha)	Valor máximo praderas naturales (Ha)	Valor mínimo praderas naturales (Ha)
1	82.14	200	10
2	63.00	180	15
3	124.42	300	10
4	112.64	484	10
5	44.25	130	10
6	130.00	400	20
7	268.00	458	100
8	239.67	226	500

Debido a las condiciones climáticas de la región y las incidencias climáticas anuales los productores para hacer frente a la época de sequía destinan una parte de su predio a la producción de forrajes para corte. Sin embargo, los productores más pequeños no destinan terreno a forraje para corte, caso contrario a los productores medianos y grandes quienes cuentan con forrajes para corte. En este caso los valores mínimos promedio entre los conglomerados es de 15.4 ha para forraje de corte perteneciendo al conglomerado 2, mientras que el valor máximo promedio de ha destinadas a forrajes para corte es de 151.33 ha correspondiente al conglomerado 7. En el caso del valor máximo de ha fue de 250 ha y corresponde al conglomerado 7 (Cuadro 10).

Cuadro 10

Tenencia de forrajes para corte dentro de las fincas de la región sur del Estado de México

Conglomerado	Promedio de forraje de corte (Ha)	Valor máximo forraje de corte (Ha)	Valor mínimo forraje de corte (Ha)
1	31.42	200	0
2	15.40	40	0
3	59.00	200	0
4	26.50	75	0
5	25.62	100	0
6	90.10	182	0
7	151.33	250	8
8	86.00	200	50

En el caso de los productores pequeños estos conocen los tipos de pastos, sin embargo, no han introducido estas variedades por cuestión económica. En relación con los valores promedios se obtuvo un mínimo de 8.4 ha correspondiente al conglomerado 2 y un valor promedio máximo de 135.33 ha reportado en el conglomerado 7, en cuanto al valor máximo reportado se tuvo un total de 300 ha esto refleja que los productores medianos y grandes ya han implementado algunas variedades de pastos como una forma de mitigación frente a la incidencia climática de la región.

En cuanto a las variedades de pastos que fueron mencionadas de forma frecuente están: Pasto tanzania (*Panicum maximum cv. Tanzania*), maralfalfa, criollo (*Cynodon dactylon*), mestizo (*Brachiaria* híbridos Híbrido CIAT 36087, híbrido BR02/0465. híbrido BR02/2974), estrella (*Cynodon*

nlemfuensis) y Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* y *Pennisetum glaucum*). El pasto tanzania, mestizo y cuba se encontraron con mayor frecuencia, teniendo 56 fincas que cuentan con este tipo de pastos. El pasto de menor implementación es El Estrella, el cual solo lo poseen 35 fincas. En el Cuadro 11 se puede apreciar la relación y distribución de las praderas inducidas.

Cuadro 11

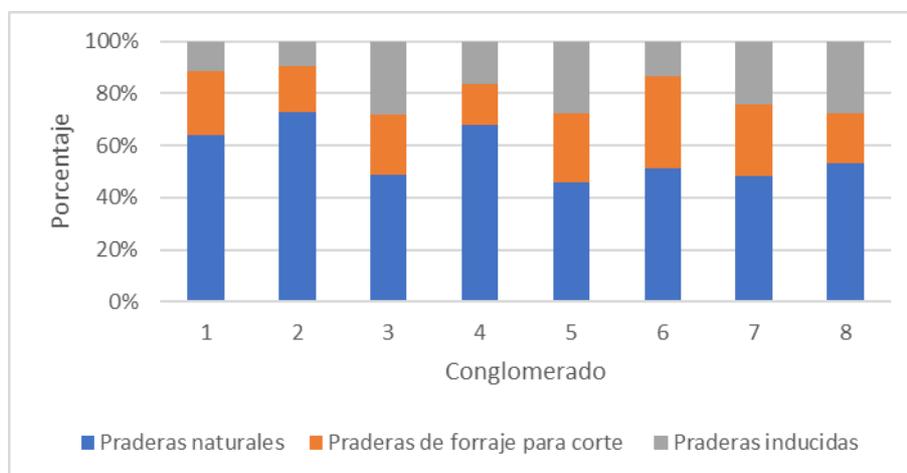
Tenencia de praderas inducidas dentro de las fincas de la región sur del Estado de México

Conglomerado	Promedio de praderas inducidas (Ha)	Valor máximo praderas inducidas (Ha)	Valor mínimo praderas inducidas (Ha)
1	14.71	50	0
2	8.40	20	0
3	71.14	200	0
4	27.21	100	0
5	26.50	100	0
6	33.90	139	0
7	135.33	300	12
8	125.40	213	50

Después de hacer el análisis de la distribución y tenencia de pastos dentro de las fincas, se observó que la predominancia dentro de las fincas es con las praderas naturales, estas suelen tener buena adaptabilidad a los suelos y clima de la región, sin embargo, el proceso de transición hacia adoptar otros tipos de pastos y tener praderas para corte de forrajes se está volviendo una tendencia dentro de los productores. Esta relación se observa en Figura 5.

