

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Población necesaria de Prunus serotina, para
establecer un balance de las emisiones y el
secuestro de CO₂ en la provincia de Chupaca,
región Junín, en el año 2022**

Raul Alex Najera Daza
Jack Johssi Soldevilla Paucar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Tesis VF

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

11%

★ hdl.handle.net

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTO

A Dios, sobre todas las cosas por seguir bendiciéndonos y caminar con nosotros en cada paso de nuestras vidas.

A nuestras familias, por el apoyo y por motivarnos con casos de superación.

DEDICATORIA

A nuestro papá Dios, a nuestros padres, por permitirnos perseverar, por llenarnos de fortaleza, por confiar en nosotros y apoyarnos.

2.2.1.7. Flujo y transporte de CO ₂	28
2.2.1.8. Estimación de la captura de CO ₂	29
2.2.2. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero	29
2.2.3. Cambio climático	30
2.2.4. Efecto invernadero	31
2.2.5. Calidad de aire	32
2.2.6. Arbolado urbano	32
2.2.7. Sumidero de carbono	32
2.3. Definición de términos básicos	35
CAPÍTULO III.....	37
METODOLOGÍA.....	37
3.1. Método, y alcance de la investigación	37
3.1.1. Método de investigación	37
3.1.2. Alcance de la investigación	37
3.2. Diseño de la investigación	37
3.3. Población y muestra	38
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.4.1. Técnicas	38
3.4.1.1. Observación	38
3.4.1.2. Análisis documental	38
3.4.2. Instrumentos.....	38
3.4.2.1. Fichas de recojo de datos	38
3.4.2.2. Ficha de análisis documental	38
CAPÍTULO IV.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Presentación de resultados	40
4.1.1. Determinación de la cantidad de emisiones de CO ₂ en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022	40
4.1.2. Determinación de la cantidad de CO ₂ que secuestra <i>Prunus serótina</i>	41
4.1.2.1. Cálculo del área basal	42
4.1.2.2. Cálculo del volumen	42
4.1.2.3. Cálculo de biomasa aérea de árboles	43
4.1.2.4. Cálculo del carbono almacenado	43
4.1.2.5. Cálculo del secuestro de dióxido de carbono	44
4.1.3. Intervención del carbono almacenado en relación con el árbol <i>Prunus serótina</i> ..	44
4.1.4. Cantidad de plantas <i>Prunus serótina</i> que necesita la provincia de Chupaca	45

4.1.5. Valoración económica del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones a reforestar de <i>Prunus serótina</i> que necesita la provincia de Chupaca	45
4.2. Discusión de resultados.....	51
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Lista de referencias	55
Anexos	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Impactos conexos al cambio climático en los años 2003-2013	16
Tabla 2. Potencial de calentamiento global (PCG).....	24
Tabla 3. Permanencia de los GEI.....	24
Tabla 4. Clasificación taxonómica del <i>Prunus serótina</i>	34
Tabla 5. Usos tradicionales del <i>Prunus serótina</i>	35
Tabla 6. Proyección de la concentración de CO ₂	41
Tabla 7. Valoración económica del secuestro de CO ₂ en plantaciones de <i>Prunus serótina</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la provincia de Chupaca	15
Figura 2. Efecto invernadero.....	23
Figura 3. Generación per cápita de CO ₂	25
Figura 4. El ciclo del carbono	26
Figura 5. Efectos del cambio climático	31
Figura 6. Sistema forestal como sumidero de carbono	33
Figura 7. Prunus serótina	33
Figura 8. Uso actual de las tierras de la provincia de Chupaca.....	47
Figura 9. Concesiones mineras de la provincia de Chupaca.....	47
Figura 10. Ocurrencia de incendios de la provincia de Chupaca.....	48
Figura 11. Áreas degradadas de la provincia de Chupaca	48
Figura 12. Áreas urbanas de la provincia de Chupaca.....	49
Figura 13. Áreas verdes urbanas (parques) de la provincia de Chupaca	49
Figura 14. Áreas agrícolas de la provincia de Chupaca.....	50
Figura 15. Actividades económicas de la provincia de Chupaca.....	50
Figura 16. Distribución de la población necesaria de Prunus serótina	51

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la población necesaria de *Prunus serótina*, que permita establecer un balance para la provincia de Chupaca, con relación a las emisiones y el secuestro de CO₂. La metodología consistió en una investigación de método deductivo, alcance descriptivo – explicativo y diseño no experimental, la muestra estuvo constituida por 21 plantas de *Prunus serótina*, con muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados mostraron que una sola especie de *Prunus serótina* secuestra un total de 0.70 toneladas métricas de CO₂ por año; que la intervención del carbono almacenado en relación a la especie el 18.7 % es liberado a través de la respiración, por oxidación, y el 81.3 % retenido en la planta, en sus hojas, tallos y ramas; y que para el 2030 la valoración económica del secuestro del CO₂ de *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca, región Junín, estará entre un total de USD 23,345 – 46,690/t CO₂ /ha. Se concluyó que 452,598.00 plantas de *Prunus serótina* son necesarias para el año 2030 para generar un balance de emisiones y el secuestro de CO₂ en la provincia de Chupaca, región Junín.

Palabras claves: balance de emisiones de CO₂, *Prunus serótina*, secuestro de CO₂, sumidero de carbono

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the necessary population of *Prunus serotina*, which allows establishing a balance for the province of Chupaca, in relation to emissions and CO_2 sequestration. The methodology consisted of a deductive method investigation, descriptive - explanatory scope and non-experimental design, the sample consisted of 21 *Prunus serotina* plants, with non-probabilistic sampling for convenience. The results showed that a single species of *Prunus serotina* sequesters a total of 0.70 metric tons of CO_2 per year; that the intervention of the carbon stored in relation to the species, 18.7% is released through respiration, by oxidation, and 81.3% retained in the plant, in its leaves, stems, and branches; and that by 2030 the economic valuation of the sequestration of CO_2 from *Prunus serotina* in the province of Chupaca, Junín region will be between a total of USD 23,345 – 46,690/t CO_2 /ha. It was concluded that 452,598.00 *Prunus serotina* plants are necessary for the year 2030 to generate a balance of emissions and the sequestration of CO_2 in the province of Chupaca, Junín region.

Keywords: carbon sink, CO_2 emissions balance, CO_2 sequestration, *Prunus serotina*

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la población necesaria de *Prunus serótina*, que permita establecer un balance para la provincia de Chupaca, con relación a las emisiones y el secuestro de CO₂, también se puede comprender el nivel en el que las dimensiones de la variable **Población necesaria de *Prunus serótina*** se relaciona de manera significativa con el **Balance de emisiones y el secuestro de CO₂**.

Esta investigación abordó la variable Población necesaria de *Prunus serótina* con la cantidad de unidades requeridas de la especie *Prunus serótina* para algún fin. Por otro lado, el Balance de emisiones y el secuestro de CO₂ se define como una captura y almacenamiento de dióxido de carbono.

Se desarrolló demostrando la hipótesis de que la población necesaria de *Prunus serótina* permite establecer un balance para la provincia de Chupaca, con relación a las emisiones y el secuestro de CO₂ será superior a dos millones de árboles.

La ficha de recojo de datos se realizó considerando los datos del inventario arbóreo, recolectando data como de altura de planta, perímetro, diámetro de altura de planta, densidad básica, captura de CO₂, entre otros datos, la población de la presente investigación son todas las plantas de *Prunus serótina* en el departamento de Junín en el año 2022 y se tomó una muestra no probabilística por conveniencia, conformada por 21 plantas de *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca en el año 2022.

El objetivo de la investigación fue determinar la población necesaria de *Prunus serótina* que permita establecer un balance para la provincia de Chupaca, con relación a las emisiones y el secuestro de CO₂. Para este fin, se estableció un instrumento de recolección de datos que permitió medir la población necesaria de *Prunus serótina*, el instrumento de recolección de datos y la base de datos de registros académicos permitieron determinar la correlación.

La investigación está dividida en 4 capítulos cuya estructura se detalla a continuación:

En el capítulo I, planteamiento del estudio, se desarrolló el planteamiento y formulación del problema, determinación de los objetivos general y específicos, justificación e importancia del estudio, la hipótesis y descripción de variables.

El capítulo II comprende el desarrollo del marco teórico, se muestran los antecedentes, bases teóricas relacionadas con las variables, asimismo, la descripción de los términos básicos.

En el capítulo III, metodología de investigación, se describe el método, alcance y diseño de la investigación, población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV, se presentan los resultados, el análisis de datos y su respectiva discusión.

Finalmente, se encuentran las conclusiones, recomendaciones, la lista de referencias y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El cambio climático con el paso del tiempo se vuelve un tema central en las políticas de diferentes países, pues presenta un efecto directo en el medio ambiente y repercute en la sociedad en diferentes aspectos al liberarse gran cantidad de dióxido de carbono, ya que en el 2021 aproximadamente 36.300 millones de toneladas se estimaron, sin embargo, la incorporación de dióxido de carbono (CO₂) durante las últimas dos décadas procedió en un 75 % de la quema de combustibles fósiles y el 25 % como resultado de los cambios en el uso del suelo, particularmente de la deforestación (1) (p. 84).

En este contexto, el territorio peruano durante el periodo 2020 cooperó al calentamiento global con una producción de 44,479 megatoneladas de emisiones de CO₂, donde el 65,7 % de los gases fueron generados por la silvicultura, y las diferentes rotaciones de cultivo en el suelo, no obstante, este sector tiene en consideración que las únicas fuentes que accionan como sumideros de gases de efecto invernadero de la atmósfera a la biomasa forestal y otros stocks leñosos, ya que logran capturar 3275 gigagramos de dióxido de carbono equivalente (Gg CO₂ eq), donde se incluye un aumento de biomasa y cultivos de tipo perenne, así como el abandono de áreas con cultivo, con un secuestro de 24,273 Gg CO₂ eq, procedente del aumento de biomasa, especialmente, el desarrollo natural de bosques secundarios (2).

Por otro lado, las variaciones climáticas generan como efecto la pérdida de flora, fauna, infraestructura e incluso vidas humanas, en ese sentido, se deben realizar proyectos para reducir los efectos que ocasionan las variaciones climáticas, como, por ejemplo, la disminución de la pérdida de glaciares, ya que es un recurso hídrico esencial para la vida y su retroceso en

intervalos de tiempos reducidos influye en las variaciones climáticas (3) (p. 20). Asimismo, el territorio se encuentra en grave peligro por las alteraciones de sus precipitaciones y temperaturas que causan sequías, inundaciones, y desplazamientos de suelo, cuya gravedad, frecuencia e impactos se tornan graves debido a la oscilación sur de El Niño y su ampliación a causa del cambio climático (4) (p. 11).

Por otro lado, existen otros problemas que afectan en gran medida al ambiente por acción del ser humano, así, por ejemplo, la deforestación, y la expansión de la agricultura que también influyen en el cambio climático y amenazan con un crecimiento sostenible, por ello, a niveles regionales se está consolidando esfuerzos para reducir los niveles de emisiones contaminantes, siendo en la región de Junín mediante la Estrategia Regional de Cambio Climático, ya que la zona de Junín es considerada la más vulnerable a nivel nacional, a pesar de que su generación contaminante es alrededor de 14152.32432 t/año de CO₂ es representada por el 26 % de la generación de gas nacional, presenta eventos asociados al cambio climático como lluvias intensas en un 42 %, inundaciones en un 24 %, movimientos en masa en un 20 %, y en menor medida se producen heladas y nevadas en un 11 % y 3 %, respectivamente (5). Por lo expuesto, el presente estudio tiene como lugar de estudio la provincia de Chupaca, que está ubicada en el departamento de Junín, como se muestra en la figura 1, lugar donde se han desarrollado actividades de minería, deforestación por expansión agrícola de otros cultivos con mayor demanda, provocando la disminución de especies secuestradoras de CO₂, lo que ha ido influyendo en el cambio climático y el aumento de las emisiones de CO₂, es por lo que se están consolidando esfuerzos para reducir los niveles de emisiones contaminantes; y tiene como fin establecer un balance para la provincia de Chupaca, referente a las emisiones y el secuestro de CO₂ mediante la determinación de la población necesaria de una especie nativa como sumidero de gases de efecto invernadero.

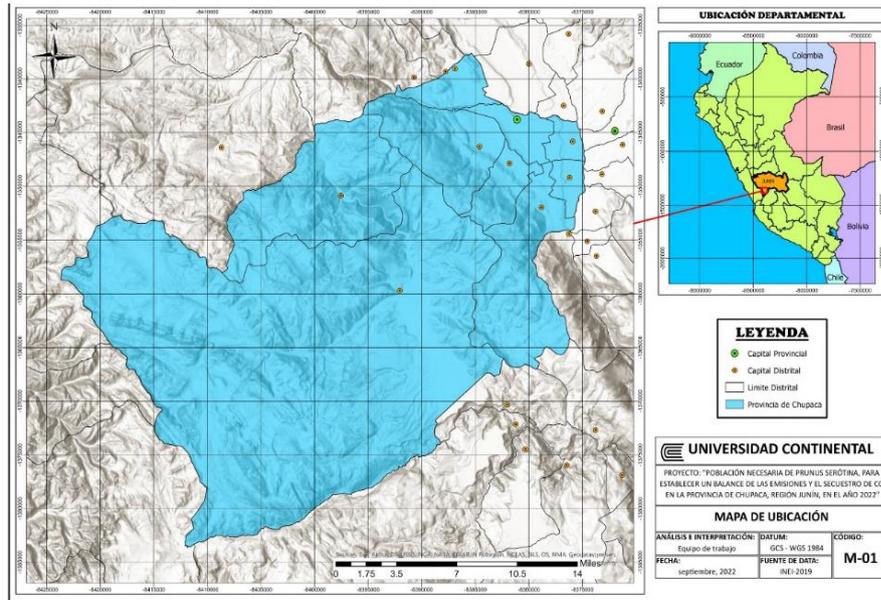


Figura 1. Ubicación de la provincia de Chupaca

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1. Problema general

¿Cuánto es la población necesaria de *Prunus serótina*, que permita establecer un balance para la provincia de Chupaca, con relación a las emisiones y el secuestro de CO₂?

1.1.1.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuánto CO₂ secuestra *Prunus serótina* para mitigar el cambio climático en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022?
- b. ¿Cuánto es la intervención del carbono almacenado con relación al árbol *Prunus serótina*, en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022?
- c. ¿Cuánto es el valor económico del secuestro del CO₂ de la población necesaria de *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la población necesaria de *Prunus serótina*, que permita establecer un balance para la provincia de Chupaca, con relación a las emisiones y el secuestro de CO₂.

1.2.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la cantidad de emisiones de CO_2 en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022.
- b. Determinar la cantidad de CO_2 secuestra *Prunus serótina* para mitigar el cambio climático en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022.
- c. Determinar cuánto es la intervención del carbono almacenado con relación al árbol *Prunus serótina*, en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022.
- d. Valorar económicamente el secuestro del CO_2 de la población necesaria de *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022.

1.3. Justificación e importancia

Es necesaria la justificación teórica, ya que la generación de gases de efecto invernadero día a día se incrementa, y son los ecosistemas los que intentan contrarrestar este efecto por medio de la captura del C atmosférico en el suelo y la biomasa; a raíz de ello nace la propuesta de la implementación de sistemas agroforestales que actúen como sumideros de carbono, debido a que hoy en día, la provincia de Chupaca presenta el mayor grado de sensibilidad, debido a la siguiente data histórica, donde los impactos conexos al clima ocurrieron en los años 2003 al 2013.

Tabla 1. Impactos conexos al cambio climático en los años 2003-2013

Sector	Categoría	Afectaciones
Educación	Instituciones educativas	1 institución afectada y colapsada.
Salud	Salud de la población	Exposición: 3550 personas afectadas, damnificadas, heridas, fallecidas y desaparecidas. Sensibilidad: a causa del 27 % de lluvias intensas, el 25.73 % por inundación, el 23.25 % por heladas, el 16.36 % por movimientos de masas y el 7.42 % por nevadas.
	Infraestructura de salud	Sensibilidad: 1 establecimiento de salud afectado y colapsado. Exposición: a causa de las lluvias intensas.
Ciudades, viviendas y saneamiento	Viviendas	Exposición: 706 viviendas afectadas, colapsadas, inhabitables, por provincia. Sensibilidad: a causa del 42 % de lluvias intensas, el 33.95 % por inundación, el 11.85 % por nevadas, el 11.14 % por movimientos de masa.
Actividades económicas	Actividad agrícola	Exposición: 4 086.25 ha de áreas de cultivo y cobertura natural afectadas y perdidas; 114 ha áreas de cobertura vegetal afectada y perdida. Sensibilidad: a causa de las heladas en un 47.23 % y 42.84 %, de las lluvias intensas en un 17.65 % y 10.5 %.

