



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Tema de tesis

**“Emisión de CO₂ debido a la fertilización química y orgánica en un cultivo de café
(*Coffea arabica* L.)”**

Tesis de Grado previa la
obtención del título de
Ingeniera en Gestión Ambiental

Autora

María Cristina Briceño Jiménez

Director

Ing. Edwin Daniel Capa Mora

Loja – Ecuador

2012

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Loja, 05 de marzo del 2012

Ing.

Edwin Daniel Capa Mora

DOCENTE – DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA.

Que el presente trabajo de investigación denominado “**EMISIÓN DE CO₂ DEBIDO A LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN UN CULTIVO DE CAFÉ**”, realizado por la estudiante **María Cristina Briceño Jiménez** ha sido cuidadosamente revisado por el suscrito, por lo que he podido constatar que cumple con todos los requisitos de fondo y de forma establecidos por la Universidad Técnica Particular de Loja y por la Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, por lo que autorizo su presentación.

Lo Certifico.- Loja, 05 de marzo del 2012

.....

Ing. Edwin Daniel Capa Mora

DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **María Cristina Briceño Jiménez** declaro ser autora del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja, y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente que textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos de tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

María C. Briceño J.

AUTORA

Ing. Daniel Capa M.

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de su autora”

María Cristina Briceño Jiménez
AUTORA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por guiar mis pasos y ayudarme a superar los obstáculos que se me presentaron a lo largo del camino estudiantil.

A mi madre, porque creyó en mí y, porque me sacó adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ella, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre ha estado impulsándome en los momentos difíciles de mi carrera, por lo que vale, por su fortaleza y por lo que ha hecho de mí.

A mi hermano que ha sido un amigo, y compañero fiel en el camino hasta aquí recorrido.

A mi familia en general ya que de una u otra manera contribuyeron para el logro de mi meta y por haber fomentado en mí el deseo de superación.

A mis amigos y compañeros de aula, testigos de mis triunfos y fracasos y por haber compartido cinco años a lo largo de nuestra carrera.

AGRADECIMIENTOS

Hago llegar mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, especialmente a la Escuela de Gestión Ambiental, por haberme brindado una sólida formación universitaria.

Al CITTE de Servicios Agropecuarios – Grupo de Suelos Agrícolas, quienes apoyaron la elaboración y desarrollo de este proyecto, así como al propietario de la finca en dónde se realizó la investigación, el Señor Gonzalo Eguiguren.

A los Docentes del Laboratorio de Suelos Agrícolas Ing. Juan Ignacio Burneo, Ing. Pablo Ochoa, Ing. Leticia Jiménez e Ing. Diego Chamba, por sus enseñanzas durante mi período de Becaria y Tesista.

De manera especial a Daniel Capa, Director de Tesis, por su interés y apoyo en la realización de este proyecto, por haberme brindado su confianza, su tiempo y por compartir sus conocimientos profesionales para mi formación.

A la Estudiante de Doctorado, Anke Muller por facilitarme la información y el material necesario para la toma de muestras, así mismo a la Estación Científica San Francisco por haber facilitado sus instalaciones para la lectura de gases.

A mis compañeros Joe Galarza y Klever Hernández, por su apoyo en el desarrollo de la fase de campo del proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	4
	2.1. Objetivo General	4
	2.2. Objetivo Específicos	4
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
	3.1. EFECTO INVERNADERO	5
	3.1.1. Cambio Climático Global	6
	3.2. EL CO ₂ ATMOSFÉRICO	7
	3.3. AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE	9
	3.4. CULTIVO DE CAFÉ	11
	3.4.1. Descripción del Cultivo de Café	15
	3.4.2. La caficultura en Ecuador y Loja	18
	3.5. FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y QUÍMICOS	21
	3.5.1. Fertilización Química	22
	3.5.2. Fertilización Orgánica	23
	3.5.3. Impacto de los fertilizantes sobre el Medio Ambiente	24
	3.6. EMISIONES DE CO ₂	25
	3.6.1. Emisiones de CO ₂ en la Agricultura	27
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
	4.1. ÁREA DE ESTUDIO	29
	4.1.1. Ubicación	29
	4.1.2. Selección del Área de Estudio	29
	4.1.3. Levantamiento de Información	30
	4.1.4. Clima	30
	4.1.5. Suelos	31
	4.1.6. Formación Vegetal	31

4.2.	DISEÑO EXPERIMENTAL	31
4.3.	APLICACIÓN DE FERTILIZANTES	33
4.4.	TOMA DE EMISIONES DE CO ₂	34
4.5.	ANÁLISIS DE LABORATORIO DE GASES	34
4.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	35
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
5.1.	RESULTADOS	36
5.2.	DISCUSIÓN	43
5.3.	ALTERNATIVAS DE FERTILIZACIÓN AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE	49
5.3.1.	La fertilización	49
5.3.2.	Manejo del Suelo	51
5.3.3.	Manejo de Semillas	51
5.3.4.	Uso de Fertilizantes	51
5.3.5.	El Ambiente	52
5.3.6.	Factores Agronómicos y Tecnológicos	52
5.3.7.	Los Fertilizantes y La Salud Humana.....	53
5.3.8.	Ámbito Social y de Mercado.....	54
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
6.1.	CONCLUSIONES	57
6.2.	RECOMENDACIONES.....	58
VII.	BIBLIOGRAFÍA	59
VIII.	ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Resumen de proyecciones de crecimiento poblacional mundial, demanda de productos agropecuarios y producción agropecuaria	10
TABLA 2. Países productores según tipos de café	12
TABLA 3. Producción Mundial de café de los países exportadores 2006 – 2011 ...	13
TABLA 4. Taxonomía del café	15
TABLA 5. Tratamientos y dosis de fertilizantes químicos y abonos orgánicos aplicados	33
TABLA 6. Comparaciones múltiples para CO ₂ - C/mg/m ² /día por tratamiento	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1. Composición de la atmósfera terrestre	5
FIGURA 2. Efecto invernadero	6
FIGURA 3. Ciclo del carbono	8
FIGURA 4. Producción mundial de café de los países exportadores 2006 -2010.....	14
FIGURA 5. Ilustración de un cafeto <i>Coffea arabica</i> L. var. caturra	18
FIGURA 6. Mapa de las principales zonas cafetaleras del Ecuador	20
FIGURA 7. Proporciones de diferentes GEI en las emisiones totales del 2004	26
FIGURA 8. Mapa de ubicación del área de estudio	29
FIGURA 9. Diseño de las parcelas establecidas	30
FIGURA 10. Diseño experimental Split plot	32
FIGURA 11. Esquema de los tratamientos aplicados	32
FIGURA 12. Esquema del cilindro para la extracción de CO ₂	34
FIGURA 13. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos Febrero – 2011	36
FIGURA 14. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos Marzo – 2011	37
FIGURA 15. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos Abril – 2011	38
FIGURA 16. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos Mayo – 2011	39
FIGURA 17. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos Junio – 2011	40
FIGURA 18. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos Julio – 2011	41
FIGURA 19. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos Agosto – 2011	42
FIGURA 20. Tasas promedias de emisiones de CO ₂ para los tratamientos (febrero - agosto 2011)	43
FIGURA 21. Total de acumulación de emisiones de CO ₂ (febrero–agosto 2011).....	44
FIGURA 22. Emisión promedio de CO ₂ para los tratamientos	45
FIGURA 23. Humedad relativa media mensual de la ciudad de Loja	47
FIGURA 24. Balance hídrico mensual de la ciudad de Loja	47
FIGURA 25. Ilustración del marco global para las mejores prácticas de manejo de los fertilizantes	50

ABREVIATURAS

APECAEL = Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial de Cantón Loja

C = Carbono

CEDECO = Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense

CH₄ = Metano

CIAT = Centro Internacional de Agricultura Tropical

CO₂ - C g/m²/día = Gramos de CO₂ emitido por metro cuadrado por día.

CO₂ = Dióxido de Carbono

COFENAC = Consejo Nacional Cafetalero

CONCOPE = Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador

CORECAF = Corporación Ecuatoriana de Cafetaleros

eq = Equivalente

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FAPECAFES = Federación de Asociaciones de Productores Ecológicos de Café del Sur

GEI = Gases de Efecto Invernadero

ICO = Organización Internacional del Café

IPCC = Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático

KTon = Kilotoneladas

MCCH = Fundación Maquita Cushunchic

N₂O = Óxido Nitroso

NPK = Nitrógeno, Fósforo, Potasio

ORG 1 = Tratamiento orgánico uno

ORG 2 = Tratamiento orgánico dos

ORG 3 = Tratamiento orgánico tres

PCG = Potencial de Calentamiento Global

QUIM 1= Tratamiento químico uno

QUIM 2 = Tratamiento químico dos

QUIM 3 = Tratamiento químico tres

RAPAL = Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina

TES = Testigo

UPAs = Unidades de Producción Agropecuaria

RESUMEN

El Dióxido de Carbono (CO₂) es uno de los principales Gases de Efecto Invernadero, que contribuyen al calentamiento global. Las principales fuentes de emisión de CO₂ no solo provienen de la generación de energía sino también de prácticas agrícolas inadecuadas o cambios en el uso del suelo así como también de procesos naturales como los llevados a cabo por la microflora del suelo. En el presente estudio se evaluó el flujo de emisión de CO₂ por fertilización química y orgánica en un cultivo de café *Coffea arabica* L. (variedad caturra) a través del método de “cámara cerrada estática” y cromatografía de gases. Se planteó seis tratamientos, tres químicos y tres orgánicos, cada uno con tres repeticiones y se estableció un testigo. El análisis de datos se lo realizó con el software Stat Graphics Centurion 16.1 mediante análisis de varianza ANOVA ($p < 0.05$). Se encontró que el tratamiento con mayores tasas de emisión fue el orgánico tres con 38,40 Ton/ha, seguido de los tratamientos químico tres con 27,82 Ton/ha, el orgánico dos con 26,46 Ton/ha y el orgánico uno con 24,58 Ton/ha; los tratamientos con menores flujos de emisión fueron el químico uno con 16,38 Ton/ha, el químico dos con 24,58 Ton/ha y el tratamiento testigo con 19,99 Ton/ha. Los resultados mostraron diferencia significativa entre el tratamiento orgánico tres y los tratamientos; químico uno, químico dos y el tratamiento testigo. En base a los resultados se concluyó que la adición de abono orgánico, así como la influencia de los factores aumentan las emisiones de CO₂.

Palabras clave: CO₂, fertilización, agricultura, efecto invernadero, café.