Figura 5

Distribución de los lotes dentro de las fincas de la región sur del Estado de México



Dentro de la región las actividades agrícolas conforman la mayoría de la ocupación laboral por lo que las familias dependen en gran medida de los ingresos que se generan por estas actividades. Por lo que se debe considerar en un futuro a los productores dentro de proyectos de bonos de carbono, como una forma de contribuir al desarrollo de la economía local y tener cambios significativos en los modelos de producción para la entidad.

Se observó una tendencia alta con los medianos productores, en la búsqueda de fuentes de ingreso complementarias paralelas a la ganadería como lo es la venta de ensilaje, fertilizante, agricultura de granos básicos y otros negocios. Caso contrario, ocurre con los grandes productores; para quienes la totalidad de sus ingresos depende de la ganadería. En el Cuadro 12 se puede encontrar la frecuencia de los productores según su dependencia e impacto económico de la ganadería.

Cuadro 12

Distribución del impacto económico de los productores de la región sur del Estado de México

Conglomerado	Número De fincas	Impacto alto en su economía	Impacto medio en su economía	Impacto bajo en su economía
1	7	2	3	2
2	5	1	2	2
3	7	1	3	3
4	14	1	8	5
5	8	3	4	1
6	10	0	7	3

Conglomerado	Número De fincas	Impacto alto en su economía	Impacto medio en su economía	Impacto bajo en su economía
7	6	0	0	6
8	5	0	2	3

Para acceder a proyectos de carbono es necesario hacer adecuaciones y planteamiento de una línea base que permita medir los cambios implementados por los productores con relación a tecnologías ganaderas en función del tiempo. Por ello que como parte de la medición de la percepción se cuestionó entre los productores si existe un interés por hacer cambios en su manera de producción y estos fueron divididos en tres variables. Se consideraron los cambios por una producción que no dañe el ambiente, producción más económica y fácil de producir, de tal forma que se relacionan con la frecuencia y distribución para el interés de los productores. Se pudo observar que existe una relación entre un sistema de producción más fácil y económico. Mientras que la adopción de un sistema que no dañe el ambiente este ligado a la conciencia que han adquirido a través de las capacitaciones que han recibido por parte del gremio ganadero al que pertenecen y el estado (Cuadro 13).

Cuadro 13

Distribución del interés en los sistemas de producción para las fincas de la región sur del Estado de México

Conglomerado	Número de fincas	Cambiar producción por una que no dañe el ambiente	Más económica	Fácil de producir
1	7	6	7	7
2	5	3	5	5
3	7	5	7	7
4	14	10	14	13
5	8	5	8	8
6	10	8	9	9
7	6	5	6	6
8	5	4	5	5

De acuerdo con la metodología de Verra® es necesario conocer a través de productores locales el interés que pudiera existir en los proyectos bajo la línea de mercados voluntarios, esto con el fin de promover practicas resilientes y sostenibles dentro de la ganadería. De tal manera que

permita que en un futuro estos proyectos puedan sumarse a los existentes. En este sentido se preguntó a los productores sobre el conocimiento de las temáticas principales que se involucran en los mercados voluntarios, como lo son la ganadería regenerativa, la captura de CO₂ y la percepción sobre las afectaciones del cambio climático. Ante este cuestionamiento se identificó que el conglomerado 4, 5 y 6 son los que presenta un mayor conocimiento en estas tres temáticas, mientras que el conglomerado 2 y 7 presentaron un mínimo de desconocimiento sobre la captura de CO₂ entre los productores que conforman dicho conglomerado.

Por su parte la mayoría de los productores identificaron las afectaciones que sufren en su producción debido al cambio climático. De los 62 productores, el 72.58% conoce sobre ganadería regenerativa, el 80.64% logro identificar afectaciones en su sistema de producción derivado del cambio climático y el 69.35% a escuchado sobre la captura de carbono mediante sistemas ganaderos. La distribución de cada conglomerado se observa en el Cuadro 14.

Cuadro 14

Distribución de frecuencia sobre conocimiento de prácticas sostenibles entre los productores de la región sur del Estado de México

Conglomerado	Número de fincas	Ha escuchado de ganadería regenerativa	Afectado por el cambio climático	Conoce de la captura de CO ₂
1	7	3	6	4
2	5	4	4	3
3	7	5	5	4
4	14	9	11	11
5	8	7	6	6
6	10	9	9	7
7	6	4	5	3
8	5	4	4	5

Después de identificar el conocimiento sobre las prácticas sostenibles e incidencia climática se abordó el interés que existe en proyectos que involucren el mercado voluntario, para esto se evaluó el conocimiento sobre el buen manejo en la captura de carbono, conocimiento sobre un bono de carbono, la comercialización de los bonos y si en un futuro le gustaría conocer sobre la captura de

carbono. En esta temática se pudo relacionar que, aunque los productores conocen sobre la captura de carbono en sistemas ganaderos no logran identificar las practicas que deben ser incluidas para un buen manejo dentro de sus fincas.

De tal manera que esto genera que tampoco exista un conocimiento sobre un bono de carbono equivalente y su forma de comercialización dentro del mercado voluntario. De forma general los productores expresaron un conocimiento de buen manejo de sus fincas que conlleva a la captura de CO₂ del 58.06%, sobre el conocimiento de los bonos de carbono 54.83% mismo porcentaje para los mecanismos de comercialización de los bonos de carbono, mientras que para el conocimiento posterior sobre la captura de carbono y las temáticas anteriores un 67.74% mostro interés por el tema. Así mismo el nivel de interés está relacionado con el nivel de producción que cada ganadero maneja (Cuadro 15).