	Producción agropecuaria	Exposición: 3 231 ganados afectados y perdidos. Sensibilidad: a causa de los movimientos de masa en un 39.54 %, de lluvias intensas en un 19.3 %, de nevadas en un 19.17 % y de heladas en un 18.2 %.
Infraestructura económica	Carreteras y caminos rurales	Exposición: 5 carreteras y caminos rurales afectados y colapsados. Sensibilidad: a causa de los movimientos de masa en un 55.7 %, de inundaciones en un 25.86 % y de lluvias intensas en un 13.8 %.

Nota: Gobierno Regional Junín (6)

En la tabla 1 se muestran los impactos conexos al cambio climático en los años 2003-2013, por ende, la provincia de Chupaca presenta una importante exposición de los ecosistemas y diversidad biológica al cambio climático, poniendo en evidencia su vulnerabilidad con la exposición de los eventos hidrometeorológicos a la variación en la temperatura; el actual estudio servirá de aporte informativo para instituciones locales, regionales, nacionales, e incluso internacionales, buscando una buena gestión, conservación, y evaluación de los recursos naturales; y como base para el desarrollo de futuros trabajos relacionados a este recurso y reducir los efectos del calentamiento global (6).

Se justifica de manera práctica dado que, orientará a las autoridades de la provincia de Chupaca para que apliquen la implementación de un plan de manejo adecuado, a fin de conducir buenas prácticas y finalmente el buen aprovechamiento de los recursos naturales, enfocándose en el árbol de *Prunus serótina*, que proporciona servicios ecosistémicos para el secuestro y acumulación de carbono, que propicien el desarrollo de proyectos ambientales en la región de Junín e incluso en todo el país, facilitando el desarrollo y, por tanto, la inversión de esta alternativa eficiente, que enmarcará en la Gestión Ambiental (7) (p. 130).

Tiene relevancia social, ya que la problemática del cambio climático genera afectaciones en todo el mundo, mediante el aprovechamiento de la especie *Prunus serótina* para el balance de las emisiones y el secuestro de CO₂, así, los pobladores de la provincia de Chupaca podrán aumentar sus conocimientos y tomar conciencia de que es importante tomar acciones inmediatas para mitigar el cambio climático y que entre sus especies endémicas está una especie capaz de mitigar el impacto negativo por el cambio climático, reactivando su siembra, ya que con el continuo crecimiento de la ciudad esta había desaparecido junto con otras especies que se habían adaptado a la zona; todo ello con el fin de una mejora en la condición de vida (8) (p. 36).

Se justifica de manera metodológica, para el establecimiento de los logros del estudio se usaron herramientas y métodos de innovación, levantando información de la provincia sobre cuánto CO₂ genera e información de la vegetación (la especie *Prunus serótina*), evaluando la aplicación de una alternativa ecoamigable, para ver la relevancia de la función paisajística en cuanto a la intervención del carbono almacenado en relación al árbol *Prunus serótina*, aportando resultados con buena base metodológica considerado de mucho valor, lo que complementará a los procedimientos y metodologías existentes (9) (p. 1253).

La importancia de la investigación radica en que el distrito de Chupaca está teniendo problemas ambientales debido al incremento de emisiones de CO₂, y se busca con la especie *Prunus serótina* la captura de gran parte de estas emisiones, elegida debido a su gran adaptabilidad a esta zona de estudio, con las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo; el secuestro y acumulación de CO₂ se puede considerar como un agente que limite a las emisiones de carbono a la atmósfera por acciones humanas a causa del desarrollo industrial. De este modo, facilita reducir un negativo impacto sobre el ambiente, debido a la baja conciencia medioambiental y la falta de compromiso por la conservación del medioambiente (10).

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

La población necesaria de *Prunus serótina*, que permita establecer un balance para la provincia de Chupaca, con relación a las emisiones y el secuestro de CO₂ será superior a dos millones de árboles.

1.4.2. Hipótesis nula

La implementación de sembríos de *Prunus serótina* influirá negativamente en la mitigación del cambio climático, captando significativamente CO₂, en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2021.

1.4.3. Hipótesis alterna

La implementación de sembríos de *Prunus serótina* es incongruente en la mitigación del cambio climático, captando significativamente CO₂, en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

En Estado Unidos, se ejecutó un estudio que cuantificó el secuestro de carbono por medio de la reforestación y patrones para pastizales de minería y carbón, que se restauran a través de la plantación de árboles localizados al sur de los Apalaches. Los resultados de las tasas de secuestro de carbono del suelo para suelos forestales restaurados se acercan a 2,0 MgC ha⁻¹ y⁻¹ inicialmente y promedian 1,0 MgC ha⁻¹y⁻¹ durante los primeros cincuenta años después de la recuperación y se estima que el carbono de la planta se equilibra en 110 MgC ha⁻¹ después de cuarenta años. Se utilizó métodos de muestreo y modelado utilizados para cuantificar estos flujos de carbono para los sitios de la minería del carbón en la cima de la montaña (MCM) reforestados, comparándose el carbono del suelo y el carbono que no es del suelo para la recuperación de reforestación, recuperación de pastizales y sitios no minados. Concluyéndose que, los resultados destacan el potencial de secuestro de carbono para restaurar los sitios de minería a cielo abierto, que puede ayudar a restaurar la función hidrológica de la superficie de la tierra al permitir mayores tasas de infiltración y una mayor acción de las raíces para apoyar la función biológica de la columna del suelo (11) (p. 2).

En España, se evaluó el potencial de secuestro de carbono de varias especies utilizadas como cubiertas vegetales en dos olivares, por tres temporadas de cultivo en dos olivares de Andalucía. Sembrándose las especies: una gramínea, dos crucíferas (*Eruca vesicaria* y *Sinapis alba*), leguminosas: arveja común, arveja amarga y arveja vellosa, y se compararon con la vegetación espontánea de la zona. Se estudió la liberación de carbono de las cubiertas vegetales y se analizó el carbono orgánico del suelo (COS) durante el período de descomposición para

evaluar la fijación de carbono atmosférico. Los incrementos de COS en los primeros 20 cm de suelo alcanzaron valores más altos con crucíferas y gramíneas que con leguminosas *Sinapis alba*, que obtuvo el mejor resultado con 2.56 Mg COS ha⁻¹ año⁻¹. El establecimiento de cubiertas vegetales es una herramienta eficaz para el secuestro de carbono atmosférico y para proteger el suelo de la erosión. El método fue de diseño experimental, utilizándose bloques completos al azar, ubicados perpendicularmente al talud, con cuatro repeticiones. Las fechas de siembra fueron entre octubre y noviembre, dependiendo de las condiciones climáticas. *Eruca vesicaria* y *Sinapis alba*, las semillas fueron recolectadas previamente de poblaciones silvestres espontáneas y replicadas en el Centro de Investigación de Andalucía. Se concluyó que, a pesar de que la vegetación espontánea es la opción más extendida por los agricultores para cubrir el suelo de sus olivares, los resultados de este estudio revelan que otros tipos de cubiertas vegetales (CG) pueden ser más beneficiosos para fijar en el suelo parte del carbono atmosférico secuestrado en residuos vegetales (12) (p. 12).

En Colombia, se realizó un estudio que analizó la variación de la captura de carbono a lo largo de tres etapas sesionales: pastizales abandonados, arbustales y bosques secundarios; donde se midió siete características de 41 especies y determinaron 4 tipologías de especies funcionales. El área base y la abundancia relativa de los tipos funcionales de plantas (TFP) se redujeron en periodos sucesivos, en contraste, los patrones de cambio para los TFP conservativos fueron menos consistentes. La media ponderada de la comunidad (MPC) del área foliar, el contenido de materia seca de la hoja, densidad de madera y altura máxima en el bosque secundario fueron significativamente más altos que en periodos sucesivos anteriores. Estos resultados corroboran a comprender mejor el secuestro de carbono mientras se busca un Bosque Seco Tropical (bs-T). Concluyéndose que, el incremento en la MPC de la densidad de la madera, que muestra la relación entre los cambios funcionales en el sucesor y la reducción de la detención del carbono, acompañados de un almacenamiento más grande, por lo que genera estudios futuros en el análisis detallado de las relaciones entre la abundancia/dominancia de TFP y densidad con respecto al proceso de secuestro de carbono (13) (p. 178).

Otro estudio en Colombia estimó la captura de carbono en el comportamiento forestal, para después calcular su valor monetario. La metodología consistió en el empleo de una base de datos por medio de un muestreo de árboles por transectos, calculando la densidad, tipo de especie, altura, diámetro y biomasa aérea. Los resultados mostraron los impactos por acción del hombre en el bosque, cuenta con 63 especies nativas, donde la especie con máxima importancia ecológica es el guacamayo *Albizia niopoides* que son sumideros de aproximadamente 57,2 t/ha, lo que representa un valor de 637,22 dólares/t/ha, y que los servicios forestales dentro del bosque, enfocados a captura de CO₂ tiene un valor promedio de US\$ 317480. Concluye que la

captura de CO_2 se incrementa al año debido que el perímetro de las especies y su madurez aumenta, el carbono almacenado es equivalente al desarrollo de la biomasa aérea posterior a la defoliación (14).

En Ecuador, se realizó un estudio que evaluó la cantidad de captura de carbono por especies provenientes de dos parques en Cuenca. La metodología consistió en el empleo de dos parques como áreas de estudio «El Paraíso» y «De la Madre», empleó data del Inventario Forestal de parques urbanos en Cuenca; aplicó el cálculo de la densidad de madera, cálculo de biomasa, cálculo del carbono almacenado. Los resultados mostraron que los árboles mayores a 50 cm de diámetro presentaron mayor incremento de carbono, en 2019 32,50 toneladas métricas de carbono, más del 56.52 % que, en el año 2017, donde la especie *Salix humboldtiana Willd* fue la de mayor predominancia con 30,27 toneladas de carbono almacenado en las 2017 y 42,34 toneladas en el 2019; entre las menos abundantes estuvo el *Prunus serótina*, que alcanzó 0.42 toneladas en el 2017 y 0.61 toneladas en el 2018. Concluyó que la especie *Salix humboldtiana Willd*, acumuló mayor dióxido de carbono, es una buena alternativa para el balance de emisiones (15).

En Ancash, Perú, el estudio se realizó a gran altura del bosque nativo de la Comunidad Campesina de Tumpa, distrito y provincia de Yungay, en el departamento de Ancash, concretamente en el bosque de *Polylepis sp.*, a una altitud que varía entre 3381 y los 3932 m s. n. m., tuvo como objetivo estimar el potencial de secuestro de carbono de las especies de flora predominante en la parte alta del bosque. La metodología consistió en el desarrollo de un inventario, teniendo en consideración de los diámetros a la altura del pecho y altura de cada árbol con 2.50 cm a más de diámetro, en 5 parcelas de estudio con medidas de 25 x 4 m, realizó muestreo aleatorio simple en parcelas rectangulares, donde adicionalmente se realizaron evaluaciones de arbustos, hierbas, hojarasca y suelo. Los resultados muestran que 61.818 t C/ha, es el potencial de captura de carbono del bosque, encontraron 37.953 tC/ha de biomasa arbórea, 2.808 tC/ha de biomasa arbustiva/herbácea y 6.791 tC/ha de biomasa de la hojarasca (16).

En Trujillo, Perú, se realizó un estudio con el objetivo de estimar la captura o secuestro de CO_2 de las especies de árboles en el «Pase de las aguas». La metodología consistió en una investigación de diseño no experimental, tipo descriptiva-transversal; empleó una población de 265 árboles; aplicó la observación directa y el análisis documental como técnicas de recolección de datos. Los resultados mostraron una densidad de población arbórea de 0.02 árboles/ m^2 , una biomasa área de la especie *Schinus terebinthifolius* con 18653 kg, logrando una captura de CO_2 de 34200.52 kg, seguida de la segunda especie predominante *Melia azedarach* con 4770.835 kg (17).

En Puno, se realizó un estudio con el objetivo de estimar la captura de CO_2 en plantaciones de *Polylepis sp.*, *Cupressus spp* y *Eucaliptus globulus*. La metodología consistió en una investigación descriptiva, aplicó la evaluación de la biomasa, de carbono y CO_2 , todo ello en un área de estudio de una hectárea, y una muestra de $2500 m^2$ por cada especie. Los resultados muestran que la especie que captura mayor CO_2 , es el *Cupressus spp*, ya que captura $142.35 t C / ha$ y $521.94 t CO_2 / ha$; el *Eucaliptus globulus* $430.04 t CO_2 / ha$ y $117.28 t C / ha$, y la especie *Polylepis sp* con $48.17 t CO_2 / ha$ y $13.13 t C / ha$; que existe mayor captura de CO_2 y carbono a medida que se incrementa la biomasa. Concluye que, la estimación de carbono depende del diámetro de altura de pecho de la especie, y que el árbol tiene un tope en el estado de madurez donde la captura disminuye (18).

En Ucayali, se realizó un estudio con el objetivo de determinar la captura de carbono de las plantas de camu camu *Myrciaria dubia H. B. K. McVaugh* en el distrito de Yarinacocha. La metodología consistió en una investigación de tipo descriptivo-explicativo; empleó una población de 2000 plantas, una muestra de 65 plantas. Los resultados mostraron que el camu camu a los 5, 10 y 15 años, tienen mayor captura de carbono en sus hojas y tallos, donde, en sus tallos destacaron las plantas de 15 años con una captura de $21,93 kg/carbono$ y a los 10 años existe una mayor captura en las hojas; el camu camu a los 15 años captura un total de $13,03 t$ de CO_2 , a los 5 años captura $11,04 t$ de CO_2 y a los 10 años $11,06 t$. Concluye que la edad influye mucho en la cantidad de captura por parte de las especies (19).

En Lima, se realizó un estudio con el objetivo de estimar el carbono almacenado por la especie *Tillandsia latifolia* en el *Tillandsial Piedra Campana*. La metodología consistió en un estudio de diseño experimental; una muestra recolectada en tres semanas, 72 parcelas de $100 m^2$; evaluó la biomasa seca y la captura de carbono; empleó Microsoft Excel para el análisis de datos. Los resultados mostraron una biomasa de $668.52 g.m^{-2}$ en las 72 parcelas, con el 52.66 % promedio de carbono almacenado; donde la cantidad estimada de carbono aéreo es de $4.83 t$ y carbono en el suelo es de $25.87 t$, estimando un total de $30.70 t$ en el lugar de estudio. Concluye que, a mayor cantidad de biomasa aérea es mayor la cantidad de carbono capturado (20).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Gases de efecto invernadero

El efecto invernadero es un sistema de forma natural que conserva al planeta Tierra lo adecuadamente caliente para consentir la vida. Sin este fenómeno la temperatura sería aproximadamente $18 ^\circ C$ bajo cero en la superficie, es decir, que la

vida en la Tierra no sería posible. Cabe resaltar que en la actualidad las actividades antropogénicas han causado el desequilibrio de este fenómeno (21) (p. 6).

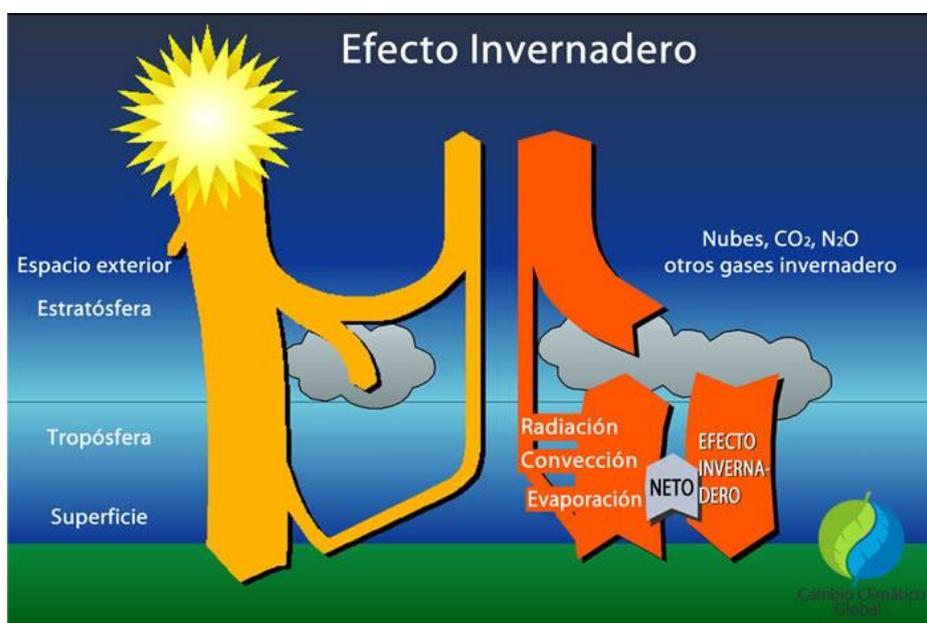


Figura 2. Efecto invernadero

En la figura 2 se muestran los gases de efecto invernadero (GEI), aquellos presentes en la atmósfera, que contribuyen al efecto invernadero. Son de origen natural y antropológico, se entiende como el proceso por el que la radiación térmica emitida por la atmósfera es absorbida por los gases existentes e irradiada en todas las direcciones.

