



TITULACIÓN
TESIS PROFESIONAL

“Valoración económica de la plantación de Gmelina arborea en la localidad de El Mante Álamo Temapache Veracruz.”

PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Ambiental

PRESENTA

Francisco Monterrubio Hernández

DIRECTOR DE TESIS

M.C. Nancy Deyanira Hernández Castellanos

DEDICATORIA

Dedico mi tesis con todo mi amor, esfuerzo y cariño a todos y todas las personas que siempre han creído en mí, con la promesa que este es solo es el comienzo de los triunfos que quiero vivir y compartir con todos. Mi corazón y eterno agradecimiento esta con ustedes;

A Dios por nunca dejarme solo, Por estar allí siempre que lo necesito.

A mis padres por haberme forjado como persona, mis valores, actitudes, habilidades, pero sobre todo a demostrarme que con sencillez, esfuerzo y humildad lo puedes todo.

A mi hermana Anayeli por todo el cariño, la motivación y el amor brindado.

A mi hermana Arely, por enseñarme el poder de la superación personal, a siempre creer en sí mismo, a levantarse las veces que sean necesarias para siempre salir adelante.

A mis pequeñas Fer y Lía por sus motivadoras sonrisas y abrazos.

A ella, la niña que ha creído en mí en todo momento, quien siempre está allí para apoyarme, pero sobre todo quien me ha motivado a superarme y a ser mejor persona, gracias Diana.

A mi asesor M.C. Nancy Deyanira Hernández Castellanos por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante el desarrollo del proyecto.

A la M.C. Rosa María Monroy López por haberse tomado el tiempo para capacitarme y enseñarme la aplicación de métodos que me facilitaron llegar a mejores resultados.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior De Álamo Temapache por permitirme llegar a culminar con éxitos un peldaño más en mi vida profesional.

A M.C. Zarahemla Ramírez Hernández, directora del plantel, por regir de manera honorable el instituto, quien brinda las instalaciones y apoyo necesario para desarrollar profesionales de alto nivel, por ofrecer maestros calificados los cuales nos brindaron con la mejor disposición sus conocimientos y consejos.

Al director académico José Osorio Antonia por el desarrollo de programas en las áreas culturales, sociales dirigidas a la formación, recreación e integración a la comunidad estudiantil.

A la M.C. Esther Moreno Carbajal Jefa de División de la carrera de Ingeniería Ambiental, por el apoyo en la revisión de y firma de mis documentos y seguir mi proceso de titulación para cualquier duda o aclaración hasta el final.

Gracias a mis sinodales por tomarse el tiempo de revisar y analizar mi proyecto, así como por toda la atención prestada.

A todos los docentes que laboran en la institución, por todas sus enseñanzas y formación recibida, por brindarme el espacio para mi fortalecimiento académico y profesional.

RESUMEN

Hoy en día podemos ver a simple vista los recursos naturales que los ecosistemas proveen y que son indispensables para la sociedad, sin embargo, no se todo se limita a un valor económico, puesto que existe una valoración económica y ecológica en gran parte de los recursos. También se puede determinar un valor aproximado de los recursos por medio de los usos que se le dan, sin embargo, los recursos naturales también cumplen una función vital en la vida diaria en su estado natural. Cuanto más en específico hablamos más se comprende su valor, tal es el caso de los árboles, estos además de proporcionar materia prima como lo es la madera, en su estado natural también proporciona la captación de carbono, un proceso interesante y muy beneficioso para los seres vivos. Los plantíos de *Gmelina arbórea* se introducen a México con la finalidad de generar árboles maderables para futuras generaciones, pero también son beneficiosos para la captación de carbono. La presente investigación tiene como objetivo determinar la captación de carbono en una plantación con un tamaño de 13 hectáreas de *Gmelinas arbórea* por medio de la obtención de biomasa y aplicación de métodos de medición establecidos para este tipo de casos. Se aplicó un muestreo aleatorio simple en donde se obtuvo un inventario de 13 parcelas de 100 m² en donde se contabilizo todos las arboles comprendidos y extrayendo datos de estos, como altura y diámetro a la altura del pecho. Dando como resultado un aproximado de 14,400 árboles totales y 1107 árboles promedio por hectárea. El contenido total de carbono acumulado se evaluó en, raíces, copa y tronco, dando un total de 3.4 toneladas de CO₂ acumulado. Con base a los costos actuales de los bonos de carbono y las toneladas de carbono obtenidas, se tiene un valor económico aproximado de 136 a 288 dólares por año, el equivalente a \$ 2804.32 a \$5932.8 pesos mexicanos en la plantación.

ABSTRACT

Today we can see with the naked eye the natural resources that ecosystems provide us and that are essential for society, however, not everything is limited to an economic value, since there is an economic and ecological valuation in a large part of the resources. We can also determine an approximate value of resources through the uses that we give them, however natural resources also play a vital role in daily life in their natural state. The more specifically we talk, the more we understand their value, such is the case of trees, apart from providing us with raw material such as wood, in its natural state it also provides us with carbon capture, an interesting and very beneficial process for living beings. *Gmelina arborea* plantations are introduced to Mexico in order to generate timber trees for future generations, but they are also beneficial for carbon sequestration. The objective of this research is to determine the carbon sequestration in a plantation with a size of 13 hectares of *Gmelinas arborea* by means of obtaining biomass and applying established measurement methods for this type of case. A simple random sampling was applied where an inventory of 13 plots of 100 m² was obtained, where all the trees included were counted and data extracted from these, such as height and diameter at breast height. Resulting in an approximate of 14,400 total trees and 1107 average trees per hectare. The total accumulated carbon content was evaluated in roots, crown and trunk, giving a total of 3.4 tons of accumulated CO₂. Based on the current costs of the carbon credits and the tons of carbon obtained, an approximate economic value of 136 a 288 dollars for by year, the equivalent to \$ 2804.32 a \$5932.8 pesos is obtained in the plantation.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
1. - INTRODUCCIÓN.	1
1.1- Antecedentes.....	2
1.2- Planteamiento del problema.	4
1.3- Justificación.....	5
1.4- Hipótesis.	5
1.5- Objetivos generales y particulares.	5
1.5.1 Objetivo General.	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1-Cambio climático.....	7
2.1.1- Calentamiento global.	7
2.1.2- Efecto invernadero.	8
2.1.3- Combustibles fósiles.	8
2.1.4- Deforestación.	9
2.2- La química del carbono.	9
2.2.1- Ciclo Biogeoquímico del Carbono.....	10
2.2.3- El flujo del dióxido de carbono en la fotosíntesis.....	11
2.3- Protocolo de Kioto.....	12
2.3.1- Comercio de emisiones.	13

2.3.2- Mercado de Carbono (Créditos de carbono).....	13
2.3.2.1- Mercado voluntario.	14
2.3.3 - Comercio de emisiones en México.....	15
2.4- <i>Gmelina arborea</i>	15
2.5- Características del estado de Veracruz.....	16
2.5.1- Características de Álamo Temapache.....	16
3-ESTADO DEL ARTE	17
4- METODOLOGÍA.	26
4.1- Delimitación del área de estudio.	26
4.2- Muestreo	27
4.3- Recolección de datos	30
4.3.1- Obtención del Carbono acumulado.....	31
4.3.1.1 - Determinación del área basal	31
4.3.1.2- Biomasa Total.	32
4.3.1.3- Determinación del carbono acumulado.....	33
4.4- Valoración económica de la plantación.....	34
5- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	35
5.1- Determinación de Biomasa Total	35
5.2- Carbono acumulado.....	36
5.3- Valoración económica de la plantación.....	38
CONCLUSIONES	39
ANEXOS	41
Anexo 1. Cubicación de árbol en pie.....	41
Anexo II. Precios de la madera en Latinoamérica en colones costarricenses.....	42
FUENTES DE INFORMACIÓN	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso biogeoquímico del carbono.	11
Figura 2. Captación de carbono en la planta y proceso de fotosíntesis.	12
Figura 3. Fotografía satelital del año 2020, ubicación geográfica del polígono de trabajo y localidad El Mante.	27
Figura 4. Distribución y localización de las 13 muestras en el polígono para la extracción de coordenadas.	28
Figura 5. Colocación de bandera blanca, identificación del centro del cuadrante	29
Figura 6. Limitación del cuadrante, colocación de banderas rojas.	29
Figura 7. Cuadrante limpio sin maleza.	29
Figura 8. Obtención del DAP.	31
Figura 9. Aplicación de método de obtención de altura.	31
Figura 10. Histograma de frecuencia de alturas dadas en metros.	37
Figura 11. Histograma de diámetro a la altura del pecho dada en metros.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición de recursos naturales según distintos autores.	17
Tabla 2. Motivos principales de disminución y deforestación ambiental según distintos autores.	18
Tabla 3. Captura de carbono y métodos de obtención de distintos autores.	20
Tabla 4. Mercado de carbono, certificados o bonos de carbono.	23
Tabla 5. Promedios y desviación de plantación de Gmelina arborea.	35
Tabla 6. Carbono acumulado total de plantación de Gmelina arborea.	36

1. - INTRODUCCIÓN.

El efecto del niño y la niña, los gases de efecto invernadero, el deterioro de la capa de ozono, las variaciones de temperatura y temperaturas extremas, son solo algunos de los problemas que se tienen hoy en día y cada vez más van en aumento, esto por la sencilla razón del exceso de emisiones que las industrias, los automóviles y los mismos seres humanos estamos generando. El crecimiento poblacional de los países obliga a generar mayor producción de bienes y servicios que el ser humano necesita. La sobrepoblación también trae consigo la extensión de uso de territorio para la construcción de viviendas y uso de suelo para la agricultura, ganadería o actividades particulares para satisfacer las necesidades humanas, la realidad es que la sobrepoblación es una de las causas más importantes de la mayoría de los problemas en el mundo. No importa si se trata de una falta de alimentos, agua potable o energía, cualquier país del mundo tiene o tendrá que enfrentarse a ello. Cada vez más países necesitarán sus propios productos para poder subsistir y la tierra sólo puede ofrecer una calidad de vida aceptable a un número determinado de habitantes, el bienestar por persona se reducirá a escala mundial hasta los niveles en los que apenas se puedan obtener los propios alimentos, esto llevara a medidas extremas y comenzaran las peleas o las guerras por solo subsistir (UNICEF, 2015).

La realidad es que el ser humano tiende a querer cada vez más bienestar, basta con ver que la cantidad de vehículos que aumenta cada año, pues la industria y el comercio solo tiene el interés en el crecimiento poblacional, pues a mayor crecimiento mayor producción, y esto significa mayores ingresos. Por tal motivo los gobiernos de cada país en conjunto deben buscar la forma de encontrar soluciones que mitiguen el deterioro del planeta, pero que a su vez no afecte de manera directa el desarrollo social ni económico de la población. Es por ello que el 11 de diciembre de 1997 en la convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático fue aprobado el protocolo de Kyoto, el cual establece compromisos de mitigación en contra los gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO₂) que los países en desarrollo generan y superan por sus grandes zonas industriales, pero que además beneficie a los países menos desarrollados que tengan ecosistemas de gran masa forestal. El mecanismo fue nombrado mercado de carbono, que consiste en que los países que sobrepasan los niveles de carbono emitido compren certificados de carbono a los

países que tiene los ecosistemas captándolo, esto mediante un protocolo que mide las toneladas que anualmente capta una zona forestal (United Nations Framework, 2021).