Cuadro 15

Distribución de frecuencia sobre captura de carbono entre los productores de la región sur del Estado de México

Conglomerado	Número De fincas	Conoce del buen manejo en su finca para captura de CO ₂	Sabe que es un bono de carbono	Sabe de la comercialización de bonos de carbón	Le gustaría saber sobre capturar carbono
1	7	2	1	1	6
2	5	3	2	2	5
3	7	6	5	5	5
4	14	7	8	8	8
5	8	4	4	4	5
6	10	5	7	7	7
7	6	4	4	4	2
8	5	5	3	3	4

Cuantificación de las Unidades de Carbono Verificadas

Para la reserva de CO₂ equivalente con la que se cuenta en la finca se estableció como referencia el valor promedio para el tipo de suelo “feozem” que es de 65 tco₂e/ha (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2006). La presencia de tipo de suelo “feozem” se encuentra de manera dominante en el municipio de Tejupilco (Sotelo et al., 2011). El valor de referencia del tipo de

suelo está asociado con la región climática del trópico húmedo y la categoría de suelos HAC (*“High activity clay”*) en una profundidad promedio de 0 – 30 cm. Para efectos de la interpretación de la disponibilidad de carbono se muestran los resultados de las 18 ecuaciones correspondientes a la aplicación según corresponde (Cuadro 16).

Cuadro 16

Relación de carbono disponible ton/ha y toneladas equivalentes según tipo de pasto y profundidad para la finca Las Truchas, Estado de México

Muestra	Tipo de pasto	Profundidad (cm)	Carbono disponible ton/ha	Toneladas equivalentes de CO ₂ por hectárea
1	Pasto Nativo	20	13.79	50.576
2	Pasto Nativo	40	13.54	49.669
3	Pasto Nativo	60	13.04	47.815
4	Pasto Mulato	20	16.19	59.360
5	Pasto Mulato	40	15.69	57.546
6	Pasto Mulato	60	15.02	55.092
7	Pasto Mestizo	20	15.26	55.965
8	Pasto Mestizo	40	14.56	53.383
9	Pasto Mestizo	60	13.86	50.832
10	Pasto Estrella	20	16.36	60.010
11	Pasto Estrella	40	15.75	57.749
12	Pasto Estrella	60	15.13	55.464
13	Pasto Tanzania	20	16.70	61.232
14	Pasto Tanzania	40	15.86	58.168
15	Pasto Tanzania	60	15.33	56.224
16	Pasto Maralfalfa	20	16.88	61.882
17	Pasto Maralfalfa	40	16.14	59.183
18	Pasto Maralfalfa	60	15.64	57.369

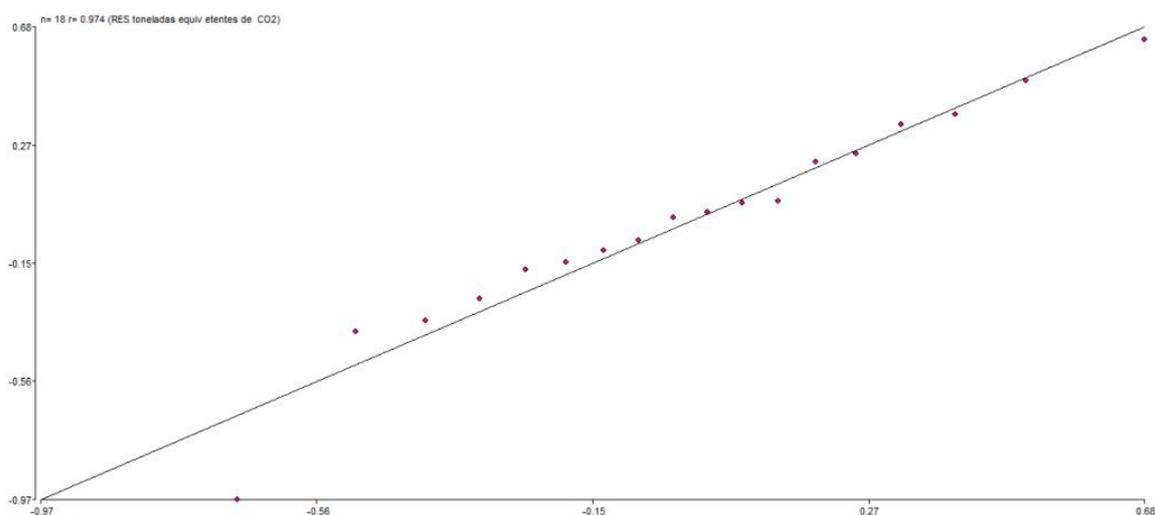
Para la evaluación del proyecto se tomaron los valores obtenidos en toneladas de CO₂ equivalentes, ya que son estas las que deben ser contabilizadas para poder ingresarse al mercado como bonos de carbono.

