



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Evaluación de la Captura de Carbono en tres Sistemas de
Producción de Papa en Zinacantepec, Estado de México

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

MIRIAM PAULINO FLORES

DIRECTOR DE TESIS:

DR.en C. ÁNGEL ROBERTO MARTÍNEZ CAMPOS

ASESOR DE TESIS:

DR. FRANCISCO ERNESTO MARTÍNEZ CASTAÑEDA



Toluca de Lerdo, Estado de México; Octubre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

A dios

A mis padres, por su apoyo, por su confianza, por darme la vida y por darme la oportunidad de tener una carrera, esto es por ustedes y para ustedes, los amo y estoy orgullosa de ser su hija.

A mis hermanos por creer y estar al pendiente de mí, los quiero mucho.

A mi hermana y mi sobrina, por darme la alegría y fuerza necesaria para concluir esta etapa.

Arthur, agradezco tu confianza, tu tiempo, tu amor, tu comprensión y por estar presente en mi vida.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) por el apoyo para realizar el trabajo de investigación en esta institución.

Al Dr. Ángel Roberto Martínez Campos por brindarme su apoyo, su comprensión y la paciencia para concluir esta investigación.

Al Dr. Francisco Ernesto Martínez Castañeda por su apoyo y participación en este trabajo.

A las personas que me dieron una palabra de ánimo que estuvieron presentes y dejaron huella en mi vida: profesores, amigos, familiares y compañeros.

Gracias

RESUMEN

Los cultivos agrícolas, por su función fotosintética, capta CO₂ de la atmosfera de forma natural, almacenándolo y actuando así de forma importante como sumideros de carbono, el cultivo de papa por ser de rápido crecimiento fija una tasa alta de CO₂.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de estimar la captura y emisión de CO₂ en tres sistemas de producción de papa en Zinacantepec además de evaluar la capacidad de estos sistemas como sumideros de carbono, comparándola con la captura neta de un bosque templado perennifolio del Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT).

Los resultados obtenidos mostraron que los cultivos de papa con mayor capacidad de fijación son los que aplican la dosis arriba de lo recomendado (DAR), superando la fijación de la captura de CO₂ del PNNT es de 30 veces respecto al Pino, para el Oyamel 15 veces y lo que corresponde a los ecosistemas de Bosques tropicales lluviosos la fijación es de 1.3 y para el caso del bosque tropical perennifolio, este supera a los cultivos de papa por menos de 1.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEORICO.....	8
2.1 Gases de Efecto Invernadero	8
2.2 Fuentes de emisión y gases de efecto invernadero.....	9
2.3 Ciclo del carbono.....	10
2.4 Vegetación como sumidero de Carbono.....	11
2.5 Fijación de Carbono en Plantas C3, C4 y CAM.	13
2.6 Características de la papa	15
2.6.1 Importancia económica de la papa en México	15
2.6.2 Proceso de producción de la papa	16
2.7 Tipos de Riego	19
2.7.1 Riego rodado o por gravedad.....	19
2.7.2 Riego por aspersión.....	20
2.7.3 Riego por goteo	20
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. HIPÓTESIS.....	24
5. OBJETIVO GENERAL.....	24
6. OBJETIVOS PARTICULARES.....	24
8. METODOLOGIA.....	25
8.1 Descripción del área de estudio	25
8.2 Marco de muestreo.....	25
8.2 Diseño de cuestionario.....	26
8.2.1 Manejo Agronómico.....	26
8.2.2 Productiva	27
8.3 Análisis e interpretación de datos agronómicos.....	27

8.4 Estimación de los Equivalentes de CO ₂ emitidos durante el ciclo productivo	28
8.5 Estimación del carbono fijado en la planta.....	29
8.5.1 Composición proximal de la papa	29
8.5.2 Química proximal del rastrojo.....	30
8.5.3 Base de cálculo para las estimaciones de captura de carbono.....	31
8.6 Estimación del Carbono fijado en el Parque Nacional Nevado de Toluca y de diferentes bosque.....	32
8.7 Análisis comparativo	33
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
9.1 Estimación de los Equivalentes de CO ₂ capturados durante el ciclo productivo de temporal.....	34
9.2 Estimación de los Equivalentes de CO ₂ capturados durante el ciclo de riego.....	34
10. CONCLUSIONES	38
LITERATURA CITADA.....	39
ANEXOS	43

1. INTRODUCCIÓN

Las emisiones resultantes de las actividades humanas han incrementado sustancialmente la concentración en la atmósfera de los así llamados gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, fluorocarbonatos y óxidos de nitrato. Este incremento está dando lugar a un calentamiento de la superficie de la tierra (IPCC, 1990).

El sector agropecuario, como una de las tantas actividades del hombre, genera impactos al medio ambiente como erosión y contaminación del suelo y agua, liberación de gases (CO₂, CH₂, NOx) cuyas consecuencias, además de las ambientales, incrementan los problemas económicos y sociales.

Las estadísticas de la FAO revelan que en los albores del nuevo milenio 2 570 millones de personas dependen de la agricultura, la caza, la pesca o la silvicultura para su subsistencia. La agricultura impulsa la economía de la mayoría de los países en desarrollo, la base del crecimiento económico de un país es el crecimiento agrícola factor importante para erradicar la pobreza.

El papel de la agricultura en relación con el cambio climático, ha recibido una creciente atención entre el público y los políticos de la Unión Europea. Debido a la contribución significativa de la agricultura a las emisiones de gases de efecto invernadero, está claro que el sector debe tanto contribuir al esfuerzo para controlar las emisiones como prepararse para la adaptación para enfrentarse a los riesgos y vulnerabilidades del cambio climático.

El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, impone reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a los países que la ratifican.

Bajo este principio poco se ha hecho en las firmas de acuerdos, convenios, tratados, en los que solo se mencionan los principales problemas como fuentes emisoras del calentamiento global sin dar soluciones claras.

Por esta razón, el secuestro de carbono aparece como una propuesta que intenta disminuir las actuales tasas de liberación de CO₂, consecuencia de los actuales sistemas productivos que predominan a nivel mundial.

A partir de que la agricultura aparece como forma de vida, patrimonio, identidad cultural, pacto ancestral con la naturaleza, no ha recibido atención, es importante resaltar las contribuciones no monetarias de la agricultura: el hábitat y el paisaje, la conservación del suelo, la ordenación de las cuencas hidrográficas, la retención de carbono y la conservación de la biodiversidad.

Pero quizás, las aportaciones más significativas de la agricultura sean que, para más de 850 millones de personas subnutridas, la mayoría de ellas en las zonas rurales, constituye un medio para salir del hambre y ofrece una excelente alternativa de secuestro y fijación de carbono.

Cabe señalar que el municipio de Zinacantepec aparece como zona de estudio, por su importancia en la producción de papa por sus características geográficas ya que estas condiciones son las aptas para realizar dicha actividad, tomando como comparación el PNNT, por su importancia ambiental y su cercanía a la zona de estudio tomando en cuenta que constan de condiciones similares y nos permiten la comparación de sus servicios.

2. MARCO TEORICO

2.1 Gases de Efecto Invernadero

Se denominan gases de efecto invernadero (GEI) a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria.

Los gases de efecto invernadero, ordenados por un efecto decreciente de su capacidad de captación de radiación, son: vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O_3) y clorofluorocarburos (artificiales). No todos los componentes de la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los gases de efecto invernadero tienen diferente capacidad de calentamiento global, basada en su impacto radiactivo y su duración en la atmósfera. El gas de referencia tomado como unidad es el CO_2 y el potencial de calentamiento global se expresa en millones de toneladas de carbono equivalente (MTCE) (IPCC, 1996).

En general, el efecto invernadero se atribuye al aumento de las concentraciones de CO_2 y de otros gases que atrapan la energía electromagnética emitida por la superficie de la tierra y su impacto sobre el clima del planeta. Este hecho se sustenta en que la tierra mantiene su balance térmico emitiendo energía, día y noche, en forma de radiación electromagnética. Así, por este proceso, gran parte de la energía solar incidente durante el día y absorbida por la superficie de la tierra, es disipada.

El IPCC citó que las actividades humanas tienen un efecto directo sobre las concentraciones, distribución y el ciclo de vida de estos gases. Al comparar las concentraciones de CO_2 , CH_4 y N_2O en la atmósfera desde 1750 a 1998, se registraron incrementos de 30, 145 y 13%, respectivamente (Follett, 2001). Sin embargo, no todos los gases con efecto invernadero poseen igual capacidad para calentar la atmósfera, tanto por su poder intrínseco para absorber radiación como por su vida media en la atmósfera. Así se ha desarrollado una

escala relativa que compara los diferentes gases con el CO₂. De esta manera, se le atribuye al CO₂ un poder o potencial de calentamiento igual a 1, al metano de 11, a los óxidos de N de 320 y a los CFC entre 1.300 a 4.000 (Cisla, 1996).