Los gases de efecto invernadero con mayor relevancia son el CO_2 , CH_4 , N_2O y otros gases de efecto invernadero como los clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos e hidrofluorocarbonos (22) (p. 2).

A continuación, en la tabla 2 se muestran las fuentes de emisión y su potencial de calentamiento global de los gases de efecto invernadero mencionados líneas atrás, teniendo mayor potencial los aislantes térmicos SF_6 , los clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos e hidrofluorocarbonos (21).

Tabla 2. Potencial de calentamiento global (PCG)

GEI	Fuente de emisión	PCG
CO_2	Quema de combustibles fósiles y biomasa, procesos industriales, gestión de la tierra, cambios en el uso de la tierra, incineración de residuos.	1
N_2O	Quema de combustibles fósiles y biomasa, agricultura, cambio de uso de la tierra, ganadería, manejo de aguas residuales e incineración de residuos	21
CH_4	Quema de combustibles fósiles y biomasa, cultivo de arroz, ganadería, disposición e incineración de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales.	310
HFC	Refrigerantes líquidos.	140-11700
PFC	Refrigerantes, aerosoles, espumas plásticas.	6500 - 9200
SF_6	Aislantes térmicos.	23900

Nota: tomada de Trespalcios (21)

En la tabla 3 se muestra el periodo de permanencia de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, sobresaliendo el CO_2 con una permanencia de 100 a 150 años (21).

Tabla 3. Permanencia de los GEI

GEI	Permanencia en la atmósfera
Dióxido de carbono CO_2	100 - 150 años
Metano CH_4	12 años
Óxido nitroso N_2O	120 años

Nota: tomada de Trespalcios (21)

2.2.1.1. Dióxido de carbono (CO_2)

Es un compuesto químico, conformado por un carbono y dos oxígenos, donde el carbono es un elemento químico importante para la vida en el planeta, uno de los quince elementos con abundante presencia en la naturaleza, que resulta ser la clave para mantener la vida. El carbono tiene al 6 como número atómico, no metal, encontrándose tanto en la atmósfera como en los organismos vivos y mineral en forma de grafito o diamante (23) (p. 35).

El CO_2 está presente como gas incoloro e inodoro, originado en condiciones naturales y por actividades antrópicas; trae consigo consecuencias graves impactando negativamente en la calidad del aire debido a la contaminación del aire y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Las emisiones CO_2 cada vez se van multiplicando a un ritmo acelerado, contribuyendo con el calentamiento global, sin embargo, este gas no es el único que provoca esto, sino otros gases como los naturales (metano, óxido nitroso) y artificiales (gases fluorados), que representan los GEI, y su incremento desencadena la crisis climática del planeta (24) (p. 833).

Por lo expuesto, el CO_2 es uno de los GEI por su alta absorción de ondas ultravioleta, en ese sentido, a mayor contenido de este elemento en la atmósfera que absorben la radiación infrarroja térmica emitida desde la superficie de la Tierra, mayor es la radiación infrarroja térmica expulsada por la atmósfera hacia el suelo terrestre. En consecuencia, el balance de ondas largas de la superficie será menos negativa y más energía estará disponible para flujos de calor latentes y sensibles en la superficie de la Tierra (25). En la figura 3, se muestra la generación *per cápita* de emisiones de CO_2 en todo el mundo en el año 2020, donde el Perú está en un rango de 1-2 toneladas de emisión de CO_2 por habitante.

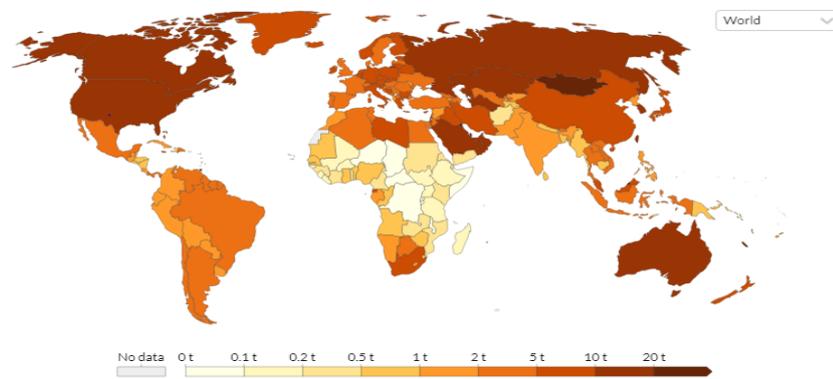


Figura 3. Generación *per cápita* de CO_2 (26)

2.2.1.2. Ciclo del carbono

Empieza con el CO_2 disuelto en las fuentes de agua, para luego ser usados por los organismos autótrofos para posteriormente incorporarse al ciclo en forma de carbohidratos ($C_6H_{12}O_6$) y ser convertidos en alimentos de los carnívoros, omnívoros y herbívoros a través de la cadena trófica; como se muestra en la figura 4, a partir de ahí, cuando un animal pierde la vida actúan hongos y bacterias para realizar la descomposición del CO_2 y transportarlo al aire por medio de su respiración y fermentación. También puede darse de otra manera, con la acción de las plantas, animales y bacterias aeróbicas transportando el CO_2 por su respiración a la atmósfera (27) (p. 2).

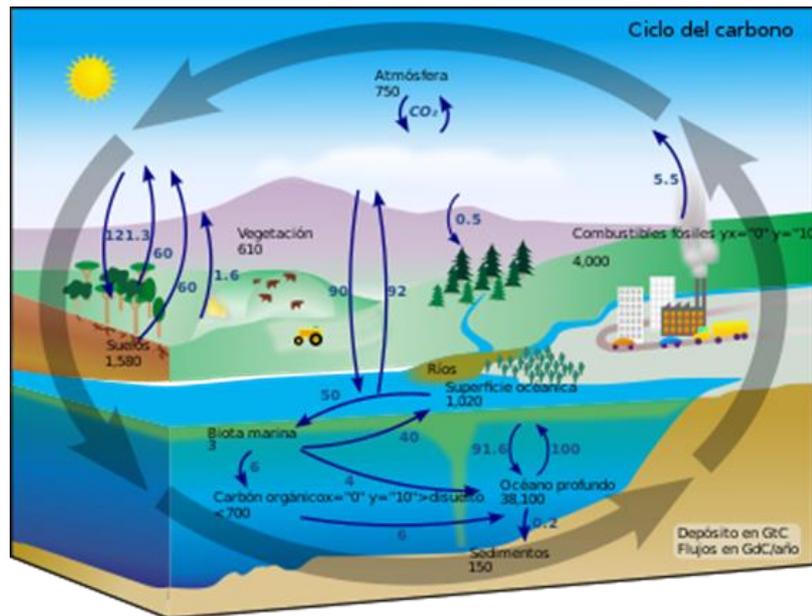


Figura 4. El ciclo del carbono (28)

Las retroalimentaciones directas del ciclo del carbono están impulsadas únicamente por el aumento de las concentraciones atmosféricas, por ejemplo, aumentar el carbono atmosférico aumenta la eficiencia de la fotosíntesis y promueve el crecimiento de las plantas, secuestrando el CO_2 atmosférico, esta amortiguación es una retroalimentación negativa. Del mismo modo, el aumento del CO_2 aumenta el gradiente de concentración entre la atmósfera y el océano, lo que provoca la disolución de carbono en el océano y secuestra el CO_2 (29) (p. 282).

Por otro lado, las retroalimentaciones indirectas influyen en el intercambio de carbono a través de las respuestas de los ecosistemas al cambio climático, por ejemplo, el CO_2 es menos soluble en agua más caliente; por lo tanto, los océanos más cálidos absorben menos contaminante, lo que significa que queda más carbono en la atmósfera. Esto, a su vez, conduce a un mayor calentamiento en un proceso conocido como retroalimentación positiva. Asimismo, las temperaturas más cálidas conducen a temporadas de crecimiento más prolongadas y reducen el CO_2 a través de la absorción fotosintética de las plantas, pero el calentamiento también aumenta la respiración de las plantas y del suelo, el estrés hídrico, la sequía, la pérdida de los bosques, lo que reduce la absorción de CO_2 y aumenta el riesgo de incendios forestales (29) (p. 283).

2.2.1.3. Captura de CO_2

Durante los últimos años ha ido expandiendo las actividades como el empleo de combustibles fósiles para la generación de energía, el sobrepastoreo, cambio de uso del suelo, produciendo elevadas cantidades de emisiones de GEI como el CO_2 , CO, CFCs, NOx y CH_4 ; donde tiene relevancia el CO_2 por altas concentraciones que se emiten al aire, que los ecosistemas forestales capturan el carbono y lo incluyen en su estructura (30) (p. 104).

Por otro lado, se entiende a la captación de CO_2 al proceso por el que el gas contaminante emitido por actividades productivas y fuentes relacionadas con la energía es transportada y almacenada a plazo largo de la atmósfera, es decir, se transporta a un área en donde será acumulado, tratándose de una tecnología viable tanto económicamente como ambientalmente. Por otro lado, se consideraría como paliativa, si no disminuye la generación de CO_2 (31).

2.2.1.4. Métodos para la captura de CO_2

Se aplican con la creación de alternativas de sumideros de carbono, entre ellos (32):

- La conservación de plantas nativas, contribuir con la forestación y reforestación.
- Plantar grandes locaciones con organismos genéticamente modificados para captar carbono eficiente o generar bioplástico más perdurable a partir de carbono.
- Fabricar autos a partir de carbono.
- Disparar torpedos de hielo seco a las zonas más profundas del océano.
- Sepultar restos orgánicos o tronco de árboles en los fondos marinos.
- Implementar granjas de algas en condición flotante por miles de km referente a dimensión a fin de que se convierta más pesadas por el consumo de CO_2

2.2.1.5. El secuestro y almacenamiento de CO_2

Las afiliaciones de tecnologías para recolectar y almacenar dióxido de carbono pueden reducir las emisiones de GEI por un elevado periodo de vida de las plantas de combustibles fósiles. Aunque todos los componentes de los sistemas que integran la existencia y, actualmente, están siendo utilizados por

la industria de la explotación y refinación de combustibles fósiles, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) aún no se ha implementado en una planta eléctrica (33).

2.2.1.6. Captura y almacenamiento de CO_2 en la mitigación del cambio climático

Los ecosistemas terrestres y oceánicos actúan como amortiguadores naturales que limitan el aumento de CO_2 en la atmósfera al absorber y secuestrar casi la mitad del CO_2 emitido. Aunque las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero siguen aumentando, hasta ahora esta mitigación natural del cambio climático ha seguido proporcionalmente el ritmo de las emisiones, limitando el calentamiento global hasta cierto punto (34) (p. 2).

Sin embargo, esta situación podría cambiar. Por ejemplo, aunque los bosques tropicales de la Amazonía han sido sumideros de CO_2 durante los últimos 50 años, el aumento del cambio en el uso de la tierra, la sequía, los incendios y la muerte de árboles en los últimos años pueden haber inclinado la balanza, convirtiendo a esta región en una fuente periódica de carbono neto (35) (p. 4).

Una estrategia que se está implementando, es la opción de minimización que incluyen mejorar la eficiencia energética, la prioridad del combustible bajo en carbono, la energía nuclear, la fuente de energía renovable, la mejora de los pozos biológicos y la reducción de los efectos de las emisiones de gasolina diferentes de CO_2 tienen la capacidad de reducir los costos generales de minimización y aumentar la flexibilidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (36).

2.2.1.7. Flujo y transporte de CO_2

Una vez inyectados en formaciones geológicas profundas, los principales mecanismos de flujo y transporte que controlan la migración de CO_2 incluyen:

- Flujo de fluido en los medios porosos con respecto al gradiente de presión
- Flujo de fluidos como resultado de gradientes hidráulicos naturales

- Presión de flotabilidad iniciada debido a las diferencias entre la densidad del CO_2 y los fluidos de formación
- Difusión
- Dispersión y digitación debido a las heterogeneidades del yacimiento y el contraste de movilidad entre el CO_2 y los fluidos de formación
- Disolución de CO_2 en el fluido residente
- Mineralización
- Captura de fase
- Adsorción de CO_2 por los materiales orgánicos

2.2.1.8. Estimación de la captura de CO_2

La estimación de la captura de CO_2 es aplicada generalmente por la siguiente formula (37):

$$CO_2 = B \times F \dots\dots\dots (1)$$

$$F = CC \times \frac{44}{12}$$

Ecuación 1. Estimación de la captura de CO_2

Leyenda

CO_2 : dióxido de carbono

B: biomasa (t/ha)

F: factor de conversión

CC: contenido de carbono

2.2.2. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ingei) es un informe que muestra los factores de emisión de CO_2 más actualizados, el más reciente fue publicado del 2016 acorde a la Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N.º 30754) y del Decreto Supremo N.º 013-2014-MINAM, que encargan al Ministerio del Ambiente (Minam), mostrando un total de emisiones de 205,294.17 gigagramos de dióxido de carbono equivalente GgCO₂eq, con 50,039.16 GgCO₂ en el sector energía, 5,690.95 en procesos industriales, 109,253.83 en el sector agricultura y usos de tierra y 61.7 en desechos, mostrados en el anexo 4 (38).

2.2.3. Cambio climático

El cambio climático es una de las amenazas más preocupantes, ya que los gases producidos por la actividad antropogénica están variando el clima del planeta por la emisión de gases a la atmósfera, que captan la energía y el calor emitido por el Sol, lo que incrementa el efecto invernadero, y hace que el planeta sea habitable (39) (p. 125). Las variaciones se ven afectadas por cambios naturales, como los efectos del desarrollo de actividades humanas. Las posibles causas incluyen la variación periódica en la intensidad solar inducida por las manchas del Sol, que tiene una duración de unos 30 años, así como erupciones volcánicas y eventos extremos en la órbita del sol (36).

De esta manera, se predice un incremento de 2 °C en la tropósfera inferior, cuyos niveles subirán más en montañas altas que en elevaciones más bajas. En consecuencia, la pérdida de hielo global ha aumentado en un 57 % desde la década de 1990, de 0,8 a 1,2 billones de toneladas por año. Así, entre el periodo de 1994 y 2017, el derretimiento de 28 billones de toneladas de hielo causó que el nivel del mar se eleve en 34,6 mm (40). Al respecto, en el territorio peruano se estima que la superficie glaciaria nacional se reducirá entre un 38 % a 60 % hacia la mitad del siglo XXI y de 49 % a 75 % hacia el año 2080 (41).

Incluso a partir del 2100, se presume que la mayoría de las grandes ciudades costeras enfrentarán niveles del mar más de un metro más altos que los presentes, causando que el 0,5 a 5 % de la población mundial se inunde cada año (41). Asimismo, la deforestación se relaciona con las inundaciones, ya que al momento de talar indiscriminadamente árboles se produce el deslizamiento de manera severa de las laderas al no contar con elementos que absorban el agua, lo que produce que se deslice tierra y agua, residuos e inclusive contaminantes, colmando la capacidad de los ríos y ocasionando avalanchas, también existe un vínculo estrecho entre el cambio climático y la deforestación, ya que los bosques eliminan aproximadamente el 30 % de las emisiones de dióxido de carbono producidas por el hombre de la atmósfera, por ende, la cobertura boscosa mitiga y contribuye en cierta medida en enfrentar los efectos del cambio climático mediante el almacenamiento y absorción del dióxido de carbono (2).

Por el contrario, durante la deforestación se libera a la atmósfera el CO_2 almacenado por los árboles, que es responsable del 10 % de todas las emisiones. Además, la problemática de cambio climático también es influenciada por la contaminación donde se precisa una alteración desfavorable del entorno como un subproducto de las acciones humanas, a través de efectos indirectos o directos en

cambios del patrón de energía, los niveles de radiación y en la abundancia física y química de los organismos. Que se evidencia en el deterioro estético de las ciudades a causa del abandono y la acumulación de la basura (35) (p. 2).