Para efectos del análisis estadístico se realizó la prueba de “Shapiro Wilk”, el valor de W 0.97 indicando que los valores de toneladas equivalentes de CO₂ se ajusta dentro de una distribución normal por lo que los valores se pueden agrupar dentro de la media (Cuadro 17).

Cuadro 17*Prueba "Shapiro wilks"*

Variable	N	Media	Desviación estándar	W	P (one tail)
Toneladas equivalentes de CO2	18	0	0.37	0.97	0.8834

El ajuste de los valores para toneladas de CO₂ equivalentes (Figura 6) muestra que los valores correspondientes se ajustan dentro de la normalidad por lo cual no existe una diferencia significativa entre ellos.

Figura 6*Gráfico de "Q-Qplot" para prueba de normalidad de "Shapiro-Wilks"*

Una vez obtenida la estimación de toneladas de carbono equivalente se desarrolló el análisis de la prueba ANDEVA la cual muestra la existencia de diferencias entre las variables. En este caso se puede observar que existe una mayor variabilidad para el tipo de pasto mientras que para los bloques de profundidad existe una diferencia, sin embargo; no es tan significativa (Cuadro 18).

Cuadro 18*Prueba ANDEVA para los diferentes tipos de pastos en la finca Las Truchas, Estado de México*

S.V.	Desviación estándar	Grados de libertad	MS	F	Valor-P
Modelo	280.33	7	40.05	168.79	<0.0001
Tipo de Pasto	222.99	5	44.60	187.98	<0.0001
Bloque	57.34	2	28.67	120.83	<0.0001

S.V.	Desviación estándar	Grados de libertad	MS	F	Valor-P
Error	2.37	10	0.24		
Total	282.70	17			

Con el desarrollo de la prueba “Tukey” se categorizó los tipos de pastos según la inexistencia de características estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos. Se encontró una diferencia significativa entre el pasto nativo y los demás pastos en relación con el contenido de carbono ($p < 0.05$). Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre el pasto nativo y los pastos inducidos en relación con el contenido de carbono. No se encontraron diferencias significativas entre el pasto tanzania, estrella y multado. En el caso del pasto mestizo este tiene diferencias significativas en comparación con el resto de los pastos. Sin embargo, el pasto maralfalfa posee diferencias significativas con relación al resto de los pastos, mas no con relación al pasto tanzania. Una vez observadas las medias obtenidas entre el carbono equivalente, se seleccionó al pasto maralfalfa y tanzania como los mejores tipos de pasto con relación al almacenamiento de carbono orgánico en el suelo en comparación con el pasto nativo (Cuadro 19).

Cuadro 19

Prueba Tukey para los diferentes tipos de pasto

Tipo de pasto	Media	Número	S. E		
Pasto Maralfalfa	59.48	3	0.28	A	
Pasto Tanzania	58.54	3	0.28	A	B
Pasto Estrella	57.74	3	0.28		B
Pasto Mulato	57.33	3	0.28		B
Pasto Mestizo	53.39	3	0.28		C
Pasto Nativo	49.35	3	0.28		D

Valorización Económica

Como todo mercado global, la compra de bonos de carbono está sujeta a una fijación de precios proveniente de las bolsas de valores, siendo las bolsas más importantes a nivel mundial las que permiten la fijación de precios a nivel mundial. En el caso de la bolsa mexicana de valores desde el año 2014 mediante la plataforma MéxiCO₂ se impulsó la cotización de los mercados verdes y con

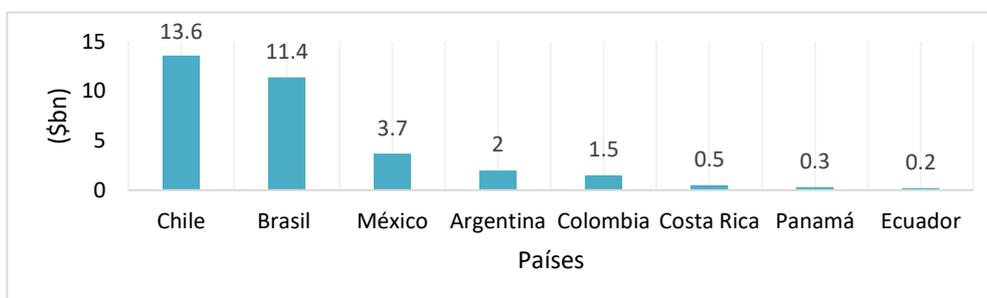
esto se dio apertura a la fijación de precio de los bonos de carbono en el mercado nacional. Esto permitió que a nivel nacional los proyectos se impulsaran dentro de un mercado competitivo. En el caso del mercado internacional las divisas de mayor movimiento para mercados verdes se han impulsado por el dólar y el euro principalmente. En América Latina están México, Colombia y Brasil como los países que mayor presencia han tenido en la comercialización de bonos mediante su propia moneda (Qadir y Kamleshan, 2021).

El interés que existe por parte de los gobiernos de diferentes países en promover con empresarios y productores primarios proyectos de carbono como una estrategia de mitigación frente al cambio climático les ha permitido contribuir con el cumplimiento de sus objetivos globales respecto a sus agendas de trabajo y sostenibilidad que han firmado mediante acuerdos internacionales.