2.2 Fuentes de emisión y gases de efecto invernadero

Los cálculos de emisión de GEI generalmente se realizan para cinco de las seis categorías de emisión de IPCC (SEMARNAT, 2006):

1. ENERGIA: comprende dos rubros el primero es el consumo de combustibles fósiles en industria, transporte, comercial/institucional, residencial y biomasa para obtener energía. El segundo es emisiones fugitivas y comprende sistemas de petróleo, gas natural y minería del carbón.
2. Procesos industriales: comprende minerales no metálicos (cemento).
3. Agricultura y ganadería: abarca la fermentación entérica, desechos animales, cultivo de arroz, quema de sabanas, quema de desperdicios agrícolas y suelos agrícolas.
4. Cambio de uso de suelo y silvicultura: tala y quema *in situ* de bosques, conversión de tierras de pastos, manejo de bosques.
5. Desperdicios o desechos: rellenos sanitarios y aguas residuales.

En México la categoría de agricultura está compuesta principalmente por las emisiones provenientes de actividades agrícolas (cultivos y manejo de suelos) y pecuarias (fermentación entérica y manejo de estiércol).

2.3Ciclo del carbono

El carbono, un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, se obtiene de la atmósfera por medio de la fotosíntesis. Sin embargo, cuando las plantas mueren, sus tejidos ricos en carbono vuelven al suelo y son descompuestos por los organismos vivos. La materia orgánica del suelo es por tanto la suma de los residuos orgánicos (animales y plantas) en diferentes grados de descomposición. La materia orgánica mejora la calidad del suelo, ayuda a prevenir la escorrentía, incrementa su humedad y contribuye a moderar las fluctuaciones diarias de temperatura en las capas superiores del suelo. La materia orgánica del suelo también funciona como un enorme almacén de carbono: se estima que los organismos vivos suponen aproximadamente un cuarto de todo el carbono de los ecosistemas terrestres, mientras que los otros tres cuartos están almacenados en la materia orgánica contenida en los suelos.

La respiración del suelo se define como la producción de CO_2 debido a dos procesos: a) la ruptura u oxidación de la materia orgánica rica en carbono por medio de los microorganismos del suelo; y b) la respiración de las células de las raíces de las plantas. La tasa de producción de CO_2 indica la tasa de descomposición de la materia orgánica y por tanto de la cantidad que se pierde de carbono del suelo. Las medidas de la respiración del suelo ayudan a determinar la contribución del suelo al balance del CO_2 en la atmósfera.

Las plantas tienen la capacidad de captar el CO_2 atmosférico y mediante procesos fotosintéticos, metabolizarlo para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital. En general, se puede concluir que, las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO_2) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO_2 (a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa).

Existen diversos factores que influyen sobre la cantidad de carbono acumulado tanto en la biomasa de las plantas como en el suelo. La tala de árboles y la quema de material vegetal que se aplican en los procesos de conversión de bosques a tierras agrícolas o ganaderas y, también, en la explotación maderera, liberan el carbono acumulado en las plantas y en el suelo y éste regresa a la atmósfera en forma de CO₂.

En la actualidad, los excedentes de CO₂ se presentan por un desbalance entre el ciclo de captación (fotosíntesis) y el de emisión. Por una parte la captación del CO₂ de la atmósfera por parte de las plantas a través de la fotosíntesis se ve disminuida por la pérdida de tierras de cultivo, el abandono del campo y la deforestación. Por otra parte, la respiración de las plantas, las quemas y las talas para usos residenciales incrementan en la atmósfera la concentración de emisiones de CO₂, lo que unido a una tasa de deforestación alta y a las escasas medidas de reforestación aplicadas, altera el balance entre emisión y captación. Estas emisiones netas del sector agrícola y forestal se suman a las emisiones de CO₂ que se generan al quemar combustibles fósiles en los sectores de transporte y generación de energía.

2.4 Vegetación como sumidero de Carbono

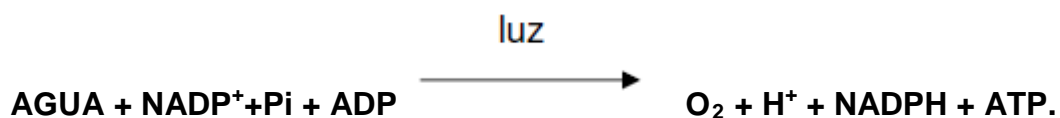
Los ecosistemas que retiran dióxido de carbono de la atmósfera son conocidos bajo el nombre de sumideros, los cuales vía la fotosíntesis almacenan carbono en compuestos orgánicos que conforman la biomasa y la materia orgánica de los suelos y constituyen una de las formas de mitigación del efecto invernadero (Martino, 2000).

La fotosíntesis es un proceso metabólico fundamental para todos los organismos vivos ya que consiste en el empleo de la energía luminosa para biosintetizar los componentes celulares. La energía solar constituye no solamente la fuente energética para las plantas verdes y otros autótrofos fotosintéticos, sino también, en último término, es la fuente energética para casi

todos los organismos heterótrofos, mediante la actuación de las cadenas alimenticias de la biosfera. Además, la energía solar capturada por el proceso de fotosíntesis es la fuente de cerca del 90 % de toda la energía empleada por el hombre para satisfacer las demandas de calor, luz y potencia, ya que el carbón, el petróleo y el gas natural, que son los combustibles utilizados para la mayor parte de la maquinaria fabricada por el hombre, son productos de descomposición del material biológico generado hace millones de años por los organismos fotosintéticos.

La fotosíntesis es un proceso que ocurre en dos fases. La primera fase es un proceso que depende de la luz (reacciones luminosas o de luz). Esta fase requiere la energía directa de la luz para generar energía química y reductora que serán utilizadas en la segunda fase. La fase independiente de la luz (fase de oscuridad), se realiza cuando los productos de las reacciones de luz son utilizados para, a partir del CO₂, formar enlaces covalentes carbono-carbono (C-C) de los carbohidratos mediante el Ciclo de Calvin. Este proceso de la fotosíntesis se produce en los cloroplastos de las células.

En las reacciones de luz, la captación de energía luminosa por los pigmentos que absorben la luz convirtiéndola en energía química (ATP) y poder reductor (NADPH), combinada con una molécula de agua, permiten la liberación de O₂ molecular. La ecuación general para esta primera etapa de la fotosíntesis es por lo tanto la siguiente:



En la segunda fase de la fotosíntesis, los productos ricos en energía de la primera fase, el NADPH y el ATP, se emplean como fuentes energéticas para efectuar la reducción del CO₂ y producir glucosa. Como consecuencia se produce de nuevo ADP y NADP⁺. Esta segunda etapa de la fotosíntesis se esquematiza en términos generales como:



Este proceso se lleva a cabo por reacciones químicas convencionales, catalizadas por enzimas que no necesitan la luz.

En las reacciones de oscuridad, el CO_2 de la atmósfera (o del agua en organismos fotosintéticos acuáticos/marinos) es capturado y reducido por la adición de hidrógeno (H^+) para la formación de carbohidratos $[(\text{CH}_2\text{O})]$. La incorporación del dióxido de carbono en compuestos orgánicos, se conoce como fijación o asimilación del carbono. La energía usada en el proceso proviene de la primera fase de la fotosíntesis. Los seres vivos no pueden utilizar directamente la energía luminosa, sin embargo, a través de una serie de reacciones fotoquímicas, la pueden almacenar en la energía de los enlaces C-C de carbohidratos, que, más tarde, será liberada mediante los procesos respiratorios u otros procesos metabólicos.

2.5 Fijación de Carbono en Plantas C3, C4 y CAM

Dependiendo del tipo de fijación de CO_2 , la planta tendrá un metabolismo distinto y por lo tanto, se clasifican en plantas C-3, C-4 o CAM. En ellas, tanto la eficiencia del uso del agua y como la tasa de fijación de CO_2 es diferente.

Las plantas C-3 se caracterizan por mantener las estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO_2 , lo que provoca una pérdida de agua por transpiración de forma continua. Ante el riesgo de deshidratación ocasionado por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático que provoca una gran disminución de la fotosíntesis como: *Triticum spp*; *Spinacea oleracea* (espinaca); *Avena sativa* (avena); *Beta vulgaris* (remolacha); *Beta vulgaris var. cycla* (acelga); *Cucumis sativus* (pepino); *Dactylis glomerata* (pasto ovillo); *Eucaliptus spp* (eucalipto); *Festuca spp* (festuca); *Glycine max* (soja); *Lycopersicum esculentum* (tomate); *Medicago sativa* (alfalfa); *Oryza sativa*

(arroz); *Phalaris arundinacea* (falaris); *Phaseolus vulgaris* (poroto) (Pérez, 2012).

Las plantas C-4 se caracterizan por tener los estomas abiertos de día. Como poseen intermediarios de bombeo de CO₂ en la célula, pueden permitirse un cierre de estomas imprevisto, siendo factible la continuidad del proceso fotosintético, gracias al reservorio de CO₂: *Cynodon dactylon* (gramilla); *Chloris gayana* (grama rodes); *Digitaria sanguinalis* (pasto cuaresma); *Echinochola crus-galli* (capín); *Panicum elephantipes* (canutillo); *Panicum milliaceum* (mijo); *Paspalum dilatatum* (pasto miel); *Paspalum repens* (canutillo); *Saccharum officinarum* (caña de azúcar); *Salsola kali* (cardo ruso); *Setaria italica* (moha); *Setaria geniculata* (cola de zorro).

Las plantas CAM, mantienen los estomas abiertos por la noche. Las pérdidas de agua por transpiración se reducen enormemente. También poseen reservorio de CO₂, con lo cual también pueden cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética: Especies de las familias Bromeliaceas, Crasulaceas y Euphorbiaceas, entre las que se destacan *Bryophyllum*, *Crassula*, *Kalenchoe*, *Opuntia* (Pérez, 2012).