I. INTRODUCCION

Las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) proceden, principalmente, de la quema de combustibles fósiles en grandes unidades de combustión por ejemplo: las utilizadas para la generación de energía eléctrica, motores de los automóviles y los quemadores utilizados en edificios residenciales y comerciales; otro factor que los origina son los procesos industriales y de extracción de recursos, como, en la quema de bosques que se lleva a cabo para el desmonte (IPCC, 2005). Las concentraciones atmosféricas de los principales gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), alcanzaron los niveles más altos jamás registrados durante el decenio de 1990. Las emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004. Las concentraciones atmosféricas de CO₂ (379 ppm) en 2005 exceden con mucho el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años (IPCC, 2001).

El aumento de la concentración mundial de CO₂ se debe principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra (IPCC, 2007). El CO₂ como resultado de la respiración en el suelo y la vegetación son las fuentes principales por las que este gas entra en la atmósfera, siendo diez a quince veces mayor que las emisiones de CO₂ procedentes de combustibles fósiles (Raich y Schlesinger, 1992) (Citado por Smith et al., 2003).

La agricultura juega un importante papel en el balance de los gases de efecto invernadero más significativos, especialmente del CO₂ (Snyder et al., 2007). La respiración del suelo y la fotosíntesis son responsables de la producción y absorción de CO₂, estos mecanismos han sido estudiados anteriormente, pero no se conocen los factores clave que regulan estos procesos en sistemas agrícolas (Meijide, 2009).

En la medida en la que la modernización agrícola ha avanzado, la relación entre la agricultura y la ecología ha sido quebrada de forma que los principios ecológicos fueron ignorados y sobrepasados. De hecho, muchos científicos agrícolas han llegado al consenso de que la agricultura moderna confronta una crisis ambiental (Altieri, 2006).

En América Latina, la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero no está en la industria o el transporte que solo representa el 20% del total de emisiones, sino que se originan en la agricultura, la deforestación y los cambios en el uso del suelo. Por ejemplo, en América del Sur las emisiones que provienen de la agricultura alcanzan el 22,9% del total, y las de cambios en el uso del suelo y deforestación alcanzan el 53%. Se concluye que un 75,9% del total de emisiones se originan desde esas prácticas rurales, representando 3.356,8 millones de toneladas de CO₂ equivalentes emitidos (información de la base de datos CAIT, World Resources Institute, 2005) (Citado por: Gudynas & Ghione, 2010).

Dentro de los sistemas agrícolas, los fertilizantes son necesarios en la producción sostenida de alimentos, pero su uso generalizado ha despertado preocupación por la contaminación ambiental resultante, uno de los principales problemas es la contribución de los compuestos de fosfato y nitrógeno a la eutrofización de las aguas superficiales, y la excesiva concentración de los compuestos de nitrógeno en el agua y la atmósfera (Ayoub, 1999), adicionalmente a esto los fertilizantes emiten GEI como el CO₂ y aunque existe poca información sobre los efectos que produce la fertilización nitrogenada en las emisiones de CO₂ in situ desde el suelo de los sistemas agrícolas, en un estudio realizado por Kowalenko et al., 1978 y Fogg, 1988 se encontró un aumento en las emisiones de CO₂ en suelos con fertilización de Nitrógeno (Wilson & Kaisi, 2007).

El cultivo de café es de gran importancia a escala mundial (ICO, 2012) y en el Ecuador ha sido uno de los principales generadores de divisas desde el año 1830, su producción, procesamiento, comercio, transporte y comercialización han cobrado importancia relevante en el orden socioeconómico para nuestro país, por la generación de ingresos y empleo directo e indirecto para miles de familias

cafetaleras vinculadas a la comercialización, transporte y exportación (COFENAC, 2010). A nivel local, la Provincia de Loja es una de las zonas potenciales y más importantes en la producción de café de calidad a nivel nacional (CONCOPE, 2011), paralelamente a esto, es importante mencionar que cada vez se hace más frecuente el interés de los consumidores de café y de otros alimentos a nivel mundial, por la sanidad alimentaria y la protección al ambiente, los altos contenidos de residuos agrotóxicos en los diferentes productos agrícolas, están motivando a la sensibilización de los consumidores en los temas de nutrición y calidad de los alimentos (COFENAC, 2005).

Por los antecedentes anteriormente mencionados es necesario tomar medidas para controlar las emisiones de CO₂ que estamos llevando hacia la atmósfera, en particular las emitidas en los procesos de producción de los alimentos, tomando en cuenta además que en el Ecuador el sector agrícola constituye una de las principales fuentes que más aporta a las emisiones totales de GEI (Aliaga & Villegas, 2009). Las emisiones totales de los tres GEI directos en Ecuador aumentaron de 265.139, 7 kTon CO₂-eq (Kilotoneladas equivalentes de CO₂), en el año 1990 a 410.010, 75 kTon CO₂-eq en 2006. Es decir hubo un incremento porcentual de 54,6% en 16 años (Cáceres y Núñez, 2011).

En la presente investigación se analiza el efecto que tiene la fertilización química y orgánica sobre las emisiones de CO₂ en un cultivo de café (*Coffea arabica* L.) de variedad caturra; se ha comparado diferentes tratamientos de fertilización aplicadas al suelo y cuáles de ellas son las que emiten mayores flujos de emisión de CO₂ hacia la atmosfera, además se ha planteado alternativas de producción de café sostenibles, que permitan producir café en un ambiente más sano, económicamente rentable y socialmente justo.

II. OBJETIVOS

2.1. GENERAL:

- Medir la Emisión de CO₂ debido a la fertilización química y orgánica en un cultivo de café

2.2. ESPECÍFICOS:

- Conocer el aporte de CO₂ emitido a la atmósfera debido a la fertilización química y orgánica.
- Identificar el tratamiento de fertilizante químico y orgánico que produce mayor emisión de CO₂.
- Plantear alternativas de fertilización amigables con el medio ambiente, en base a los resultados obtenidos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. EFECTO INVERNADERO

Es un fenómeno natural provocado por gases de la atmósfera como son el vapor de agua, el ozono (O_3), el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Estos gases hacen que parte de la radiación solar que llega a la superficie terrestre quede retenida, aumentando la temperatura media global de la atmósfera. Este hecho ha sido positivo para la vida en la Tierra, ya que ha permitido elevar su temperatura aproximadamente $15\text{ }^\circ\text{C}$ (Meijide, 2009).

Caballero et al., 2007 explica que la composición química de la atmósfera incluye mayoritariamente a solo dos gases, Nitrógeno (N), en un 79% y Oxígeno (O_2) en un 20%; el 1% restante está formado por diversos gases entre los que más abundantes son el Argón (Ar) en un 0,9% y el dióxido de carbono (CO_2) en aproximadamente un 0,03% (Fig. 1). Este último gas, presente en proporciones tan bajas, es de crucial importancia en el proceso de calentamiento de la atmósfera.

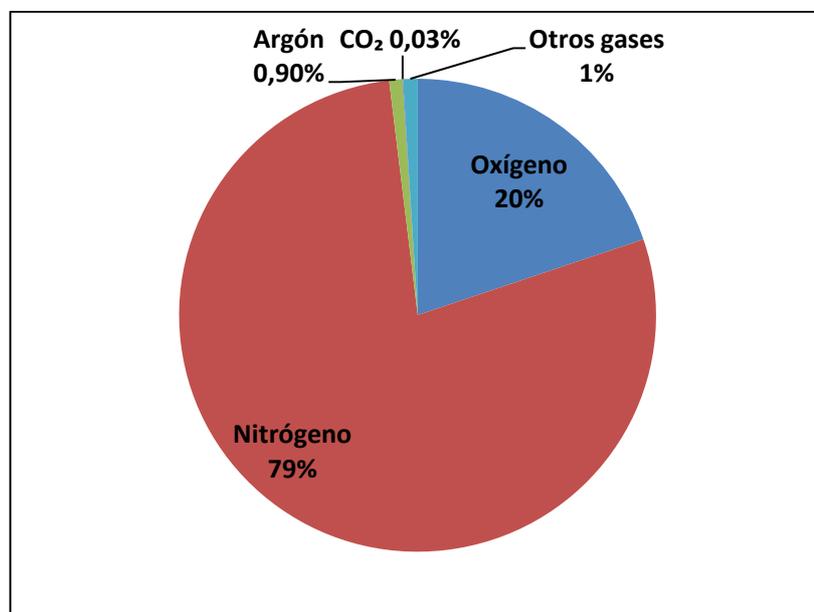


Figura 1. Composición de la atmósfera Terrestre, los porcentajes están dados con base en aire seco (sin tomar en cuenta el contenido de vapor de agua).

FUENTE: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>

Del total (100%) de la luz solar que nos llega al planeta, el 30% es reflejado como espejo hacia el espacio (término conocido como albedo), la atmósfera retiene solo un 20% de la energía solar y el 50% restante llega hasta la superficie terrestre, calentándola (Fig. 2). Al calentarse la superficie de la Tierra transforma la luz solar (de alta energía) en radiación de baja energía de ondas de longitud grande, cargadas hacia el infrarrojo que refleja nuevamente hacia la atmósfera. Esa energía de onda amplia o infrarroja, si puede ser absorbida de manera muy eficiente por algunos de los gases atmosféricos, de manera particular el CO₂ (pero también el vapor de agua, el metano y otros), siendo ésta la principal fuente de calor para la atmósfera, de allí que la temperatura más alta de la Tropósfera sea justamente el punto de contacto con la superficie del planeta.

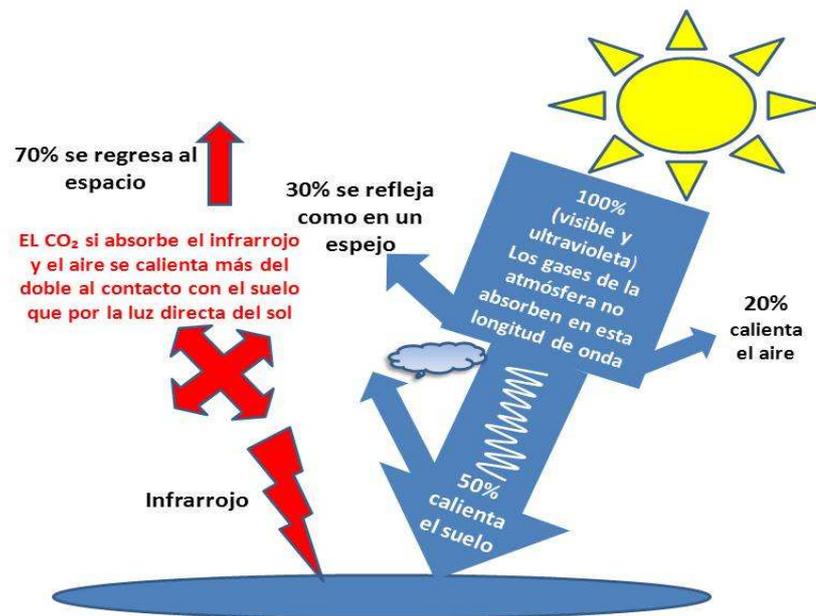


Figura 2. Efecto invernadero, nótese el cambio de longitud de onda entre la luz que incide en la superficie terrestre (visible y ultravioleta) y la que es reflejada por la superficie terrestre una vez que se ha calentado (infrarrojo).