Asimismo, esta problemática globalizada genera 13 millones de toneladas de desechos diariamente con una generación media de 0,11 a 4,54 kilogramos por habitante al día que varía en relación con el desarrollo económico de cada país, lo que representa pérdidas económicas de 940 mil millones de dólares al año y a su vez provocan una emisión de 4,4 % de CO_2 por año, equivalente a la generación del tercer país con mayores emisiones del mundo (42). En la figura 5, se muestran los efectos de este cambio climático como las inundaciones, aumento del nivel del mar, incendios forestales, erosión, entre otros.



Figura 5. Efectos del cambio climático (43)

2.2.4. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno de condición natural, ya que ciertos gases retienen parte de la radiación del Sol, haciendo que se mantenga condiciones óptimas para la vida humana. Sin embargo, debido a diversas actividades antrópicas, presentes en industrias, la ganadería, agricultura y transporte, han incrementado la presencia de estos gases, provocando la retención de esta radiación y a su vez aumentando la temperatura en el planeta (44) (p. 48).

Es sabido que la Tierra se rodea por una fina capa de gases llamada atmósfera, que es una mezcla de N en un 78.3 %, O en un 21.0 %, Ar en un 0.3 %, CO_2 en un 0.03 % y otros en menores concentraciones. Además, contiene aerosoles en forma de partículas en cantidades variables que dependen del origen, y el vapor de agua en

cantidades fluctuantes, cabe resaltar que este vapor es el responsable de la mayoría de los fenómenos meteorológicos (45).

2.2.5. Calidad de aire

En el Perú, la calidad del aire hace referencia a la obediencia de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire (ECA Aire) plasmado en el Decreto Supremo N.º 003-2017-Minam, en donde se establece el nivel óptimo para la presencia de contaminantes en el aire, a fin de no excederse y, así mismo, no tenga efectos significativos sobre la salud de los habitantes y del ambiente (46).

2.2.6. Arbolado urbano

El arbolado urbano es el conjunto de árboles, que constituyen un recurso relevante en las zonas urbanas debido a los servicios ecosistémicos y ambientales que brindan a la población, en donde el follaje y fruto proveen de hábitat, refugio y alimentación para diferentes animales. Asimismo, el arbolado urbano es fuente de oxígeno, actúa como sumidero de carbono y permite la reducción de la temperatura a nivel de microclima, es por lo que, para una calidad de vida óptima se debe depender de los espacios verdes (47). Cabe resaltar que el uso de la vegetación dentro de ciudades se ha caracterizado por responder a las condiciones climáticas, relacionada con la calidad ambiental y de vida (48).

2.2.7. Sumidero de carbono

Es un mecanismo o proceso que consiste en eliminar el dióxido de carbono de la atmósfera, por lo que, una reserva de carbono determinada puede convertirse en un sumidero, durante un intervalo de tiempo determinado, si la entrada de carbono supera la salida de carbono (49) (p. 834). En este contexto, el océano, el suelo y los bosques son los principales mecanismos de eliminación de carbono del mundo, ya que la tierra y el océano han secuestrado 29 ± 5 y 23 ± 5 %, respectivamente, del total de emisiones fósiles y de cambio de uso de la tierra durante la última década desde 2009 hasta 2018 (50).

De esta manera, los sumideros de carbono representan todos los organismos o depósitos que absorben carbono mucho más de los que emiten, generando una reducción de este en la atmósfera. Por ende, como se muestra en la figura 6, estos sumideros de carbono como las áreas boscosas son de gran relevancia para generar nuevas alternativas o acciones que mitiguen o regulen el cambio climático (51) (p. 2).

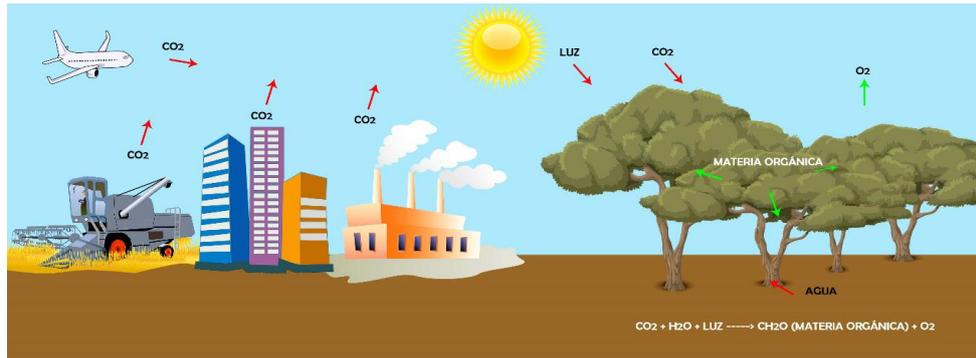


Figura 6. Sistema forestal como sumidero de carbono (52)

2.2.7.1. *Prunus serótina*

El *Prunus serótina* o capulí, es una especie que prevé diferentes propiedades nutricionales, por su alto contenido en vitaminas y minerales; es conocida por su propiedad antioxidante, antimicrobiano, contenido de compuestos fenólicos y sus propiedades curativas contra la gripe, la bronquitis, tos, entre otros (53), su crecimiento es en acentuadas pendientes y puede crecer en climas cálidos y fríos (54). Asimismo, según la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial, la especie *Prunus serótina*, brinda servicios ambientales de mejoramiento de suelos, refugio de fauna, captura de CO₂, retención de partículas contaminantes (55).

En la figura 7, se muestra que el *Prunus serótina*, es una especie de árbol de gran tamaño y con relevante área foliar.



Figura 7. *Prunus serótina* (56)

A. Taxonomía

En la tabla 4, se muestra la taxonomía de la especie *Prunus serótina*, perteneciente a la familia de las Rosaceae, clase Magnoliopsysda.

Tabla 4. Clasificación taxonómica del *Prunus serótina*

Reino	Plantae
Familia	Rosaceae
División	Magnoliopsysda
Clase	Magnoliopsysda
Género	Prunus
Subgénero	Padus
Especie	P. serótina

B. Aspectos fisiológicos

Hábitat: se desarrolla sobre pendientes acentuadas y se le encuentra en zonas de cultivo (cafetal). Habita en muchos lugares templados y fríos de la República.

Suelos: pedregoso oscuro, somero, profundo con abundante materia orgánica, regosol eútrico, cambisol, pedregoso oscuro somero, andosol mólico, acrisol órtico, toba andesítica, ácido, húmedo (57) (p. 2).

Crecimiento: especie de moderado a rápido crecimiento. Las plántulas crecen de 5 a 10 cm en un mes. Bajo condiciones de sombra llegan a crecer 15 cm en 3 o 4 años y mueren si no se les libera de la sombra. El árbol vive de 40 a 60 años (58).

Floración: florece mayormente de enero a marzo, y se fructifica entre mayo y agosto (57).

Establecimiento: especie muy persistente. Bajo la sombra de especies primarias los árboles pueden persistir manteniendo una talla pequeña antes de verse liberadas de esta. Si llegan a morir, los tocones tienen la habilidad de producir rebrotes (57) (p. 2).

Producción de hojas, frutos, madera o semilla: empieza a producir a los 5 años de edad. La máxima producción de semillas se da después de los 30

años. Los árboles producen buena cosecha en intervalos de 1 a 5 años (57) (p. 2).

C. Usos tradicionales

Al capulí se le atribuyen propiedades relacionadas con la recuperación de terrenos degradados, control de la erosión como barrera rompevientos, refugio para aves, entre otras características como se muestra en la tabla 5 (59).

Tabla 5. Usos tradicionales del *Prunus serótina*

Uso	Descripción
Alimento humano	Alimentos procesados como mermeladas y bebidas a base del fruto del <i>Prunus serótina</i> .
Alimento animal	Los frutos secos sirven de alimento para los cerdos y aves, los brotes tiernos y hojas como alimento para los cuyes.
Refugio	Diferentes aves habitan en el árbol <i>Prunus serótina</i> .
Uso medicinal	La corteza, hojas y frutos sirven para diferentes usos medicinales: las hojas son empleadas para cicatrizar heridas, sirve como expectorante, sedante, antiespasmódico; para el mal aire, enfermedades de los huesos y fiebre.
Construcción y carpintería	El <i>Prunus serótina</i> destaca por ser fuente de buena madera.

2.3. Definición de términos básicos

- CO_2 : es un elemento compuesto por una molécula de carbono y dos de oxígeno; donde las emisiones de dióxido de carbono son el principal impulsor del cambio climático global.
- Mitigación ambiental: es un conjunto de medidas a fin de reducir, minimizar o limitar el daño ocasionado al medio ambiente, por alguna acción natural o antropológica causada por acciones del hombre.
- Combustibles fósiles: son restos compuestos por animales y plantas muertos empleados como fuente de energía posterior a un proceso de transformación; la combustión de combustibles fósiles ha sido nombrada la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Radiación térmica: la radiación térmica es un fenómeno de transferencia de calor que propaga la energía térmica a través de partículas líquidas; tiene un carácter enorme en la ingeniería e innumerables procesos industriales que involucran temperaturas más altas (60).
- Vulnerabilidad. la vulnerabilidad se describe como una condición humana y una experiencia constante, es decir, la vulnerabilidad es la susceptibilidad a cualquier tipo de daño, ya sea físico, moral o espiritual, a manos de un agente o agencia y, a menudo, se ve afectada por la percepción del individuo y la situación que vive actualmente (61).

- Mineralización: la mineralización es la forma natural de secuestrar CO₂, pero es un proceso lento; el concepto de mineralización gestionada ofrece una oportunidad ambientalmente sostenible que puede funcionar en sinergia con la captura y el almacenamiento de carbono (62).
- Fenómenos meteorológicos: son fenómenos naturales que se dan en la atmósfera y que, según su grado de intensidad, pueden tener efectos positivos o negativos en los ecosistemas y, por ello, en las sociedades humanas; incluyen fenómenos inusuales, lluvias y otros impropios de la estación (63).
- Reforestación: la reforestación es la herramienta natural apropiada para mitigar el cambio climático; está relacionada con la gestión más general de la tierra, es decir con la protección de la erosión del suelo, de los deslizamientos de tierra, de las precipitaciones extremas, la restauración del paisaje, la mitigación de las altas temperaturas, la reconstrucción de la biodiversidad que, en conjunto, afectan a un entorno más sostenible, pero la captura de carbono es limitada a tiempo (64).
- Amortiguadores naturales: los amortiguadores naturales son áreas designadas en las que se da espacio a los procesos naturales para contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático, también tienen como objetivo mejorar la biodiversidad específica de cada sitio (65).
- Servicios ecosistémicos: son los servicios ambientales que la naturaleza o los procesos ecológicos proveen a los seres vivos y al planeta, es decir, aquellos beneficios no materiales que la humanidad y los seres vivos obtienen por medio de los ecosistemas (66).
- Eficiencia energética: la eficiencia energética es una importante estrategia de política energética a nivel mundial para reducir el consumo de energía, asegurar el suministro de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; puede definirse como el uso de menos energía para producir la misma cantidad de servicios o producción útil (67).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método, y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

El método es deductivo, ya que se determina un conjunto de características de un determinado contexto para inferir nuevos conocimientos (68) (p. 32). En ese sentido, se obtendrán conclusiones lógicas partiendo del estudio situacional de las emisiones y secuestro de dióxido de carbono mediante un árbol en específico, es decir, se procede de una lógica general para determinar un balance mediante el *Prunus serótina*.

3.1.2. Alcance de la investigación

La investigación se ejecutó de manera descriptivo-explicativa, ya que se describe la realidad de las emisiones y el secuestro de CO_2 en la provincia de Chupaca y se explica la cantidad necesaria de *Prunus serótina* necesaria para mitigar el impacto ambiental. Por lo expuesto, es descriptiva al recolectar información y describir la situación de las variables del estudio y explicativa al no limitarse en describir el problema, sino establecer la solución, sucesos, causas e importancia del problema relacionado a las emisiones de CO_2 en la provincia de Chupaca (69) (p. 22).

3.2. Diseño de la investigación

Por su orientación es no experimental, de corte transversal, dado que no se manipulan deliberadamente las variables en estudio, sino se evalúa su situación para establecer acciones de mejora (68) (p. 105). Por lo expuesto, el estudio se enfoca en las emisiones de CO_2 , el cambio

climático, la captación del carbono y la importancia del *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca, pero no se manipula ninguna de las variables dentro de su realidad.

3.3. Población y muestra

Una población es definida como el conjunto de elementos, procesos, objetos, información, entre otros, que comparten características en común y conforman una unidad de análisis (70) (p. 63). Según lo expuesto, la población del estudio está conformada por todas las plantas de *Prunus serótina* en el departamento de Junín en el año 2022.

La muestra hace referencia al subconjunto o parte de la población de estudio (71); en la presente investigación la muestra está conformada por 21 plantas de *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca en el año 2022. Se aplicó un tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

3.4.1.1. Observación

Esta técnica permitió conseguir datos de la condición actual, ya que se observó la problemática en cuestión, se realizaron las evaluaciones a diferentes muestras del estudio y para identificar las características y el almacenamiento de CO_2 de la especie *Prunus serótina*.

3.4.1.2. Análisis documental

Es una técnica en donde se recolecta información y datos a través de la lectura y el análisis de documentos impresos como libros, revistas y no impresos como informes, artículos, entre otros (72) (p. 273).

3.4.2. Instrumentos

3.4.2.1. Fichas de recojo de datos

Instrumento propio de la técnica de la observación, permitió plasmar los datos del inventario arbóreo, recolectar data como de altura de planta, perímetro, diámetro de altura de planta, densidad básica, captura de CO_2 , entre otros datos.

3.4.2.2. Ficha de análisis documental

Es el instrumento usado para la técnica de análisis documental, permitió registrar la información o los datos encontrados en el análisis

documental (72) (p. 274), a fin de obtener datos referente a la biomasa total de la *Prunus serótina* en su etapa de desarrollo, la información sobre la distribución o interacción del CO_2 en la especie de estudio, data de emisiones de CO_2 en la provincia de Chupaca por año, comentarios que fueron de gran aporte para el desarrollo de los objetivos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Determinación de la cantidad de emisiones de CO_2 en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2022

Se realizó una proyección de cuánto CO_2 emitirá la provincia de Chupaca en el 2030, ya cuando las plantas de *Prunus serótina* alcancen su etapa de desarrollo.

Después de una búsqueda exhaustiva sobre la cantidad de CO_2 que se genera en la provincia de Chupaca; según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Ingei 2016, el total de emisiones netas de GEI del país fueron de 205,294.17 gigagramos de dióxido de carbono equivalente GgCO₂eq (38), y que a partir del 2016 la generación de CO_2 en Junín está representada por el 5.63 % de las emisiones del país y Chupaca el 1.2 % de las emisiones de la región según el Inventario Regional de gases de efecto invernadero – Junín (73), a partir de ahí se plasmaron las proyecciones al 2030, verificando el dato de emisión de CO_2 del presente año en la provincia de Chupaca con un monitoreo aleatorio, donde se obtuvo un resultado de 413 ppm de CO_2 realizado el 25 de junio.

En la tabla 6, se muestran las proyecciones de las emisiones de CO_2 para el año 2030 tanto en el Perú como el departamento de Junín, al que le corresponde el 5.63 % de las emisiones de CO_2 a nivel nacional y, a la provincia de Chupaca le corresponde el 1.2 % de las emisiones de CO_2 de Junín.

Tabla 6. Proyección de la concentración de CO₂

Año	Perú (GgCO ₂ eq)	Junín (5.63 % de Perú) GgCO ₂ eq	Chupaca (1.2 % de Junín) GgCO ₂ eq
2010	170366.00	9591.61	115.10
2012	171310.00	9644.75	115.74
2014	167630.00	9437.57	113.25
2016	205294.20	11558.06	138.70
2018	242958.30	13678.55	164.14
2020	280622.50	15799.05	189.59
2022	318286.70	17919.54	215.03
2024	355950.90	20040.03	240.48
2026	393615.00	22160.53	265.93
2028	431279.20	24281.02	291.37
2030	468943.40	26401.51	316.82

La cantidad de CO₂ que se generará en la provincia de Chupaca, región Junín, en el año 2030 será de 316.81 GgCO₂eq, lo que es equivalente a 316818.13 toneladas de CO₂.

4.1.2. Determinación de la cantidad de CO₂ que secuestra *Prunus serótina*

La determinación de la cantidad de CO₂ que puede secuestrar *Prunus serótina* es efectuada durante el desarrollo, debido a que, con el pasar de los años, en su madurez total, capturan únicamente pequeñas cantidades de CO₂ necesarias para su respiración y la de los suelos (74) (p. 14).