El territorio veracruzano posee una topografía muy variada, en los que destacan varios tipos de suelo y clima, esto hace que tenga condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento de zonas forestales en todo el estado, pero esta también es la principal razón que las mantiene en constante peligro de explotación inmoderada pues son buenos blancos para la extracción de madera o uso de suelo para la agricultura. Dentro del estado se encuentran municipios que aunque no tiene zonas reconocida de gran masa forestal, tienen zonas de menor tamaño distribuidas en todo el municipio que también son significativas en la aportación de beneficios para todo el planeta, por ejemplo en el municipio de álamo se encuentran algunas plantaciones de *Gmelina arborea* especie introducida a México en 1971 para la recuperación de zonas forestales que se encontraban en peligro de desaparecer por completo, es por ello que se encuentran distribuidas en todo el municipio, las cuales además de ser el hogar de varias algunas especies endémicas también están captando el carbono emitido en el planeta (CONAFOR, 2006).

1.1- Antecedentes

Uno de los mayores problemas hoy en día a nivel mundial es el calentamiento global, esto debido fundamentalmente a la emisión de gases causantes del llamado “efecto invernadero” que, aunque es un fenómeno natural, el incremento de los gases que lo producen, como resultado de las actividades humanas, se traduce en un aumento de la temperatura y los problemas asociados a éste. La utilización de combustibles fósiles es responsable de la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono en el mundo y de una importante fracción (alrededor del 20%) de las emisiones de metano y óxido nitroso. La deforestación, de manera indirecta contribuye también de manera significativa con las emisiones, conforme aumenta el deterioro ambiental, también crece la preocupación en grandes sectores de la población por encontrar herramientas para revertir estas tendencias negativas, tomando en cuenta los problemas sociales y económicos específicos de cada sociedad (Yáñez, 2004).

Una de las soluciones que se dan a conocer en 1976 se le conoce como ciclo de carbono a la naturaleza o captura de carbono, la cual define la idea como “almacenadores “a los bosques o zonas densamente pobladas de biomasa, y consiste en el desarrollo de esquemas para entender el valor total de la naturaleza y en dar un enfoque hacia su conservación y restauración (Yáñez, 2004). Cuando, hablamos de captura de carbono nos referimos a uno de los muchos valores de uso indirecto del ecosistema, actualmente se considera una de las opciones de mitigación biológica más importantes , ya que para el año 2050, representa de entre el 10% y el 20% de las emisiones proyectadas de los combustibles de origen fósil durante ese período (IPCC, 2001).

Es así, que para 1993 surge los créditos de carbono, una propuesta presentada en 1993 por la economista argentina Graciela Chichilnisky, que fue aceptada el 11 de diciembre de 1997 cuando se celebró el Protocolo de Kioto, los bonos o créditos de carbono son un mecanismo internacional para reducir las emisiones contaminantes al ambiente. Son uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kioto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero. El sistema consiste en ofrecer incentivos económicos para que las empresas privadas contribuyan a la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir dióxido de carbono (CO₂) como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado (Gutierrez F. , 2014).

Para esto, ya en México en 1971, el gobierno federal mediante el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (2011), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2011), introduce la *Gmelina arborea* como árbol maderable para el sustento de silvicultores y agricultores, sin embargo para 1980 se convierte en una alternativa en la captación de carbono, pues debido a su rápido crecimiento, la especie se ha diseminado hacia muchas regiones del país, teniendo en la actualidad varias zonas densamente pobladas en biomasa.

La *Gmelina arborea* comúnmente conocida como Melina es una especie introducida originaria del sureste de Asia, un árbol de aproximadamente entre los 20 y 30 metros de altura, con un diámetro que varía entre los 60 y 90 cm. Crece en una gran variedad de suelos, desde ácidos y calcáreos hasta lateríticos, es tolerante a suelos compactados, en México se

encuentra cultivada en algunas regiones tropicales como guerrero, Campeche, tabasco, Veracruz, Chiapas, Nayarit, colima y Yucatán.

Su principal producto es la madera que se utiliza para leña y carbón, en la fabricación de muebles y gabinetes, instrumentos musicales, tableros de partículas, triplay, cabos para cerillos, cubiertas de barcos y botes. Los frutos, flores, hojas, raíces y corteza se usan para el tratamiento de la tos, dolores de cabeza, problemas del estómago y enfermedades de la sangre, usándolo también como laxativo y tónico para los nervios (CONAFOR., Paquetes Tecnológicos, 20218).

En la actualidad existen estudios a nivel global y nacional de la captación de carbono, los bonos de carbono y existen también investigaciones sobre la *Gmelina arbórea*, como su taxonomía, origen, distribución y usos, pero hasta el momento no se tiene un registro del aprovechamiento de estas en la captación de carbono para así determinar de manera más exacta el verdadero valor paisajístico, ecológico y económico que tiene. El presente trabajo tiene como objetivo calcular el carbono acumulado por una plantación de *Gmelina arbórea* en la localidad de El Mante, Temapache, Veracruz, para posteriormente determinar su valor económico en base a los bonos de carbono.

1.2- Planteamiento del problema.

La deforestación es la conversión directa, inducida por el hombre, de tierras forestales a tierras no forestales (United Nation, 1992). La evaluación realizada por Hansen (2003), revelo una pérdida de 2.3 millones de kilómetros cuadrados y una ganancia de 0.8 millones de kilómetros cuadrados de bosques a nivel global durante el periodo 2000-2012.

Así mismo, Recursos Forestales Mundiales (Global Forest Resources Assessment, FRA) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization, FAO) estimó que las tasas de deforestación han disminuido los últimos cinco años, presentando una pérdida de 76 000 km²/año y una ganancia de 43 000 km²/ año, lo que equivale a una pérdida neta anual de 33 000 km²/año a nivel mundial en el periodo 2010-2015 (Sergio A. Monjardín-Armenta, 2017).

También se ha estimado que la deforestación aporta aproximadamente entre diez y veinte por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial lo que afecta

negativamente al funcionamiento global del medio ambiente y produce un conjunto de cambios que interfieren en el clima, en el ciclo de carbono, en la pérdida de biodiversidad (Sergio A. Monjardín-Armenta, 2017).

En el presente estudio se determinará la cantidad de carbono captado en una plantación de *Gmelina arborea* con la finalidad de generar una base de datos que permita realizar la valoración económica de la plantación.

1.3- Justificación

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), la deforestación mundial se mantuvo en niveles altos en las últimas décadas. La pérdida de áreas forestales en todo el mundo alcanzó en un nivel récord de 29,7 millones de hectáreas sobre todo para convertir los bosques a tierras agrícolas (FAO, 2010). La presente investigación tiene como objetivo proporcionar información sobre el valor económico de la captura del carbono por la plantación de *Gmelina arborea* en la localidad El Mante, Mpio. De Álamo, Veracruz así como los beneficios de preservar las zonas forestales.

1.4- Hipótesis.

El valor económico de la captura de carbono de la plantación de *Gmelina arborea* en la localidad El Mante, Álamo Temapache, Veracruz, puede ser competitiva con el valor comercial maderable de esta, dentro de una proyección de tiempo equivalente al crecimiento y edad adulta de la misma.

1.5- Objetivos generales y particulares.

1.5.1 Objetivo General.

Determinar el valor económico en base al carbono fijado en la biomasa de una plantación de 13 hectáreas de *Gmelina arborea* en la localidad de El Mante.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Calcular el carbono fijado en la plantación de *Gmelina arborea*.
- Calcular el valor económico de la plantación de *Gmelina arborea* en base al carbono capturado.
- Generar una base de datos para futuros trabajos de análisis e investigación de la zona.

2. MARCO TEÓRICO

2.1-Cambio climático.

El cambio climático es un fenómeno que se manifiesta en un aumento de temperatura promedio del planeta, que tiene consecuencias en la intensidad de los fenómenos del clima en todo el mundo. Las consecuencias del cambio climático es el calentamiento global entendido como el aumento de temperatura media de la atmósfera terrestre y de los océanos (Artiaga, 2010). Las causas indirectas, denominadas fuerzas motrices o impulsoras del cambio, están asociadas a los procesos fundamentales en la sociedad, entre ellos: los demográficos; los de producción y consumo; los de desarrollo tecnológico y de innovación; los vinculados a las demandas económicas, de mercados y de comercio (Cardenas, 2008). Es así, que si ocurren cambios en el medio ambiente mundial como alteraciones en el clima, en la productividad del suelo, en los recursos oceánicos o de agua dulce, en la química de la atmósfera o en la ecología de los sistemas, se podría alterar la capacidad del Planeta para sustentar la vida (Garea, 2016).

2.1.1- Calentamiento global.

El calentamiento Global es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos, que posiblemente alcanzó el nivel de calentamiento de la época medieval a mediados del siglo XX, para excederlo a partir de entonces. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC G. I., 1988) sostiene que, la mayoría de los aumentos observados en la temperatura media del globo desde la mitad del siglo XX, son muy probablemente debidos al aumento observado en las concentraciones de GEI antropogénicas. Esto es conocido como la teoría antropogénica, y predice que el calentamiento global continuará si lo hacen las emisiones de gases de efecto invernadero. En el último reporte con proyecciones de modelos climáticos presentados por IPCC, indican que es probable que temperatura global de la superficie, aumente entre 1,1 a 6,4 °C (2,0 a 11,5 °F) durante el siglo XXI (Garcia, 2012).

2.1.2- Efecto invernadero.

El efecto invernadero se produce en forma natural, cuando parte de la radiación solar atraviesa la atmósfera, es absorbida por la superficie de la tierra, cambia su longitud de onda y se reemite como radiación infrarroja, nuevamente es absorbida en la tropósfera y devuelta a la tierra debido a la existencia de nubes y gases denominados gases de efecto invernadero (GEI), aumentando la temperatura promedio de la Tierra. Los GEI pueden ser divididos en tres categorías:

- 1)- los radiactivamente activos, tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el ozono (O_3), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarbonos (CFC), que ejercen un efecto climático directo.
- 2)- Los química/fotoquímicamente activos, tales como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOX) y el dióxido de azufre (SO_2), que ejercen efectos climáticos indirectos a través de reacciones químicas que determinan la concentración en la atmósfera de radicales hidroxilo (OH), CH_4 y O_3 .
- 3)- las emisiones de aerosoles atmosféricas (Poulain, 2006).