FUENTE: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>

3.1.1. CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables (Naciones Unidas, 1982).

El Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC), 2007 muestra que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar; por ejemplo mediante test estadísticos, se establece que el período de los años 1995 – 2006, figuran entre los más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850), además se manifiesta que el aumento de nivel del mar concuerda con el calentamiento, en promedio, el nivel de los océanos mundiales ha aumentado desde 1961 a una media de 1,8 mm/año, y desde 1993 a 3,1 mm/año, por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciales; así mismo se observa una disminución de las extensiones de nieve y de hielo, datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que el promedio anual de la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en un 2,7 % por decenio. Las observaciones evidencian también un aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970, con escasa evidencia de aumentos en otras regiones.

3.2. EL CO₂ ATMOSFÉRICO

El CO₂ es un tema de especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia, es decir, es un gas que se encuentra activo en la atmósfera durante mucho tiempo. Así, por ejemplo, del CO₂ emitido a la atmósfera, sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años (Solomon et al., 2007) (Citado por Carvajal, 2009).

Smith & Smith, 2001 explican que la fuente de todo el carbono presente en los organismos vivos y en los depósitos fósiles es el CO₂ de la atmósfera y el disuelto en las aguas de la tierra. La fotosíntesis toma CO₂ del aire y del agua y lo incorpora a los componentes vivos del ecosistema. De igual manera que la energía fluye a través de la cadena trófica de los herbívoros a los carnívoros, el carbono pasa también a los productores primarios (algas y vegetales), a los herbívoros, y, de

éstos, a los carnívoros. Los productores primarios y los consumidores liberan carbono de vuelta a la atmósfera por respiración en forma de CO₂.

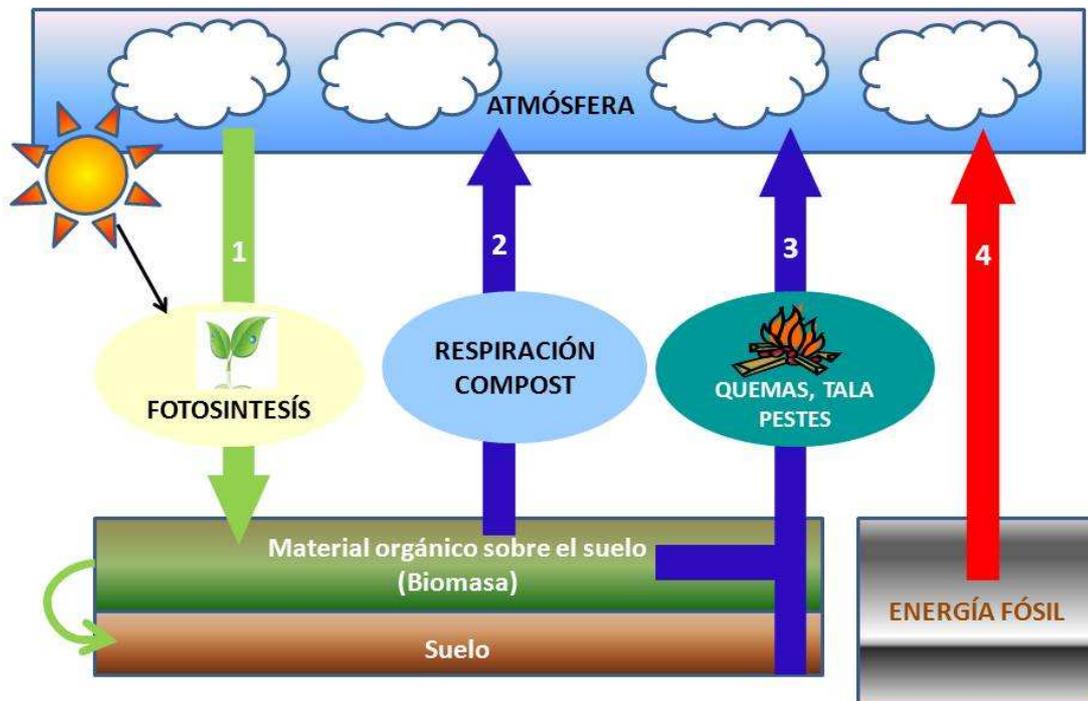


Figura 3. Ciclo del carbono. Fuentes de emisión y sumideros de CO₂

FUENTE: Carvajal et al., 2009

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 (Fig. 3) y éste regresa a la atmósfera en forma de CO₂ (Carvajal et al., 2009).

El balance de CO₂ en un bosque sería el resultado de los flujos de este gas (entradas y salidas) en la interfase biósfera - atmósfera, durante un periodo de tiempo. Para que los balances medidos en distintos lugares sean comparables, éstos se deben llevar a una expresión de tiempo y unidad de área conocidos, por ejemplo CO₂ g/m²/año. Si el balance es positivo en un año, significa que uno o más reservorios del ecosistema están aumentando su tamaño, es decir, el ecosistema está capturando carbono (Quezada, 2006).

El incremento promedio de CO₂ atmosférico es un hecho contundente que está ligado a la actividad humana y a su desarrollo económico, generando así un incremento en el flujo de materiales naturales, renovables o no renovables, a través del planeta y por tanto un incremento sustancial en el uso de energéticos fósiles (Lozano, 2007).

3.3. AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE

Hasta hace un siglo aproximadamente, solo se disponía de los abonos orgánicos como medio de mantener la fertilidad del suelo. Como su disponibilidad resulta limitada, la llegada de los fertilizantes químicos, unido a otros avances técnicos como la maquinaria, riego, la mejora genética de los cultivos (variedades), y otros, supuso un excelente impulso a las producciones obtenidas por unidad de superficie. Este fenómeno, conocido como revolución verde, consiguió doblar la producción alimentaria mundial entre 1950 y 1975 (Irañeta et al., 2010). Como consecuencia de la presión y el abuso sobre los recursos naturales se manifiesta el agotamiento de los recursos productivos (suelos, bosques, aguas), devaluación de los productos agrícolas tradicionales, migración del campo a la ciudad y otros. Así la agricultura tradicional, se ve enfrentada a la búsqueda de opciones para mantener su permanencia en el plano económico productivo (CEDECO, 2006).

En la medida en que la modernización agrícola avanzó, la relación entre la agricultura y la ecología fue quebrada de forma en que los principios ecológicos fueron ignorados y sobrepasados. De hecho, muchos científicos agrícolas han llegado al consenso de que la agricultura moderna confronta una crisis ambiental (Altieri., 2006).

En forma creciente, la agricultura es vista como un gran contribuyente a las emisiones de GEI, emisiones que manejan el potencial de calentamiento global (PCG). Los fertilizantes nitrogenados utilizados han sido identificados como el principal factor (Snyder et al., 2007).

Rodríguez, 2007 manifiesta que existe una relación compleja entre cambio climático y agricultura. Por un lado, las manifestaciones del cambio climático, especialmente los cambios en la temperatura, precipitación, nivel del agua e incremento de eventos

extremos desatan acciones de adaptación por parte de los productores agropecuarios. Por otro lado, las actividades agropecuarias pueden desempeñar un papel importante en la mitigación del efecto invernadero causante del cambio climático.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el 2002 sostiene que la agricultura contribuye al impacto humano sobre el clima. La combustión de biomasa (en deforestación, incendios en la sabana, eliminación de residuos de cultivos y el uso para cocinar de leña o estiércol) es una fuente importante de CO₂ en la atmósfera. Los bosques pueden ayudar a absorber parte del carbono liberado por las actividades humanas. Entre 1995 y 2050, una deforestación más lenta, junto con el desarrollo de la regeneración y plantación, puede reducir las emisiones de dióxido de carbono en el equivalente del 12% al 15% de todas las emisiones debidas a combustibles fósiles. Las explotaciones agrícolas también cumplirán una función. Para el año 2030, la cantidad de carbono fijado en los suelos de cultivo, como materia orgánica del suelo procedente de residuos de cultivos y estiércol, puede aumentar en un 50% si se introducen mejores procedimientos de gestión. En la tabla 1 se muestra un resumen de las proyecciones del crecimiento de la población, de la demanda de productos agropecuarios y producción agropecuaria desde el año 1979 hasta el 2050.

Tabla 1.- Resumen de proyecciones de crecimiento poblacional mundial, demanda de productos agropecuarios y producción agropecuaria.

FUENTE: FAO 2002

RESUMEN DE PROYECCIONES					
Población (millones)					
	1979 - 81	1997 - 99	2015	2030	2050
Mundo	4430	5900	7207	8270	9322
Países en desarrollo	3259	4595	5858	6910	7987
Países industriales	789	892	951	979	986
Países en transición	382	413	398	381	349

(Continuación de la tabla 1)					
Crecimiento de la demanda de productos agropecuarios (% anual)					
	1969 - 1999	1979 - 1999	1989 - 1999	1997-99 a 2015	2015 - 2030
Mundo	2,2	2,1	2	1,6	1,4
Países en desarrollo	3,7	3,7	4	2,2	1,7
Países industriales	1,1	1	1	0,7	0,6
Países en transición	-0,2	-1,7	-4,4	0,5	0,4
Crecimiento de la producción agropecuaria (% anual)					
	1969 - 1999	1979 - 1999	1989 - 1999	1997-99 a 2015	2015 - 2030
Mundo	2,2	2,1	2	1,6	1,3
Países en desarrollo	3,5	3,7	3,9	2	1,7
Países industriales	1,3	1	1,4	0,8	0,6
Países en transición	-0,4	-1,7	-4,7	0,6	0,6

3.4. CULTIVO DE CAFÉ

El café es un cultivo de plantación que llegó a América en el siglo XVIII más como ornato para los corredores y patios de las casas, que como cultivo comercial. En la medida en que su consumo fue generalizándose en los países europeos, la demanda del grano obligó al incremento de superficies dedicadas al cultivo (Pérezgrovas & Celis, 2002). La caficultura mundial exige con mayor agilidad y frecuencia la aplicación de medidas que contribuyan a solventar poco a poco, los múltiples y complejos problemas que enfrenta; desde la postura de la semilla hasta la taza del consumidor diario, pasando por las prácticas básicas de producción del café y por las extensas y complicadas cadenas de comercialización en dónde se encuentran elementos en operación desarmonizada que marcan desequilibrios involuntarios, entre productores y consumidores (Delgado et al., 2002).