De acuerdo a la cantidad de proyectos que han surgido en los últimos años se han posicionado a los países dentro de tres categorías: desarrollados; siendo los países con el mayor número de proyectos activos desde el 2010, supranacionales en esta categoría recaen los países que forman parte de tratados de integridad como lo es la Unión Europea y la "Commonwealth"; finalmente se tiene a los países emergentes los cuales en años recientes han comenzado a impulsar leyes de mercados verdes y tienen pocos proyectos activos de carbono dentro de los mercados verdes (Climate Bonds Initiative, 2022). De esta forma se ha permitido que las regiones subdesarrolladas se impulsen en estos mercados considerados emergentes en producción de bonos de carbono. A continuación, se muestra en la Figura 7 se muestra la generación económica, en el caso de América Latina, Chile lidera los proyectos seguido de Brasil y México lo cual los ha clasificado como países subdesarrollados en estas temáticas.

Figura 7

Generación económica en billones de dólares en la región latinoamericana por mercados verdes durante 2014-2022



En el caso de México el contar con la ley de mercados voluntarios de carbono permite a los productores poder inscribir sus proyectos para ser comercializados en el mercado nacional e internacional decidiendo la subsidiaria que mejor les convenga para poder hacer la venta. La regulación de los precios por tonelada de CO₂e en el mercado nacional está fijada por la SEMARNAT en la subdivisión de MéxiCO₂ y la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), que en su conjunto han determinado parámetros mínimos y máximos para la comercialización de los bonos dentro del mercado siendo USD 2 el mínimo y USD 20 el máximo por tonelada de CO₂ equivalentes (VERRA, 2022).

En relación con lo proyectado dentro de la finca Las Truchas se tiene una distribución del carbono muy variada en relación con las parcelas colindantes. Para efectos del balance final no se integraron la producción de metano dentro de la finca. El precio fijado para la valorización es de USD 19.38. Precio promedio anual para los proyectos realizados en México en la línea VCS y el sistema AFOLU de venta internacional en la plataforma "Climate Trade®" (ClimateTrade, 2023). De tal manera que para las 20 ha que fueron cuantificadas por los parámetros de adicionalidad, estas tienen un total de 125.43 ton/CO₂e disponibles para ingreso al mercado voluntario las cuales generarían un ingreso aproximado de USD 2,430.92 (Cuadro 20).

Cuadro 20

Estimación económica por el almacenamiento de carbono en la finca Las truchas, Tejupilco México

Tipo de pasto	Ha disponibles	Σ carbono equivalente disponible ton/ha	Adicionalidad de CO ₂ equivalente/ha	Σ Toneladas equivalentes de CO ₂ /ha disponibles para venta	Estimación económica USD
Pasto Nativo	35	40.38	0.00	0.00	-
Pasto Mulato	5	46.90	6.53	32.64	632.56
Pasto Mestizo	5	43.68	3.31	16.53	320.29
Pasto Estrella	3	47.24	6.86	20.59	398.96
Pasto Tanzania	3	47.89	7.52	22.55	437.02
Pasto Maralfalfa	4	48.66	8.28	33.13	642.09
Total	55	274.75	32.50	125.43	2,430.92

Conclusiones

La metodología VM0042 que establece la certificadora Verra® permitió la evaluación de producción de bonos de carbono, el cual avala el manejo realizado en la finca permitiendo que se incluyan factores internos y externos.

El pasto maralfalfa (*Pennisetum violaceum*) y tanzania (*Panicum maximum cv.Tanzania*) mostraron una mayor acumulación de carbono orgánico en el suelo desde el año en el que fue establecido, en comparación con los otros cinco pastos evaluados. Esto indica que la selección apropiada de pastos contribuye directamente a la capacidad de captura de carbono en fincas ganaderas y una consideración relevante en la definición de mejores prácticas productivas.

Los diferentes análisis realizados en la finca Las Truchas mostraron que un cambio en las pasturas permite incrementar el almacenamiento de carbono orgánico. De las 55 ha contempladas para este estudio, 20 pueden aplicar en un futuro a proyectos de carbono debido a que son las que cuentan con diferentes tipos de pastos. Los propietarios tienen interés en hacer cambios en el manejo de la finca y buscar así ejecución adecuada de la adicionalidad.

Los productores de la región sur del Estado de México mostraron un interés por hacer un cambio en sus prácticas ganaderas, teniendo en cuenta el costo, el tiempo que necesitan para adecuar los sistemas y la posibilidad de ingresar a un mercado voluntario de carbono. Esto representan una alternativa para aumentar los ingresos.

Recomendaciones

Realizar un seguimiento del carbono almacenado con relación al tiempo en la finca Las Truchas, para determinar las tasas de fijación según los tipos de pastos con los que cuenta la finca.

Dentro de los principios de manejo para la finca Las Truchas se espera que los propietarios continúen empleando labranza mínima del suelo, emplear variedades de pasto que se adecuen a las condiciones climáticas de la región.

Emplear el pasto maralfalfa (*Pennisetum violaceum*) y tanzania (*Panicum maximum* cv. *Tanzania*) para otras parcelas de la finca permitirá incrementar las cantidades de carbono orgánico almacenado en el suelo y por ende la disponibilidad de carbono equivalente que puede ser puesto a la venta.