2.1.3- Combustibles fósiles.

Se llama combustibles fósiles a los hidrocarburos (petróleo y gas) y al carbón (hidrocarburo sólido). Estos recursos se formaron a partir de materia orgánica proveniente de plantas, microorganismos, bacterias y algas, que mediante la fotosíntesis transformaron en energía química la energía electromagnética del sol. Esa materia orgánica, acumulada hace cientos de millones de años en el fondo de lagos o mares con muy poco oxígeno, luego fue cubierta por capas sucesivas de sedimentos. Los combustibles fósiles son recursos no renovables, lo cual implica que son volúmenes finitos que, una vez producidos y utilizados, no son reutilizables y no pueden generarse por la naturaleza o la acción del hombre a la escala que son utilizados (Fundacion YPF, 2018).

La combustión de este tipo de combustibles genera emisiones de gases tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases que han contribuido y aún contribuyen a generar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida, la contaminación del aire, suelo y agua. Los efectos contaminantes no sólo están vinculados a su combustión sino también al transporte (derrames de petróleo) y a los subproductos que originan (hidrocarburos y

derivados tóxicos). La situación se agrava cuando se considera la creciente demanda de energía, bienes y servicios, debido al incremento de la población mundial y las pautas de consumo (Schiniepp, 1968).

2.1.4- Deforestación.

La deforestación es la conversión directa, inducida por el hombre, de tierras forestales a tierras no forestales (United-Nations, 1992). Debido a esto, la deforestación aporta aproximadamente entre diez y veinte por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, lo que afecta negativamente al funcionamiento global del medio ambiente y produce un conjunto de cambios que interfieren en el clima, en el ciclo de carbono, en la pérdida de biodiversidad, el sumidero de agua potable, entre otros sistemas naturales (Monjardín, 2017).

2.2- La química del carbono.

El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. Es sólido a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas alotrópicas, carbono amorfo y cristalino en forma de grafito o diamante. El carbono es el pilar básico de la química orgánica; se conocen cerca de 16 millones de compuestos de carbono, y forma parte de todos los seres vivos conocidos. Forma el 0,2 % de la corteza terrestre (Iroz, 2018).

La química del carbono, también conocida como química orgánica, es una rama de la química que se ocupa de las propiedades y reacciones de los compuestos del carbono.

Todos los compuestos orgánicos se caracterizan por contener átomos de carbono en sus moléculas, el gran número y la diversidad de los compuestos orgánicos son una consecuencia de las características especiales que muestra el átomo de carbono. La electronegatividad que presenta el átomo de carbono es 2.5, esta electronegatividad permite al átomo de carbono combinarse con facilidad con elementos muy diferentes de la tabla periódica. La tetravalencia del átomo de carbono también le permite facilitar enlaces, puesto que, debido a la promoción electrónica, este tiene así, 4 electrones desapareados en la última capa. El reducido volumen del átomo hace que los electrones de valencia estén fuertemente atraídos por el núcleo (Andaluis, 2015).

2.2.1- Ciclo Biogeoquímico del Carbono.

El ciclo del carbono es el sistema de las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida.

El carbono es un componente esencial para los vegetales y animales. Forma parte de compuestos como: la glucosa, carbohidrato importante para la realización de procesos como: la respiración; también interviene en la fotosíntesis bajo la forma de CO₂ (dióxido de carbono) tal como se encuentra en la atmósfera.

La reserva fundamental de carbono, en moléculas de CO₂ que los seres vivos puedan asimilar, es la atmósfera y la hidrosfera. Este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03% y cada año aproximadamente un 5% de estas reservas de CO₂ se consumen en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico se renueva en la atmósfera cada 20 años. La vuelta de CO₂ a la atmósfera se hace cuando en la respiración, los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO₂. En el conjunto de la biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo y no, como podría parecer, los animales más visibles. Los productos finales de la combustión son CO₂ y vapor de agua. El equilibrio en la producción y consumo de cada uno de ellos por medio de la fotosíntesis hace posible la vida (García, 2014).

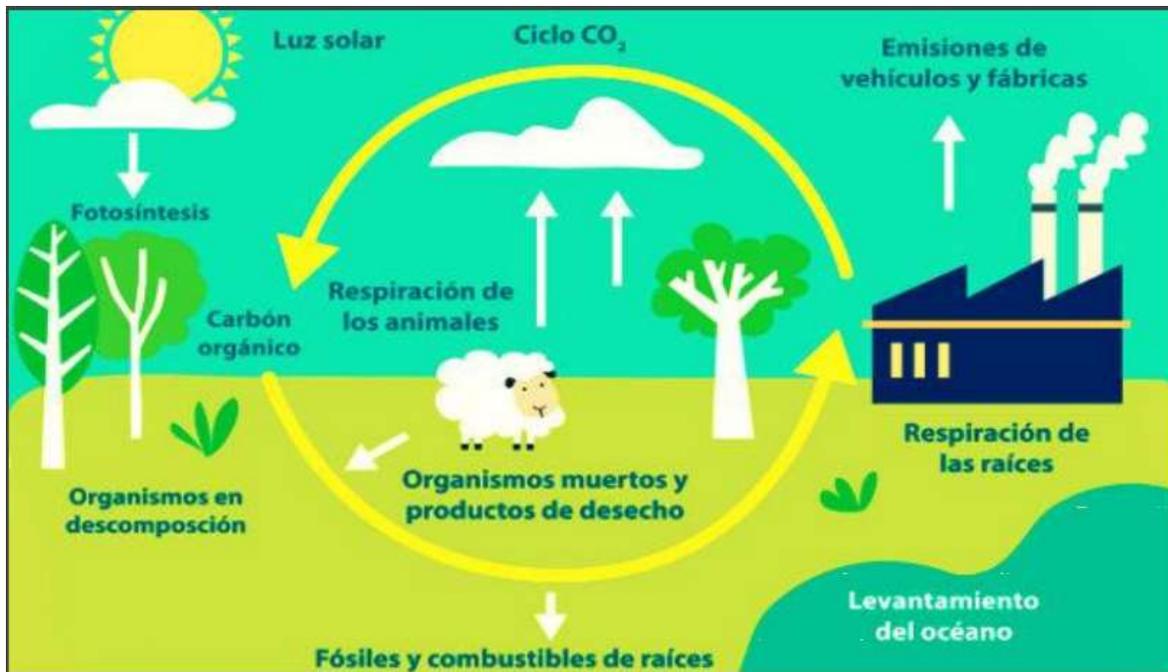


Figura 1. Proceso biogeoquímico del carbono.

Fuente: (Iroz, 2018)

2.2.3- El flujo del dióxido de carbono en la fotosíntesis.

La fotosíntesis es la encargada de absorber el CO₂ y la energía solar para producir oxígeno e hidratos de carbono que les permitirán a las plantas crecer, La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas verdes y otros organismos convierten luz e energía química y luego en carbohidratos tales como el azúcar. La fotosíntesis se realiza con máxima intensidad entre la longitud de onda 440 y 680 nm, en la mayor parte de la radiación visible. Si están satisfechos otros requerimientos de las plantas (agua, CO₂, temperatura, nutrientes, etc.) la cantidad de materia orgánica formulada para llevar a cabo la fotosíntesis dependerá de la luz fotosintéticamente activa que reciba la planta. Así a mayor cantidad de luz más cosecha, hasta un límite que dependerá de la especie y la variedad (Rojas S. E., 2015).

Mattherws (2004) menciona que la fotosíntesis es un proceso de baja eficiencia en la utilización de energía solar, ya que solo emplea una mínima parte (1-2%) de la radiación absorbida y la almacena en los enlaces químicos de los carbohidratos. Esta eficiencia de la fotosíntesis depende de factores genéricos (tipo de metabolismo que tienen) y los factores

ambientales, por ejemplo la luz va a condicionar la velocidad de la fotosíntesis; la temperatura, disponibilidad de CO_2 , y disponibilidad de nutrientes también son factores ambientales.

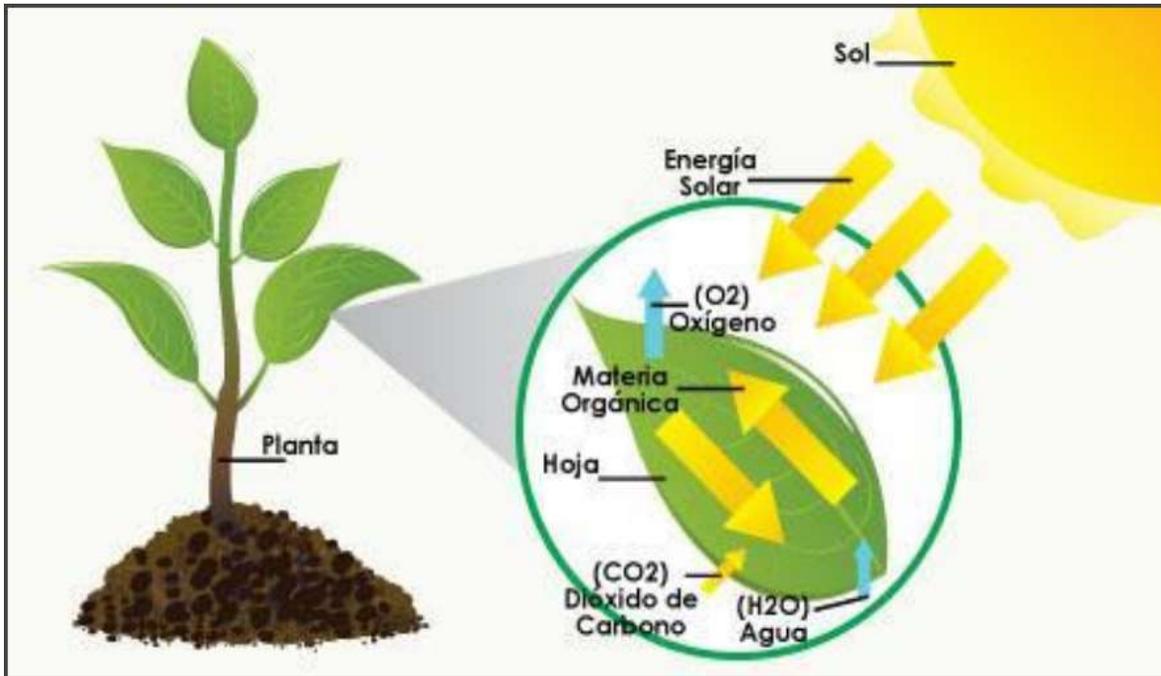


Figura 2. Captación de carbono en la planta y proceso de fotosíntesis.

Fuente: (Iroz, 2018).

2.3- Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kyoto fue aprobado el 11 de diciembre de 1997. Debido a un complejo proceso de ratificación, entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Actualmente, hay 192 Partes en el Protocolo de Kyoto. En concreto, el Protocolo de Kyoto pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático comprometiéndolo a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de conformidad con las metas individuales acordadas. La propia Convención sólo pide a esos países que adopten políticas y medidas de mitigación y que informen periódicamente.