Según el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), 2011 el café constituye un importante producto básico de la economía mundial que ha experimentado variaciones amplias en los precios, en los que se han observado ciclos de auge y depresión que han caracterizado al mercado del café. A nivel mundial se comercializan cuatro grupos de calidad de café (tabla 2): arábicas colombianos suaves, otras arábicas suaves, arábicas brasileñas y robustas.

Tabla 2.- Países productores según tipos de café

FUENTE: COFENAC, 2011

Tipos de cafés	Países Productores
Arábicas colombianos suaves	Colombia, Kenia y Tanzania
Otros arábicas suaves	Bolivia, Burundi, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, India, Jamaica, Malawi, México, Nicaragua, Papua, Nueva Guinea, Perú, República Dominicana, Rwanda, Venezuela, Zambia y Zimbawe.
Arábicas brasileños	Brasil, Etiopia y Paraguay
Robustas	Angola, Benín, Camerún, Congo, Cote Dívore, Ecuador, Filipinas, Gabón, Ghana, Guinea, Guinea Ecuatorial, Indonesia, Liberia, Madagascar, Nigeria, República Centroafricana, República democrática del Congo, Sierra Leona, Sri Lanka, Tailandia, Togo, Trinidad y Tobago, Uganda y Vietnam

El café es uno de los productos primarios más valiosos, segundo en valor durante muchos años, superado únicamente por el petróleo como fuente de divisas para los países en desarrollo. El cultivo, procesamiento, comercio, transporte y comercialización del café proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo, por lo que se constituye en un producto de importancia crucial para la economía y la política de muchos países, en los que las exportaciones de café representan una parte sustancial de sus ingresos, en algunos casos más del 80% (ICO, 2012). La tabla 3 (período 2006 - 2011) y la figura 4 (período 2006 - 2011) muestran datos de la producción total mundial en millones de sacos de los países exportadores.

Tabla 3.- Producción Mundial de café en millones de sacos de los países exportadores 2006 – 2011

FUENTE: ICO 2012

PRODUCCIÓN TOTAL DE LOS PAÍSES EXPORTADORES								
Años de Cultivos comenzando en: 2006			hasta 2011					
País	Tipo	Meses	Año de cultivo					
			2006	2007	2008	2009	2010	2011
Angola	(R)	Abr/Mar	35	36	38	13	35	50
Benin	(R)	Oct/Sep	0	0	0	0	0	
Bolivia	(A)	Abr/Mar	164	133	135	142	129	150
Brazil	(A/R)	Abr/Mar	42512	36064	45992	39470	48095	43154
Burundi	(A)	Abr/Mar	499	133	412	112	347	217
Camerún	(R/A)	Oct/Sep	818	795	750	750	750	
República Centroafricana	(R)	Oct/Sep	114	43	60	93	100	
Colombia	(A)	Oct/Sep	12541	12504	8664	8098	9200	
República Democrática del Congo	(R/A)	Oct/Sep	378	416	422	346	350	
República del Congo	(R)	Jun/Jul	3	3	3	3	3	3
Costa Rica	(A)	Oct/Sep	1580	1791	1320	1450	1589	
Côte d'Ivoire	(R)	Oct/Sep	2177	2317	2397	1795	2200	
Cuba	(A)	Jun/Jul	51	7	12	22	1	50
República Dominicana	(A)	Jun/Jul	387	465	645	352	378	500
Ecuador	(A/R)	Abr/Mar	1167	1110	691	813	854	875
El Salvador	(A)	Oct/Sep	1252	1505	1450	1065	1840	
Etiopia	(A)	Oct/Sep	5551	5967	4949	6931	7450	
Gabon	(R)	Oct/Sep	1	0	1	1	0	
Ghana	(R)	Oct/Sep	29	31	27	32	20	
Guatemala	(A/R)	Oct/Sep	3950	4100	3785	3835	3950	
Guinea	(R)	Oct/Sep	473	323	505	499	450	
Haiti	(A)	Jun/Jul	362	359	359	351	345	300
Honduras	(A)	Oct/Sep	3461	3842	3450	3575	4290	
India	(R/A)	Oct/Sep	4563	4319	3950	5281	4983	
Indonesia	(R/A)	Abr/Mar	7483	7777	9612	11380	9169	6667
Jamaica	(A)	Oct/Sep	40	20	32	25	30	
Kenya	(A)	Oct/Sep	826	652	541	630	833	
Liberia	(R)	Oct/Sep	7	7	14	8	10	
Madagascar	(R)	Abr/Mar	587	614	728	457	518	575
Malawi	(A)	Abr/Mar	17	19	21	17	13	15
Mexico	(A)	Oct/Sep	4200	4150	4651	4200	4100	
Nicaragua	(A)	Oct/Sep	1425	1903	1442	1831	1300	
Nigeria	(R)	Oct/Sep	51	42	50	34	40	
Panamá	(A)	Oct/Sep	173	176	149	138	120	

(Continuación de la tabla 1)

Papua New Guinea	(A/R)	Abr/Mar	807	968	1028	1038	867	1200
Paraguay	(A)	Abr/Mar	20	28	21	20	20	20
Peru	(A)	Abr/Mar	4319	3063	3872	3286	3976	4677
Filipinas	(R/A)	Jun/Jul	441	446	587	730	189	350
Rwanda	(A)	Abr/Mar	351	224	369	258	333	350
Sierra Leona	(R)	Oct/Sep	31	40	86	91	80	
Tanzania	(A/R)	Jun/Jul	822	810	1186	709	800	750
Tailandia	(R)	Oct/Sep	766	650	675	795	752	
Timor-Leste	(A)	Abr/Mar	46	36	48	47	64	133
Togo	(R)	Oct/Sep	134	125	138	204	250	
Uganda	(R/A)	Oct/Sep	2700	3250	3197	2797	2800	
Venezuela	(A)	Oct/Sep	1571	1520	932	1669	700	
Vietnam	(R)	Oct/Sep	19340	16467	18500	18200	18500	
Yemen	(A)	Oct/Sep	207	164	187	108	315	
Zambia	(A)	Jun/Jul	56	61	35	28	13	13
Zimbabwe	(A)	Abr/Mar	45	31	24	21	12	15
TOTAL			128533	119506	128142	123750	133163	
Otros países productores			440	443	452	483	466	
TOTAL PRODUCCIÓN MUNDIAL			128973	119949	128594	124233	133629	

SIMBOLOGÍA	
R	Robusta
A	Arábigo

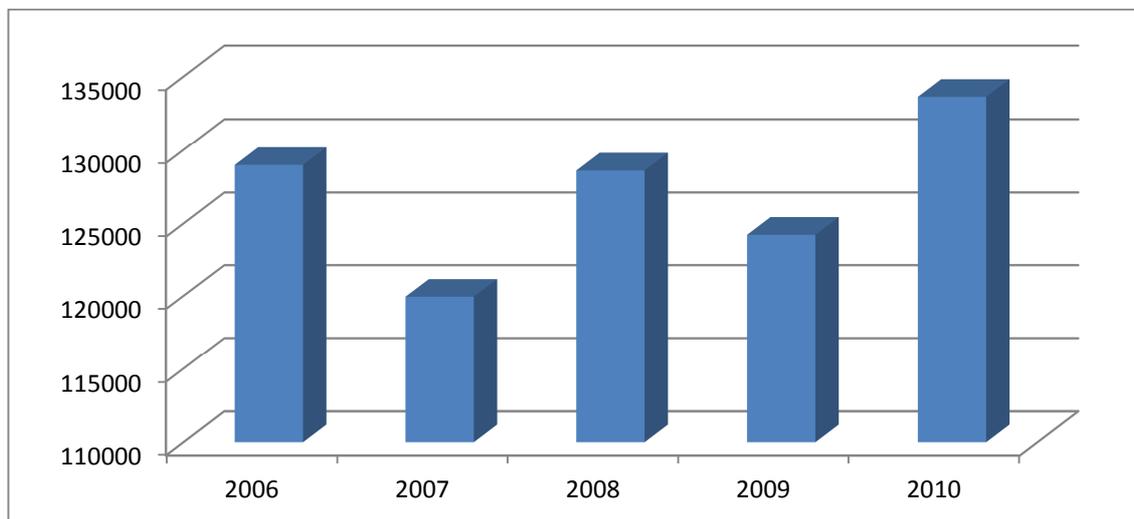


Figura 4.- Producción mundial de café en millones de sacos de los países exportadores 2006 - 2010

FUENTE: ICO, 2012

3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE CAFÉ

El Missouri Botanical Garden, nos proporciona la siguiente clasificación taxonómica del café (tabla 4), en base a lo descrito por Crammer, 1913.

TABLA 4.- Clasificación Taxonómica del café

FUENTE: Missouri Botanical Garden

Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Súper - orden	Asteranae
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Genero	<i>Coffea</i> L.
Especie	<i>Coffea arabica</i> L.
Variedad	Caturra

Botánica:

El café (Fig. 5) pertenece a la familia botánica Rubiaceae, que cuenta con unos 500 géneros y más de 6.000 especies. La mayoría son arboles tropicales y arbustos que crecen en el piso inferior de los bosques. Otros miembros de la familia incluyen las gardenias y las plantas que producen la quinina y otras sustancias útiles, pero *Coffea* es el miembro más importante de la familia económicamente (ICO, 2012).

Las dos especies de café más importantes económicamente son *Coffea arabica* L. (café Arabica), que representa más del 60% de la producción mundial y *Coffea canephora* (Robusta). Otras dos especies que se cultivan en una escala mucho menor son *Coffea liberica* (café Liberica) y *Coffea excelsa* (café Excelsa) (ICO, 2012).

La semilla

Ésta consta de dos núcleos, cada uno de ellos con un grano de café con forma plana-convexa, el grano de café está encerrado en un casco semirrígido transparente, de aspecto apergaminado, que corresponde a la

pared del núcleo. Una vez retirado, el grano de café verde se observa rodeado de una piel plateada adherida, que se corresponde con el tegumento de la semilla (Gómez, 2010).