Promover cambios en los sistemas de producción ganadera de la región sur del Estado de México lo cual permitiría el ingreso a proyectos de venta de bonos de carbono entre los ganaderos de la región y contribuirá, al desarrollo económico de la región.

Referencias

- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J. y Solorio-Sánchez, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 17(1), 133–143. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>
- Céspedes, F., Fernández, J., Gobbi, J. y Bernardis, A. (2012). Carbon stock in soil and boots of a grassland and sward under grazing. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(1), 79–86. <https://doi.org/10.35196/rfm.2012.1.79>
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H. y Montañez-Valdez, O. (2021). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), 1-14. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2246>
- Climate Bonds Initiative. (2022). *Market Data*. <https://www.climatebonds.net/market/data/>
- ClimateTrade. (2023). *Compensar Huella de Carbono - ClimateTrade™*. https://climatetrade.com/es/inicio/?gad=1&gclid=Cj0KCKjwy9-kBhCHARIsAHpBjHi_ves1zxEKAXlIGFkITZmaZesz96iiHFO_2nCa_kOQVlPOdLNEJygaAnWmEALw_wcB
- Estrada, M. (2022). Evolución y controversias de los bonos de carbono en México. *Semestre Económico*, 11(1), 127–133. <https://doi.org/10.26867/se.2022.133>
- Gosnell, H., Gill, N. y Voyer, M. (2019). Transformational adaptation on the farm: Processes of change and persistence in transitions to ‘climate-smart’ regenerative agriculture. *Global Environmental Change*, 59, 101–124. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101965>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2022). *Existencias de ganado bovino según rango de edad por entidad y municipio*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cagf/2007/tabulados/Tabulado_Mpio_VII_I_CAGyF_30_15.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra*. IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf
- Jiménez, G. y et al. (2012). Sistemas silvopastorales y balance de carbono en la selva Lacandona, Chiapas, México. *Ecosur*, 8, 88–94. <https://core.ac.uk/download/pdf/154280452.pdf>
- Ley de Organizaciones Ganaderas, Diario Oficial de la Federación (2012). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/57.pdf>
- López-Toache, V., Romero-Amado, J., Toache-Berttolini, G. y GarcíaSánchez, S. (2015). Bonos de carbono: financiarización del medioambiente en México. *Estudios Sociales*, 25(47), 189–214. http://www.earthgonomic.com/biblioteca/curso_voluntariado_forestal/2015_uautonomag_uerrero_bonos%20de%20carbono.pdf
- Mehecha, L., Gallego, L. A. y Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 15(2), 213–225.

- Mendoza, J. (2022). *Buenas prácticas pecuarias y su contribución a la sostenibilidad ambiental de la ganadería*. UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/52969/jwmendozav.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Milera-Rodríguez, M., Machado, R., Amaro, O., Hernández-Chávez, M. y Sánchez-Cárdenas, S. (2019). Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos Y Forrajes*, 42(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s0864-03942019000100003&script=sci_arttext&tlng=pt
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Adicionalidad en el contexto de las iniciativas de mitigación para cambio climático*. Ministerio de Ambiente Colombia.
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Contexto-Adicionalidad-1era-sesion-submesa-V.2.1.pdf>
- Murgueitio, E., Chara, J., Barahona, R., Cuartas, C. y Naranjo, J. (2014). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 501–507.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93935728001.pdf>
- Núñez-Colín, C. y Escobedo-López, D. (2011). Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 415–427.
<https://doi.org/10.15517/am.v22i2.8746>
- Orozco-Hernández, M. E., García-Fajardo, B., Álvarez-Arteaga, G. y Mireles-Lezama, P. (2017). Tendencias del sector agrícola, Estado de México. *Quivera. Revista De Estudios Territoriales*, 19(1), 99–121. <https://www.redalyc.org/journal/401/40153531006/movil/>
- Pérez, R. y Bejarano, A. (2008). Sistema de gestión ambiental: Serie ISO 14000. *Revista Escuela De Administración De Negocios*, 1(62), 88–105.
<https://www.redalyc.org/pdf/206/20611457007.pdf>
- Plataforma Mexicana de Carbono*. (2023, 29 de junio). <https://www.mexico2.com.mx/medio-ambiente.php?id=6>
- Qadir, U. y Kamlesh, P. (2021). Green Bonds for Climate Resilience: State of play and roadmap to scale. *Global Center Adaptation*.
<https://scholar.google.es/citations?user=zkwtd7iaaaaj&hl=es&oi=sra>
- Rodríguez Mejía, S., Flores Sánchez, D., León Merino, A., Pérez Hernández, L. M. y Aguilar Ávila, J. (2018). Diagnóstico de sistemas de producción de bovinos para carne en Tejupilco, Estado de México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(2), 465–471. 10.29312/remexca.v9i2.1086
- Rontard, B., Reyes, H. y Aguilar, M. (2020). Pagos por captura de carbono en el mercado voluntario en México: diversidad y complejidad de su aplicación en Chiapas y Oaxaca. *Sociedad Y Ambiente*(22), 212–236. <https://doi.org/10.31840/sya.vi22.2106>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2022). *Coeficientes de agostadero por entidad*. SAGARPA.
http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_AGRIGAN04_06&IBC_user=dgeia_mce&IBC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático versión 10-20-40*. (10-20-40). Ciudad de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria de Hacienda y Credito Público. (2022). *DOF - Diario Oficial de la Federación*. SEGOB. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5508098&fecha=18/12/2017#gsc.tab=0
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. (2012). *Superficie ganadera*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2016/archivos/02_agrigan/D2_AG_RIGAN04_02.pdf
- Secretaria del Campo. (2023). *Análisis de Tendencia de la Producción, Agrícolas, Florícolas y Pecuarias CIERRE-2021: Unidad de Información, Planeación, Programación y Evaluación Subdirección de Información y Estadística*. SECAMPO. https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion_Campo/Tend_Prod_A_F_P_cierre2021_v2.pdf
- Smith, P. y Clark, H. (2014). Chapter 11 - Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). *Cambridge University Press*, 1(11). <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11115/>
- Sotelo, E., González, A., Cruz, G. y Moreno, F. (2011). The soils of Mexico state and their update to the World Reference Base for Soil Resources 2006. *Rev. Mex. Cienc. Pecu. (Revista Mexicana De Ciencias Forestales)*, 2(8), 71–84. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000600007
- Trauger, A. (2004). Because they can do the work: Women farmers in sustainable agriculture in Pennsylvania, USA. *Gender, Place & Culture*, 11(2), 289–307. <https://doi.org/10.1080/0966369042000218491>
- VERRA. (2022, 12 de agosto). *Verra - VM0042 Methodology for Improved Agricultural Land Management, v1.0*. <https://verra.org/methodology/vm0042-methodology-for-improved-agricultural-land-management-v1-0/>
- Yerena, J., Jiménez, J., Alanís, E., Aguirre, O., González, M. y Treviño, E. (2014). Dinámica de la captura de carbono en pastizales abandonados del noreste de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(1), 113–121. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93930735009.pdf>
- Zamora, B., Mendoza, M., Sangerman, D., Navarro, A. y Quevedo, A. (2019). La investigación científica en México: secuestro de carbono orgánico en suelos agrícolas y de agostadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(1), 155–164. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6802329>