El Protocolo de Kyoto se basa en los principios y disposiciones de la Convención y sigue su estructura basada en los anexos. Sólo vincula a los países desarrollados y les impone una carga más pesada en virtud del principio de "responsabilidad común pero diferenciada y

capacidades respectivas", porque reconoce que son los principales responsables de los actuales altos niveles de emisiones de GEI en la atmósfera (United Nations Framework, 2021).

En su Anexo B, el Protocolo de Kyoto (1997) establece objetivos vinculantes de reducción de las emisiones para 36 países industrializados y la Unión Europea. En conjunto, esos objetivos suponen una reducción media de las emisiones del 5 % en comparación con los niveles de 1990 en el quinquenio 2008-2012 (el primer período de compromiso).

Un elemento importante del Protocolo de Kyoto fue el establecimiento de mecanismos de mercado flexibles, que se basan en el comercio de permisos de emisión. En virtud del Protocolo, los países deben cumplir sus objetivos principalmente a través de medidas nacionales. Sin embargo, el Protocolo también les ofrece un medio adicional para cumplir sus objetivos mediante tres mecanismos de mercado, Comercio Internacional de Emisiones, Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y Aplicación conjunta.

2.3.1- Comercio de emisiones.

Las Partes con compromisos en virtud del Protocolo de Kyoto (1997) han aceptado objetivos para limitar o reducir las emisiones. Estos objetivos se expresan como niveles de emisiones permitidas, o cantidades asignadas, durante el período de compromiso 2008-2012. Las emisiones permitidas se dividen en unidades de cantidad asignada (UCA).

El comercio de emisiones, como se establece en el artículo 17 del Protocolo de Kioto (1997), permite a los países que tienen unidades de emisión de sobra (las emisiones permitidas pero no "utilizadas") vender este exceso de capacidad a países que superan sus objetivos. Por lo tanto, se creó un nuevo producto en forma de reducciones o remociones de emisiones. Dado que el dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero, simplemente se habla de comerciar con carbono. El carbono ahora se rastrea y se comercializa como cualquier otro producto básico. Esto se conoce como el "mercado de carbono" (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2021).

2.3.2- Mercado de Carbono (Créditos de carbono).

Existen dos tipos de mercados de carbono: los de cumplimiento regulado y los voluntarios. El mercado regulado es utilizado por empresas y gobiernos que, por ley, tienen que rendir cuentas de sus emisiones de GEI. Está regulado por regímenes obligatorios de reducción de

carbono, ya sean nacionales, regionales o internacionales. En el mercado voluntario, en cambio, el comercio de créditos se produce sobre una base facultativa. Las dimensiones de los dos mercados difieren notablemente. En 2008, se comerciaron en el mercado regulado 119.000 millones de dólares estadounidenses (US\$), y en el voluntario, 704 millones US\$ (Hamilton, 2007).

Los créditos de proyectos de secuestro de carbono basados en la tierra representaron el 11% de las transacciones del mercado voluntario en 2008, frente al 16% de 2007 y al 36% de 2006. La disminución de estos tipos de proyectos puede atribuirse a las mismas dificultades que afrontan los proyectos de forestación y reforestación en los mercados regulados: cuestiones tales como la permanencia, una contabilización imprecisa y las fugas (Hamilton, 2007).

Con el Protocolo de Kyoto, los países en desarrollo no están obligados a reducir sus emisiones de GEI, mientras que los países industrializados tienen que cumplir objetivos específicos, que pueden ser logrados reduciendo las emisiones de GEI en su propio país, implementando proyectos para reducir las emisiones en otros países, o comerciando. Esto significa que los países que han satisfecho sus obligaciones con Kyoto pueden vender sus excesos de créditos de carbono a países que encuentran más caro cumplir sus objetivos.

Para los países en desarrollo, el MDL es el más interesante entre los mecanismos del mercado regulado. Un país industrializado implementa un proyecto de reducción de emisiones en un país en desarrollo. Puede tratarse de un proyecto de forestación, de eficiencia energética o de energía renovable. Porque de la retención o recortes de GEI se generan créditos de carbono (Reducción Certificada de las Emisiones (RCE)).

2.3.2.1- Mercado voluntario.

El mercado voluntario ha adquirido gran importancia para los proyectos agrícolas y forestales. Los créditos de Reducción Verificada de las Emisiones de carbono (VER, siglas en inglés) son adquiridos principalmente por el sector privado. La Responsabilidad Social Corporativa (RSC) y las relaciones públicas están entre las motivaciones más habituales para la compra de créditos de carbono. Otras razones son consideraciones tales como la certificación, la reputación y los beneficios ambientales y sociales. Algunas empresas ofrecen a sus clientes neutralizar las emisiones de carbono o de los fondos de carbono.

2.3.3 - Comercio de emisiones en México.

En México la SEMARNAT (2012) crea la Ley General de Cambio Climático en donde en el título segundo, capítulo único, artículo 7 fracción 9, menciona que Crear, autorizar y regular el comercio de emisiones es una alternativa para la mitigación del cambio climático. Sin embargo, es hasta el 15 de enero del 2021 cuando se publica el programa de prueba del sistema de comercio de emisiones y lo establece como un instrumento de mercado diseñado para reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Se basa en el principio de “tope y comercio”. Esto consiste en establecer un tope máximo sobre las emisiones totales de uno o más sectores de la economía que debe de ser reducido cada año. Las instalaciones en estos sectores deben presentar un derecho de emisión por cada tonelada de CO₂ que emiten. Pueden recibir o comprar derechos, y así comerciar con otras compañías del Sistema (SEMARNAT., 2021)

2.4- *Gmelina arborea*.

En el año de 1971 en México fue incluida la *Gmelina arborea*, esto debido a que el instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias, reconoce el gran potencial económico que esta puede tener por el índice tan rápido de crecimiento que las plantaciones presentaban, distribuyéndose por tal motivo a varios estados del país. Cuando la *Gmelina arborea* entra por primera vez al país, es llevado al campo experimental “el tormento” propiedad del INIFAP en el municipio de Escárcega estado de Campeche. El INIFAP la denominó como especie del futuro, esto por su potencial de recuperación de ecosistemas y medio ambiente. La introducción de la planta a México tenía dos objetivos principales, apoyar al silvicultor en el establecimiento y manejo de su plantación e introducirla en zonas como claras o en los bordes de los bosques para su regeneración natural.

El clima, la lluvia mensual, temperatura promedio, evapotranspiración, heladas, profundidad y tipo de suelo como profundidad y salinidad del suelo, son características que se tienen que identificar para determinar las mejores tierras donde podrá ser plantada la *Gmelina arborea*.

(INIFAP, 2011).

2.5- Características del estado de Veracruz.

Factores como el tipo de suelo, el clima, la topografía, la altitud sobre el nivel del mar, la exposición a los vientos e incluso la posición geográfica misma de México en el planeta, se constituyen para definir los tipos de vegetación que se encuentran en el estado.

La diversidad de la vegetación en conjunción con el uso del suelo que la sociedad humana ejerce, hacen que el paisaje esté en continuo cambio. Veracruz no es la excepción y dada la gran cantidad de hechos históricos de importancia nacional de los que ha sido escenario, la vegetación natural ha sido fuertemente modificada en más del 80% de su superficie. Esto tiene como consecuencia que la vegetación actualmente se confine sólo a fragmentos de ella (algunos aún de considerable extensión), lo que no aminora su persistente importancia y riqueza (Francisco & Villareal, 2017).

2.5.1- Características de Álamo Temapache.

El municipio Álamo Temapache se encuentra en la zona norte del estado de Veracruz, limita al norte con los municipios de Tepetzintla, Cerro Azul y Tamiahua, al este con Tuxpan, al sur con Tihuatlán, Castillo de Teayo y el estado de Puebla, al suroeste con Ixhuatlán de Madero y al oeste con Chicontepec. El clima es cálido húmedo y cálido subhúmedo; se presentan lluvias abundantes en los meses de junio a septiembre. La temperatura máxima anual es de 39 °C y la mínima de 12 °C y su precipitación pluvial media anual es de 1091 mm. Este municipio pertenece a la provincia florística de la Costa del Golfo de México, que se extiende a lo largo de los estados de Veracruz y Tabasco y áreas vecinas, con clima cálido y dominancia de vegetación tropical. Los suelos son de tipo Feozem, Regosol y Vertisol. Se ubica en la cuenca del río Tuxpan cuya corriente nace en el estado de Hidalgo con el nombre del río Pantepec, a una elevación de 2750 ms.n.m., que al confluir con el río Vinazco es conocido como río Tuxpan y desemboca en el Golfo de México, en el municipio Tuxpan (Francisco & Villareal, 2017).

3-ESTADO DEL ARTE

Los recursos naturales son patrimonio de todos los seres vivos y por ello nos corresponde cuidarlos, pero para ello debemos tener bien claro que son.

Tabla 1. Definición de recursos naturales según distintos autores.

Autor.	Año de publicación.	Título del estudio.	Principal resultado.
Organización De Las Naciones Unidas (ONU).	(1970)	Recursos naturales de los países en desarrollo investigación y utilización racional.	Las Naciones Unidas han definido los recursos naturales como todo aquello que encuentra el hombre en su ambiente natural y que puede en alguna forma utilizar en beneficio propio.
Galvarro Ascarrunz Winston Javier.	(2015)	valoración económica ambiental de la cuenca hidrica de Hampaturi	Existen sin embargo otras opiniones acerca del significado de un servicio ambiental como en el caso del investigador Galvarro Ascarrunz quien define a los bienes y los servicios ambientales naturales intangibles, pero recalca de manera muy rigurosa que el medio ambiente proporciona apoyo a la vida humana, contribuyendo a la calidad de vida y haciéndola agradable y plena , pero que sin duda son recursos a los que no les hemos dado un valor directo, a excepción de su uso para satisfacer nuestras necesidades materiales.

Nellyce Vargas Cristina.	(2017)	Uso y aprovechamiento de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico local sostenible.	Dicho de manera más clara por los investigadores Nellyce, Bustos y Ordoñez mencionan que los recursos deben ser aprovechados de manera que no perjudique al ambiente ni a las personas que los rodean, si este fuera utilizado de forma inadecuada, con el tiempo vendrán las consecuencias y los únicos perjudicados serían los habitantes existentes en esa localidad.
--------------------------	--------	--	--

Fuente: Propia

Los problemas de la deforestación son graves y significativos, la pérdida de los recursos naturales forestales provoca la desertificación o erosión lo que trae consigo la contribución al cambio climático y el calentamiento global, el incremento de los fenómenos naturales, desequilibrios ecológicos, a lo que lleva al debilitamiento de la calidad de vida esto sin mencionar que es el hábitat de gran cantidad de especies.