El fruto

El fruto de cafeto es una drupa poliesperma, es carnosos, de color verde al principio; pero al madurar rojo o púrpura, raramente amarillo, llamada cereza de café, es de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada (Gómez, 2010).

Las flores

La inflorescencia del café es una cima de eje muy corto que posee un número variado de flores. En los arábigos es de 2 a 9 y en los robustoides de 3 a 5. Como regla general se forman en la madera o tejido producida el año anterior. En las partes lignificadas del arbusto que posean de uno a tres años aparecen en gran número. Los granos de polen en la especie *canephora* y *liberica* son fácilmente transportados por brisas leves mientras que en la especie arábigo no, debido a que son pesados y pegajosos (Monroig, 2011).

Hojas

Las hojas aparecen en las ramas laterales o plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta. Tiene un pecíolo corto, plano en la parte superior y convexo en la inferior. La lámina es de textura fina, fuerte y ondulada. Su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada. El haz de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés. En la parte superior de la hoja las venas son hundidas y prominentes en la cara inferior. Su tamaño puede variar de 7,62 a 15,24 cm de largo. La vida de las hojas en la especie arábigo es de 7 a 8 meses mientras que en la *canephora* es de 7 a 10 meses (Monroig, 2011).

Variedades:

Coffea arabica L. (café arábigo).- Tiene características morfológicas de arbusto, de copa piramidal, hojas elípticas, oblongas y a veces lanceoladas. Inflorescencias de 2 a 3 cimas por axila. Frutos drupas de forma elipsoidal. Floración y producción con tendencia estacionaria (Coronel, 2010).

Coffea canephora (café robusta).- Árbol o arbusto liso, hojas anchas de apariencia corrugada, oblongas, cortas, de hasta 30 cm de largo y hasta 15 cm de ancho, bayas ampliamente elipsoidales hasta de 16 mm (Coronel, 2010).

Coffea liberica (café liberica). Arbusto o árbol liso. Hojas grandes, brillantes, vaina ampliamente ovalada, corta, delgada, coriácea, 20 cm de largo por 10 cm de ancho (Coronel, 2010).

Coffea excelsa (café excelsa). Árbol de hojas grandes de hasta 20 m de altura. Corteza grisácea y rayada a lo largo. Flores blancas o rosadas, fragantes, persistentes después del marchitamiento (Coronel, 2010).

Condiciones de crecimiento

Los climas tropicales y subtropicales con temperatura que varía entre los 20 – 25 °C, con lluvia anual de 1.500 – 2.500 mm y terrenos con altitud entre los 1.000 – 1.500 m s.n.m. son los más apropiados para la producción del cafeto. La cantidad de luz y horas de sol tienen gran influencia en la producción; a mayor luminosidad, la planta puede dar mayor cosecha, siempre que se encuentre bien abonado. En zonas nubladas con prácticas culturales apropiadas y oportunas es posible obtener altos rendimientos (Benito, 2010).



FIGURA 5.- Ilustración de un cafeto, *Coffea arabica* L. var. Caturra
FUENTE: La Autora

3.4.2. LA CAFICULTURA EN ECUADOR Y LOJA

En el Ecuador se comienza a cultivar café aproximadamente en el año 1830, cuando se siembran las primeras matas de café en la provincia de Manabí, y que dio lugar a que se extienda a otras zonas aptas para el cultivo (Moran, 2006).

El COFENAC, 2010 menciona que en el Ecuador el cultivo de café tiene importancia relevante en los órdenes económico, social y ecológico, la importancia económica radica en su aporte de divisas para el Estado y generación de ingresos para las familias cafetaleras y demás actores de la cadena productiva que dependen de las contingencias de producción y precios de este grano en el mercado internacional, en el ámbito social se basa en la generación de empleo directo e indirecto para miles de familias adicionales vinculadas a la comercialización, transporte y exportación, y en el orden ecológico los cafetales representan un hábitat para muchas especies de flora y fauna.

Duicela et al., 2002 mencionan que las zonas cafetaleras del Ecuador se localizan desde alturas cercanas al nivel del mar hasta, aproximadamente, la cota de los 2.000 m s.n.m. El COFENAC, 2002 con la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), conformó una

base de datos de 33 estaciones meteorológicas localizadas en las zonas cafetaleras.

Las zonas apropiadas para el cultivo de café arábigo, en las provincias de Manabí y Guayas, se localizan sobre el sistema montañoso Chongón Colonche, entre los 300 y 700 metros de altitud. En las estribaciones occidentales de los Andes, incluyendo Loja y El Oro, las altitudes apropiadas se localizan de 500 a 1.800 metros de altitud. En las estribaciones orientales, del sur oriente, en el cantón Chinchipe, las altitudes adecuadas se ubican de 1.000 a 1.800 m s.n.m. Hacia el norte, desde el cantón Zamora hasta el Napo, las áreas con aptitud se localizan de 500 a 1.200 metros (Duicela, 2002).

Según el III Censo Nacional Agropecuario, 2000, en el Ecuador existe un total de 842.882 unidades de producción agropecuarias (UPAs), de las cuales 105.271 UPAs, tienen al cultivo de café dentro de su estructura agrícola; es decir el 12,5% de las UPAs nacionales están vinculadas a la actividad cafetalera. Las provincias con mayor relación de UPAs cafetaleras son: Manabí (41,9%) y El Oro (26,7%) en la Costa; Loja (31,5%) y Bolívar (5,9%) en la Sierra; Orellana (89,2%) y Sucumbíos (84,5%) en la Amazonía ecuatoriana. La figura 6 muestra las principales zonas de producción de café del Ecuador para el café Robusta y el café Arábigo.

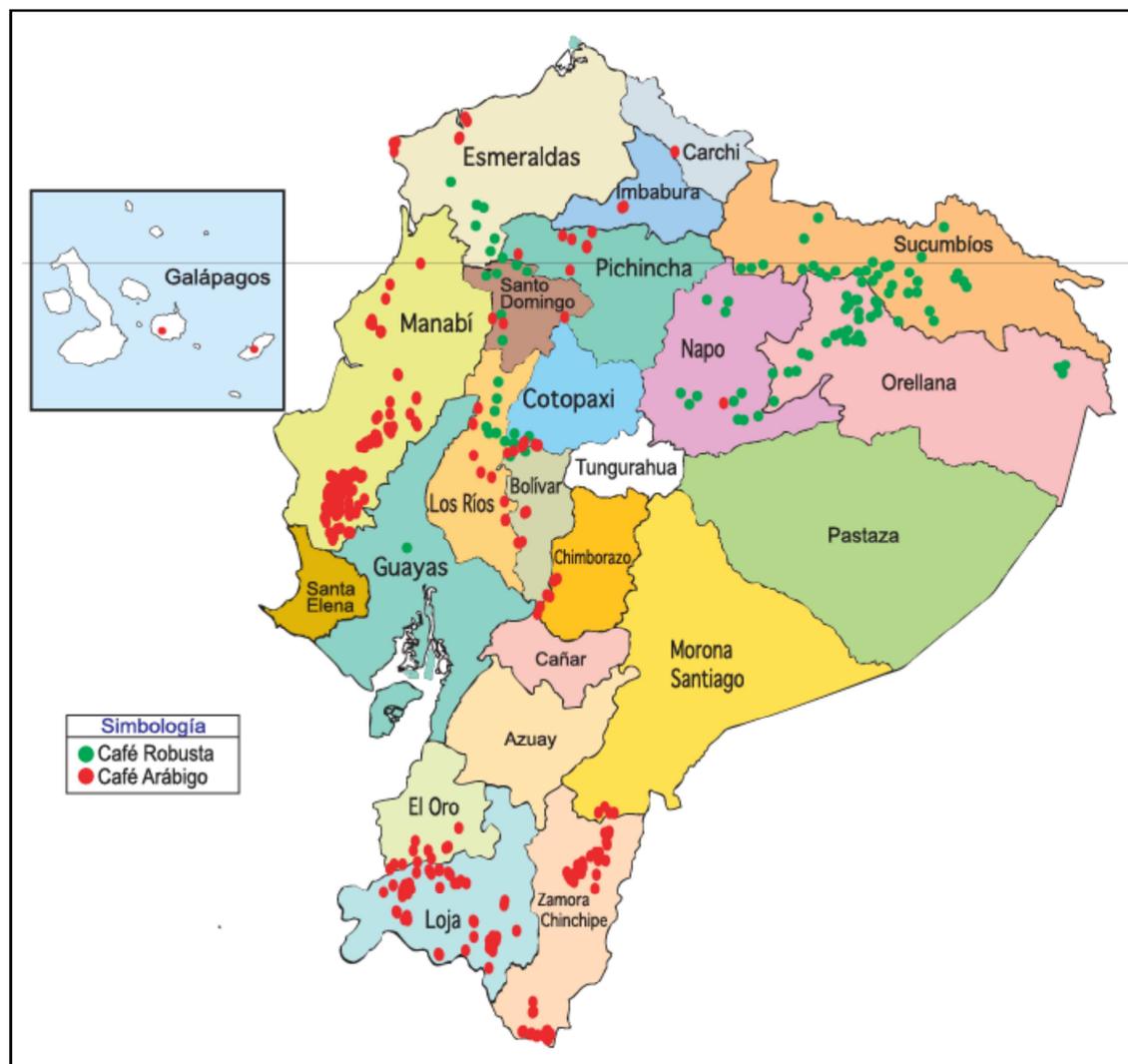


Figura 6.- Principales zonas cafetaleras del Ecuador
FUENTE: COFENAC 2010

En cuanto a la producción de café, en la provincia de Loja, el cantón Puyango es una de las zonas potenciales y más importantes en la producción de café de calidad a nivel nacional. Se estima que su producción anual es de aproximadamente 50.000 sacos, volumen que contribuye aproximadamente con el 40% de la producción de café en la provincia de Loja. Existen alrededor de 10.000 has. de café de la especie arábigo. Se estima un rendimiento de 5 quintales por hectárea. Es importante resaltar que están algunas plantaciones en las cuales los rendimientos son superiores, encontrándose entre 10, 15, y 20 o más quintales por hectárea al año, dependiendo del grado de tecnificación que se haya alcanzado en el cultivo. El café de Loja ha sido ganador por tres años consecutivos de la taza dorada lo que afirma su posicionamiento como un café especial y de calidad (CONCOPE, 2011).