La especie *Prunus serótina* tiene tres fases de desarrollo, la etapa juvenil entre los iniciales 10 a 14 años, la madurez entre los 14 a los 24 años, y la etapa final de senescencia del árbol que abarca de los 24 años hasta aproximadamente los 150 años (75) (p. 53).

El resultado de la cantidad de CO₂ que secuestra *Prunus serótina*, dependió de la biomasa total calculada con la densidad de la madera de la especie; la biomasa total de la especie *Prunus serótina* sacado en su etapa de desarrollo es de 1.24 kg en toneladas por año (76) y una densidad de la madera de la especie de 0.49 g/cm³, equivalente a 490.0 kg/m³ (76), se aplicaron fórmulas para dar con la cantidad de CO₂ que genera dicha planta, cancelando primero la cantidad de carbono y posteriormente la cantidad de CO₂ (76).

4.1.2.1. Cálculo del área basal

Se determinó el área basal de los árboles aplicando una fórmula (38; 77). Acorde al monitoreo a campo se eligió el árbol con una altura de 15 m, debido a su estado de desarrollo.

$$AB = \frac{\pi \times DAP^2}{4} \dots\dots\dots (2)$$

Leyenda:

AB: área basal (m²)

DAP = diámetro a la altura del pecho (0.27)

$\pi = 3,1416$

$$AB = \frac{3.1416 \times 0.27^2}{4}$$

$$AB = 0.06$$

Ecuación 2. Área basal de árboles

4.1.2.2. Cálculo del volumen

El volumen se determinó a partir del área basal aplicando la siguiente fórmula para cada árbol (38; 77). Para el cálculo del volumen, se debió tener en cuenta el área basal, altura total y el factor de forma (latifoliada 0.79 y conífera 0.65), tomando en consideración si la especie es latifoliada con un factor de forma de 0.79 y si en caso es conífera con un factor de forma de 0.65, sin embargo, según Lefevre et al. (78) quienes denotan que la especie *Prunus serótina* presenta madera latifoliada, trabajando así los respectivos cálculos con un factor de forma de 0.79.

$$Bsr_b = AB \times h \times ff \dots\dots\dots (3)$$

Ecuación 3. Volumen de árboles

Leyenda

V: volumen en pie (m³)

AB: área basal

H: altura total

ff: factor de forma

$$V = 0.06 \times 10 \text{ m} \times 0.79$$

$$V = 0.47 \text{ m}^3$$

4.1.2.3. Cálculo de biomasa aérea de árboles

Para el cálculo de la biomasa aérea de árboles, se tuvo en cuenta el volumen, la densidad de la especie y el factor de expansión, que es un método, para que, a partir del volumen de los árboles se logre estimar la capacidad de almacenamiento de carbono, tomando en consideración si la especie es latifoliada con un factor de expansión de 1.6 y si en caso es conífera con un factor de expansión de 1.4, sin embargo, según Lefevre et al. (78) quien denota que la especie *Prunus serótina* presenta madera latifoliada, trabajando así los respectivos cálculos con un factor de expansión de 1.6.

$$Bsrb = \frac{v \times Db}{1000} \times Fe \dots\dots\dots (4)$$

Ecuación 4. Biomasa aérea de árboles

Leyenda

Barb: biomasa del árbol (t)

V: volumen (m³)

Db: densidad del árbol (kg/m³)

Fc: factor de expansión

$$Bsrb = \frac{0.47 \times 490}{1000} \times 1.6$$

$$Bsrb = 0.37 \text{ t}$$

4.1.2.4. Cálculo del carbono almacenado

El cálculo del carbono almacenado en la especie *Prunus serótina* se determinó con la biomasa total multiplicada por la constante o factor de conversión (0.5), debido que el 50 % de la biomasa vegetal corresponde al carbono.

$$CT = BT \times Fc \dots\dots\dots (5)$$

Ecuación 5. Carbono total almacenado en la especie

Leyenda

CT: carbono total

BT: biomasa total

Fc: factor de conversión

$$CT = 0.37 \times 0.5$$

$$CT = 0.19 \text{ t } CO_2$$

4.1.2.5. Cálculo del secuestro de dióxido de carbono

El cálculo de dióxido de carbono secuestrado por la especie *Prunus serótina* se determinó multiplicando el dato de carbono obtenido líneas atrás por el factor de conversión (3.667), resultando un total de 0.00000528 toneladas métricas de CO_2 por año capturados por la especie *Prunus serótina*.

$$Sc \text{ } CO_2 = CT \times Fc \dots\dots\dots (6)$$

Ecuación 6. Secuestro de CO_2 por especie

Leyenda

Sc CO_2 : dióxido de carbono secuestrado

CT: carbono total

Fc: factor de conversión

$$Sc \text{ } CO_2 = 0.19 \times 3.667$$

$$Sc \text{ } CO_2 = 0.70 \text{ Tm } CO_2$$

4.1.3. Intervención del carbono almacenado en relación con el árbol *Prunus serótina*

El CO_2 es absorbido por el árbol *Prunus serótina* por medio de la fotosíntesis, que contribuye con el desarrollo de sus diferentes órganos, e incluso es de gran relevancia para su altura, diámetro y área basal; este carbono es almacenado o retenido en la biomasa - madera, parte de él es liberado al exterior a través de la respiración y la otra parte por oxidación, es decir, por la descomposición de la materia orgánica muerta en los suelos (79).

El *Prunus serótina* es un árbol que representa un sumidero de carbono, absorbe más CO_2 del que libera a través de las fases mencionadas líneas atrás, anualmente este

árbol absorbe 22.7 kg de CO_2 , el carbono almacenado es de 6.2 kg de todo el CO_2 capturado, donde el 18.7 % es liberado a través de la respiración, por oxidación, y el 81.3 % retenido en la planta, en sus hojas, tallos y ramas.

4.1.4. Cantidad de plantas *Prunus serótina* que necesita la provincia de Chupaca

Para la determinación de la cantidad de plantas *Prunus serótina* que necesita la provincia de Chupaca para minimizar su impacto ambiental en temas de emisión de CO_2 , se aplicó la siguiente fórmula, tomando en cuenta la cantidad de CO_2 que secuestra la especie y la cantidad de CO_2 que genera la población de Chupaca.

$$PNsp = \frac{Em\ CO_2}{Sc\ CO_2} \dots\dots\dots (7)$$

Ecuación 7. Población necesaria de *Prunus serótina*

Leyenda

PNsp: población necesaria de la especie *Prunus serótina*

Em CO_2 : emisión total de CO_2 en el lugar de estudio

Sc CO_2 : secuestro de CO_2 por especie

$$PNsp = \frac{316818.134\ t}{0.70\ t}$$

$$PNsp = 452,597.33$$

$$PNsp = 452,598.00\ unidades$$

La provincia de Chupaca necesita un aproximado de 452,598 plantas de *Prunus serótina* para generar un balance de emisiones y el secuestro de CO_2 ; estas plantas pueden ser sembradas en los bordes de bosques e incluso al interior de ellos, sembradas en una variedad de suelos, de preferencia en condiciones fértiles y húmedas (80).

4.1.5. Valoración económica del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones a reforestar de *Prunus serótina* que necesita la provincia de Chupaca

A continuación, se presentan los resultados de la valoración económica del secuestro de CO_2 en plantaciones de cerezo criollo (*Prunus serótina*).

Tabla 7. Valoración económica del secuestro de CO_2 en plantaciones de *Prunus serótina*
Plantaciones de *Prunus serótina*

Especie	Área (Ha.)	N.º de árbol (unidad)	Secuestro de CO_2 (tm/ha)	Precio de CO_2 por toneladas (USD)	Valor económico (USD/ha)
<i>Prunus serótina</i>	678.56	452,598.00	466.90	50 - 100	23,345 – 46,690

En la tabla 7, se muestra el valor económico del secuestro de CO_2 en las plantaciones de *Prunus serótina*; iniciando por la cantidad de hectáreas de terreno que se necesita para sembrar de *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca, según *Subercaseaux* la plantación de cerezo llega a alcanzar 667 plantas por hectárea (81), un total de 678.56 hectáreas, redondeando a 679 hectáreas necesarias para sembrar dicha cantidad de árboles. Para determinar el secuestro de CO_2 (t/ha) se realizó a partir de los resultados anteriores referente a las toneladas de CO_2 que captura la especie *Prunus serótina* (0.70 tm de CO_2), estableciendo que en una hectárea con 667 plantaciones el secuestro de CO_2 será un total de 466.90 tm/ha. Según el Banco Mundial (82) para el 2030 el precio de CO_2 está previsto entre USD 50 a USD 100 por tonelada, a partir de ese dato se determinó que para el 2030 representará una alta valoración económica de secuestro de CO_2 de *Prunus serótina*, es decir, en plantaciones de cerezo la valoración económica de secuestro de CO_2 estará entre total de USD 23,345 – 46,690/t CO_2 /ha.

Finalmente, la distribución de los árboles de la especie *Prunus serótina*, se realizará a una distancia de siembra de 7 metros según Lara (83), quien manifiesta que tal distancia entre cada árbol es adecuada para un desarrollo óptimo; es decir, con una población necesaria de 452,598.00 plantas de *Prunus serótina*, se necesitan 678.56 hectáreas, redondeando a 679 hectáreas, lo que equivale a 6,790,000 m^2 . La especie *Prunus serótina* tolera suelos pedregosos, suelos pobres, compactos y son intolerantes a la sombra (84), por ende, se tomó en cuenta los siguientes mapas para definir la ubicación y la distribución.

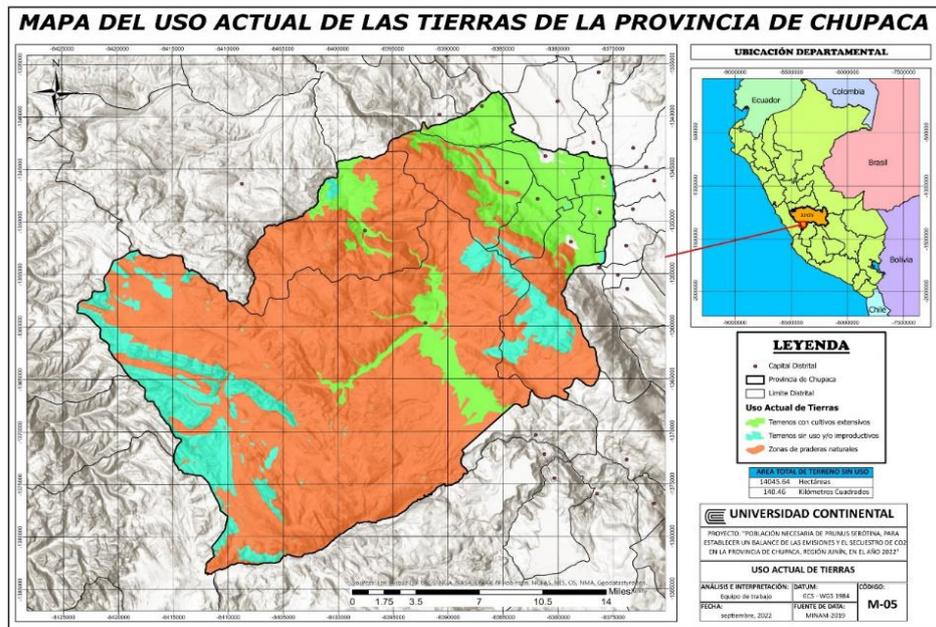


Figura 8. Uso actual de las tierras de la provincia de Chupaca

En la figura 8, se observa que, gran parte del territorio de la provincia de Chupaca, está conformada por zonas de praderas naturales, que es óptimo para la siembra de especie *Prunus serótina*, ya que son suelos pedregosos.

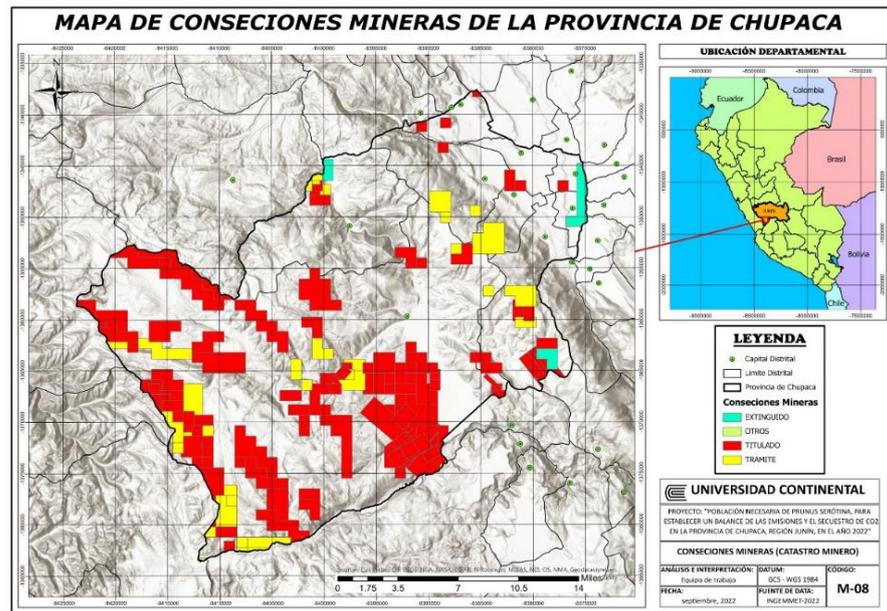


Figura 9. Concesiones mineras de la provincia de Chupaca

En la figura 9, se observa que, en gran parte del territorio de la provincia de Chupaca, existen áreas lejanas a zonas mineras, que es óptimo para la siembra de especie *Prunus serótina*, ya que son suelos con limitada presencia de contaminación por efluentes de relaves mineros.

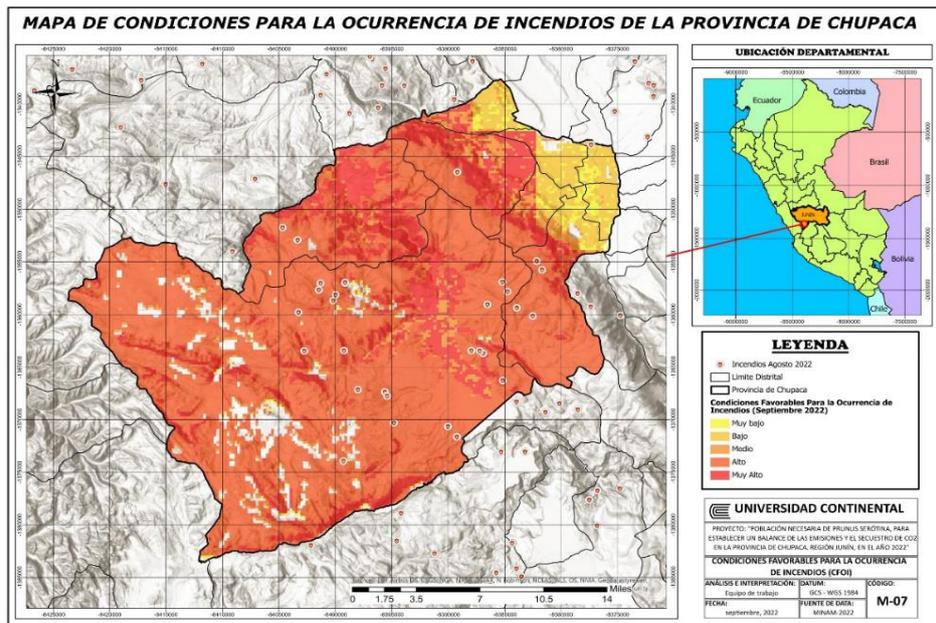


Figura 10. Ocurrencia de incendios de la provincia de Chupaca

En la figura 10, se observa que, en gran parte del territorio de la provincia de Chupaca, existe una probabilidad media de ocurrencia de incendios, que es no conveniente para la siembra de la especie *Prunus serótina*, ya que podrían ocurrir incendios forestales.