Tabla 2. Motivos principales de disminución y deforestación ambiental según distintos autores.

Autor.	Año de publicación.	Título del estudio.	Principal resultado.
Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura (FAO).	(1995).	Forest resources assessment 1990.	Existe un problema grave pues el área mundial de bosques está disminuyendo aproximadamente entre 12 y 15 millones de ha anuales. La mayoría de esta disminución (10 a 12 millones de ha) ocurre en el trópico. De hecho, el área de bosques en las regiones templadas y boreales ha aumentado levemente durante las últimas décadas. Las causas

			principales de la deforestación en los trópicos son el cambio de tierras agrícolas hacia tierras de pastoreo, y la tala de madera para leña y para construcción.
Secretaria De Medio Ambiente Y Recursos Naturales. (SEMARNAT)	(2004)	La captura de carbono en bosques mexicanos.	La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales menciona que los problemas comienzan cuando la desaparición de biomasa forestal disminuye la captación de carbono proveniente de las grandes industrias, ganadería, termoeléctricas y las actividades humanas y Los mecanismos para la Captación de Carbono que son viables actualmente se enfocan sólo en un subproceso del ciclo de carbono en la naturaleza: la captura terrestre, y específicamente en la Captura de Carbono por parte de ecosistemas boscosos.

Fuente: Propia

Los bosques, las selvas y toda aquella plantación de árboles están procesando Carbono, es decir que aporta un beneficio para un proceso vital como lo es la respiración. Existen sin embargo puntos de vista distintos basados en sus propias definiciones e investigaciones.

Tabla 3. Captura de carbono y métodos de obtención de distintos autores.

Autor.	Año de publicación.	Título del estudio.	Principal resultado.
Masera Benjamín Omar.	(2001)	Captura de carbono ante el cambio climático.	Mancera da a conocer en su estudio de investigación que para determinar la captación de carbono que una determinada zona logra captar se han aplicado distintos estudios con métodos en específico, en bosques, cuencas y áreas con gran cantidad de biomasa forestal, pero para proponerla como estrategia viable a la mitigación del cambio climático se debe conocer la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales y por otra parte las modificaciones a los cambios y los flujos del carbono derivadas de los patrones de cambio de uso de uso de suelo.
Connolly Wilson Ronda Yuri.	(2007)	Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua.	Años más tarde Connolly realizó un análisis en cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en el sistema agroforestal y forestal en seis sitios de 4 municipios en el país de Nicaragua, el denomina a las zonas agroforestales como grandes sumideros de dióxido de carbono, y aplica 4 métodos distintos para su obtención, uso de modelos de biomasa por especie , aplicación de modelos generales de biomasa,

			construcción de tablas de biomasa generales por especie, y el uso de la técnica del árbol promedio, e base a esto obtuvo resultados favorables y con mayor exactitud.
Balteiro Díaz Romero.	(2011).	La captura de carbono como un nuevo objetivo en la ordenación de montes.	Balteiro en su tesis asegura que el carbono capturado por los ecosistemas forestales se ha convertido durante los últimos años en un objetivo que se debe incluir en la gestión forestal, sobre todo desde que el Protocolo de Kyoto lo ha considerado expresamente como una forma de mitigar el exceso de emisiones de ciertos gases contaminantes. Sin embargo, la integración de este nuevo criterio en los métodos tradicionales de ordenación de montes resulta muy complicada debido a las características intrínsecas de los mismos.
Soto Montes de Oca Araceli	(2013).	Valoración económica del medio ambiente a través del método de valoración contingente, en el caso de la cuenca del alto Atoyac en Puebla, México.	Dos años después Soto realizó un estudio similar en la cuenca del alto Atoyac en Puebla, México, utilizando un método llamado valoración contingente para obtener mejores resultados, el método consiste en simular un escenario mediante una encuesta a los consumidores potenciales, preguntándoles la cantidad máxima de dinero que pagarían por un bien si tuvieran que comprarlo, posteriormente

			se hace una elección del escenario de nivel de calidad de vida en base a la calidad ambiental que puede haber y se establece una relación (Soto, 2013).
Ordoñez Díaz José Antonio	(2014)	Contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro, Michoacán.	Es así que Ordoñez en 2014 también realiza una investigación de captura de carbono, que consistió en una estimación del contenido y captura potencial de carbono en biomasa aérea del ejido de San Pedro Jacuaro, Michoacán, además de rodalizar y estimar las superficies arboladas del lugar, de hacer un inventario forestal con el propósito de cuantificar el volumen en metros cúbicos de madera y calcular el contenido de carbono por superficie total y por hectárea en biomasa aérea.
Flores Flores Gabriela.	(2016)	Valoración económica de la quebrada de Humayacu.	Aunque dentro del país ya se estaban realizando estudios y aplicando métodos distintos para la obtención de carbono, en otros se seguían implementando , estudios con nuevos métodos , como el que realiza Flores, quien mediante un estudio de análisis descriptivo-explicativo en la quebrada de Humayacu en Ecuador, expuso la situación actual de la zona y comentó cual ha sido su evolución, posteriormente usó el método inductivo ya que se aplicó un método de valoración contingente, que permite

			estimar el valor de un bien ambiental. Sus resultados fueron favorables y logro darle un valor total estimado mediante la captación de carbono.
--	--	--	---

Fuente: Propia

Basándose en las investigaciones anteriores se deduce entonces, que existen varios métodos para la obtención del carbono acumulado, sin embargo Aguirre (2017) plantea un proceso con distintos métodos relativamente sencillos con resultados favorables, inicia con la obtención de volumen y posteriormente la biomasa con el método de Aguirre y Aguirre (2004), la biomasa de la raíz y la copa la obtiene mediante el método de MacDicken (1997) para así determinar la biomasa total del árbol, finalmente la obtención del carbono acumulado y obtención del CO₂ también se obtienen al aplicar el método de Aguirre y Aguirre (2004).

Sin embargo, todos los estudios dependen del valor de los certificados o bonos de carbono, puesto que los distintos métodos utilizados solo son para determinar la cantidad de carbono que tiene el área de estudio, y para determinar o definir qué es y como es el proceso existen también distintos estudios.

Tabla 4. Mercado de carbono, certificados o bonos de carbono.

Autor.	Año de publicación.	Título del estudio.	Principal resultado.
Bustamante Pérez Diego.	(2009).	El mercado de bonos de carbono en México, generalidades y perspectivas de desarrollo.	En un estudio de investigación Bastamente menciona que el verdadero motivo de los bonos de carbono es porque Existen países industrializados que dominan procesos productivos que generan ganancias millonarias y enormes cantidades de productos para toda necesidad. Sin embargo, muchas veces sus procesos no son tan limpios

			<p>que debieran ser, y al ser tan productivos es muy complicado que suspendan sus procesos solo por el daño que le causan al ambiente. A esto surge una alternativa. Sus emisiones tienen un impacto a nivel global, principalmente las emisiones de gases se trasladan a todo el globo por las corrientes eólicas y afectan a naciones que poco tienen que ver. Las grandes naciones no pueden parar sus procesos productivos, por ende no dejan de contaminar, y las naciones no industrializadas tienen espacios óptimos para la captura de contaminantes y la justificación de los mismos.</p>
<p>Gutiérrez Ramírez Francisco.</p>	<p>(2014).</p>	<p>Bonos de Carbono un Incentivo Ambiental</p>	<p>Fue así que Gutiérrez 3 años después, basado en el marco del protocolo de Kyoto, realiza una investigación en donde define el surgimiento del mercado del carbono como un mecanismo que permite transacciones flexibles en las que se intercambian emisiones de GEI basada en la compra y venta de permisos para emitir CO₂. Es un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, las empresas o bien los individuos pueden adquirir o vender unidades de reducción de emisiones de GEI con el fin de cumplir con las obligaciones actuales y futuras. Permite transacciones entre países y entre compañías dentro de una misma nación y entre compañías u organismos internacionales.</p>

<p>Bustamante Pérez Diego.</p>	<p>(2009).</p>	<p>México competitivo en el mercado de carbono.</p>	<p>Finalmente Bustamante, en 2015 deja en claro en una de sus más recientes investigaciones que los Bonos de Carbono funcionan como un bien canjeable, es decir son certificados de reducción de gases de efecto invernadero, los cuales que son pagados a desarrolladores de proyectos de disminución de emisiones, esto para contribuir a mejorar la calidad ambiental y regular emisiones generadas por procesos productivos. Se expiden Certificados de Reducción de Emisiones (CER's por sus siglas en inglés) los cuales se calculan en volúmenes equivalentes a metros cúbicos o toneladas de CO₂ que no fueron emitidos a la atmósfera. Los CER's son otorgados en una cuenta electrónica a favor de los desarrolladores de los proyectos (MDL) una vez que se hayan realizado las respectivas reducciones. Los CER's generarán elementos comercializables, sujetos a la ley de la oferta y demanda.</p>
------------------------------------	----------------	---	---

Fuente: Propia

4- METODOLOGÍA.

4.1- Delimitación del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en una plantación de *Gmelina arbórea*, la cual se encuentra entre 38 y 56 metros a nivel del mar, en la localidad de El Mante, municipio de Álamo Temapache en el estado de Veracruz, el área de estudio se encuentra a 21° 3'16.87" latitud Norte, 97°34'0.45" longitud Oeste (figura 1).

La extensión del área se prolonga por 765 metros y cubre una zona total de 13 hectáreas, la temporada de lluvia es opresiva y mayormente nublada, la temporada seca es húmeda y parcialmente nublada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 12 °C o sube a más de 38 °C (Weather, 2020).

La temporada más mojada dura 4.3 meses, de 3 de junio a 12 de octubre, con una probabilidad de más del 43 %. La probabilidad máxima de un día mojado es del 69 % el 3 de septiembre. La humedad percibida varía extremadamente, el período más húmedo del año dura 8.3 meses, durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 34 % del tiempo (Weather, 2020).



Figura 3. Fotografía satelital del año 2020, ubicación geográfica del polígono de trabajo y localidad El Mante.

Fuente: Propia.

4.2- Muestreo

En la zona se aplicó un muestreo aleatorio, obteniendo 13 puntos de muestreo, 1 por hectárea aproximadamente, cada punto de muestreo fue equivalente a un cuadrante de 10 x 10 metros (100 m^2), posteriormente los árboles comprendidos dentro de este fueron contabilizados obteniendo su diámetro, y altura.

Para delimitar la zona de estudio y la localización de cada cuadrante se utilizó la aplicación para escritorio Google Earth Pro, una vez seleccionadas las zonas de muestreo se tomaron las coordenadas para la fase de campo.



Figura 4. Distribución y localización de las 13 muestras en el polígono para la extracción de coordenadas.

Fuente: Propia.

Durante la fase de campo, con ayuda de un GPS se localizaron los sitios de muestreo, el centro del cuadrante fue marcado con una bandera blanca y los vértices del cuadrante se identificaron con banderas rojas (Figura N₆ y N₇.)