3.5. FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y QUÍMICOS

Las plantas difieren en sus requisitos nutricionales y en su habilidad de obtener nutrientes del suelo, las plantas que se desarrollan en forma natural (silvestre) son ejemplos de especies que pueden satisfacer todas sus necesidades de nutrientes esenciales del suelo en el que crecen. Normalmente, las plantas cultivadas no pueden crecer apropiadamente en suelos sin fertilización. Esto puede deberse a la ineficiencia de las especies cultivadas en cuanto a obtener nutrientes o a su alta demanda de nutrientes en suelos donde se desea obtener cosechas abundantes. En cualquiera de estas situaciones, las expectativas de producción por parte del agricultor no pueden ser alcanzadas sin aplicar fertilizantes (Kidder & Espinoza, 2000).

GER, 1991 en su artículo explica una distinción entre abonos y fertilizantes dejando el primer nombre para los productos orgánicos de origen más o menos natural, o bien de origen natural con distintas transformaciones, y el segundo para los fertilizantes químicos, en su mayoría inorgánicos; de los cuales solamente son de origen natural el nitrato de Chile, las sales potásicas y el fosfato natural. Sin embargo, resulta más clara la distinción al separar en un primer grupo todos los compuestos que tienen, un efecto sobre la alimentación de las plantas por su contenido en nitrógeno, fósforo y potasio, así como sobre la estructura del suelo, sobre la vida microbiana o sobre ambas cosas a la vez; y en otro grupo, bajo nombre de fertilizantes, los que presentan una acción exclusiva de suministro de nutrimentos a las plantas. Actualmente es aceptado que las necesidades de alimento para las plantas deben diagnosticarse por análisis previo del suelo, que da una indicación aparente de las cantidades de los nutrimentos presentes en él, aunque independientemente de la composición del suelo, existe el factor planta y sobre todo el climático, que varía de un año a otro, lo que hace que la información obtenida en los experimentos de campo sólo sea totalmente válida para aplicarla a priori allí donde se obtuvo, cosa que en la práctica es imposible. Esto da idea de las dificultades que encuentra el especialista en fertilidad para hacer recomendaciones a los agricultores. Sin embargo, esto no quiere decir que el avance logrado hasta el momento no sea útil y no tenga una probada eficacia; pero todavía se está muy lejos de alcanzar una técnica que permita hacer recomendaciones sin referencia a experimentaciones previas.

3.5.1. FERTILIZACIÓN QUÍMICA

Los fertilizantes químicos son sustancias de origen mineral, producidas ya sea por la industria química, o bien por la explotación de yacimientos naturales (fosfatos, potasa). Existen muchas variedades de fertilizantes que se denominan según sus componentes. El fertilizante simple sólo contiene un nutriente principal. El fertilizante compuesto está formado por dos o más nutrientes principales (nitrógeno, fósforo y potasio) pudiendo contener alguno de los cuatro nutrientes secundarios (calcio, magnesio, sodio y azufre) o a los llamados micronutrientes (boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc), también esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque en pequeñas cantidades si se compara con los nutrientes principales y secundarios (RAPAL, 2010).

El proceso de fabricación de fertilizantes minerales consiste en la transformación de diferentes elementos presentes en la naturaleza en nutrientes asimilables por las plantas. Además en este proceso se les dota de características físicas y químicas que facilitan su manejo y eficiencia tales como: riqueza y asimilabilidad garantizada, granulometría, dureza, humedad, densidad, y otros (Irañeta et al., 2011).

El contenido de los fertilizantes en elementos nutritivos se expresa de esta forma: el de los nitrogenados, en porcentaje de nitrógeno elemental (N); el de los fosfóricos, en porcentaje de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y el de los potásicos en porcentaje de óxido potásico (K_2O). Cuando son compuestos, las riquezas se expresan por tres números, de los cuales el primero corresponde al nitrógeno, el segundo al compuesto de fósforo y el tercero al de potasio; así, un fertilizante cuya fórmula sea 10-20-15, tiene un 10% de nitrógeno (N), 20% de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y 15% de potasa (K_2O) (GER, 1991).

3.5.2. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

El manual de fertilización orgánica de la Fundación Maquita Cushunchic (MCCH), 2010 explica que la fertilización orgánica del suelo es un proceso indirecto y lento, pero con la ventaja que mejora la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande, entre los principales abonos orgánicos se encuentran la lombricultura, humus, abono bocashi, compost, biol entre otros.

Lombricultura

Puede definirse como la cría masiva, sistemática y controlada de lombrices composteadoras. Es una técnica que involucra varios procesos biológicos, que aceleran la transformación y mineralización de un residuo orgánico en descomposición y lo convierte en abono para las plantas. El lombricomposteo o la crianza de lombrices o vermicomposteo como se le ha llamado también, es una eco- tecnología sencilla, viable y productiva para la producción intensiva de abono orgánico. Por la calidad del producto que genera, puede hablarse del abono orgánico de mejor presentación, calidad y cotización en el mercado (Mendoza, 2008).

Abono Bocashi

La palabra “Bocashi” es un término del idioma japonés que significa abono fermentado. La preparación de este abono se debe realizar en un sitio en dónde el piso debe ser a nivel y, en lo posible, de cemento o tierra firme, protegido de los rayos solares, lluvias y viento, ya que inciden en el proceso de fermentación y pueden generar la pérdida de nutrientes (MCCH, 2010)

Compost

El proceso de compostaje se define como una “descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que

permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio”. El uso adecuado del compost, contribuye a formar y estabilizar el suelo, aumentar su capacidad para retener agua y para intercambiar cationes, haciendo más porosos a los suelos compactos y mejorando su manejabilidad (Alvarez, 2006).

Biol

Es una fuente de fitoreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en mangas de plástico (biodigestores), actúa como bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades y es capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas. La Producción de Abono Foliar (Biol) es una técnica utilizada con el objetivo de incrementar la cantidad y calidad de las cosechas. Es fácil y barato de preparar, ya que se usa insumos del medio y se obtiene en un tiempo corto (1- 4 meses) (Colque et al., 2005).

3.5.3. IMPACTO DE LOS FERTILIZANTES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.

La fertilidad del suelo es un concepto dinámico influenciado por las prácticas culturales y el clima. Hoy en día, los fertilizantes minerales son el factor más importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Los fertilizantes son necesarios para la producción sostenida de alimentos, pero su uso generalizado ha despertado preocupación por la contaminación ambiental resultante; uno de los principales problemas es la contribución de los compuestos de fosfato y nitrógeno a la eutrofización de las aguas superficiales, y la excesiva concentración de los compuestos de nitrógeno en el agua y la atmósfera. (Ayoub, 1999). La obtención de altos rendimientos por hectárea requiere, además de buen material genético, del uso intensivo de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas) y agua (Gómez et al., 2008).

Durante las etapas del ciclo de vida de los fertilizantes se GEI entre los que están: CO₂, N₂O, CH₄, etc. Para poder comparar las diferentes emisiones de gases, se ha creado la unidad equivalente kg eqv CO₂/Kg N₂O (equivalencia en kilogramos de N₂O en CO₂). Lo primero que surge de esta medición es que diferentes tipos de fertilizantes poseen distintas huellas de carbono. Para realizar una correcta comparación entre tipos de fertilizante, se debe tener en cuenta el ciclo de vida completo, es decir incluir todos los puntos críticos comenzando con la producción en fábrica, pasando por la aplicación a campo, hasta las emisiones de GEI que se producen en la cosecha del cultivo (Brentrup, 2011).

La disponibilidad de tierras para la agricultura está disminuyendo. La mayoría de las reservas están en las regiones de las selvas tropicales, y el estado natural de éstas debería preservarse por razones ecológicas. Por ello, el uso de la tierra debe ser cada vez más intensivo, y dentro de la fertilización se deben incluir técnicas y/o productos que, además de incrementar los rendimientos de las cosechas, permitan mejorar o al menos mantener, la calidad fisicoquímica del suelo (Castillo et al., 2011).

3.6. EMISIONES DE CO₂

El CO₂ es el GEI antropógeno más importante. Entre 1970 y 2004, sus emisiones anuales han aumentado en aproximadamente un 80%, pasando de 21 a 38 gigatoneladas (Gt), y en 2004 representaban un 77% de las emisiones totales de GEI antropógenos. Durante el reciente decenio 1995-2004, la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂-eq fue mucho mayor (0,92 GtCO₂-eq anuales) que durante el período anterior de 1970-1994 (0,43 GtCO₂-eq anuales) (IPCC, 2007). La Figura 7 se muestran las proporciones de los diferentes GEI en las emisiones totales del año 2004.

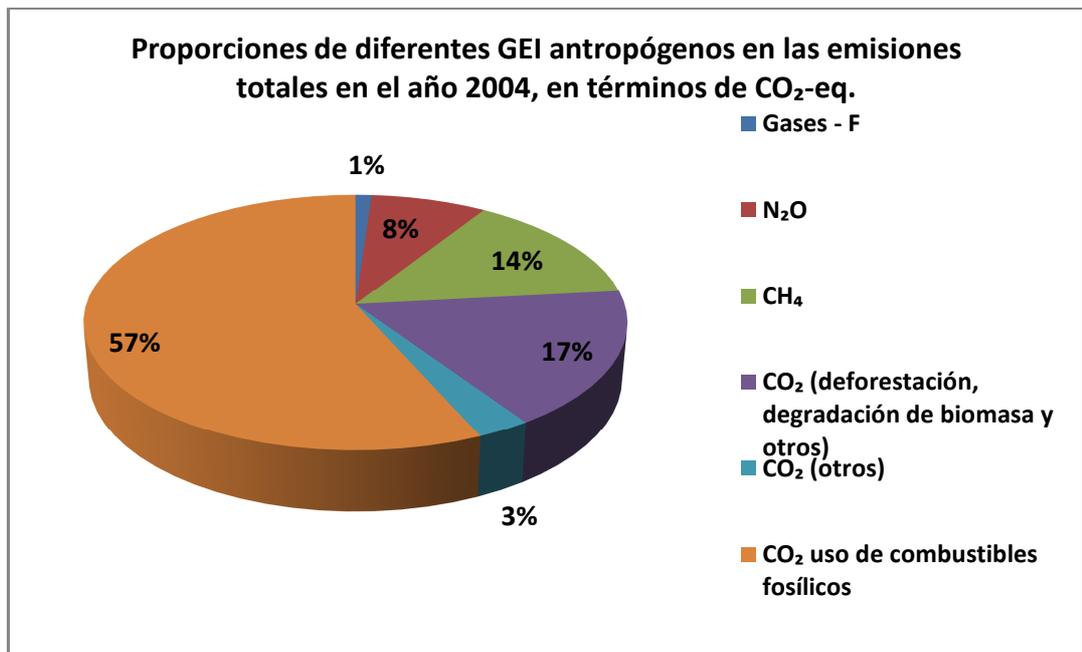


Figura 7.- Proporciones de diferentes GEI en las emisiones totales del 2004
FUENTE: IPCC 2007

El CO₂ es además un gas de larga permanencia en la atmósfera, de 50 a 200 años, lo que supone que las emisiones de este gas seguirán teniendo efecto incluso aunque dejase de emitirse en algún momento futuro. Además, debido a que la principal fuente de emisiones de CO₂ se debe al uso de combustibles fósiles, principal fuente de energía en la actualidad, es quizá uno de los gases que presenta mayores dificultades para reducir sus emisiones (Cancelo & Díaz, 2002).