Las propiedades de las plantas C-4 y CAM les permiten una supervivencia en entornos con déficit hídrico (Lallana, 2003).

2.6 Características de la papa

La papa o patata (*Solanum tuberosum*) es una planta de la familia de las solanáceas, cultivada en casi todo el mundo por su tubérculo comestible. Es originaria del altiplano andino en un área que coincide aproximadamente con el sur del Perú, donde ha sido cultivada y consumida al menos desde el VIII milenio a.d.C.

S. tuberosum es una planta anual, de tallo erecto, que puede medir hasta 1 m de altura. Sus hojas son compuestas, con 7 foliolos de forma lanceolada, con grados variables de pilosidad. Las flores tienen forma de estrella y sus pétalos están fusionados. El color de la flor puede ser blanco, rosado o violeta con el centro amarillo. Su fruto es una baya verde, de forma semejante a un tomate pero mucho más pequeño, que contiene en su interior unas 400 semillas. La parte que se consume es un tubérculo, es decir, un engrosamiento subterráneo de los tallos que sirve para almacenar sustancias de reserva.

Los tubérculos están cubiertos por una exodermis que aparece al romperse la epidermis que va engrosándose con el tiempo. Sobre su superficie existen "ojos", hundimientos para resguardar las yemas vegetativas que originan los tallos, que están dispuestos en forma helicoidal. Además, hay orificios que permiten la respiración, llamados lenticelas.

2.6.1 Importancia económica de la papa en México

La papa es una de las principales hortalizas producidas en México. En 1998 se cosecharon 1.27 millones de toneladas en una superficie de 63 000 ha (FAO. Statistical Issues). El rendimiento promedio nacional fue de 20.2 t/ha. México tiene un consumo anual promedio de papa de 12 kg por habitante, el más bajo en América Latina y mucho menor que el consumo promedio en Europa, que es de 86 kg por persona. Pero es tal vez el crecimiento de la población el principal

factor del incremento en la producción que se ha observado en las décadas recientes, y en menor medida, el cambio en los patrones de consumo, con la inclusión de mayores cantidades de papa en la dieta mexicana.

La papa ocupa el 5º lugar en el renglón alimenticio detrás del maíz, frijol, trigo y arroz.

Como cultivo a nivel nacional, la papa ocupa el lugar 35 en orden de importancia por superficie sembrada (0.3% del total nacional); sin embargo, en cuanto a valor de la producción la papa ocupa el noveno sitio (3.3%).

En nuestro país, a pesar de su alto valor alimenticio y de que se produce prácticamente todo el año y en más de 20 estados de la República, en la mayoría de los casos el cultivo de papa se lleva al cabo más por tradición que como resultado de un análisis de las condiciones agroclimáticas, lo que ocasiona rendimientos muy dispares. Así, Sinaloa que es el principal productor, ha logrado en los últimos años rendimientos superiores a las 22 toneladas por hectárea, gracias a que el cultivo se ubica, en su mayor parte, en zonas de riego y al uso de semilla certificada (Claridades Agropecuarias, 1991).

2.6.2 Proceso de producción de la papa

Descortezado: es la operación que se realiza en suelos sueltos con tendencia a formar cortezas duras (planchado), y cuya finalidad es romper la costra superficial para facilitar la emergencia de las plántulas o bien destruir la capilaridad evitando de ese modo la exagerada evaporación. La maquinaria utilizada para esta labor es: rastra de dientes, tablón, rastrillo, como los principales.

Carpida: es aquella operación que se realiza a una profundidad variable (depende del cultivo y del suelo) entre 8 y 12 cm, para eliminar malezas y remover la tierra, mejorando de esta forma la granulosidad, aumentando el contenido de aire y la meteorización necesaria para activar las reacciones del

suelo y con ello la descomposición de las sustancias orgánicas. Se utilizan maquinas que remueven el suelo por medio de elementos cortantes dispuestos más o menos verticalmente, ya sean manuales(escardillo, zapines, zapas, etc.) y de tracción mecánica o animal (carpidores, cultivadores, etc.).

Escardillado: similar a la carpida, este se hace a menor profundidad (de 4 a 8 cm). En suelos sueltos se realiza después de cada riego para conservar la humedad, en los suelos pesados se hace después que la superficie comienza a secarse y de formarse la costra. Se utilizan las mismas herramientas que en la carpida.

Aporque: es cuando se arrima tierra al pie de la planta con la finalidad de:

Dar a la planta mayores elementos de sostén. Por ejemplo en el maíz para favorecer el anclaje de las raíces.

Favorecer el desarrollo de las raíces y bulbos. Por ejemplo cebolla, ajo, remolacha, etc.

Favorece el blanqueado. Por ejemplo espárragos, apio, acelga, etc.

Proteger las raíces y bulbos de las heladas. Se utilizan asadas (manual), aporcadores de doble vertederas, arado de mancera de una vertedera (tracción).

Raleo: se realiza para eliminar plantas con el objetivo de dar al cultivo una densidad apropiada, evitando de ese modo la competencia. Según la superficie y la especie puede hacerse a mano o con escardillos, zapines y en lotes más extensos se utilizan rastras de dientes.

Control de malezas: compiten con el cultivo en el consumo de nutrientes, luz y agua. Ocasionan inconvenientes en la cosecha.

Las malezas por estar mejor adaptadas, se difunden y multiplican con facilidad, resisten más las adversidades climáticas.

Para el control de malezas hay distintos métodos, ellos son:

Físico:

- Desmalezado manual: se realiza con escardillos, azadas, palas y zapines.
- Desmalezado mecánico: cultivadores y rastras se los emplea para controlar malezas anuales y perennes en terrenos de cultivo o antes de la implantación. La elección del implemento depende del cultivo, especie y estado de la maleza y tipo de suelo.
- Coberturas con paja, polietileno, impide el crecimiento de las malezas. La quema de rastrojo no se recomienda por la materia orgánica que se pierde.

Biológico: consiste en controlar malezas por otros organismos (insectos, hongos, bacterias y plantas).

Químico: se realiza con el uso de herbicidas que matan o impiden el crecimiento de la maleza. Hay que tener en cuenta que los herbicidas selectivos controlan determinadas malezas, depende de cada producto y dosis empleada. La susceptibilidad tanto de malezas como de cultivo está relacionada con la época que se realiza la aplicación. Es necesario efectuarlo en los momentos de máxima resistencia del cultivo y la máxima susceptibilidad de la maleza. Los tratamientos se hacen en épocas diferentes, características por el estado del cultivo.

Tratamientos pre-siembra/ pre-plantación: se puede realizar sobre follaje de las malezas con producción que atacan por contacto y matan su parte aérea o productos que son absorbidos y transportados a todo su interior matándolas de raíz. También por suelo con productos residuales que maten a las malezas a medida que germinen.

- Tratamiento residual sobre suelo
- Tratamiento sobre el follaje

Tratamiento pre-emergencia: el herbicida se aplica en el cultivo después de haberlo sembrado pero antes de que germine se usan productos de origen

residual sobre el suelo, que impide la germinación de malezas. En un cultivo de germinación lenta, los primeros en emerger son las malezas que se pueden eliminar con herbicidas de follaje y actúan por contacto.

Tratamiento post-emergencia: se pueden utilizar herbicidas de contacto sobre el follaje de las malezas o de acción residual sobre el suelo. Ejemplo Diuron.

Una forma es la aplicación dirigida, evitando mojar el cultivo. Se hace entre los surcos de cultivos hortíco.

Tratamiento total o no selectivo: se realzan los bordos de los canales de riego, acequias, caminos y mata toda la vegetación existente. Deben realizarse sobre toda la superficie o en bandas comunes. En hortalizas con suficiente distancia entre surcos.

2.7 Tipos de Riego

Riego:El riego permite suministrar la humedad necesaria para el desarrollo del cultivo, el suministro de esta humedad puede ser por medios naturales vía agua de lluvia o medios mecánicos.

2.7.1 Riego rodado o por gravedad

Comprende los métodos de riego en los cuales la conducción del agua desde el sistema de distribución (canales o tuberías), hasta cualquier punto de la parcela a ser regada es realizada directamente sobre la superficie del suelo. Todos los métodos de riego rodado tienen en común que la energía necesaria para el movimiento del agua se logra por la utilización de la diferencia de altura del terreno, también por ello se llaman por gravedad. El agua se aplica al terreno en la zona más alta y desde allí fluye hacia las más bajas, disminuyendo el flujo a medida que se infiltra en el suelo. El riego rodado ha sido utilizado desde épocas remotas por el hombre, y actualmente a pesar de los avances

tecnológicos es el que ocupa la mayor superficie regada en muchos lugares de la tierra.

Ventajas

- * Se puede usar en cualquier cultivo que se riegue en hileras
- * El costo inicial del sistema es más bajo comparado con los de aspersión.
- * El costo de mantenimiento es prácticamente nulo.
- * La mano de obra necesaria para el funcionamiento es reducida.
- * Requiere bajo consumo de energía
- * Se ahorra entre el 30 a 50 % de agua en comparación con el riego por surcos por caudal continuo.