Después de la distribución aleatoria mediante la imagen satelital, se extraen las coordenadas de cada muestra para la ubicación en campo.



Figura 5. Colocación de bandera blanca, identificación del centro del cuadrante

Fuente: Propia..



Figura 6. Limitación del cuadrante, colocación de banderas rojas.

Fuente: Propia.



Figura 7. Cuadrante limpio sin maleza.

Fuente: Propia.

Los cuadrantes fueron limpiados de la maleza para obtener mejores resultados en la obtención de datos.

4.3- Recolección de datos

Para la obtención correcta de los datos se tomó la circunferencia o perímetro a una altura de 1.30 metros, también llamada CAP (circunferencia a la altura del pecho), para posteriormente dividir lo obtenido entre π y obtener el diámetro a la altura del pecho (DAP).

La altura de los árboles se estimó con el método estimación de altura sin instrumentos especiales, el cual consiste, en la aplicación de la formula;

$$H = hD/d.$$

H = Altura total del árbol.

h = Distancia en la vara de apoyo entre el ángulo del tronco y la copa.

D = Distancia entre el árbol y el punto de visión a ras de suelo.

d = Distancia entre el ángulo de visión y la vara de apoyo.



Figura 6. Obtención del DAP.

Fuente: Propia.



Figura 9. Aplicación de método de obtención de altura

Fuente: Propia.

En cada muestra se contabilizaron todos los árboles comprendidos dentro de los 100 m², registrando su diámetro y altura.

4.3.1- Obtención del Carbono acumulado

Una vez recolectados los datos, se calculó el carbono almacenado por los árboles mediante la determinación del área basal, volumen y biomasa total de cada árbol.

4.3.1.1 - Determinación del área basal

El área basal se determinó utilizando la siguiente formula $AB = (\pi D^2)/4 = 0.7854 D^2$

Se entiende en Gasometría como el área de cualquier sección transversal del fuste de un árbol. Mientras no se especifique otra cosa, el área basal, conocida como A.B. es el área de la sección horizontal de un árbol que se encuentra a 1.3 metros del suelo, es decir con un D.A.P.

se supone que se aproxima al are de un círculo por lo cual se puede utilizar cualquiera de las dos fórmulas.

$$AB = \frac{\pi D^2}{4} = 0.7854 D^2$$

Donde; D equivale al diámetro.

$$AB = \frac{C^2}{4\pi} = 0.0796 C^2$$

Donde; C equivale al perímetro.

3.2.2.2- Obtención del volumen.

Para el cálculo del volumen del árbol se aplica la formula

$$V = G * H * F$$

Donde; V = volumen, G = área basal,

F = factor de forma.

4.3.1.2- Biomasa Total.

Para obtener la biomasa total, se debe obtener primero la biomasa del tronco, posteriormente la de la raíz y la copa, para ello se requiere conocer la dureza de la madera, en este caso la *Gmelina arborea* tiene una densidad o peso específico de 0.38 Kg/ m³ se tiene también que la copa contiene aproximadamente el 20 % y la raíz el 30% de la biomasa del tronco (Macdicken, 1997).

Entonces;

$$\text{Bio} = V * P_e$$

$$\text{Bio}_c = \text{Bio} * 0.20$$

$$\text{Bio}_r = \text{Bio} * 0.30$$

Por tanto;

$$BIO_T = Bio + Bio_c + Bio_r$$

Donde; *Bio*, es la biomasa del tronco.

Bio_c, representa la biomasa de la copa.

Bio_r, corresponde a la biomasa de las raíces.

Bio_T, representa la biomasa total.

4.3.1.3- Determinación del carbono acumulado.

Se establece que el 50 % de la biomasa del árbol es dióxido de carbono y para hacer la transformación de este a carbono total se multiplica por el peso atómico del carbono, que equivale a 3.6 (Aguirre & Aguirre, 2004).

De modo que;

$$CO_2 = Bio_T * 0.5$$

Entonces;

$$C = CO_2 * 3.6$$

Dónde: 0.5 es la constante de porcentaje, del dióxido de carbono comprendido en el árbol.

3.6 equivale al peso atómico del carbono.

CO_2 = Dióxido de Carbono.

C = Carbono Acumulado

4.4- Valoración económica de la plantación

Dado que una ton de CO₂ equivale a un certificado de carbono, para la valoración económica de la plantación se tomó como base el valor actual de los bonos del carbono, que de acuerdo con los datos publicados por el banco mundial, el precio del carbono se encuentra entre los 40 y 80 dólares (Aguirre & Aguirre, 2004; BANCO MUNDIAL, 2017) por lo que el valor de la plantación se determinó al multiplicar la cantidad de certificados de carbono por el valor de este, y finalmente basados en la tasa de cambio actual de dólares a pesos mexicanos (1 dólar = 20.62 pesos mexicanos) se obtuvo el valor de la plantación en moneda mexicana.

5- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.1- Determinación de Biomasa Total

Se muestrearon un total de 144 árboles, lo que permite inferir que en la plantación hay un aproximado de 14400 (1107 por ha.) con una biomasa total de 18.89 kilogramos, esto se debe a que la altura promedio de los árboles es de 16 metros (tabla No. 6) y su masa forestal promedio es equivalente a 0.23 metros cúbicos por árbol. El diámetro a la altura del pecho promedio es de 13 cm (tabla No. 6), esto significa que la mayoría de los árboles son relativamente delgados, lo cual se ve reflejado en la captación de carbono, puesto que a mayor diámetro, mayor será su captación (Davalos, 2013).

Tabla 5. Promedios y desviación de plantación de *Gmelina* arbórea.

	Diámetro (m)	Altura (m)	Área basal. (m)	Vol. de m. for. (m ³)	Biomasa a. (kg)	Bio. de la copa. (kg)	Bio. De la raíz. (kg)	Bio. Total. (kg)	Carbón acumulado (kg)	CO ₂ captura do. (kg)
Plantación de <i>Gmelina</i> arbórea en la localidad de El Mante.	0.130 ±0.089	15.665 ±8.463	0.019 ±0.021	0.230 ±0.291	0.087 ±0.110	0.017 ±0.022	0.026 ±0.033	0.131 ±0.166	0.065 ±0.083	0.236 ±0.299

Fuente: Propia.

5.2- Carbono acumulado.

En base a la tabla 5, las 13 ha que comprenden la plantación acumulan un total de 3.4 toneladas de Carbono. La mayor cantidad se acumula en el tronco del árbol. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son menores a los presentados en investigaciones similares debido a distintos factores, de los cuales principalmente destacan, que es una plantación de entre 9 y 10 años de vida, una plantación joven, *la Gmelina arborea* es un árbol que por genética su crecimiento es lento y no de dimensiones grandes (Vinueza, 2020), el proceso de siembra no fue el adecuado, ya que el terreno fue reseñado a muy corta distancia provocando así un déficit de nutrientes considerable y primordial para el crecimiento, el mantenimiento del terreno no fue el adecuado, prácticamente nulo, así mismo, la distribución de humedad en el terreno es irregular, (Rojas & Murillo, 2004).

Todo esto provoca que el grosor del diámetro de la mayoría de los árboles se encuentre entre los 4 y 6 centímetros (fig. 11) lo cual impacta negativamente la captación de carbono, por otro lado aunque la altura promedio de los árboles se sitúa entre los 15.6 metros, también existe gran cantidad de árboles que solo alcanzan apenas los 5 o 6 metros (fig. 10), es por eso que aunque la cantidad de árboles por hectárea es considerable en tamaño, el grosor y edad de los árboles limitan considerablemente la cantidad de carbono captado.

Tabla 6. Carbono acumulado total de plantación de *Gmelina arborea*.

PARTE DEL ÁRBOL	CARBONO TOTAL ACUMULADO EN KILOGRAMOS
C. Acumulado en raíz.	680.253213
C. Acumulado en la copa.	453.502142
C. Acumulado en el tronco.	2267.51071

Fuente: Propia

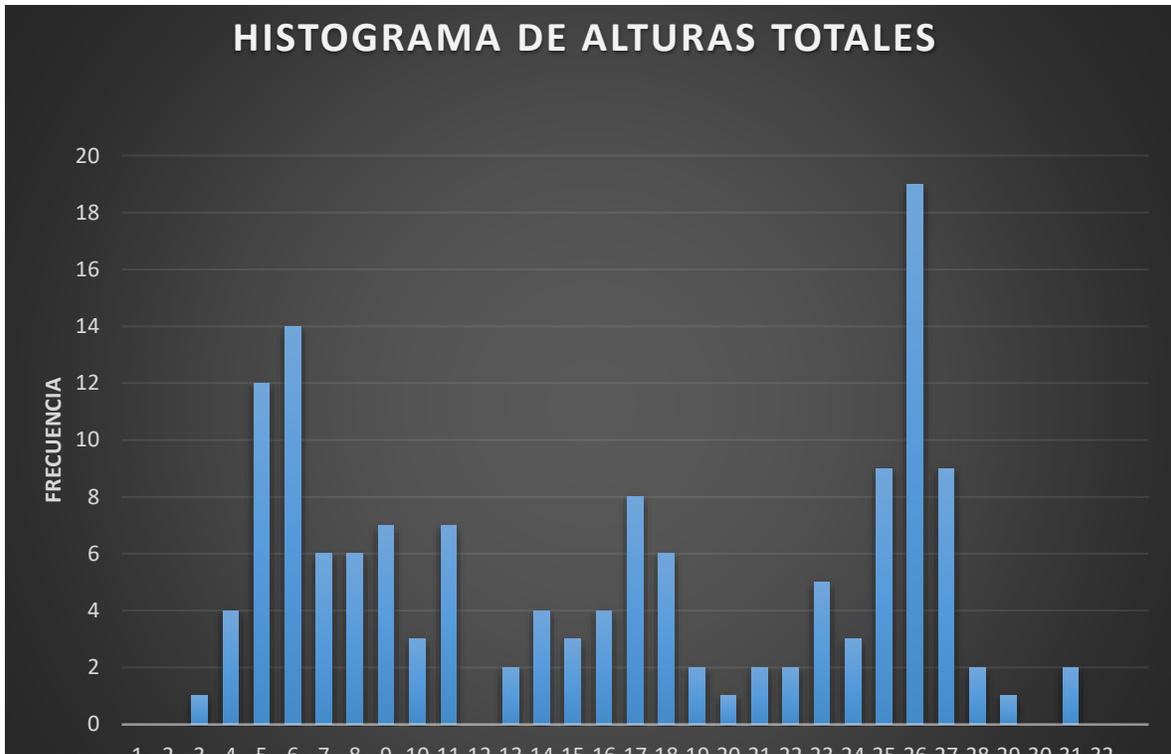


Figura 10. Histograma de frecuencia de alturas dadas en metros.