Las emisiones de GEI asociada a combustibles fósiles en el conjunto de los países de América Latina y el Caribe tienden a aumentar paulatinamente con una tasa de crecimiento promedio simple de 2,2% para el período de 1990 – 2006. Así con excepción de Cuba, todos los países han aumentado sus emisiones totales de CO₂; por su parte, Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Colombia, Guayana, México y Surinam exhiben una tasa de crecimiento positiva pero por debajo del crecimiento agregado de la región (Samaniego & Galindo, 2009).

Según la línea de base de 1990, las emisiones de CO₂ del Ecuador provienen principalmente del cambio en el uso del suelo y silvicultura, (69,5%), y del

sector energético (28,8%), ambas constituyen más del 98 % del efecto total (Aliaga & Villegas, 2009).

3.6.1. EMISIONES DE CO₂ EN LA AGRICULTURA

La medición de flujo de CO₂ del suelo es crucial para evaluar con precisión el efecto de las prácticas de manejo del suelo sobre el calentamiento global y el ciclo del carbono (Jabro et al., 2007). Los estudios han demostrado que factores como la temperatura del suelo, contenido de humedad, las prácticas de riego, sistemas de labranza, la presencia de materia orgánica y nutrientes, aireación del suelo, los procesos microbianos y la difusividad del suelo influyen en la producción de CO₂ y las tasas de emisión desde la superficie del suelo (Edwards, 1975; Mielnick & Dugas, 1999) (Citado por Jabro et al., 2007).

Aunque existe poca información sobre los efectos de la fertilización nitrogenada en las emisiones de CO₂ in situ del suelo de los ecosistemas agrícolas. Kowalenko et al., 1978 y Fogg, 1988 encontraron un aumento de las emisiones de CO₂ en suelos con fertilización de Nitrógeno (Wilson & Kaisi, 2007).

En la agricultura y la silvicultura, son varias las fuentes y sumideros que emiten, absorben y almacenan tres tipos de GEI: CO₂, CH₄ y N₂O. Por ejemplo: al utilizar fertilizantes, se emite N₂O desde el suelo, y al quemar los residuos agrícolas, se aumentan los niveles de CO₂; el CH₄ se libera en los procesos digestivos del ganado, así como cuando el arroz es cultivado por inundación; y cuando la tierra se transforma en tierra de cultivo y se talan árboles, se crea una fuente de emisiones de CO₂ (FAO, 2010).

En el Ecuador el sector Agrícola constituye una de las principales fuentes de emisión de GEI (Aliaga & Villegas, 2009). En la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, 2011 se menciona que en el sector agricultura, durante el año 2000, las emisiones de GEI disminuyeron con

relación a los años 1990 (5,6%) y 1994 (18,5%), como resultado de un número menor de animales en pastoreo, lo cual generó menor emisión, tanto de CH₄ por fermentación entérica y manejo del estiércol, como de N₂O por el pastoreo en pastizales, sin embargo es importante destacar que entre el año 2000 y 2006 se experimentó un incremento importante de emisiones de GEI en el sector agricultura del orden del 39,5%.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se lo realizó en un cultivo de café ubicado en el sector norte de la ciudad de Loja, cerca a la microcuenca de la quebrada “Shucos” (Fig. 8), en la Parroquia Jimbilla (Beltrán & Jaramillo, 2007). Entre las siguientes coordenadas: Latitud 3° 55' 52" Sur; Longitud 79° 13' 15" Oeste, a una altitud de 2007 m s.n.m.



Figura 8.- Ubicación del Área de Estudio

FUENTE: <http://www.bookingbox.org.uk/ecuador/club-viaje-loja-informacion-general.html>

4.1.2. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La selección del área de estudio, estuvo sujeta a un sitio que posea características homogéneas en: monocultivo de café (variedad caturra) edad de cultivo (no superior a un año), características topográficas y

características edafoclimáticas. La localización del lugar de estudio se lo realizó en base a visitas y entrevistas con los propietarios de diferentes fincas productoras de café y con la colaboración de APECAEL Y FAPECAFES.

4.1.3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Una vez seleccionada el área de estudio se procedió a establecer 21 parcelas de café (variedad caturra) de un tamaño de 10x5 m (50 m²) y con ocho plantas de café en cada una (Fig. 9), a las parcelas se les aplicó tres tratamientos de fertilización química y tres tratamientos de fertilización orgánica con tres repeticiones cada uno.

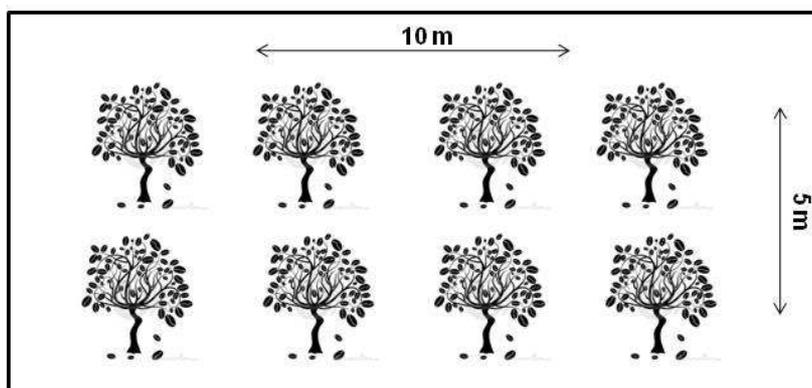


Figura 9.- Diseño de las parcelas establecidas
FUENTE: La Autora

4.1.4. CLIMA

La temperatura media del área de estudio ocurre de acuerdo a tres pisos altitudinales: piso alto con 8,3 °C, piso medio 11, 3 °C y piso bajo 15 °C, en el último se estableció el estudio. La precipitación media anual para la microcuenca Shucos, va desde 428,7 hasta 1.547,7 mm/año, con una media de 839,6 mm. Los meses con mayor precipitación van de diciembre a junio en los que se alcanza 130,12 mm/mes, éstos son los meses que corresponden a la época de lluvias; mientras que los meses de julio, septiembre, octubre, noviembre, son los meses que corresponden a la época seca, septiembre es el mes con menor precipitación con 73,5 mm/mes (Beltrán & Jaramillo, 2007).

4.1.5. SUELOS

Los suelos de la microcuenca Shucos son de formación muy joven, pertenecen al orden de los INCEPTISOLES, con una moderada capa arable, muy pobres en nutrientes y materia orgánica (Beltrán & Jaramillo, 2007). La parcela en dónde se estableció el estudio presenta suelo con pendiente plana, apto para el desarrollo de actividades agrícolas.

4.1.6. FORMACIÓN VEGETAL

La vegetación del área de estudio está caracterizada por la presencia de cinco categorías de cobertura vegetal bien definidas que son: pastizales, bosques, páramo, matorrales y complejo pastizal - bosque. Conteniendo una buena diversidad florística y constituyéndose en el hábitat de especies de reptiles, aves y mamíferos menores, además de ser un refugio de mamíferos mayores que emigran desde la parte oriental. Según la clasificación dada por Holdrige (1967) la zona de Shucos pertenece a la zona de vida de Bosque Húmedo Montano (Beltrán & Jaramillo, 2007).

4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño de parcela dividida (Split plot), dentro de un cultivo de café (variedad caturra) y en primera etapa de crecimiento. La asignación de los tratamientos en las parcelas (unidades experimentales) se realizó de acuerdo al diseño empleado (Fig. 10); en las 21 subparcelas distribuidas al azar se aplicaron tres tratamientos de fertilizante químico y tres tratamientos de abono orgánico; divididos en tres diferentes dosis a las cuales se las replicó tres veces, así mismo se estableció un testigo al que no se le aplicó fertilizantes (Fig 11).