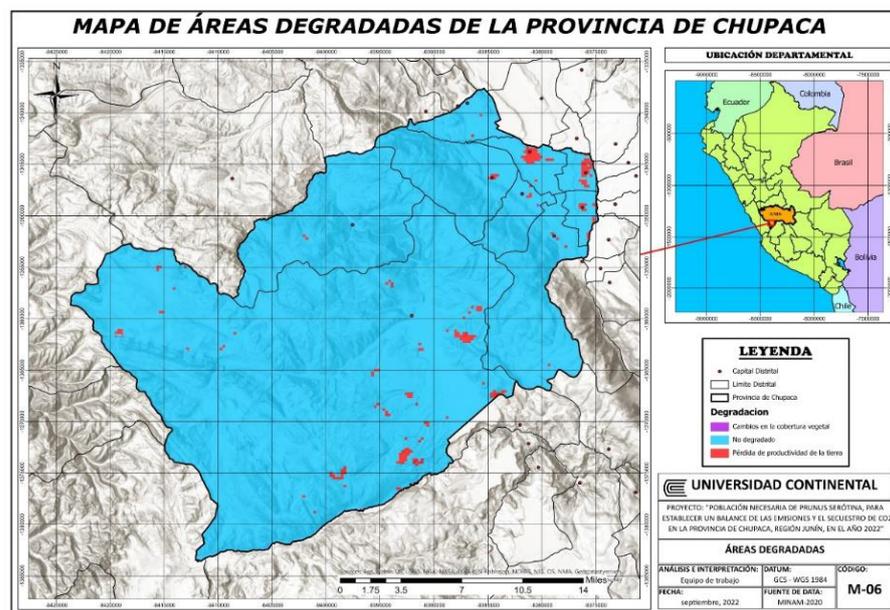


Figura 11. Áreas degradadas de la provincia de Chupaca

En la figura 11, se observa que, gran parte del territorio de la provincia de Chupaca presenta áreas no degradadas, lo que es beneficioso para la siembra de la especie *Prunus serótina*, ya que son tierras de alta productividad.

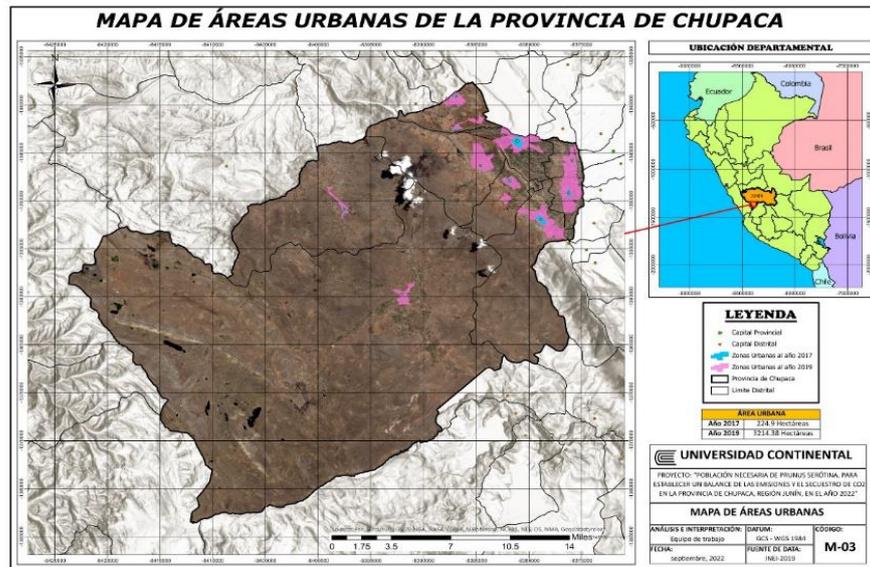


Figura 12. Áreas urbanas de la provincia de Chupaca

En la figura 12, se observa que, en pequeña parte del territorio de la provincia de Chupaca, presenta áreas urbanas, donde la siembra de la especie *Prunus serótina*, será apartada de la urbanización, no perjudicando en su desarrollo vegetativo.

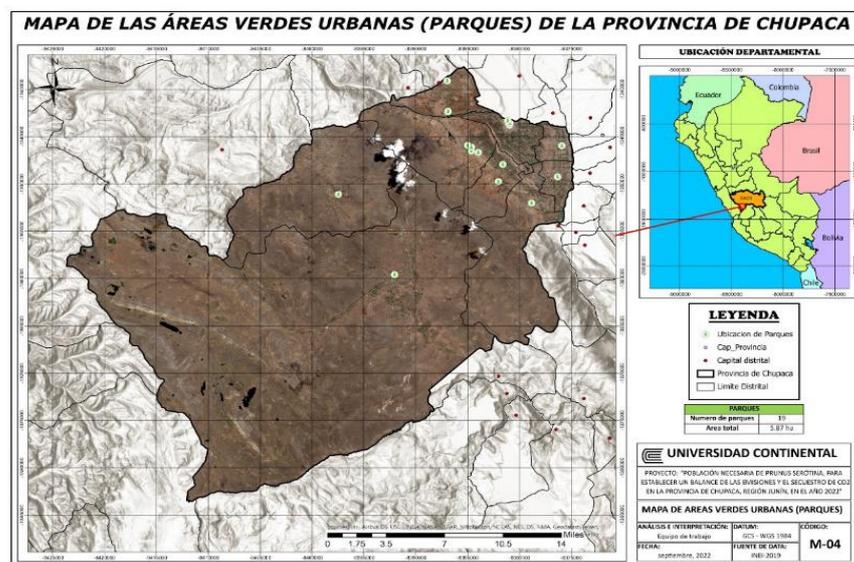


Figura 13. Áreas verdes urbanas (parques) de la provincia de Chupaca

En la figura 13, se observa que, existe pequeña cantidad de parques en el territorio de la provincia de Chupaca, lo que hace primordial el desarrollo de la siembra de la especie *Prunus serótina*, a fin de disminuir la contaminación dentro de la provincia y generar más fuentes de captura de dióxido de carbono.

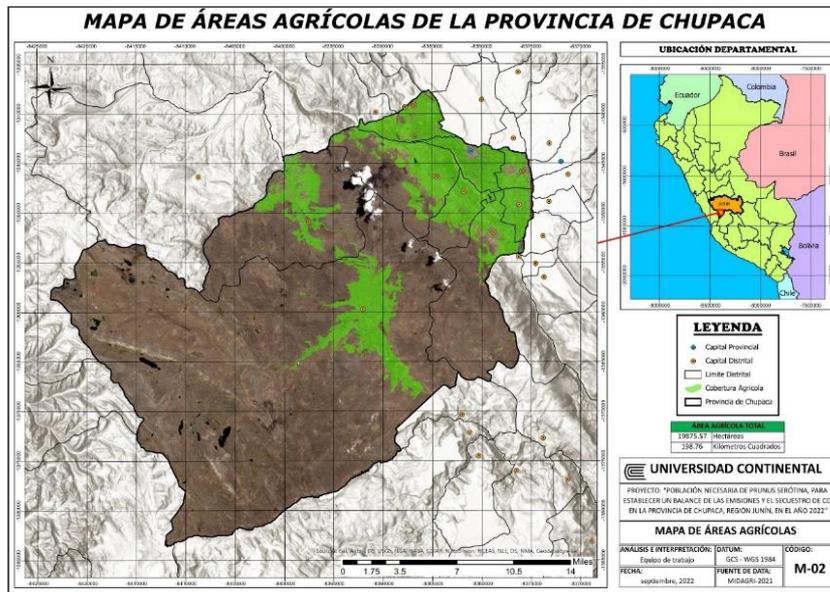


Figura 14. Áreas agrícolas de la provincia de Chupaca

En la figura 14, se observa que, mediana parte del territorio de la provincia de Chupaca, está conformada por áreas agrícolas, mostrando que hay áreas con acceso a siembra, es decir, desocupadas para el desarrollo de la propuesta de siembra de la especie *Prunus serótina*.

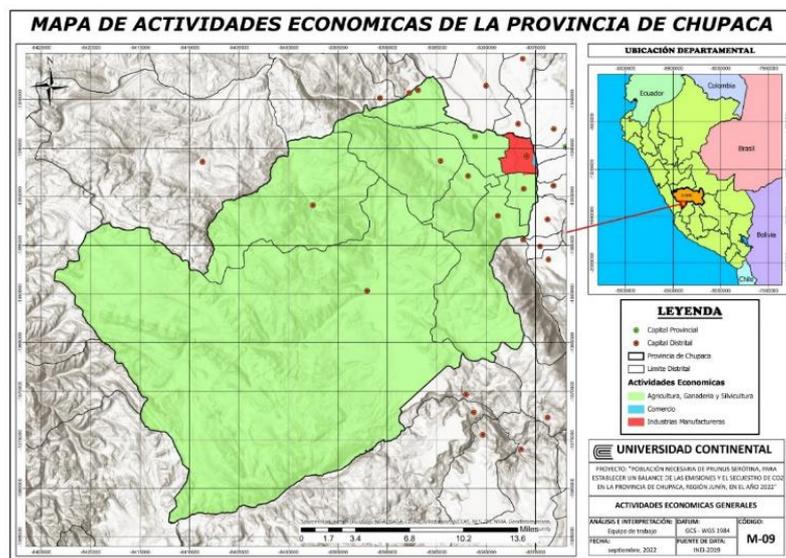


Figura 15. Actividades económicas de la provincia de Chupaca

En la figura 15, se observa que, gran parte del territorio de la provincia de Chupaca, está conformada por la actividad económica agrícola, ganadera y de silvicultura; mostrando que es posible la siembra de la especie *Prunus serótina*.

La ubicación y distribución de la población de 452,598.00 plantas de *Prunus serótina*, será en 679 hectáreas, un área de 6,790,000 m², bajo un suelo pedregoso, en una zona de praderas naturales, lejos de concesiones mineras, de mediana ocurrencia de incendios, no degradada y aledaña a zonas urbanas.

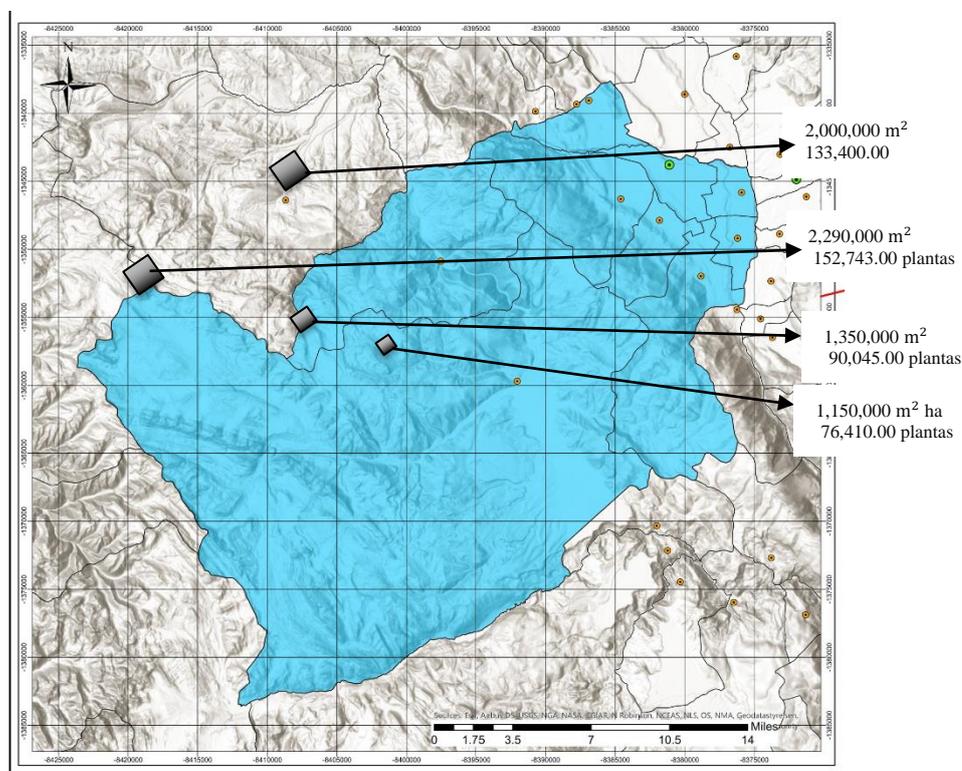


Figura 16. Distribución de la población necesaria de *Prunus serótina*

4.2. Discusión de resultados

La presente investigación se basa en el uso de la especie *Prunus serótina* para emplearse como especie captadora de CO₂ para alcanzar el balance de emisiones, así también, lo aseveran Fox et al. (11) y Minga et al. (15), que la especie *Prunus serótina* logra capturar una cantidad relevante de CO₂, que es posible el secuestro de carbono por medio de la reforestación y la plantación de árboles en el suelo (11); al determinar la población necesaria de *Prunus serótina*, se encontró que se necesita un total de un aproximado de 452,598.00 plantas, asumiendo que, en la provincia de Chupaca se emitirá 316818.134 toneladas de CO₂ para el 2030, es decir 466.90 tC/ha, lo que es contrario al estudio realizado por Tacarpo (16), quien estudió a un bosque natural, que capta 61.818 tC/ha.

Respecto a la intervención del carbono almacenado en relación con el árbol *Prunus serótina* se confirman los resultados de Mollocondo y Aguilar (18), el carbono retenido en la planta es mayor retenido en la planta, en sus hojas, tallos y ramas, y menor liberado a través de la respiración, por oxidación; sin embargo, el carbono almacenado depende del diámetro de

altura de pecho de la especie, y que el árbol tiene un tope en el estado de madurez donde la captura disminuye. En concordancia con Vásquez (19) los árboles tienen mayor captura de carbono en sus hojas, tallos y ramas, donde mayor captura hay en los tallos en las plantas de 15 años de existencia y en los de 10 años existe una mayor captura en las hojas.

De acuerdo con los resultados obtenidos del secuestro de dióxido de carbono y valoración económica de ello; se encontró un secuestro de CO_2 en el *Prunus serótina* con un total de 466.90 t CO_2 /ha, cuya valoración económica para este sembrío plantado está entre USD 23,345 – 46,690/t CO_2 /ha, en concordancia con Zuluaga y Castro (14) el guacamayo *Albizia niopoides* siendo un sumidero de CO_2 de aproximadamente 57,2 t/ha, también tiene un valor en dólares/t/ha, y que los servicios forestales dentro del bosque, enfocados a captura de CO_2 tiene un valor promedio de US\$ 317480. El secuestro de carbono en plantaciones *Prunus serótina*, son muestra del interés despertado por el papel de las plantaciones en el secuestro de carbono y las posibles formas de valorarlo en términos del comercio internacional (16). Asimismo, contrasta con el estudio de Triana et al. (13), quienes aseveran que la densidad de la madera de la especie muestra una relación entre la variabilidad funcional en la disminución en el secuestro de carbono, con un elevado almacenamiento.

La presente investigación tiene diversas limitaciones, entre las que se incluye la falta de datos verídicos anuales del lugar de estudio referente a la emisión de CO_2 , por parte de la municipalidad, la ausencia de estudios previos del lugar de estudio, también la falta de acceso a investigaciones de relevante importancia para el desarrollo de los objetivos del estudio.

CONCLUSIONES

1. Se determinó la población necesaria, donde, un aproximado de 452,598.00 plantas de *Prunus serótina* son necesarias para el año 2030 para generar un balance de emisiones y el secuestro de CO_2 en la provincia de Chupaca, región Junín (tabla 7).
2. Se determinó que una sola especie *Prunus serótina* secuestra un total de 0.70 toneladas métricas de CO_2 por año (ecuación 6).
3. La intervención del carbono almacenado en relación con el árbol *Prunus serótina*, consta que el 18.7 % es liberado a través de la respiración, por oxidación, y el 81.3 % retenido en la planta, en sus hojas, tallos y ramas.
4. Se determinó que para el 2030 la valoración económica del secuestro del CO_2 de la población necesaria de *Prunus serótina* en la provincia de Chupaca, región Junín estará entre un total de USD 23,345 – 46,690/t CO_2 /ha (tabla 7).