Fuente: propia

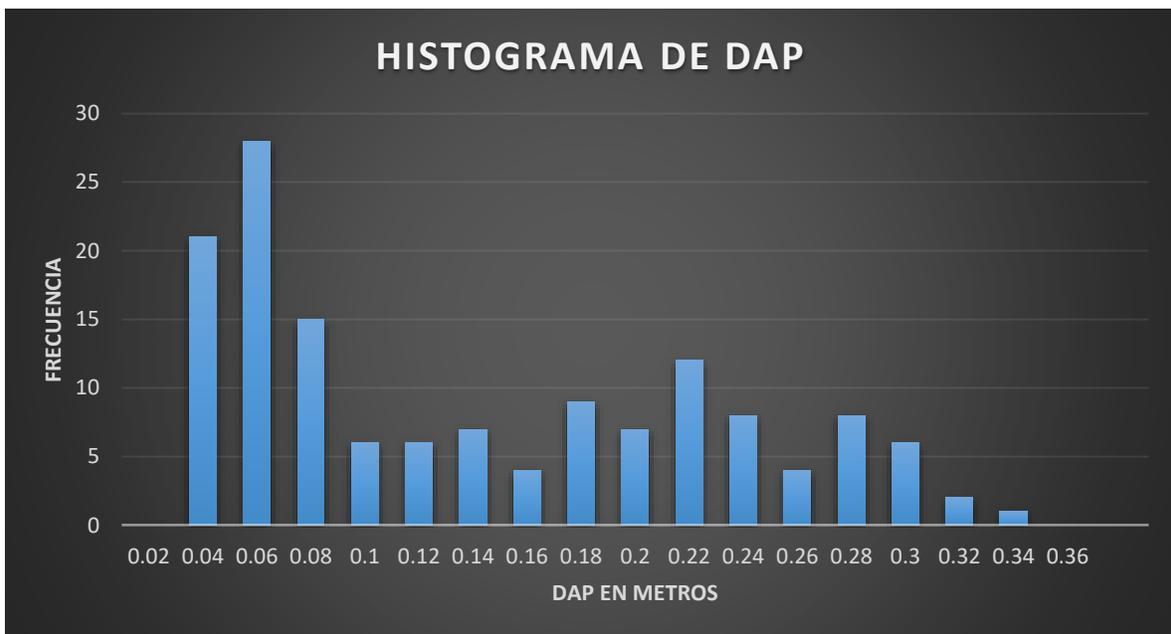


Figura 11. Histograma de diámetro a la altura del pecho dada en metros.

Fuente: propia

5.3- Valoración económica de la plantación.

Se determinó que la plantación captura 3.4 toneladas de carbono, (0.26 ton/ha) por lo que se deduce que la plantación tiene un gran potencial de captura de carbono, y por tanto, al mejorar las condiciones del mercado de los CER's, aumentará el beneficio económico (Rodríguez-Larramendi, 2016). Por lo tanto, se pueden obtener de 136 a 288 dólares (\$ 2804.32 - \$5932.8). Estos resultados pueden variar según el precio actual del certificado de carbono así como la tasa de cambio del peso sobre el dólar.

Los resultados muestran que actualmente el valor económico de la captación de carbono en la plantación, es superado por su valor para la industria maderera, ya que con base en el costo actual de la madera de *Gmelina arborea* (ONF., 2019), la conversión del precio al peso mexicano (BDM., 2021) y el procedimiento para la obtención del cálculo de metros cúbicos de la madera en pie (UNODC & JatunSach'a., 2017), se tiene un valor aproximado de \$3,082,998.85 pesos mexicanos si se extrae como madera.

Si establece que anualmente, mediante bonos de carbono se lograrían generar entre \$ 2804.32 a \$5932.8 y tomando en cuenta que la edad adulta de la plantación es a los 12 años y está solo tiene 9, aunque se proyectara la captura de carbono a 3 años más, el ingreso por este medio, no representa ni siquiera el 1% (representa el 0.53%) del ingreso que generaría la industria maderable.

Se puede decir entonces que aunque exista un medio alternativo como lo son los bonos de carbono para la preservación de bosques y zonal con abundante masa forestal, no es competitivo con la industria maderera y por tal motivo el mecanismo generado en 1997 para la disminución de emisiones y preservación del planeta (certificados de carbono), no está dando los mejores resultados, puesto que beneficia mayormente a los países más industrializados que domina los procesos que sobrepasan el límite de emisiones establecidos. Para que el mercado de los bonos de carbono tuviese mejores resultados y mayor competitividad, este tendría que elevar sus precios considerablemente, de esta manera se reduciría la tala inmoderada, preservando así la masa forestal del planeta.

El valor económico en captura de carbono es muy bajo, sin embargo el valor económico de la plantación no refleja el valor ecológico que esta tiene, puesto que además de la captura de

carbono tiene otras funciones vitales, nutren el suelo en el que se encuentra, es el hogar de muchas especies de la biodiversidad, son acueductos naturales, además de ayudar a prevenir la erosión del suelo, ayudar a regular el clima natural, disminuir los impactos de los desastres naturales, entre otros. Aunque esos son solo algunos de los beneficios no valorificados económicamente, son sin duda de gran valor para la biodiversidad y todos los seres vivos.

CONCLUSIONES

La plantación de *Gmelina arborea* en la localidad El Mante, es un pequeño ecosistema beneficioso para la captación de carbono, ya que de acuerdo al estudio realizado se contabilizaron 14400 árboles aproximadamente y estos logran captar un total de 3.4 toneladas anualmente, aunque la plantación no ha tenido los cuidados y el crecimiento idóneo el aporte que generan es significativo para nuestro planeta (CONAFOR., 2000).

El valor económico obtenido, refleja solo el valor económico mediante la captación de carbono, pero no refleja realmente el valor ecológico que esta plantación brinda, así mismo el valor económico puede variar de un momento a otro, esto debido a que el banco mundial determina el valor de los certificados de carbono en base al cambio de la bolsa de valores, así también la variación del peso en base al dólar se encuentra en constante cambio.

El presente estudio determinó el valor económico del polígono de estudio a solo nueve años de su plantación, esto significa que aún no alcanzaba su etapa adulta por tanto el carbón capturado aumentará en los próximos 3 años cuando esta llegue a su edad adulta, por tanto, aumentará también su valor económico en el mercado de carbono (Rojas & Murillo, 2004).

Debido a que el cuadrante del terreno era irregular no todo presentaba la humedad requerida para un buen crecimiento, la plantación presento así una variación de grosores y alturas afectando considerablemente la captación de carbono de los árboles.

Para un crecimiento óptimo es necesario un buen cuidado, la limpieza de la zona es importante para que la plantación tenga un buen crecimiento y una absorción total de todos

los nutrientes de la zona, por lo que esto también es un factor para el desarrollo de las *Gmelinas arbóreas*.

El cálculo de la captación de carbono permite conocer los beneficios del servicio ambiental que proporcionan las plantaciones forestales, promoviendo la conservación de las plantaciones con el objetivo de seguir realizando el proceso natural de la captación de carbono.

El presente estudio sienta las bases para demostrar el valor económico de la captura de carbono, así como contrastar con el valor de la plantación para la industria maderera y del papel en la localidad El Mante, Álamo Temapache, Veracruz.

ANEXOS

Anexo 1. Cubicación de árbol en pie.

Este caso se da cuando aún se encuentra en pie es decir en su forma natural en el bosque, para conocer el volumen de madera de un árbol en pie se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{3.1415 \times (DAP)^2 \times H \times f}{4}$$

Donde:

V = Volumen de la madera en metros cúbicos.

Dap = Diámetro del árbol a la altura del pecho en metros.

Hc = Altura comercial del árbol en metros.

f = Factor de forma = 0.75 (forma del fuste cilíndrico).

Esta fórmula será de mucha ayuda si quieres saber la cantidad de madera que podrás obtener de los árboles en pie que hay en tu propiedad. Debemos saber que la medida del DAP (diámetro a la altura del pecho) se debe tomar a 1.30 m de altura de la base. Para aplicar la fórmula también se necesita la altura comercial (Hc) del árbol, es decir la altura hasta donde el fuste esté recto. El factor de forma (f) es una característica que tiene cada especie, se utiliza el valor de 0.75 para todas las especies.

Anexo II. Precios de la madera en Latinoamérica en colones costarricenses.

Precios de referencia promedio para madera en pie, en troza puesta en patio de aserradero y aserrada expresada en colones por pulgada para el primer semestre del 2019.

Especie	En pie (col/pmt)	En troza	En troza	En troza	Aserrada (col/pmt)
		(col/pmt) <8pulg	(col/pmt) 8-10pulg	(col/pmt) >10pulg	
Acacia (tarimas)	46	99	110	135	262
Anonillo (tarimas)	N/D	100	N/A	N/A	285
Areno	91	N/A	N/A	176	353
Botarrama	80	N/A	125	175	352
Botarrama (tarimas)	49	100	N/A	N/A	251
Caobilla	109	N/A	165	183	386
Carey	75	N/A	N/A	175	N/D
Cativo	N/D	N/A	N/A	185	300
Cebo	84	N/A	138	170	339
Cebo (tarimas)	49	105	N/A	N/A	246
Cedro amargo	201	N/A	230	368	717
Cedro amargo (tarimas)	43	104	N/A	N/A	285
Ceibo	70	N/A	N/A	160	290
Cenízaro	275	N/A	N/D	432	N/D
Chilamate	83	N/A	N/A	166	312
Ciprés	105	N/A	167	211	458
Cocobolo de San Carlos	65	N/A	N/D	150	350
Cortez Amarillo	350	N/A	N/D	550	1400
Cucaracho	100	N/A	N/D	187	600
Eucalipto	79	N/A	159	185	354

Eucalipto (tarimas)	48	115	N/A	N/A	N/D
Formaleta	90	N/A	N/A	162	390
Fruta Dorada	73	N/A	N/A	160	300
Gallinazo	93	N/A	N/D	193	323
Guanacaste	200	N/A	267	381	1150
Jaúl	90	N/A	N/D	168	450
Jícaro	75	N/A	N/A	170	N/D
Lagartillo	90	N/A	N/D	170	313
Laurel	102	N/A	152	199	451
Laurel (tarimas)	48	104	N/A	N/A	265
Melina	90	N/A	150	177	431
Melina (tarimas)	61	124	N/A	N/A	273
Níspero	N/D	N/A	N/A	400	1550
Ojoche	133	N/A	N/A	180	323
Pilón	100	N/A	N/D	205	423
Pilón (tarimas)	47	104	N/A	N/A	272
Pino	85	N/A	159	186	384
Pino (tarimas)	48	N/D	N/A	N/A	N/D
Pochote	120	N/A	152	183	446
Pochote (tarimas)	60	104	N/A	N/A	259
Querosén	100	N/A	N/A	180	357
Roble Coral	88	N/A	164	181	443
Roble Coral (tarimas)	53	103	N/A	N/A	278
Semiduros	123	N/A	175	219	620
Teca	274	N/A	358	479	1006
Teca (tarimas)	70	128	N/A	N/A	290
Terminalia (tarimas)	50	100	N/A	N/A	290