2.7.2 Riego por aspersión

Simula de alguna manera el aporte de agua que realizan las lluvias. Consiste en distribuir el agua por tuberías a presión y aplicarla a través de aspersores en forma de lluvia. Se busca aplicar una lámina que sea capaz de infiltrarse en el suelo sin producir escorrentía.

Ventajas:

- * La conducción fuera del cuadro de cultivo se hace por tuberías sin pérdidas
- * La aplicación es muy uniforme si el sistema está bien diseñado
- * Los equipos móviles se prestan para la aplicación de riegos complementarios debido a que son desplazables y no precisan sistematización de los terrenos.

2.7.3 Riego por goteo

El agua se conduce a presión por tuberías y luego por mangueras de riego que recorren las hileras del cultivo. El emisor, externo o incorporado a la manguera de riego es un “gotero” de caudal y separación variable según el suelo y los cultivos aplica el agua en forma de gotas que se van infiltrando a medida que caen.

VENTAJAS

- * No moja la totalidad del terreno.
- * No moja las hojas por lo que no es tan exigente en calidad de agua.
- * No tiene piezas móviles y es de fácil mantenimiento.
- * Gran uniformidad.

3. JUSTIFICACIÓN

La mayor parte de los procesos productivos, el transporte y los sistemas domésticos dependen de la energía derivada de los combustibles fósiles. Una consecuencia del uso de los combustibles fósiles es la emisión de óxido de carbono, principalmente dióxido de carbono. La emisión global del uso de dichos combustibles se ha incrementado en 3.5 veces desde 1950, y actualmente el volumen de emisiones se ubica en alrededor de 6.2 billones de toneladas por año. En este contexto se ubica la causa principal del incremento en la concentración de CO₂ en la atmósfera, desde que ocurrió la revolución industrial.

La segunda causa del proceso de acumulación de CO₂ en la atmósfera es el cambio de uso del suelo. La deforestación anual se calcula en 17 millones de hectáreas, lo que significa una liberación anual de cerca de 1.8 billones de toneladas de carbono por año; es decir, cerca del 20% del total de las emisiones antropogénicas.

Toda la vegetación asimila CO₂ atmosférico, por medio del proceso fotosintético, al formar carbohidratos y ganar volumen ya que almacenan grandes cantidades de carbono durante toda su vida.

Siempre que se habla de mitigación de emisiones por absorción del dióxido de carbono por parte de las plantas se piensa en los grandes bosques y selvas del mundo. Existen pocos estudios sobre estimación de Carbono en otros sistemas de uso del suelo por ejemplo los cultivos agrícolas. Se piensa que la actividad agrícola genera gases de efecto invernadero producidos por insumos fertilizantes, agroquímicos y uso de maquinaria entre otros, sin embargo, las emisiones de CO₂ emitidas por la agricultura no serían un problema, puesto que se compensarían con las captaciones. Esto podría contribuir a reducir las concentraciones atmosféricas mediante el secuestro de carbono.

Los árboles y cultivos agrícolas, y la vegetación en general, por su capacidad fotosintética, remueven o retiran CO₂ de la atmósfera, almacenándolo y actuando así como sumideros.

La agricultura es un sector estratégico básico para la producción de alimentos, pero al mismo tiempo es un sector multifuncional que, gracias a sus activos, contribuye al desarrollo sostenible en el medio rural y aporta destacados beneficios ambientales. Los cultivos evitan la desertificación, son emisores de oxígeno a la atmósfera, ayudan a regular el clima y la hidrología y, sobre todo, actúan como sumidero de CO₂.

Por esta razón, el secuestro de carbono aparece como una propuesta que intenta disminuir las actuales tasas de liberación de CO₂, consecuencia de los actuales sistemas productivos que predominan a nivel mundial, de ahí que el objetivo central de este trabajo es entregar un revisión de los beneficios del secuestro del carbono derivados del cultivo de papa, como una posibilidad de mejorar los sistemas agropecuarios y hacer éstos más sustentables y amigables con el medio ambiente.

4. HIPÓTESIS

- Los sistemas de producción de papa pueden actuar como sumideros de carbono y ser más eficientes que los bosques de pino-oyamel del Parque Nacional Nevado de Toluca.

5. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los equivalentes de CO₂ capturados por los sistemas de producción de papa en Zinacantepec, Estado de México.

6. OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar el costo energético equivalente de CO₂ de tres sistemas de producción de papa (tradicional, convencional e intensivo).
- Cuantificar el rendimiento por hectárea de los tres sistemas de producción de papa (tradicional, convencional e intensivo).
- Realizar un análisis comparativo de los equivalentes de CO₂ capturados en los tres sistemas de producción de papa contra los capturados por el mismo equivalente de superficie de bosque.

8. METODOLOGIA

8.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Zinacantepec, ubicado a los 19° 17' 00" de latitud norte y a los 99° 44' 00" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, y altitud de 2740 msnm. Este municipio consta de una extensión de 30,868 hectáreas, de las cuales 19 440 pertenecen al Parque Nacional Nevado de Toluca. Este municipio destina 611 hectáreas de temporal y 147 hectáreas de riego para el cultivo de papa, ubicándose como el segundo municipio productor en el Estado de México (SIAP 2010).

8.2 Marco de muestreo

Los productores a quienes se les aplicó el cuestionario fueron hombres, con un rango de edad de los 40 a los 65 años, y un mínimo de 1.0 ha destinada para la producción de papa.

Se realizó un muestreo estratificado en base a la superficie sembrada de papa por productor, registrada en las bases de los Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADERs) y de los Distritos de Desarrollo Rural (DDRs) del Estado de México. El marco de muestreo se determinó aplicando la metodología descrita por Scheaffer et. al (1986), clasificando a los productores de acuerdo a la modalidad de riego: a) rodado y b) temporal. La parcelas muestreadas corresponde a 9 productores que siembran en ambas modalidades (riego y temporal) y fueron clasificadas de acuerdo a los niveles de aplicación de agroquímicos en: cultivos con dosis debajo de lo recomendado (tradicional), dosis recomendada (convencional) y dosis arriba de lo recomendado (intensivo) (Tabla 8.1.1), el total de hectáreas analizadas fueron 29.

Tabla 8.1.1 Superficie por productor de acuerdo a la dosis de agroquímicos aplicados

Productor	Hectáreas (ha)
Dosis debajo de lo recomendado	
P2	6
P8	5
P18	1
Dosis recomendada	
P4	2
P23	3
P29	2
Dosis arriba de lo recomendado	
P10	3
P25	5
P33	2
9 Productores	29 Hectáreas

FUENTE: Elaboración propia en base a los datos recopilados

Para realizar el comparativo de captura se eligió el Parque Nacional Nevado de Toluca por ser la zona boscosa más representativa en el estado, se tomaran datos de captura de carbono de dos variedades de bosque las cuales se describen en el Anexo 1.

8.2 Diseño de cuestionario

De acuerdo a Briones, 1996 se manejaron cuestionarios de preguntas abiertas y cerradas considerando dos secciones; manejo agronómico (uso de fertilizantes y plaguicidas, riego, cosecha) y productiva (superficie sembrada, rendimiento de producto y rastrojo, número de ciclos de siembra, fertilización y riego) (Anexo 2).

8.2.1 Manejo Agronómico

En esta primera sección del cuestionario, se plantean preguntas sobre las medidas enfocadas al cuidado del cultivo, desde la siembra con el uso de fertilizantes, el control de plagas y malezas, el riego y la cosecha, las cuales son las principales actividades de emisión de equivalentes de CO₂.

Fertilizantes y Plaguicidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas): se obtendrán datos referentes al uso, las cantidades aplicadas por ha, la forma y frecuencia de aplicación (manual o con maquinaria) y el lugar de compra de cada uno de los insumos.

Riego: se obtendrá información relacionada a la forma del riego; ya sea rodado, por aspersión o por goteo, la frecuencia y el tiempo destinado al riego por hectárea y así estimar las emisiones de CO₂ generadas por esta actividad.

Cosecha: se plantean preguntas referentes a la forma de realizar la cosecha: manual o mecanizada, a fin de calcular el gasto de combustible en esta actividad, y posteriormente convertirlos en equivalentes de CO₂.

8.2.2 Productiva

La segunda sección del cuestionario está enfocado a obtener datos sobre el rendimiento en cada sistema de producción de papa, se plantean preguntas sobre el número de hectáreas cultivadas, la cantidad de tubérculo cosechado por hectárea, la cantidad de rastrojo por hectárea generado y sobre los ciclos agrícolas; esta información permitirá determinar la captura neta de carbono fijada en la planta.

8.3 Análisis e interpretación de datos agronómicos

Los datos obtenidos en el cuestionario se representaron en tablas para simplificar la información, se muestra el tipo de sistema de producción, la modalidad de riego, las cantidades utilizadas de fertilizantes y plaguicidas por hectárea (Anexo 3).

8.4 Estimación de los Equivalentes de CO₂ emitidos durante el ciclo productivo

La información recopilada en los cuestionarios, en la sección de manejo agronómico, permitirá cuantificar el combustible (gasolina) utilizado para transportar los insumos, barbecho de terreno, gastado en la aplicación de agroquímico, el requerido en el riego y el invertido en la maquinaria durante la cosecha, los cuales son transformados a equivalentes de CO₂.

Primero se calculó la distancia recorrida del traslado a los cultivos, de fertilizantes y agroquímicos.