RECOMENDACIONES

- En base a los resultados obtenidos, se sugiere realizar monitoreos mensuales en las fuentes de generación de emisiones, considerando el sistema de transporte, para generar un registro anual con la finalidad de tener una proyección más confiable y clara de las emisiones a futuro.
- Implementar la producción de energía renovable, para tratar de minimizar la contaminación a mayor medida de lo posible y no solo por medio de la reforestación.
- Implementar programas de gestión en las ciudades a fin de mejorar la calidad de aire para revertir las costumbres por medio de la reducción de emisiones de las principales fuentes de generación.
- Sería ideal ampliar estudios en esta área de investigación, ya que aún queda mucha información detallada que podría ayudar a beneficio de la salud de la humanidad y del planeta.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **BURBANO, Hernán.** *El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático.* Colombia : Revista de Ciencias Agrícolas, 2018, 35(1).
2. **Ministerio del Ambiente.** Reporte sectorial de gases de efecto invernadero. *Informe estadístico.* 2021.
3. **LAYZA, Ricardo; GONZALES, Federico; TERÁN, Jackson.** La deforestación y el cambio climático en la provincia de San Martín periodo: 1973 al 2014. San Martín : *Revista CYT*, 2018, 14(2).
4. **MOLINA, Alessandra.** *Diagnóstico de vulnerabilidad de la actividad acuícola frente al cambio climático en la Región Junín [Tesis de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM.* 2020.
5. **Gobierno Regional de Junín.** *Estrategia Regional de Cambio Climático de Junín.* Junín : Grambs Corporación Gráfica, 2015.
6. **Gobierno Regional Junín.** *Estrategia regional de cambio climático de Junín.* 2017.
7. **RIVERA, Chistian; IZURIETA, Maricela; CUADRO, Arely.** Aprovechamiento racional de los recursos naturales y culturales para el turismo comunitario, cantón Montalvo-Los Ríos., *Ciencia Digital*, 2019, 3(3), págs. 129-141.
8. **VIDAL, José; VIDAL, Manuel; VILLANUEVA, Meiby.** *Repercusión del cambio climático en la salud psicológica.* Cuba : Humanidades Médicas, 2021, 21(1).
9. **MENA, Víctor; ANDRADE, Hernán.** Potencial de reducción de emisiones y captura de carbono en bosques y sistemas agroforestales con cacao en el Pacífico colombiano. Colombia : *Revista de Biología Tropical*, 2021, 69(4).
10. **FLORES, Nallely; MENDIZÁBAL, Lilia; ALBA, Juan.** *Potencial de captura y almacenamiento de co2 en el valle de perote. estudio de caso: Pinus cembroides subsp. orizabensis D.K. Bailey.* Xalapa, México: Foresta Veracruzana, 2012.
11. **FOX, James; CAMPBELL, John; ACTON, Peter.** *Carbon Sequestration by Reforesting Legacy Grasslands on Coal Mining Sites.* 2020, *Energies*, 13(23).
12. **RUIBÉRRIZ, Repullo, y otros.** *Carbon sequestration by grass, crucifer, and legume groundcovers in olive orchards.* 2018, *Water & Climate Change*, 9(4), págs. 748–763.
13. **TRIANA, Alfonso, y otros.** *Análisis funcional del secuestro de carbono en un bosque seco tropical interandino.* 2019, *Caldasia*, Vol. 41(1), págs. 179-193.
14. **ZULUAGA, L.; CASTRO, E.** *Valoración de servicios ambientales por captura de CO₂ en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio de El Carmen de Bolívar, Colombia.* N.º 47, *Luna Azul*, 2018, págs. 1-20.

15. **MINGA, D.; PERALTA, M.; JIMÉNEZ, A.** *Carbono Secuestrado en los árboles de dos parques de la ciudad de Cuenca*. Ecuador : Universidad del Azuay, 2019.
16. **TACARPO, Anderson.** *Estimación del potencial de captura de carbono de las especies de flora predominante de la parte alta del osque de la comunidad campesina de Tumpa – provincia de Yungay, 2018 [Tesis de titulación, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]*. 2018.
17. **BACILO, V.; INUMA, D.** *Captura de CO₂ de las especies arbóreas del «Paseo de las aguas» del distrito de Víctor Larco - Trujillo*. Trujillo-Perú : 2020.
18. **MOLLOCONDO, M.; AGUILAR, L.** *Estimación de la captura de CO₂ en plantaciones forestales de *Polylepis sp*, *Cupressus spp* y *Eucaliptus globulus*, para mitigar el cambio climático en el Centro de Producción San Juan de Potojani – Puno, 2018*. Puno : Universidad Peruana Unión, 2019.
19. **VÁSQUEZ, R.** *Determinación de la captura de carbono en plantaciones de *Camu camu Myrciaria dubia* H. B. K. McVaugh de diferentes edades en el distrito de Yarinacocha, departamento de Ucayali, Perú*. Ucayali : Universidad Nacional de Ucayali, 2018.
20. **ARÉVALO, J.** *Estimación de carbono almacenado por *Tillandsia latifolia* en el *Tillandsial piedra campana* (Lima, Perú)*. Lima : Universidad Científica del Sur, 2018.
21. **TRESPALACIOS, J.** *Gases y efecto invernadero*.: Escuela internacional de desarrollo, 2018.
22. **STOLAROFF, J., y otros.** *Energy use and life cycle greenhouse gas emissions of drones for commercial package delivery*. 2018, Nature Communications.
23. **GARCÍA, Gerardo, y otros.** *La investigación sobre carbono en México: breve introducción*. N.º 57, México : Boletín del Grupo Español del Carbón, 2020. 34-43.
24. **MONDRAGÓN, Fanor.** *Ciclos del dióxido de carbono en la formación y utilización de combustibles fósiles y su efecto en el cambio climático*. Colombia: *Revista de la Academia Colombiana*, 2021, 45(176).
25. **BEUTTLER, Christoph; CHARLES, Louise; WURZBACHER, Jan.** *The Role of Direct Air Capture in Mitigation of Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions*. *Frontiers in Climate*, 2019, Vol. 21.
26. **RITCHIE, H.; ROSER, M.** *CO₂ emissions*.
27. **SOTO, Lorena; JIMÉNEZ, Guillermo.** *Contradicciones socioambientales en los procesos de mitigación asociados al ciclo del carbono en sistemas agroforestales*. México : *Madera y bosques*, 2018, Vol. 24.
28. **ALAMY, A.** *The Carbon Cycle*. 2020.
29. **WILLIAMS, Richard G.; KATAVOUTA, Anna; GOODWIN, Philip.** *Carbon-Cycle Feedbacks Operating in the Climate System*. *Current climate change reports*, 2019, Vol. 5, págs. 282–295.

30. PEÑUELAS, J, y otros. *Posibles escenarios energéticos con vistas al cumplimiento del Acuerdo de París*. 2017, *Ecosistemas*, 26(3), págs. 103-105.
31. MIRANDA, Rafael. Desarrollo y cambio climático. Una mirada desde América Latina. N.º 21, 2018, *Revista del CESLA*.
32. PELINCO, Edgar. Estimación de la captura de dióxido de carbono en totorales de la reserva nacional del Titicaca sector Puno. Puno : *Revista Científica Investigación Andina*, 2018, 18(1).
33. LYSIAK, Emiliano. La huella de carbono de la producción agrícola del brote de té certificado en Argentina. 2018, *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(3), págs. 359-366.
34. JANDL, Robert, y otros. *Forest adaptation to climate change—is non-management an option?* *Annals of Forest Science*, 2019, Vol. 76(48).
35. CASEA, Michael, y otros. *Forests of the future: Climate change impacts and implications for carbon storage in the Pacific Northwest, USA*. *Forest Ecology and Management*, 2021, Vol. 482.
36. PEDRAZA, Jennifer, y otros. Métodos de captura de co2: Innovando contra el cambio climático. *Innovación y Ciencia*, Vol. 25(1).
37. LEDESMA, S., y otros. Estimación del contenido y captura potencial de carbono en la biomasa arbórea de bosques nativos del espinal. Argentina : *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 2021, 20(1).
38. Ministerio del Ambiente. Inventario nacional de gases de efecto invernadero 2016. *Infocarbono*. [En línea] 2016. <https://infocarbono.minam.gob.pe/annios-inventarios-nacionales-gei/ingei-2016/>.
39. NOVILLO, Nathalia. Cambio climático y conflictos socioambientales en ciudades intermedias de América Latina y el Caribe. N.º 24, 2018, *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, págs. 124-142.
40. SLATER, Thomas, y otros. *Review article: Earth's ice imbalance*. *The Cryosphere*, 2021, Vol. 12.
41. SERRANO, María. *Impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017*. Tesis. 2018.
42. BARRERA, Laura, y otros. Causas, consecuencias y qué hacer frente al cambio climático: análisis de grupos focales con estudiantes y profesores universitarios. México 2021, *Revista mexicana de investigación educativa*, 25(87).
43. GUTIÉRREZ, A. Ninguna región está a salvo: ONU reitera advertencia sobre impactos por cambio climático. *Ciencia*. La república, 2021.
44. CONSTANTINI, Alejandro, y otros. *Emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera*. Argentina : Aargentiniencias, 2018.

45. **SALMERON, Yuridia.** Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos Huella de Carbono en Acapulco, México. 2017, *Revista Iberoamericana de Ciencias.*
46. **Ministerio del Ambiente.** Gestión de Calidad del Aire. *Gobierno del Perú.* [En línea] 2020. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-de-atencion-prioritaria/>.
47. **ALANÍS, E., y otros.** *Caracterización del arbolado urbano del centro de Hualahuisés, Nuevo León.* 2022, 11(73).
48. **BONILLA, M.; CRESPO, E.; MEDINA, D.** 2, Cuba : julio de 2019, *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, Vol. 2. 2697-3510.
49. **ADHIKARIA, Kabindra, y otros.** Assessing soil organic carbon stock of Wisconsin, USA and its fate under future land use and climate change. *Science of The Total Environment*, 2019, 667(1).
50. **HAUCK, Judith, y otros.** Consistency and Challenges in the Ocean Carbon Sink Estimate for the Global Carbon Budget. *Energy, Water, and Carbon Dioxide Fluxes at the Earth's Surface*, 2020, Vol. 10.
51. **PALACIOS, Dorian, y otros.** Sistema de crecimiento y rendimiento para evaluar sumideros de carbono en bosques de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. bajo aprovechamiento forestal. *Agrociencia*, 2020, 54(2).
52. **DFM Directorio Forestal Maderero.** *Bosques comerciales: maximizar el potencial de una solución climática natural.* Forestal maderero, 2019.
53. **FALCÓN, Paula, y otros.** Elaboración y caracterización de una bebida fermentada elaborada con el fruto de capulí (*Prunus serotina*) y miel de abeja. Huaraz : *Revista científica dominio de las ciencias*, 2021, Vol. 7(1).
54. **REYNEL, C, y otros.** *Árboles útiles del Ande peruano: una guía de identificación, ecología y propagación de las especies de la sierra y los bosques montanos en el Perú.* 2007, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
55. **Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial.** *Documento Técnico Base del Inventario de Especies Vegetales.* Guanajuato, México. : 2020.
56. **GARDENS, O.** *Prunus serotina (Black Cherry).* MySeeds.co, 2022.
57. **BROZDOWSKI, J., y otros.** Phenolic composition of leaf and flower extracts of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). *Annals of Forest Science* 2021, Vol. 66.
58. **HEGEDÉNÉ, V.** *Examination of the spread and control possibilities of black cherry (Prunus serotina Ehrh.).* Sopron : 2022.
59. **TAMAYO, C., MENA, L. y DILAS, J.** Usos y conocimientos tradicionales asociados al capulí (*Prunus serotina*) en una zona interandina de Ecuador. Ecuador : *Revista de investigación científica y tecnológica Llamkasun*, 2022.

60. **KUMAR, A.; SUGUNAMMA, V.; Sandeep, N.** Effect of thermal radiation on MHD Casson fluid flow over an exponentially stretching curved sheet. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2020.
61. **CORMICAN, Orlaith; MESKELL, Pauline; DOWLING, Maura.** *Psychosocial vulnerability among carers of persons living with a chronic illness: A scoping review.* International Journal of Nursing Practice, 2021.
62. **HILLS, Colin, TRIPATHI, Nimisha, CAREY, Paula.** *Mineralization Technology for Carbon Capture, Utilization, and Storage.* Reino Unido : Front. Energy Res., 2020.
63. **COMESAÑA, Diana; BARREIRO, Bryan.** Creación de un modelo semántico para modelar los fenómenos meteorológicos de los siglos XIX y XX en Latinoamérica. s.l. : *Revista Cartográfica* 97(97).
64. **ABBATE, Simona, y otros.** *Urban context and neighbouring lands: how reforestation could have a role in the implementation of Sustainable Energy and Climate Action Plans.* E3S Web of Conferences 312, 2021.
65. **ZINGSTRA, H.; VERTEGAAL, Paul.** Natural Climate Buffers: Promising Examples of Nature Based Solutions. *Ispra: Partnership for European Environmental Research*, 2021.
66. **MARIÉ, Toit, y otros.** *Urban green infrastructure and ecosystem services in sub-Saharan Africa.* Africa: Landscape and Urban Planning, 2018, Vol. 180.
67. **DUNLOP, Tessa.** *puede definirse como el uso de menos energía para producir la misma cantidad de servicios o producción útil.* Energy Research & Social Science, 2019, Vol. 56.
68. **ÑAUPAS, H., y otros.** *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis.* Bogotá : 5.ª edición, 2018.
69. **ESCUADERO, Carlos; CORTEZ, Liliana.** *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científico.* Ecuador : Editorial UTMACH, 2018. 978-9942-24-092-7.
70. **GALLARDO, Eliana.** *Metodología de la Investigación.* Huancayo : Universidad Continental, 2017.
71. **ROBLES, B.** *Población y muestra.* Trujillo : Pueblo continente, 2019, 30(1). 1991- 5837.
72. **ÑAUPAS, Humberto, y otros.** *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la tesis.* Bogotá : 5. edición, 2018.
73. **Gobierno Regional Junín.** *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero-Junín.* [En línea] 2016. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3107702/IRGEI%202016_Junin__VFinal%202021%20%281%29.pdf.pdf.
74. **BORRERO, Juan.** *Biomasa aérea y contenido de carbono en el campus de la pontificia universidad javeriana de Bogotá.* Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana, 2012.
75. **RAMIREZ, Katherine.** *Etapas de crecimiento, incremento corriente anual e incremento medio anual de Prunus serotina Mcvaugh mediante dendrocronología, en los Distritos de*

- Pilcomayo y Huamancaca Chico*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018.
76. **JIMÉNEZ, Alisson; PERALTA, María**. *Carbono secuestrado en los árboles de dos parques de la ciudad de Cuenca*. Ecuador : Universidad del Azuay, 2019.
77. **CHAMBI, P.** *Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios*. IICFOE - Perú, 2001.
78. **LEFEVRE, C.; HASSLER, C.; MYERS, W.** *Wood dust concentrations for three hardwood species and moisture contents*. (1995). 1995, Forest Products Journal.
79. **CHAMORRO, María; FALCONI, Saddams**. *Potencial de secuestro de carbono por los árboles en los parques urbanos de los distritos de El Tambo, Hancayo y Chilca*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019.
80. **Ecosostenible**. *Prunus Serotina*. [En línea] 4 de enero de 2022. <https://antropocene.it/es/2022/01/24/prunus-serotina/>.
81. **Subercaseaux**. *El cultivo rentable del Cerezo*. Trujillo : Red agrícola, 2019.
82. **Banco Mundial**. *Fijación del precio del carbono*. 2017.
83. **LARA, Miguel**. *Capulín, la «cereza mexicana»*. Agricultura en México, 2017.
84. **GONZÁLEZ, M., y otros**. *Guía de restauración para la conservación, uso y manejo sustentable del Cerro del Estropajo*. Veracruz : s.n., 2021.
85. **LOZANO, Arlitt; ALVAREZ, Carlos; MOGGIANO, Nabil**. El cambio climático en los Andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. 2021, *Scientia Agropecuaria*, 12(1), págs. 101-108.
86. **RUIZ, Segundo, y otros**. *Características farmacognósticas y cuantificación espectrofotométrica de antocianinas totales del fruto de Prunus serotina subsp. capuli (Cav.) McVaugh (Rosaceae) capulí*, Trujillo : Arnaldoa, 2018, 25(3).
87. **Cybo Company**. *Cybo. Lo mejor de Chupaca - Cybo*. [En línea] Cybo Company, 2018. <https://es.cybo.com/PE/chupaca/>.
88. **Datos macro**. Perú - Emisiones de CO₂. *Expansión*. [En línea] Datos macro, 2020. <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru>.
89. **Banco Mundial**. Emisiones de CO₂ (kt) - Perú. *Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Tennessee, Estados Unidos)*. [En línea] 2019. https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?end=2019&locations=PE&most_recent_year_desc=false&start=1990.

ANEXOS

Anexo 1

Glosario

Silvicultura: ciencia que cumple la función de gestionar los bosques y montes, tanto en su formación y como cultivo.

Deforestación: hace referencia a la destrucción de un área vegetal, por causa antropológica.

Vulnerabilidad: causa de susceptibilidad a ser herido o incapaz por algún fenómeno o problema.

Damnificadas: ser vivo que ha sufrido algún tipo de daño.

Hidrometeorológicos: ciencia que se delega el estudio del ciclo del agua, guarda relación con la meteorología y la hidrología.

Mitigación: reducción de algo según la circunstancia.

Ecoamigable: acciones, sistemas, que guardan una óptima relación con el medio ambiente.

COS: carbono orgánico del suelo.

Erosión: proceso que hace referencia a la degradación del suelo.

TFP: tipos funcionales de plantas

MPC: la media ponderada de la comunidad del área foliar

bs-T: bosque seco tropical

Antropológico: relativo a la acción del hombre.