Títor	98	N/A	N/A	177	425
-------	----	-----	-----	-----	-----

Notas:

- Una pulgada maderera tica (pmt) equivale a una pieza de 1" x 1" x 4 varas (2.54cm x 2.54cm x 3.36m).
- En madera en rollo (en pie y en troza): 1m³ equivale a 362pmt.
- En madera aserrada: 1m³ equivale a 462pmt.
- N/A: No aplica en vista de la especie y la categoría diamétrica.
- N/D: no disponible.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguirre, & Aguirre, N. (2004). *Guía para monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador*. Obtenido de Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Aguirre, P. N. (junio de 2017). *Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja , Ecuador*. Obtenido de Universidad de loja.
- Andaluis, d. d. (2015). *Química del Carbono*. Obtenido de Química organica.: https://ingemecanica.com/tutoriales/objetos/quimica/tema07_quimica_carbono.pdf
- Arias, A. D., & Agueda, G. M. (2004). *Manual pa ra producciones de melinas*. Obtenido de Gmelina arborea.
- Artiaga, M. S.-A. (5 de abril de 2010). *causas y efectos del sistema de produccion industrisal actual*. Obtenido de universidad del Salvador: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4558/1/CAMBIOS%20Y%20EFECTOS%20DEL%20CAMBIO%20CLIMATICO%20GENERADOS%20POR%20EL%20SISTEMA.pdf>
- Balteiro, D. R. (2011). *La captura de carbono como un nuevo objetivo en la ordenacion de montes*.
- BANCO_MUNDIAL. (1 de diciembre de 2017). *Fijacion de precio del carbono*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/carbon-pricing>
- BDM. (9 de marzo de 2021). *Tasa de cambio de colón costarricense a peso mexicano* . Obtenido de <https://www.google.com/search?q=precio+del+colon+en+pesos+mexicanos&oq=precio+del+colon&aqs=chrome.3.69i57j0l9.40835j1j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Bustamante, P. (julio de 2009). *Mercado de Bonos de Carbono en Mexico*.

- Bustamante, P. D. (Julio de 2009). *EL MERCADO DE BONOS DE CARBONO EN MÉXICO, GENERALIDADES Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO*. Obtenido de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ Tesis profesional.
- Cardenas, L. M. (2008). *calentamiento global y cambio climatico*. Obtenido de universidad de Zaragoza: <https://zaguan.unizar.es/record/5538/files/TESIS-2011-003.pdf>
- CONAFOR. (s.f.). *Gmelina arborea Roxb*. Obtenido de parques tecnologicos: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/924Gmelina%20arborea.pdf>
- CONAFOR. (2000). *Gmelina arborea*. Obtenido de CONABIO-SEMARNAT, PAQUETES TECNOLÓGICOS.
- CONAFOR. (20218). *Paquetes Tecnologicos*. Obtenido de CONABIO: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/924Gmelina%20arborea.pdf>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2021). *Comercio de emisiones* . Obtenido de Las emisiones de gases de efecto invernadero, un nuevo producto.: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading>
- Davalos, S. R. (2013). *captacion de carbono*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/542/cap16.pdf>
- FAO. (1995). *forest resources assemente 1990*. Obtenido de global synthesis.
- Flor, F. G. (julio de 2016). *valoracion economica de la quebrada de humayacu*. Obtenido de pontificia universidad catolica del ecuador, facultad de economia.
- Francisco, D. L., & Villareal, Q. J. (Octrubre de 2017). *Flora y vegetacion del municipio de Alamo Temapace, Veracruz, Mexico*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n121/2448-7589-abm-121-00083.pdf>
- Fundacion YPF, E. a. (2018). *combustibles fosisles* . Obtenido de educar: <http://energiasdemipais.educ.ar/combustibles-fosiles-3/>
- Galvarro, A. W. (2015). *valoracion economica ambiental de la cuenca hidrica de HAMPATURI*.

- García, H. (2014). *Ciclos Biogeoquímicos*. Obtenido de ciclo del carbono: http://www.estudiosecologistas.org/web/Curso/Curso%20Ecuador/Ciclos_Biogeoqu%C3%ADmicos/Ciclos_Biogeoqu%C3%ADmicos_2.pdf
- García, O. J. (agosto de 2012). *campaña de consientización del calentamiento global*. Obtenido de universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2225/1/TESIS.pdf>
- Garea, M. B. (2016). *el cambio climático, sus consecuencias e impactos principales*. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/cap1.pdf>
- Gutierrez, F. (30 de julio de 2014). *Real Estate*. Obtenido de Bonos de Carbono un Incentivo Ambiental.: <https://www.realestatemarket.com.mx/capital-markets/14623-bonos-de-carbono-un-incentivo-ambiental#:~:text=Los%20cr%C3%A9ditos%20de%20carbono%20fueron,central%20de%20la%20isla%20Honshu>.
- Gutierrez, R. F. (30 de julio de 2014). *Bonos de Carbono un Incentivo Ambiental*. Obtenido de Real Estate: <https://www.realestatemarket.com.mx/capital-markets/14623-bonos-de-carbono-un-incentivo-ambiental#:~:text=Los%20bonos%20o%20cr%C3%A9ditos%20de,calentamiento%20global%20o%20efecto%20invernadero>.
- Hamilton, k. B. (2007). *7 State of the voluntary carbon market*. Obtenido de Picking up steam. Washington and London: Ecosystem Marketplace and New Carbon Finance.: <http://www.thecornerhouse.org.uk/sites/thecornerhouse.org.uk/files/Mercados%20de%20carbono%20FINAL.pdf>
- Hansen, M. C. (2003). *High-resolution global maps of 21st-Century*. *Science*,. Obtenido de [i:10.1126/science.1244693](https://doi.org/10.1126/science.1244693)
- INIFAP. (diciembre de 2011). *Establecimiento de plantaciones de melina en Tamaulipas*. Obtenido de Gmelina arborea: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/893.pdf>

- IPCC. (2001). *Third Assessment Report. IPCC, UN*. Obtenido de Tercer Informe de Evaluación. Cambio climático 2001. Mitigación: www.grida.no/
- IPCC, G. I. (1988). *CAMBIO CLIMATICO*.
- Iroz, N. -M.-M. (2018). *UTN La planta*. Obtenido de el ciclo biologico del carbono: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/com64cbiol.pdf>
- Kyoto. (1997). *KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*. Obtenido de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/107a01.pdf#page=24>
- Macdicken, K. (junio de 1997). *Una guía para monitorear el almacenamiento de carbono en proyectos forestales y agroforestales*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237434580_A_Guide_to_Monitoring_Carbon_Storage_in_Forestry_and_Agroforestry_Projects
- Masera, B. O. (2001). *Captura de Carbono ante el cambio climático*. Obtenido de madera y bosques.
- Matthews, M. (2004). *Growth and physiology of the grapevine*. Obtenido de Viticulture y Enology.
- Monjardín, A. S. (2017). *madera y bosques*. Obtenido de instituto se ecologia A,C, Mexico,: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61750015001.pdf>
- Nellyce, V. C., Bustos, O., Melissa, O. C., & Mauricio, N. G. (2017). *Uso y aprovechamiento de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico local sostenible. Caso Pasaje*. Obtenido de Revista Interamericana de Ambiente y Turismo.: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/riat/v13n2/0718-235X-riat-13-02-00206.pdf>
- ONF. (2019). *Precio de la madera para las especies mas comercializadas*. Obtenido de Precio de la madera: <https://onfcr.org/wp-content/uploads/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2019.pdf>
- ONU. (1970). *Recursos naturales de los países en desarrollo investigacion y utilizacion racional*. Obtenido de Nueva York, Naciones Unidas.

- Ordoñez, D. J. (12 de febrero de 2014). *contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro ,Michoacan.*
- Poulain, Z. M. (2006). *estimacion de emisiones de gases de efecto invernadero y proposicion de una estrategia.* Obtenido de universidad de Chile:
<http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Poulain%20Marcela.pdf>
- Rojas, R. F., & Murillo, G. O. (2004). *Botanica y Ecologia.* Obtenido de manualo para productores de Gmelina arborea.
- Rojas, S. E. (noviembre de 2015). *La radiacion PAR y sus efectos en los indices del crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de tomate.* Obtenido de Centro de Investigacion en Quimica Aplicada.:
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/49/1/TESIS%20ELVA%20LILIANA%20ROJAS%20SANCHEZ%20final.pdf>
- SAGARPA-INAFAP. (diciembre de 2011). *Establecimiento de plantaciones comerciales de melina, en Tamaulipas.* Obtenido de Gmelina arborea. :
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/893.pdf>
- Schiniapp, E. F. (1968). *combustibles fosiles.* Obtenido de
<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/CombustFos.htm#:~:text=La%20combusti%C3%B3n%20de%20este%20tipo,del%20aire%2C%20suelo%20y%20agua.>
- SEMARNAT. (2004). *La captura de carbono en bosques mexicanos.* Obtenido de gaseta ecologica: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907001.pdf>
- SEMARNAT. (2012). *Ley General de Cambio Climático.*
- SEMARNAT. (15 de enero de 2021). *Programa de prueba del sistema de comercio de emisiones.* Obtenido de Sistema de comercio de emisiones.:
<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-prueba-del-sistema-de-comercio-de-emisiones-179414>
- Sergio A. Monjardín-Armenta, C. E.-A.-R. (2017). *La deforestación y sus factores.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/617/61750015001.pdf>

- Soto, M. d. (2013). *la valoracion economica del medio ambiente a travez del metodo de valoracion contingente, en el caso de ca cuenca del alto atoyac en puebla, mexico*. Obtenido de unviversidad iberoamericana.
- United Nation, F. C. (1992). *United Nation Framework Convention On Climate change*. Obtenido de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- United Nations Framework, C. o. (2021). *united nations*. Obtenido de climate change: https://unfccc.int/es/kyoto_protocol
- United-Nations. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Obtenido de e <http://unfccc.int/>
- UNODC, & JatunSach'a. (2017). *Manual para el productor forestal*. Obtenido de Como cubicamoa la madera.: https://www.unodc.org/documents/bolivia/DIM_Manual_Como_cubicamos_la_madera.pdf
- Vinueza, M. (11 de Diciembre de 2020). *Ecuador Forestal*.
- Weather, S. (2020). *el clima promedo de alamo*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/7814/Clima-promedio-en-%C3%81lamo-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Wilson, C. R.-Y. (2007). *cuantificacion de la captura y alamcenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de nicaragua*. Obtenido de universidad nacional agraria facultad de recursos naturales y del medio ambiente .
- Yáñez, S. A. (enero-marzo de 2004). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos*. Obtenido de Gaseta Ecologica: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907001.pdf>