Estos insumos son obtenidos de diversos centros de distribución que se muestran en la tabla 8.4.1.

Tabla 8.4.1 distancia, origen y gasto de gasolina de agroquímicos

Producto	Origen	Distancia	Litros de gasolina
METALAXIL FL ALIETTE	Importado y distribuido por: Bayer de México, S.A. de C.V.	70 Km	33.33
RIDOMIL GOLD RIDOMIL MZ	Syngenta. Planta San Luis Potosí	382 km	127.3
CURZATE	DuPont. Planta Lerma, Estado de México.	52.5 km	17.4
CENSOR	Querétaro, México.	187.5km	62.5
K3	Naucalpan Estado de México.	70.6km	23.53

Fuente: <http://www.sunearthtools.com/es/index.php>.

Para fines de cálculo se consideró un rendimiento de 3 km/l, que corresponde al rendimiento promedio de un vehículo de 3 toneladas a su capacidad máxima.

Los gastos de combustible se convirtieron a equivalentes de CO₂ emitidos, de la siguiente manera:

1.- Con base a la reacción de la quema de gasolina se calculó la cantidad de carbono en kilogramos emitido por la quema de un litro de combustible (gasolina).

Las emisiones de CO₂, por la quema de gasolina se calcularon en base a la fórmula de combustión tomando esta en cuenta: $2 \text{ C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{ O}_2 \rightarrow 16 \text{ CO}_2 + 18 \text{ H}_2\text{O} + 2636 \text{ energía}$ dando por resultado que por cada litro de gasolina se emiten 2.32 kg de CO₂(Anexo 3).

El valor de CO₂ emitido por la quema de 1 L de gasolina se multiplicó por las cantidades utilizadas para el transporte de los insumos requeridos en la producción de la papa desde el centro de transferencia más cercano hasta la zona de cultivo (Anexo 4).

8.5 Estimación del carbono fijado en la planta

Para obtener la cantidad de carbono fijado en la planta primero se consideró la química proximal de material vegetal reportado en literatura.

8.5.1 Composición proximal de la papa

Aunque depende de la variedad cultivada, el tubérculo se compone básicamente de 75-78% de agua, 16- 20% de fécula en forma de almidón, 2,0-2,5% de sustancias nitrogenadas, 0,15% lípidos y 1,0-1,8% de fibra dietética como celulosa. Para fines de la presente investigación se tomaran como referencia la composición proximal de los tubérculos de papa propuesta por Woolfe 1987 (Tabla 8.5.1.2) y la composición proximal general de plantas sugerida por A. C. Michel Aceves (Tabla 8.5.1.1) y la composición proximal del rastrojo (8.5.2.1).

Tabla 8.5.1.1 Química proximal del tubérculo

Componente Químico	% Base seca
Humedad	77
Proteínas	2.1
Lípidos	0.1
Fibra Cruda	2.1
Almidón	18.5
Cenizas	1.0

8.5.2 Química proximal del rastrojo

Tabla 8.5.2.1 composición proximal del rastrojo de la papa

Componente Químico	% Base seca
H ₂ O	7.6
Proteínas	4.92
Lípidos	5.5
Extracto libre de nitrógeno (almidones y azúcares)	28.60
Ceniza	9.49

Fuente: Producción masiva de *Trichoderma harzianum* Rifai en diferentes sustratos orgánicos, A. C. Michel Aceves.

Así mismo se obtuvieron las formulas mínimas de proteína, lípidos, almidones, azúcares y fibra cruda (Tabla 8.5.2.2).

Tabla 8.5.2.2 Fórmulas mínimas de los compuestos del tubérculo

Componente químico	Formula
Proteínas	$C_2H_5O_2N$
Lípidos	$C_3H_6O_2$
Fibra Cruda	$C_6H_{10}O_5$
Almidón	$(CH_2O)_n$
Azúcares (glucosa)	$(CH_2O)_6$

Fuente: Woolfe 1987

8.5.3 Base de cálculo para las estimaciones de captura de carbono

- Los cálculos se hicieron primero en el tubérculo y posteriormente en el rastrojo considerando para 77 % de humedad para el tubérculo y 15.6 % para el rastrojo por lo tanto solo el 0.33 toneladas corresponden a masa seca de tubérculo y 0.844 corresponden a la masa seca contenida en el rastrojo.
- Para obtener las toneladas en masa seca, se multiplica las toneladas de proteína de masa seca (TMS) por el porcentaje de cada componente químico con relación a la química proximal.
- Se obtiene la masa molecular de cada componente químico en el grano y rastrojo, sumando el peso molecular de cada elemento (PME).
- Se obtiene la fracción correspondiente a carbono en el componente químico (FCC) dividiendo el peso molecular del carbono (PMC) entre el peso molecular de cada componente químico (PME).

$$FCC = (PMC/PME)$$

- Para obtener las toneladas correspondientes a cada componente contenidos en una tonelada de maíz (FCC) se multiplica la fracción del

carbono del componente químico (FCC) por las toneladas correspondientes a una tonelada de maíz (TMS).

$$FCC = (FCC) (TMS)$$

- Posteriormente se convierten a equivalentes de CO₂ contenidos en 1 tonelada de grano de maíz (ECO₂) multiplicando: el peso molecular del dióxido de carbono (PMC) por las toneladas correspondientes al componente químico (TCQ) entre el peso molecular del carbono (PMC), es decir:

$$ECO_2 = (PMC) (TCQ) / PMC$$

Los datos se multiplicaron por los rendimientos correspondientes a grano y rastrojo para cada variedad (Anexo 5).

Finalmente se realizó el balance restando los kilogramos/ha emitidos durante su proceso productivo a los kilogramos/ha fijados en el tubérculo y rastrojo.

8.6 Estimación del Carbono fijado en el Parque Nacional Nevado de Toluca y de diferentes bosques

Los datos de captura de C en bosques de oyamel y pino se retoman de la publicación elaborada por Sergio Franco Maass: Estimación de la Captura de Carbono en zonas forestales el caso del Parque Nacional Nevado de Toluca. Esta publicación desarrolla una metodología para estimar la captura de carbono en el estrato arbóreo de ecosistemas forestales.

Para el caso Parque Nacional Nevado de Toluca se aplicó esta metodología en de la cualse obtuvieron los siguientes valores.

- Potencial de captura de carbono en bosque de pino: **0.2311 ton/ha/año.**
- Potencial de captura de carbono en bosque de oyamel: **0.4471 ton/ha/año.**

Se tomaron como bosques comparativos los bosques tropicales lluviosos y los bosques tropicales perennifolios, por sus funciones reguladoras además de representar el 50 % de los bosques del mundo y su capacidad de absorción de CO₂(Tabla 8.6.1).

Tabla 8.6.1 Productividad media anual estimada de diversos ecosistemas. Valores expresados en toneladas de m.s. producida o en toneladas de CO₂ fijado. Comprende toda la biomasa, incluidas las raíces

ECOSISTEMA	Productividad de biomasa T /ha. Año	Carbono fijado (T de c/ha. Año)	Co ₂ fijado (T de co ₂ ha. Año)
Bosque tropical lluvioso	22	10.45	32.34
Bosque tropical estacional	16	7.6	23.52
Bosque tropical perennifolio	13	6.17	19.11
Bosque tropical caducifolio	12	5.7	17.64
Bosque boreal	8	3.8	11.76

Transcrita de "Vegetación como sumideros de carbono"

(<http://www.fundacionenergia.es/PFs/Carb%C3%B3n%20Futuro/Cap%C3%ADtulo%206.3.pdf>)

8.7 Análisis comparativo

Para efectos de comparación, se utilizaron como valores de referencia, los ETCO₂ capturadas por un bosque de Oyamel y Pinorepresentativos del Parque Nacional Nevado de Toluca y de igual manera se comparó con el Bosque tropical Perennifolio y el Bosque tropical Lluvioso, siendo estos los más representativos a nivel mundial por su capacidad de generar biomasa y de captura de CO₂.

Finalmente se hizo un análisis comparativo del balance de carbono neto fijado por los cultivos de papa y los de los sistemas forestales para así determinar cuál sistema de producción es más eficiente en la captura de CO₂(Anexo 6).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Estimación de los Equivalentes de CO₂ capturados durante el ciclo productivo de temporal

De acuerdo a los cálculos realizados sobre las emisiones y captura de CO₂ equivalentes en los diferentes sistemas de producción de papa analizados, se observa que las emisiones por transporte en los tres tipos de manejo agrícola representan menos del 2 % de los equivalentes de CO₂ capturados por el cultivo (tubérculo más rastrojo)- El sistema que usa la dosis arriba de lo recomendado (DAR) es el que registró el mayor valor de captura, representando 0.77 veces más que el de dosis debajo de lo recomendado (DDR) con respecto a los sistemas de temporal como se muestra en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1 Estimación de los Equivalentes de CO₂ capturados y emitidos durante el ciclo productivo de temporal

Temporal				
Sistema de producción de papa en temporal que aplican fungicidas	Equivalentes de CO ₂ capturados en el tubérculo	Equivalentes de CO ₂ capturados en el rastrojo	Equivalentes de CO ₂ totales capturados	Emisión por transporte y aplicación de agroquímicos
Dosis debajo de lo recomendado (DDR)	6.63	2.48	9.11	0.18
Dosis recomendada (DR)	7.46	2.79	10.25	0.18
Dosis Arriba de lo recomendado (DAR)	8.51	3.19	11.7	0.18