15 ¿ Existe aún interés en su familia por continuar dedicándose a la ganadería?

16 Si 17 No

16 ¿De donde obtiene ud. el conocimiento para mejorar su producción?

- | | | | |
|--|---|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 Otros productores | <input type="checkbox"/> 6 Instituciones de enseñanza | <input type="checkbox"/> 11 Organización o Asociación | <input type="checkbox"/> 16 Internet |
| <input type="checkbox"/> 2 Compradores | <input type="checkbox"/> 7 Días demostrativos | <input type="checkbox"/> 12 Despachos | <input type="checkbox"/> 17 INIFAP |
| <input type="checkbox"/> 3 Técnicos de Instituciones | <input type="checkbox"/> 8 Amigos, conocidos | <input type="checkbox"/> 13 Proveedores de insumos | <input type="checkbox"/> 18 Otros |
| <input type="checkbox"/> 4 Familiares | <input type="checkbox"/> 9 Técnicos independientes | <input type="checkbox"/> 14 De su experiencia | |
| <input type="checkbox"/> 5 Por el internet | <input type="checkbox"/> 10 Revistas, folletos, boletines | <input type="checkbox"/> 15 Vecinos | |

17 ¿Cuál es su tipo de pastoreo usa? (señale uno)

Realiza pastoreo Intensivo Tecnificado (PIT)	
Pastoreo Racional Voisin (PRV)	
Administración Holística del Ganado (holismo)	
Sistema Silvopastoril (SSP)	
Pastoreo continuo (un solo potrero)	
Pastoreo alterno (pocos potreros)	

18 ¿Cuántos potreros tiene?

19 ¿ En cuanto al agua para el ganado cuál es su medio de obtención?

Pozos, bordos, ríos, barrancos, manantiales, ojos de agua, captación de agua de lluvia, etc

20 ¿Cuáles son los pastos principales que tiene y numero de cortes al año?

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

21 ¿Cambiaría su forma de producción, si?

No daña el medio ambiente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Es mas economico el producir	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Es más facil producir	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

22 Valore los siguientes problemas

	Grave	Alto	Medio	Bajo	Nulo
1 Incidencia de parásitos y enfermedades	4	3	2	1	0
2 Comercialización (Intermediarismos, problemas de venta, etc.)	4	3	2	1	0
3 Organización de los ganaderos	4	3	2	1	0
4 Fenómenos meteorológicos (Sequía/inundación)	4	3	2	1	0
5 Bajos precios del producto	4	3	2	1	0
6 Mano de obra escasa	4	3	2	1	0
7 Costos de los insumos (productos veterinarios, semillas, etc.)	4	3	2	1	0
8 Costo de mano de obra	4	3	2	1	0
9 Infraestructura de acceso al rancho (Caminos)	4	3	2	1	0
10 Maquinaria y equipo agrícola (Tractores, implementos, etc.)	4	3	2	1	0
11 Instalaciones y equipo (Corrales, riego, tanques, etc.)	4	3	2	1	0
12 Disponibilidad de alimentos (Agostaderos, potreros, etc.)	4	3	2	1	0
13 Alimentación en época de secas	4	3	2	1	0
14 Genética del ganado	4	3	2	1	0
15 Asistencia técnica	4	3	2	1	0
16 Falta de agua	4	3	2	1	0
17 Competencia de otros productores (Locales, extranjero)	4	3	2	1	0
18 Otros.	4	3	2	1	0

23 ¿Le esta afectado el cambio climático su actividad ganadera?