Mineralización : descomposición de compuestos químicos en materia orgánica.

Dispersión: mezcla de sustancias que difícilmente reaccionan de manera química.

Difusión: proceso físico reversible.

Indiscriminadamente: descontrolado e incontrolado.

Anexo 2

Ficha de análisis documental

Nombre del documento

Referencia

Aporte de la investigación

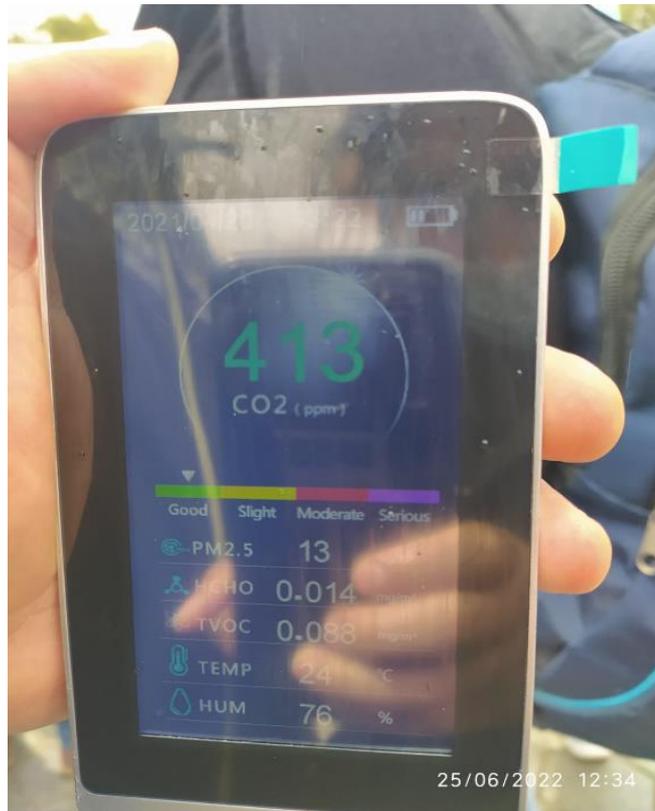
Observaciones

Anexo 3

Ficha de recojo de datos del inventario arbóreo

N.º	Provincia	Nombre común	Nombre científico	Altura (m)	Perímetro (cm)	DAP (1.3m)	Densidad básica (kg/m3)	Densidad básica (g/cm3)	Área basal (m3)	Vol (m3)	Biomasa (T)	Carbono (T)	CO2 (t)	O2 (t)
1	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	10	171	0.54	490	0.49	0.23	1.84	1.44	0.72	2.64	1.92
2	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	8	295	0.94	490	0.49	0.69	4.38	3.43	1.72	6.29	4.58
3	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	11	92	0.29	490	0.49	0.07	0.59	0.46	0.23	0.84	0.61
4	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	4	38	0.12	490	0.49	0.01	0.04	0.03	0.01	0.05	0.04
5	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	10	94	0.30	490	0.49	0.07	0.56	0.44	0.22	0.80	0.58
6	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	6	64	0.20	490	0.49	0.03	0.15	0.12	0.06	0.22	0.16
7	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	10	141	0.45	490	0.49	0.16	1.25	0.98	0.49	1.80	1.31
8	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	12	92	0.29	490	0.49	0.07	0.64	0.50	0.25	0.92	0.67
9	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	6	82	0.26	490	0.49	0.05	0.25	0.20	0.10	0.36	0.27
10	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	5	68	0.22	490	0.49	0.04	0.15	0.11	0.06	0.21	0.15
11	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	10	108	0.34	490	0.49	0.09	0.73	0.57	0.29	1.05	0.77
12	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	11	217	0.69	490	0.49	0.37	3.26	2.55	1.28	4.68	3.40
13	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	9	86	0.27	490	0.49	0.06	0.42	0.33	0.16	0.60	0.44
14	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	13	162	0.52	490	0.49	0.21	2.14	1.68	0.84	3.08	2.24
15	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	7	114	0.36	490	0.49	0.10	0.57	0.45	0.22	0.82	0.60
16	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	14	128	0.41	490	0.49	0.13	1.44	1.13	0.57	2.07	1.51
17	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	12	110	0.35	490	0.49	0.10	0.91	0.72	0.36	1.31	0.95
18	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	11	122	0.39	490	0.49	0.12	1.03	0.81	0.40	1.48	1.08
19	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	10	86	0.27	490	0.49	0.06	0.46	0.36	0.18	0.67	0.49
20	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	13	108	0.34	490	0.49	0.09	0.95	0.75	0.37	1.37	1.00
21	Chupaca	Guinda, Capulí	<i>Prunus serótina</i>	15	197	0.63	490	0.49	0.31	3.66	2.87	1.43	5.26	3.83

Anexo 4
Monitoreo en la provincia de Chupaca





Anexo 5

Plantas de *Prunus serótina* monitoreadas en campo











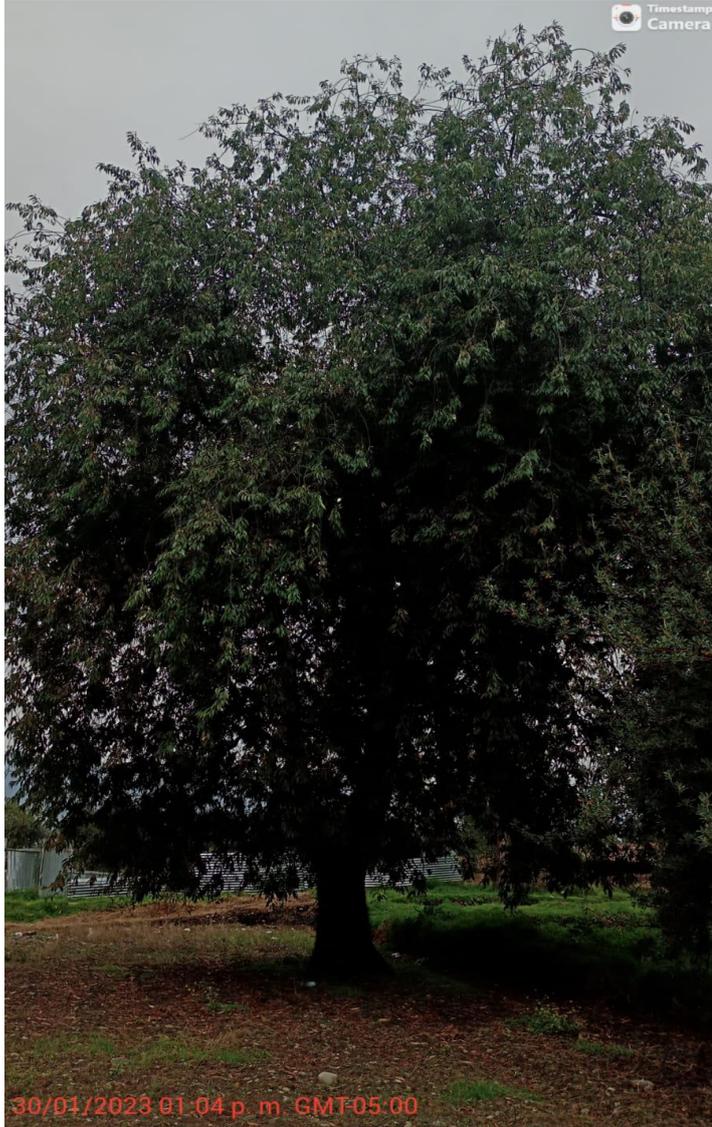












Anexo 6

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero		2016		2014		2012		2010	
Clasificación	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de carbono [GgCO ₂]	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]	Dióxido de carbono [GgCO ₂]	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]	Dióxido de carbono [GgCO ₂]	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]	Dióxido de carbono [GgCO ₂]	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]
1	Energía	50,039.16	58,132.54	45,111.25	53,892.97	39,843.49	47,556.43	39,638.49	47,561.58
1A	Actividades de quema de combustibles	49,669.45	50,874.36	44,307.93	45,437.43	39,193.49	40,358.95	38,800.07	39,144.30
1A1	Industrias de energía	15,904.70	15,946.50	13,910.04	13,950.76	13,479.72	13,520.95	13,076.28	13,103.44
	Producción de								
1A1a	electricidad y calor como actividad principal	11,036.56	11,065.07	8,817.44	8,843.68	8,814.40	8,840.85	8,129.02	8,152.23
1A1b	Refinación de petróleo	2,724.52	2,727.05	2,428.58	2,430.83	1,812.33	1,814.03	2,148.65	2,152.59
1A1c	Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas	2,143.62	2,154.37	2,664.02	2,676.26	2,852.99	2,866.07	2,798.61	2,798.61
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción	8,386.47	8,435.54	9,320.75	9,399.44	6,033.22	6,081.15	7,726.57	7,756.88

		Minería (con excepción								
	1A2i	de combustibles) y cantería	872.74	877.19	1,993.45	2,001.69	1,352.92	1,356.70	1,726.54	1,734.42
	1A2m	Industria no especificada	7,513.73	7,558.35	7,327.29	7,397.75	4,680.30	4,724.45	6,000.03	6,022.46
	1A3	Transporte	20,557.46	21,047.88	17,026.92	17,436.29	15,985.42	16,382.93	14,360.34	14,623.12
	1A3a	Aviación civil	1,079.29	1,088.59	894.73	902.17	794.44	795.00	700.10	708.48
	1A3b	Transporte terrestre	18,833.23	19,294.71	15,762.83	16,151.58	14,631.69	14,984.75	13,121.38	13,358.60
	1A3c	Ferrocarriles	108.98	122.99	79.46	89.68	86.32	97.42	98.26	110.88
	1A3d	Navegación marítima y fluvial	519.96	525.35	253.65	256.37	464.06	468.87	440.08	444.63
	1A3e	Otro tipo de transporte	16.01	16.24	36.25	36.49	8.91	36.88	0.52	0.53
	1A4	Otros sectores	4,820.82	5,444.44	4,050.23	4,650.94	3,695.14	4,373.92	3,636.88	3,660.86
	1A4a	Comercial/Institucional	1,969.36	1,980.52	1,342.38	1,350.21	1,041.78	1,047.92	711.77	715.74
	1A4b	Residencial	2,462.77	3,022.46	2,163.89	2,742.42	2,095.08	2,763.28	2,253.14	2,260.23
	1A4c	Agricultura	163.69	215.15	132.82	145.19	126.02	128.17	177.45	185.80
	1A4c	Pesca	225.00	226.31	411.14	413.12	432.26	434.55	494.52	499.09
1B		Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	369.71	7,258.18	803.32	8,455.53	650.00	7,197.47	838.42	8,417.28
	1B1	Combustibles sólidos		74.40		64.51		63.72		33.95
	1B1a	Minería y manejo del carbón		74.40		64.51		63.72		33.95
	1B2	Petróleo y gas natural	369.71	7,183.78	803.32	8,391.02	650.00	7,133.76	838.42	8,383.33

	1B2a	Petróleo	194.73	1,245.84	333.53	2,133.34	321.56	1,984.75	347.72	2,224.69
	1B2b	Gas natural	174.98	5,937.95	469.79	6,257.69	328.44	5,149.01	490.70	6,158.64
2		Procesos industriales y uso de productos	5,690.95	5,822.37	5,848.97	5,990.83	4,882.76	5,025.39	4,292.06	4,470.76
2A		Industria de los minerales	5,054.11	5,054.11	5,117.19	5,117.19	4,174.36	4,174.36	3,723.71	3,723.71
	2A1	Producción de cemento	4,223.75	4,223.75	4,590.80	4,590.80	3,731.34	3,731.34	3,339.80	3,339.80
	2A2	Producción de cal	702.85	702.85	392.26	392.26	319.64	319.64	270.44	270.44
	2A3	Producción de vidrio	35.24	35.24	33.32	33.32	34.81	34.81	34.45	34.45
	2A4	Otros usos de Carbonatos	92.28	92.28	100.82	100.82	88.57	88.57	79.01	79.01
	2A4a	Cerámicas (ladrillos)	72.77	72.77	80.75	80.75	69.30	69.30	65.39	65.39
	2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa (carbonato de sodio)	19.51	19.51	20.07	20.07	19.27	19.27	13.62	13.62
2B		Industria química	0.06	131.47	0.11	141.95	0.11	142.72	0.09	178.76
	2B2	Producción de ácido nítrico		131.41		141.84		142.61		178.67
	2B7	Producción de Ceniza de Sosa (carbonato de sodio)	0.06	0.06	0.11	0.11	0.11	0.11	0.09	0.09
2C		Industria de los metales	636.78	636.79	731.67	731.69	708.28	708.31	568.26	568.29

2C1	Producción de hierro y acero	99.56	99.56	152.97	152.99	150.71	150.73	184.51	184.53
2C5	Producción de plomo								
2C6	Producción de zinc	537.22	537.22	578.70	578.70	557.58	557.58	383.75	383.75
3	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	109,253.83	134,901.58	105,900.08	131,489.41	93,879.83	119,633.98	87,183.52	112,523.74
3A	Ganado		12,084.69		12,161.38		12,228.67		12,185.04
3A1	Fermentación entérica		11,462.85		11,533.32		11,613.43		11,564.62
3A2	Manejo de estiércol		621.84		628.06		615.24		620.41
3B	Tierras	108,991.29	108,991.29	105,649.34	105,649.34	93,585.96	93,585.96	86,943.68	86,943.68
3B1	Tierras forestales	9,799.32	9,799.32	11,178.46	11,178.46	13,697.41	13,697.41	17,157.66	17,157.66
	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales								
3B1a		10,837.10	10,837.10	12,136.94	12,136.94	13,697.41	13,697.41	17,157.66	17,157.66
3B1b	Tierras convertidas en tierras forestales	-1,037.78	-1,037.78	-958.48	-958.48		-		-
3B2	Tierras de cultivo	51,450.82	51,450.82	54,301.89	54,301.89	37,701.12	37,701.12	18,897.84	18,897.84
	Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo								
3B2a		-249.62	-249.62	-271.40	-271.40	-686.72	-686.72	-492.76	-492.76
3B2b	Tierras convertidas en tierras de cultivo	51,700.44	51,700.44	54,573.29	54,573.29	38,387.84	38,387.84	19,390.61	19,390.61
3B3	Pastizales	41,309.08	41,309.08	33,511.05	33,511.05	38,161.24	38,161.24	48,177.92	48,177.92

	3B3a	Pastizales que permanecen como pastizales								
	3B3b	Tierras convertidas en pastizales	41,309.08	41,309.08	33,511.05	33,511.05	38,161.24	38,161.24	48,177.92	48,177.92
	3B5	Asentamientos	5,038.23	5,038.23	5,163.79	5,163.79	3,650.59	3,650.59	2,161.59	2,161.59
	3B5b	Tierras convertidas en asentamientos	5,038.23	5,038.23	5,163.79	5,163.79	3,650.59	3,650.59	2,161.59	2,161.59
	3B6	Otras tierras	1,393.83	1,393.83	1,494.15	1,494.15	375.59	375.59	548.67	548.67
	3B6b	Tierras convertidas en otras tierras	1,393.83	1,393.83	1,494.15	1,494.15	375.59	375.59	548.67	548.67
3C		Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	262.54	13,825.60	250.73	13,678.69	293.87	13,819.35	239.83	13,395.03
	3C1	Emisiones por quema de biomasa		1,891.33		1,883.56		1,875.81	-	1,862.62
	3C3	Aplicación de urea	262.54	262.54	250.73	250.73	293.87	293.87	239.83	239.83
	3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados		7,709.86		7,704.60		7,763.15		7,486.27
	3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados		2,667.66		2,660.13		2,674.69		2,613.65

		Emisiones indirectas de								
	3C6	N ₂ O por manejo del estiércol		209.30		200.17		194.12		187.72
	3C7	Cultivo de arroz		1,084.91		979.50		1,017.71		1,004.94
4		Desechos	61.67	6,437.67	59.29	6,194.82	63.41	5,955.41	49.49	6,383.50
	4A	Eliminación de Desechos Sólidos		3,979.47		3,455.72		3,418.72		3,555.79
	4C	Incineración e incineración abierta de desechos sólidos	61.67	85.22	59.29	83.46	63.41	89.86	49.49	72.85
	4C2	Incineración abierta de desechos	61.67	85.22	59.29	83.46	63.41	89.86	49.49	72.85
	4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales		2,372.98		2,655.64		2,446.82		2,754.86
	4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		1,677.75		1,939.97		1,773.65		1,706.89
	4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		695.23		715.67		673.17		1,047.98
		Total	165,045.61	205,294.17	156,919.59	197,568.03	138,669.49	178,171.20	131,163.56	170,939.58