Tonelada de CO₂ Fuente: Elaboración propia

9.2 Estimación de los Equivalentes de CO₂ capturados durante el ciclo de riego

De acuerdo a los cálculos realizados mostrados en la Tabla 9.2 sobre las emisiones y captura de CO₂ equivalentes en los diferentes sistemas de producción de papa analizados, en el ciclo agrícola de riego se observa que las emisiones por transporte en los tres tipos de manejo agrícola representan menos del 1 % de los equivalentes de CO₂ capturados por el cultivo (tubérculo más rastrojo). Una vez más, el DAR es el que registró el mayor valor de captura,

representando 0.88 veces más que el DDR correspondientes a la modalidad de riego como se muestra en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2 Estimación de los Equivalentes de CO₂ capturados y emitidos durante el ciclo productivo en riego

Riego				
Sistema de producción de papa en temporal que aplican fungicidas	Equivalentes de CO ₂ capturados en el tubérculo	Equivalentes de CO ₂ capturados en el rastrojo	Equivalentes de CO ₂ totales capturados	Emisión por transporte y aplicación de agroquímicos
Dosis debajo de lo recomendado (DDR)	11.95	4.47	16.42	0.18
Dosis recomendada (DR)	12.28	4.6	16.88	0.18
Dosis Arriba de lo recomendado (DAR)	13.5	5.05	18.55	0.18

Fuente: Elaboración propia

9.3. Balance comparativo de Equivalentes de CO₂ capturados y emitidos al año por hectárea

En la tabla 9.3 se observó que los que aplican DAR capturan 0.84 veces más equivalentes de CO₂ que los capturados por los que aplican DDR, siendo DAR la que tiene la mayor capacidad de captura de equivalentes de CO₂, siendo estos los más representativos tomando en cuenta que son los totales más altos y los más bajos respectivamente de acuerdo al total neto de captura en toneladas de equivalentes de CO₂ que se muestran en la tabla anterior, cabe mencionar que no existe diferencia en las emisiones en ninguno de los ciclos agrícola temporal y riego.

Tabla 9.3 Balance comparativo de Equivalentes de CO₂ capturados y emitidosal año por hectárea por ciclo productivo y bosques representativos

Sistema de producción de papa en temporal que aplican fungicidas		Equivalentes de CO ₂ totales capturados	Emisión por transporte y aplicación de agroquímicos	Total neto de captura de Toneladas de equivalentes de CO ₂
Dosis debajo de lo recomendado (DDR)		25.55	0.18	25.37
Dosis recomendada (DR)		27.15	0.18	26.97
Dosis arriba de lo recomendado (DAR)		30.26	0.18	30.08
Bosque Parque Nacional Nevado de Toluca	Pino			0.84
	Oyamel			1.63
Bosque tropical perennifolio				32.34
Bosque tropical lluvioso				19.11

Fuente: Elaboración propia

*Valores totales de captura comprenden la suma del ciclo de riego y el de temporal por que los sistemas analizados trabajan 2 ciclos por año.

Lo que respecta a la comparación de la fijación de CO₂, entre el sistema de producción de papa y el bosque Parque Nacional Nevado de Toluca, cabe resaltar que existe una diferencia considerablemente significativa entre la Dosis arriba de lo recomendado (DAR) pues esta supera la captación del bosque con 35 y 18 veces más respectivamente para la especie de Pino y Oyamel, de acuerdo a lo que plantea (Mass, 2009).

Para ampliar la comparación tomando en cuenta lo que se establece en el artículo “La vegetación como sumidero de carbono”, se observa que dentro de la comparación de la fijación del sistema de producción DAR y los bosques tropicales lluviosos de la cual podemos resaltar que la supera 1.5 veces más.

Por otro lado también se puede observar que para lo que respecta a los bosques tropicales perennifolios es superada por menos de 1 vez, con estos resultados cabe señalar, que no son los bosques los únicos fijadores de CO₂, sino que podemos tomar a estos cultivos como sumideros de carbono, ya que además de fijar CO₂ a la planta, lo fija en el suelo y produce alimento.

Estas evidencias deben ser la pauta para cambiar la concepción y paradigma de que son los bosques los principales fijadores de Carbono y por ende son la base de la estimación de los pagos por servicios ambientales de captura de carbono.

La investigación muestra una alta capacidad de captura de CO₂ por parte de los sistemas de producción de papa blanca, ubicada en el municipio de Zinacantepec lo que se observa en la tabla 8.5.3, siendo el sistema que aplica la dosis arriba de lo recomendado la que muestra mayor capacidad de fijación, por lo que cabe resaltar la importancia de estos cultivos en esta zona.

Tabla 8.5.3. Balance de captura de CO₂ en papa blanca

Sistema de producción de papa en temporal que aplican fungicidas	Temporal		Riego		Equivalentes de CO ₂ totales capturados	Emisión por transporte y aplicación de agroquímicos	Total neto de captura de Toneladas de equivalentes de CO ₂
	Equivalentes de CO ₂ capturados en el tubérculo	Equivalentes de CO ₂ capturados en el rastrojo	Equivalentes de CO ₂ capturados en el tubérculo	Equivalentes de CO ₂ capturados en el rastrojo			
DDR	6.63	2.48	11.95	4.47	25.55	0.18	25.37
DR	7.46	2.79	12.28	4.60	27.15	0.18	26.97
DAR	8.51	3.19	13.50	5.05	30.26	0.18	30.08

10. CONCLUSIONES

Las emisiones de CO₂ en el ciclo de producción fueron menores de forma considerable a las cantidades de CO₂ fijadas en la planta por lo tanto la hipótesis del trabajo de investigación es aceptada. Ya que con los valores de captura obtenidos se demuestra la alta capacidad del cultivo agrícola para funcionar como un sumidero de carbono demostrando tener niveles de captura superiores a los del bosque.

De los sistemas de cultivos de papa evaluados, los que aplican la Dosis arriba de lo recomendado tienen los contenidos más altos de captura de carbono, por lo tanto son una alternativa evidente en la captura de CO₂ del ambiente.

Las prácticas agrícolas emiten CO₂ durante su proceso productivo pero estas emisiones se contrarrestan con la fijación de este en el tubérculo y rastrojo de la planta, convirtiéndose en áreas con altos niveles de CO₂ capturado.

El balance neto de CO₂, evaluado como carbono fijado en biomasa fue superior a las 25 toneladas, lo que nos permite percibir la importancia de este tipo de producción agrícola.

El quehacer profesional de un ambientólogo más que la preocupación es la ocupación de la que lo lleva a proponer soluciones a problemas de carácter ambiental con el fin de lograr una mejor calidad de vida, buscar la armonía en la relación sociedad-naturaleza, y así lograr una sostenibilidad que permita al hombre acabar con los paradigmas que nos encierran, de ahí nace el interés de desarrollar el anterior trabajo, es de suma importancia aportar propuestas de solución a los problemas a los que se enfrenta hoy la sociedad.

LITERATURA CITADA

Becerril P. R., González S. E y Hernández S. L., Universidad Autónoma de Querétaro, *Maestría en Gestión Integrada de Cuencas El semiárido mexicano como sumidero de carbono. Estudio de caso Microcuenca "El Carmen"*

CISLA, W. N. (1996). *Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto*, FAO, Estudio FAO Montes 126, Roma, Italia, 146 p.

Fernando C. C. y MV., Mg. *Composición química de animales y plantas*.

Follett, R.F. and Mc Conkey, B. (2000), *The role of cropland agriculture for sequestration in the Greta Plain, In: Proceeding of the Conference on Greay Plains Soil Fertility*, Vol 8, pp.1-15.

Follett, R.F. (2001), *Soil management concepts and carbon sequestration cropland soils, Soil & Tillage Research*, 61: 77-92.

Franco M. S. (2009). *Estimación de la captura de carbono en zonas forestales: El caso Parque Nacional Nevado de Toluca*, Universidad Autónoma del Estado de México.

IFN. Inventario Forestal Nacional (2000), INEGI, UNAM, SEMARNAP, México.

IPCC, (1996): *Climate change 1995: The science of climate change* (eds.) Houghton J. T., Meira Filho L. G., Callander B. A., Harris M., Kattenbur A. and Maskell K. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572 pp.

IPCC, (2000): *Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas*. Montoya Guillermo, Soto Lorena, Ben de Jong, Nelson Kristen, Farias Pablo, Pajal Yakactic y H. TaylorJohn. The Edinburgh Centre for Tropical Forests. Universidad de Edimburgo RICHARD TIPPE.

IPCC, (2006): Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental: *Informe final de Emisiones de gases de Efecto invernadero de la república Argentina.*

Lallana, V.H. y Lallana Ma. del C. (2003), *Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal - Edición digital –*

Martino L. D. (2000), *Los sumideros de carbono en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.* Resumen de presentación realizada en el taller sobre el Protocolo de Kyoto. Uruguay.

Michel-Aceves, A. C.; Otero-Sánchez, M. A.; Rebolledo Domínguez, O.; Lezama-Gutiérrez, R.; Ariza-Flores, R.; Barrios-Ayala: *Producción masiva de Trichoderma harzianum Rifai en diferentes sustratos orgánicos.* Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

Mota C., Alcaraz L. C., Iglesias M., M.C. Martínez-B. y Carvajal M. *Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la región de Murcia.* Departamento de nutrición vegetal Cebas-consejo superior de investigaciones científicas 30100-espinardo, (Murcia), Spain.