Si No

24 ¿Sabe Usted que es capturar dióxido de carbono (CO2) ?

Si No

25 ¿Sabe Usted que un buen manejo puede capturar dióxido de carbono (CO2) ?

Si No

26 ¿Sabe qué es un bono de carbono ?

Si No

27 ¿Sabe Usted que los bonos de carbono se pueden comercializar?

Si No

28 ¿Le gustaría conocer más sobre los bonos de carbono y comercialización?

Si No

29 Indique si cuenta con alguno: requerimientos de pie de cría, infraestructura, maquinaria y equipo.			
1.- Comederos y saladeros en potrero	Si	No	
2.- Bebederos en potreros	Si	No	
3.- Termo para de Inseminación Artificial	Si	No	
4.- Bodegas, almacenes o naves de proceso	Si	No	
5.- Pie de cría (mejoramiento genético)	Si	No	
6.- Maquinaria Agrícola (Tractores, Implementos)	Si	No	
7.- Establecimiento de praderas	Si	No	
8.- Equipo o revoladora para alimentos	Si	No	
9.- Prensa ganadera	Si	No	
10.- Vehículo con tanque enfriador	Si	No	
11.- Sistema de riego	Si	No	
12.- Vehículo para transporte de ganado	Si	No	
13.- Caminos	Si	No	
14.- Cercos electricos	Si	No	
15.- Fuentes de agua (pozos, aguajes, etc.)	Si	No	
16.- Corrales, áreas de manejo.	Si	No	
17.- Equipo de computo	Si	No	
18.- Software ganadero	Si	No	
19.- Otro	Si	No	

30 Señale las actividades que realiza			Si	No
Producción de becerro	1	Selecciona la razas del ganado especializado para condiciones agroclimáticas	Si	No
	2	Realiza suplementación de becerros (creep feeding)	Si	No
	3	Tiene destete precoz	Si	No
	4	Pesa los becerros al nacer	Si	No
	5	Pesar los becerros al destete	Si	No
Manejo Reproductivo	6	Utiliza Inseminación Artificial.	Si	No
	7	Realiza diagnostico de gestación	Si	No
	8	Tiene registros reproductivos	Si	No
	9	Realiza sistema de empadre	Si	No
Integración	10	Trata sus vacas que tienen anestro (sin celo)	Si	No
	11	Realiza compras de insumos y servicios en común con otros ganaderos	Si	No
	12	Cuenta con contratos de venta	Si	No
	13	Comercializa en común con otros ganaderos	Si	No
	14	Es miembro de una Asociación Ganadera.	Si	No
Nutrición	15	Esta integrado como proveedor a una industria (Carnes, otra)	Si	No
	16	Realiza balanceo de raciones	Si	No
	17	Usa alimentación complementaria (concentrados).	Si	No
	18	Usa activadores ruminales (bloques multinutricionales).	Si	No
	19	Aplica vitaminas.	Si	No
	20	Usa minerales	Si	No
	21	Utiliza implantes para la engorda	Si	No
	22	Utiliza forrajes de corte.	Si	No
	23	Tiene y utiliza los bancos de biomasa.	Si	No
	24	Siembra maíz (u otro cultivo) para ensilar	Si	No
Sanidad	25	Usa bloques activadores ruminales	Si	No
	26	Su rancho es hato libre (BR y TB)	Si	No
	27	Cuarentena el ganado que compra	Si	No
	28	Tiene un programa de vacunación	Si	No
	29	Tiene un programa de desparasitación	Si	No
	30	Tiene programa de baño contra garrapata	Si	No
	31	Desparasita su ganado con Ivermetina	Si	No
Valor agregado	32	Existe alguna diferenciación por calidad del becerro o novillo	Si	No
	33	Conoce cuales son las características que demanda la industria o comprador	Si	No
	34	Procesa su ganado para vender carne	Si	No
	35	Vende becerros al destete	Si	No
	36	Vende becerras o becerros para pie de cría	Si	No
Administración	37	Usa bitacoras o registros de ganado	Si	No
	38	Tiene un control escrito de ventas y de costos	Si	No
	39	Utiliza programas de computo para la administración de su empresa	Si	No
	40	Se prepara con alimento o forraje para la época de secas	Si	No
	41	Compra alimento para la época de secas	Si	No
Manejo de praderas	42	Realiza muestreo de suelo	Si	No
	43	Aplica fertilizantes y agroquímicos en praderas	Si	No
	44	Siembra cultivos anuales para forraje	Si	No
	45	Ensila forrajes	Si	No
	46	Cuenta con red de distribución de agua en sus potreros	Si	No
	47	Cuenta con cercos vivos	Si	No
	48	Cuenta con arboles en sus potreros	Si	No
	49	Tiene cerco eléctrico	Si	No
	50	Realiza control de malezas	Si	No