Pérez M., L. A. (2012), *Análisis de las diferencias fisiológicas de los procesos fotosintéticos entre plantas: C3 y C4.* Universidad Autónoma de Chiapas, México.

Robert L., L. Dennis G. y Philippe R., *“El ciclo del carbono: Midiendo el flujo del CO₂ del suelo”.*

Sandoval E. M; Stolpe L. N.; Zagal V., Mardones F. M.; Junod M., Julio, (2003), *“El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento*

global. The Carbón Sequestration in Agriculture and its Importance in Global Warming", Theoria, pp. 66-77.

Santiago C. M. de J. y García S. J. (2001), *Economía de la Agroindustrialización de la Papa en México*, Revista Latinoamericana de la Papa, Vol-especial: 21-43.

Scheaffer R. L., Mendenhall W., Ott L. (1987), *Elementos de muestreo*. 3ed. Iberoamericana, México, D.F. 321pp.

SEMARNAT, (2006), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ine, México, Instituto Nacional de Ecología (México). *Inventario nacional de misiones de gases de efecto invernadero, 1990-2002*, Publicado por Instituto Nacional de Ecología.

Seppänen, P. (2002), "Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo", *Foresta Veracruzana*, pp. 51-58.

SIAP (2010), *Cierre de la producción agrícola*: Tabla Producción Agrícola [en línea].

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 10/03/2011

Páginas de internet

<http://www.sunearthtools.com/dp/tools/CO2-emissionscalculator.php?lang=es>

http://ecologia.guanajuato.gob.mx/2009/archivos/file/Inventario_Emisiones_GEI_Guanajuato_2005.pdf

<http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/ver?aire-limpio/inventarios-de-emisiones-a-la-atmósfera/Inventario+de+Gases+de+Efecto+Invernadero/3>

<http://redalyc.uaemex.mx/>

<http://www.cambioclimatico.org/contenido/convirtiendo-cultivos-agricolas-en-sumideros-de-carbono-la-agricultura-y-la-cop16-en-cancu>

<http://www.ecointeligencia.com/2010/10/laagricultura-como-sumidero-de-co2/>

(<http://www.fundacionenergia.es/PFs/Carb%C3%B3n%20Futuro/Cap%C3%ADtulo%206.3.pdf>)

<http://biogeodemagallanes.wikispaces.com/3.6.+Labores+culturales>

http://www.miliarium.com/monografias/sequia/Metodos_Riego.htm

<http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/papa/Descripci%C3%B3n.pdf>

<http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/7/municipalizacion.pdf>

<http://www.sunearthtools.com/es/index.php>

<http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/057/ca057.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: Vegetación comparativa en el PNNT (Parque Nacional Nevado de Toluca)

Tabla 8.1.2 Vegetación representativa en el PNNT (Parque Nacional Nevado de Toluca)

Variedad	Descripción
Oyamel	<p>Árbol de tamaño grande, perennifolio, de 40 a 50 m de altura, con un tronco recto de hasta 2 m de diámetro.</p> <p>Las hojas son como agujas, chatas, de 15 a 35 mm de longitud y 1.5 mm de ancho por 0.5 mm de espesor.</p> <p>Es muy resistente al frío, vegeta en suelos generalmente profundos y húmedos la mayor parte del año.</p> <p>Las temperaturas en su hábitat varían entre los -20 °C, una media de 7 a 15 hasta máximas de 28 a 30.</p> <p>La precipitación media anual es superior a los 1.000 mm.</p> <p>Los suelos donde se establece el oyamel son muy jóvenes, de origen volcánico (andesitas, basaltos o riolitas).</p>
Pino	<p>Pino de altura media, entre 25 y 30 m, característico por su copa densa, ensanchada y aplanada en forma de parasol. El tronco es recto y puede ser bastante cilíndrico.</p> <p>La corteza, considerablemente gruesa. Cuenta con una raíz principal y unas secundarias bien distribuidas y adaptadas para extraer el agua de las capas más profundas.</p> <p>Las ramas laterales tienden a engrosarse, sus hojas, de color verde intenso, son gruesas de 10 a 15 mm de longitud y agrupadas de 2 en 2. Se mantienen dos o tres años en el árbol y forman aproximadamente el 5 % de la biomasa total del árbol (sin contar los frutos).</p> <p>Florece entre marzo y mayo, necesitando la piña tres años para madurar. Las piñas son gruesas y dan unos piñones de cáscara dura que les permite mantener su fertilidad varios años.</p>

ANEXO 2: CUESTIONARIO PARA ESTIMAR LA EMISION Y CAPTURA DE CO₂ EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ

PRODUCTOR: _____

CULTIVO: _____

VARIEDAD: _____

SECCION 1: MANEJO AGRONÓMICO

* FERTILIZANTES

1.- ¿Hace uso de fertilizantes?

SI _____

NO _____

2.- ¿Cuáles fertilizantes utiliza?

Nitrógeno (N) _____

Fósforo (P) _____

Potasio (K) _____

Amoniaco (NH₃) _____

Boro (B) _____

Magnesio (Mg) _____

Azufre (S) _____

Molibdeno (Mo) _____

Zinc (Zn) _____

OTRO _____

3.- Mencione las cantidades que utiliza por ha

4.- Numero de aplicaciones

Pre siembra _____

Post siembra _____

5.- ¿Forma de aplicación de los fertilizantes?

Manual _____

Con maquinaria. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INVERTIDO POR ha.

6.- ¿Cómo se llama y dónde se ubica el centro de distribución de donde obtiene los insumos agrícolas?

* USO DE PLAGICIDAS

7.- ¿Hace uso de plaguicidas?

Si _____

No _____

8.- Indique los plaguicidas que utiliza

Insecticidas _____

Herbicidas _____

Fungicidas _____

9.- Mencione el nombre y las cantidades que utiliza por hectárea

10.- Mencione la frecuencia de aplicación

11.- ¿Forma de aplicación de los plaguicidas?

Manual _____

Con maquinaria. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE UTILIZADO POR ha

12.- ¿Cómo se llama y dónde se ubica el centro de distribución de donde obtiene estos insumos agrícolas?

* **RIEGO**

13.- ¿Cuenta con sistema de riego?

SI _____ NO _____

14.- ¿Cuál es su forma de riego?

❖ Rodado _____

❖ Goteo _____

❖ Aspersión _____

15.- Tiempo destinado de riego por ha

16.- Combustible utilizado para el riego de una ha.

* **COSECHA**

17.- La cosecha se realiza de forma

Manual _____

Mecanizada _____

18.- Maquinaria utilizada

19.- Capacidad de cosecha

20.- Tiempo invertido por hectárea

21.- Combustible invertido para la cosecha por hectárea

SECCION 2: RENDIMIENTO DE GRANO Y RASTROJO

22.-Hectáreas de terreno cultivado

23.- Ciclo agrícola

Otoño- Invierno _____

Primavera- Verano _____

24.- ¿Qué cantidad de semilla utiliza en la siembra?

25.- Mencione el rendimiento de grano por ha

26-Mencione el rendimiento de rastrojo por ha

ANEXO 3: Ficha técnica de manejo agronómico de papa (tipo de riego, semilla, control de plagas, fertilización, rendimientos y hectáreas)

DDR (DOSIS DEBAJO DE LO RECOMENDADO)		P1		P2		P3	
MANEJO AGRONOMICO		RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL
RIEGO	Rodado						
SEMILLA	Papa blanca KG/HA	6000	6000	6000	6000	6000	6000
CONTROL DE PLAGAS	Metalaxil FL KG/HA	6	6	6	6	12	12
	Aliette KG/HA	21.5	21.5	12	12	0	0
	Ridomil Mz KG/HA	33	33	33	33	33	33
	Censor LT/HA	0	0	11	11	0	0
	Curzate KG/HA	11	11	0	0	44	44
	# Aplicaciones	11	6	11	5	11	6
COSECHA	Manual						
FERTILIZACION	11-52-00 KG/HA	220	220	220	220	220	220
	sulfato de amonio KG/HA	200	200	200	200	200	200
	sulfo-mag KG/HA	170	170	170	170	170	170
	fosfonitrato KG/HA	100	100	100	100	100	100
	sulfato de potasio KG/HA	200	200	200	200	200	200
	sulfato de zinc al 32% KG/HA	30	30	30	30	30	30
	sulfato ferroso al 20% KG/HA	30	30	30	30	30	30
	sulfato de cobre al 25% KG/HA	15	15	15	15	15	15
	UAN-32 LT/HA	25		25		25	
	10-34-00 LT/HA	35		35		35	
	UAN-32 LT/HA	50		50		50	
	10-34-00 LT/HA	70		70		70	
	# Aplicaciones	3	3	3	3	3	3
RENDIMIENTOS							
TUBERCULO(77 % DE HUMEDAD) TON		36	20	36	20	36	20
RASTROJO TON		7.2	4	7.2	4	7.2	4
# HECTAREAS		6	6	5	5	1	1

DR (DOSIS RECOMENDADA)		P1		P2		P3	
MANEJO AGRONOMICO		RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL
RIEGO	Rodado						
SEMILLA	Papa blanca KG/HA	6000	6000	6000	6000	6000	6000
CONTROL DE PLAGAS	Metalaxil FL KG/HA	12	12	12	12	12	12
	K3 KG/HA	15	15	6	6	33	33
	Ridomil Mz KG/HA	38.5	38.5	44	44	38.5	38.5
	Censor LT/HA	11	11	11	11	11	11
	# Aplicaciones	11	6	11	6	11	6
COSECHA	Manual						
FERTILIZACION	11-52-00 KG/HA	220	220	220	220	220	220
	sulfato de amonio KG/HA	200	200	200	200	200	200
	sulfo-mag KG/HA	170	170	170	170	170	170
	fosfonitrato KG/HA	100	100	100	100	100	100
	sulfato de potasio KG/HA	200	200	200	200	200	200
	sulfato de zinc al 32% KG/HA	30	30	30	30	30	30
	sulfato ferroso al 20% KG/HA	30	30	30	30	30	30
	sulfato de cobre al 25% KG/HA	15	15	15	15	15	15
	UAN-32 LT/HA	25		25		25	
	10-34-00 LT/HA	35		35		35	
	UAN-32 LT/HA	50		50		50	
	10-34-00 LT/HA	70		70		70	
	# Aplicaciones	3	3	3	3	3	3
RENDIMIENTOS							
TUBERCULO(77 % DE HUMEDAD) TON		37	22	37	22.5	37	22.5
RASTROJO TON		7.4	4.5	7.4	4.5	7.4	4.5
# HECTAREAS		2	2	3	3	2	2

DAR (DOSIS ARRIBA DE LO RECOMENDADO)		P1		P2		P3	
MANEJO AGRONOMICO		RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL
RIEGO	Rodado						
SEMILLA	Papa blanca KG/HA	6000	6000	6000	6000	6000	6000
CONTROL DE PLAGAS	K3 KG/HA	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	Ridomil Mz LT/HA	44	44	44	44	44	44
	Consento KG/HA	18	18	21	21	18	18
	Curzate KG/HA	33	33	0	0	0	0
	# Aplicaciones	11	6	11	6	11	6
	Manual						
COSECHA	11-52-00 KG/HA	220	220	220	220	220	220
FERTILIZACION	sulfato de amonio KG/HA	200	200	200	200	200	200
	sulfo-mag KG/HA	170	170	170	170	170	170
	fosfonitrato KG/HA	100	100	100	100	100	100
	sulfato de potasio KG/HA	200	200	200	200	200	200
	sulfato de zinc al 32% KG/HA	30	30	30	30	30	30
	sulfato ferroso al 20% KG/HA	30	30	30	30	30	30
	sulfato de cobre al 25% KG/HA	15	15	15	15	15	15
	UAN-32 LT/HA	25		25		25	
	10-34-00 LT/HA	35		35		35	
	UAN-32 LT/HA	50		50		50	
	10-34-00 LT/HA	70		70		70	
	# aplicaciones	3	3	3	3	3	3
RENDIMIENTOS							
TUBERCULO(77 % DE HUMEDAD) TON		40	25.66	40	25.66	40	25.66
RASTROJO TON		8	5.13	8	5.13	8	5.13
# HECTAREAS		3	3	5	5	2	2

ANEXO 3: EQUIVALENTES DE CO₂ EMITIDOS POR LA QUEMA DE UN LITRO DE COMBUSTIBLE

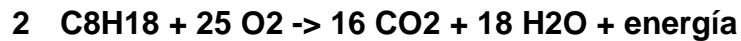
Tabla 1: cantidad de CO₂ emitido por la combustión de gasolina

Combustible	Formula de combustión	Densidad kg/l	Emisiones CO ₂ kg/l
Gasolina	2 C ₈ H ₁₈ + 25 O ₂ --> 16 CO ₂ + 18 H ₂ O + 2636 energía	0.7197kg/l (19.24lb/US gal)	2.32 kg/l

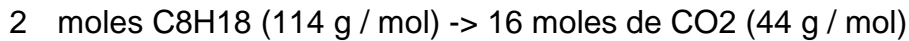
El resultado se obtuvo de la siguiente manera:

Gasolina:

Formula de combustión de la gasolina es:



1.- Se multiplican por el peso molecular:



2.- Se multiplican por el número de moles:

$$2 * 114 = 228 \text{ g} \rightarrow 16 * 44 = 704 \text{ g} \Rightarrow$$

3.-.....1000/228 * 704 = 3087.72g

1 kg de gasolina produce 3.088 kg de CO₂.

4.- Para obtener el valor por litros de combustible utilizado se multiplica por su densidad.

$$(3087,72 * 0,7197 = 2.32)$$

Entonces la quema de **1 litro de gasolina produce 2.32 kg de CO₂**.

ANEXO 4: EMISIONES DE CO₂

TEMPORAL

		LT GASOLINA	EKGCO2
P1DDR	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.4415	49.74428
	TOTAL EKGCO2		98.46428

		LT GASOLINA	EKGCO2
P2DDR	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.5365	49.96468
	TOTAL EKGCO2		98.68468

		LT GASOLINA	EKGCO2
P3DDR	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.51733333	49.9202133
	TOTAL EKGCO2		98.6402133

		LT GASOLINA	EKGCO2
P1DR	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.84094444	50.6709911
	TOTAL EKGCO2		99.3909911

P2DR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	22.00378889	51.0487902
	TOTAL EKGCO2		99.7687902

P3DR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.98214444	50.9985751
	TOTAL EKGCO2		99.7185751

P1DAR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	22.03537778	51.1220764
	TOTAL EKGCO2		99.8420764

P2DAR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.87307778	50.7455404
	TOTAL EKGCO2		99.4655404

P3DAR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	16.5	38.28
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.84287778	50.6754764
	TOTAL EKGCO2		99.3954764

RIEGO:

P1DDR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.97566667	50.9835467
	TOTAL EKGCO2		82.3035467

P2DDR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	22.04233333	51.1382133
	TOTAL EKGCO2		82.4582133

P3DDR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	22.05733333	51.1730133
	TOTAL EKGCO2		82.4930133

P1DR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	22.09594444	51.2625911
	TOTAL EKGCO2		82.5825911

P2DR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	22.2272	51.567104
	TOTAL EKGCO2		82.887104

P3DR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.20853333	49.2037973
	TOTAL EKGCO2		80.5237973

P1DAR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.96071111	50.9488498
	TOTAL EKGCO2		82.2688498

P2DAR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.98032778	50.9943604
	TOTAL EKGCO2		82.3143604

P3DAR		LT GASOLINA	EKGCO2
	SIEMBRA	0	0
	APLICACION FUNGICIDAS	9	20.88
	APLICACION FERTILIZANTES	4.5	10.44
	COSECHA	0	0
	TRANSPORTE	21.97529444	50.9826831
	TOTAL EKGCO2		82.3026831

ANEXO 5: CALCULOS DE CAPTURA DE CO₂ POR COMPONENTE

DOSIS DEBAJO DE LO RECOMENDADO (DDR)				
	TEMPORAL		RIEGO	
	Tubérculo	Rastrojo	Tubérculo	Rastrojo
Rendimiento (T/h)	20	4	36	7.2
Proteína	0.4928	0.230912	0.88704	0.427187
Lípidos	0.035676	0.392432	0.064216	0.706378
Fibra	0.684444		1.232	
Extracto Libre de Nitrógeno (almidones y azúcares)	5.426667	1.864296	9.768	3.355733
Totales de T CO ₂ fijados por Hectárea	6.639587	2.487641	11.95126	4.477753

DOSIS RECOMENDADA (DR)				
	TEMPORAL		RIEGO	
	Tubérculo	Rastrojo	Tubérculo	Rastrojo
Rendimiento (T/h)	22.5	4.5	37	7.4
Proteína	0.5544	0.259776	0.91168	0.427187
Lípidos	0.040135	0.441486	0.066	0.726
Fibra	0.77		1.266222	
Extracto Libre de Nitrógeno (almidones y azúcares)	6.105	2.097333	10.03933	3.448948
Totales de T CO ₂ fijados por hectárea	7.469535	2.798596	12.28324	4.602135

DOSIS ARRIBA DE LO RECOMENDADO (DAR)				
	TEMPORAL		RIEGO	
	Tubérculo	Rastrojo	Tubérculo	Rastrojo
Rendimiento (T/h)	25.66	5.132	41	8.2
Proteína	0.632262	0.29626	1.01024	0.47337
Lípidos	0.045772	0.503491	0.073135	0.804486
Fibra	0.878142		1.403111	
Extracto Libre de Nitrógeno (almidones y azúcares)	6.962413	2.391892	11.12467	3.821807
Totales de T CO ₂ fijados por hectárea	8.51859	3.191643	13.50049	5.058203

ANEXO 6: EQUIVALENTES DE CO₂ CAPTURADOS EN EL PNNT

Las cifras se multiplicaron por el peso molecular del CO₂ y divididos entre el peso molecular del carbono

PINO

1.2311 ton/ha/año

$(PMCO_2)(0.2311 \text{ ton/ha/año})/PMC$

$(44)(0.2311)/12=0.847$ toneladas de CO₂/ha/año

OYAMEL

0.4471 ton/h a/año

$(PMCO_2)(0.4471 \text{ ton/ha/año})/PMC$

$(44)(0.4471)/12 =1.639$ toneladas de CO₂/ha/año