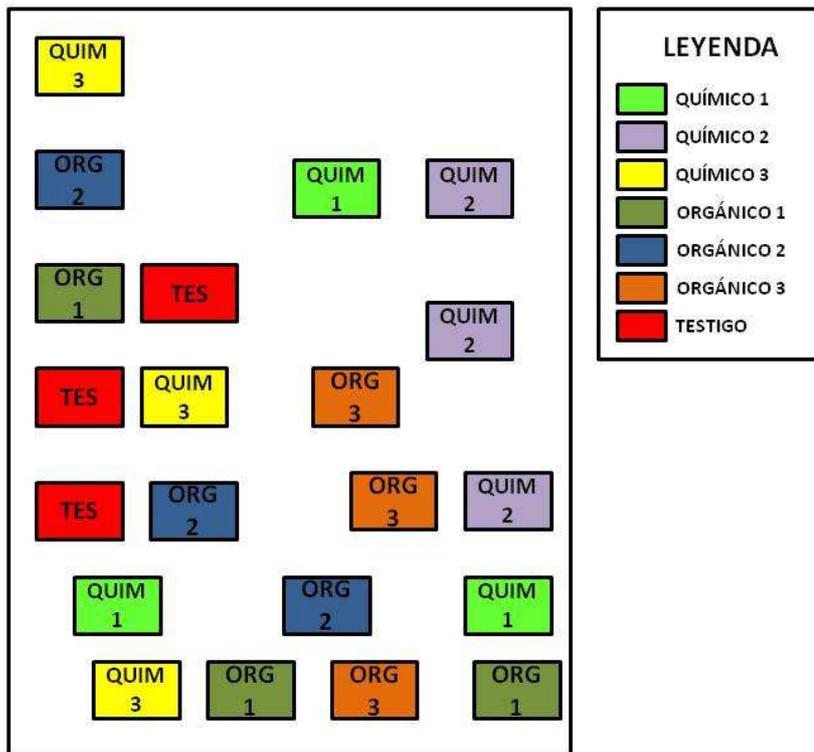


Figura 10.- Diseño experimental
FUENTE: La Autora

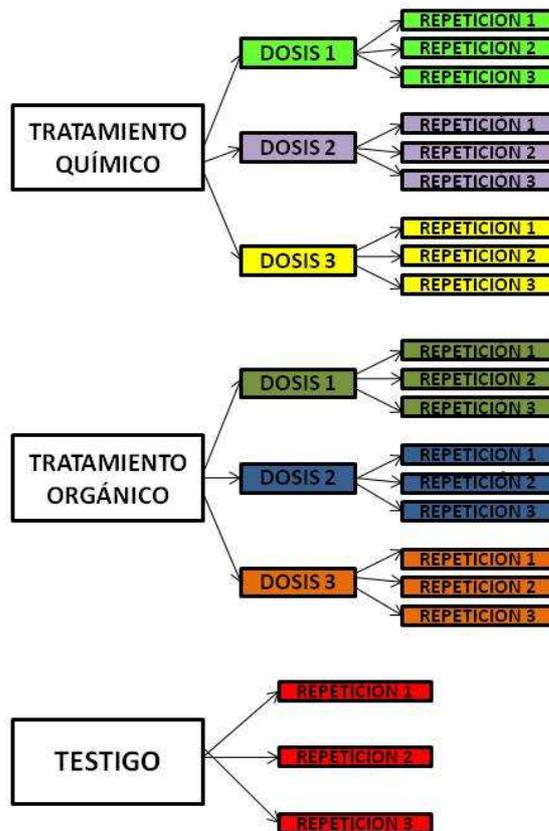


Figura 11.- Esquema de los tratamientos aplicados
FUENTE: La Autora

4.3. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

La fertilización se la realizó cada seis meses (enero 2011 y junio 2011), tomando en cuenta las dosis y tratamientos que se explican en la tabla 5. La aplicación del fertilizante se la realizó en corona de la copa de la planta, dado que aquí se localiza el 80% de las raíces activas que absorben agua y nutrientes. El empleo de fertilizante fue en base a las necesidades del cultivo y según su edad, además se consideró los principales productos de fertilización utilizados por los caficultores de la zona.

En lo que respecta a la fertilización química se tomó en cuenta las recomendaciones de Iñiguez, 1996 para el cultivo de café, con dosificaciones de 60 – 40 – 30 g/NPK/planta/año, estas dosis se subieron y bajaron partiendo desde la fertilización óptima. La fertilización orgánica se la realizó con Biabor, según las recomendaciones de Chirinas, 2011 y, recomendaciones del fabricante del abono Biabor en dosis de 3 Kg/planta/año. La tabla 5 muestra los tratamientos exactos de fertilizante químico y abono orgánico utilizados para la investigación.

Tabla 5.- Tratamientos de fertilizantes químicos y abonos orgánicos aplicados

FUENTE: La Autora

TRATAMIENTOS	NOMENCLATURA	Fertilización
QUIM 1	Fertilización Químico en Dosis de 30-20-15 g de NPK/Planta/Año	65 g
QUIM 2	Fertilización Químico en Dosis de 60-40-30 g de NPK/Planta/Año	130 g
QUIM 3	Fertilización Químico en Dosis de 90-55-45 g de NPK/Planta/Año	190 g
ORG 1	Fertilización Orgánica en Dosis 3 Kg Biabor/Planta/Año	3 Kg
ORG 2	Fertilización Orgánica en Dosis 4,5 Kg Biabor/Planta/Año	4,5 Kg
ORG 3	Fertilización Orgánica en Dosis 6 Kg Biabor/Planta/Año	6 Kg
TES	Testigo sin Fertilización	0

4.4. TOMA DE EMISIONES DE CO₂

Las tasas de emisión de CO₂ en el suelo se midieron una vez por mes, durante un período de siete meses (febrero – agosto 2011) en base al método de “Cámaras Cerradas Estáticas”, descrito por Wu et al., 2009 (Citado por Valverde, 2010) mediante cilindros de PVC de 27,5 cm de largo y 25,3 cm de diámetro, en cada parcela se ubicó un cilindro que se enterró hasta 5 cm de profundidad en el suelo (Fig. 11). En el momento de realizar la toma de muestras cada cilindro se cerró herméticamente con una tapa a presión equipada con un orificio de entrada y salida de gases por este último se extrajeron los gases internos, la operación de la toma de muestras fue de 30 minutos por parcela, partiendo en el minuto cero al cerrar la tapa, toma de muestra uno en el minuto uno, muestra dos en el minuto 11, muestra tres en el minuto 21 y muestra cuatro en el minuto 31, los gases fueron evacuados en tubos vacontainers y transportados al Laboratorio de la Estación Científica San Francisco para ser leídos por cromatografía de gases, además se tomó datos de temperatura del aire y del suelo a 5 cm y 10 cm por cada cámara.

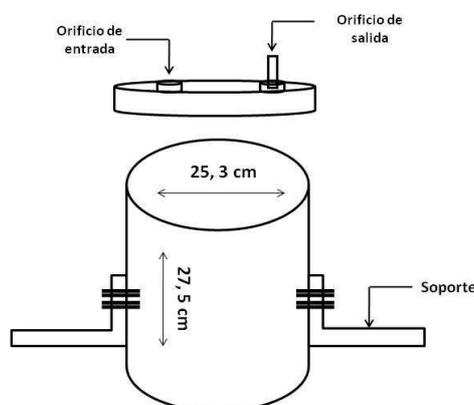


Figura 12.- Esquema del cilindro para la extracción de CO₂
FUENTE: La Autora

4.5. ANÁLISIS DE LABORATORIO DE GASES

La concentración de CO₂ fue medida por cromatografía de gases, usando un cromatografo (SHIMADZU GC-14B) equipado con un detector de ionización de llama (FID) y un detector de captura de electrones (ECD) en combinación con un muestreador automático (Lofffield et al, 1997). Las concentraciones de

gas se calculan mediante la comparación de áreas máximas integrándolas a las muestras con tres gases patrón (703,8, 1.503,3 y 5.019 ppm de CO₂, 501, 1.001 y 3.003 ppb N₂O, 2.026, 10.200 y 20.000 ppb CH₄; Deuste Steiniger GmbH, Mühlhausen, Alemania).

4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El análisis de datos se lo realizó con el software Stat Graphics Centurion 16.1 para Windows. Las diferencias entre tratamientos en cada muestreo y en las emisiones acumuladas se realizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) ($p < 0,05$). Los análisis realizados fueron: flujo promedio de CO₂ en cada tratamiento, tasa máxima promedio de emisiones de los tratamientos, diferencia significativa entre las tasas promedias de los tratamientos, variación temporal de las emisiones para los tratamientos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS

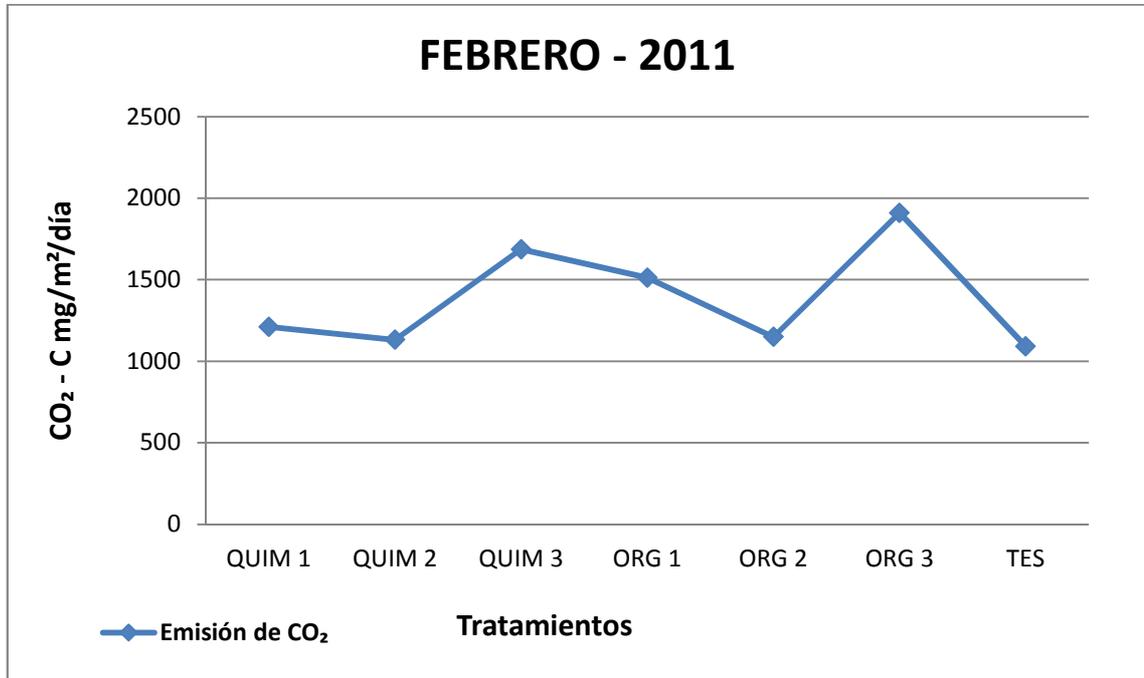


Figura 13.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos en Febrero – 2011

La figura 12 muestra el flujo promedio de emisiones de CO₂ en el mes de febrero, el tratamiento con fertilizante químico uno (QUIM 1) presentó una tasa de emisión promedio de 1.210,29 mg/m²/día, el tratamiento con fertilizante químico dos (QUIM 2) mostró un flujo de emisión de 1.131,21 mg/m²/día y el tratamiento con fertilizante químico tres (QUIM 3) 1.686,38 mg/m²/día, en cuanto a los tratamientos de abono orgánico, el tratamiento orgánico uno (ORG 1) produjo flujos de emisión de 1.511,93 mg/m²/día, el tratamiento orgánico dos (ORG 2) de 1.149,40 mg/m²/día y el tratamiento orgánico tres (ORG 3) de 1.909,42 mg/m²/día, el tratamiento testigo (TES) emitió los menores flujos de CO₂ en este mes con 1.090,70 mg/m²/día. El tratamiento con mayores flujos de emisión durante este mes fue el ORG 3, seguido del QUIM 3, con una diferencia de emisiones de 223,04 mg/m²/día entre los dos tratamientos, el testigo presentó menor flujo de emisión.

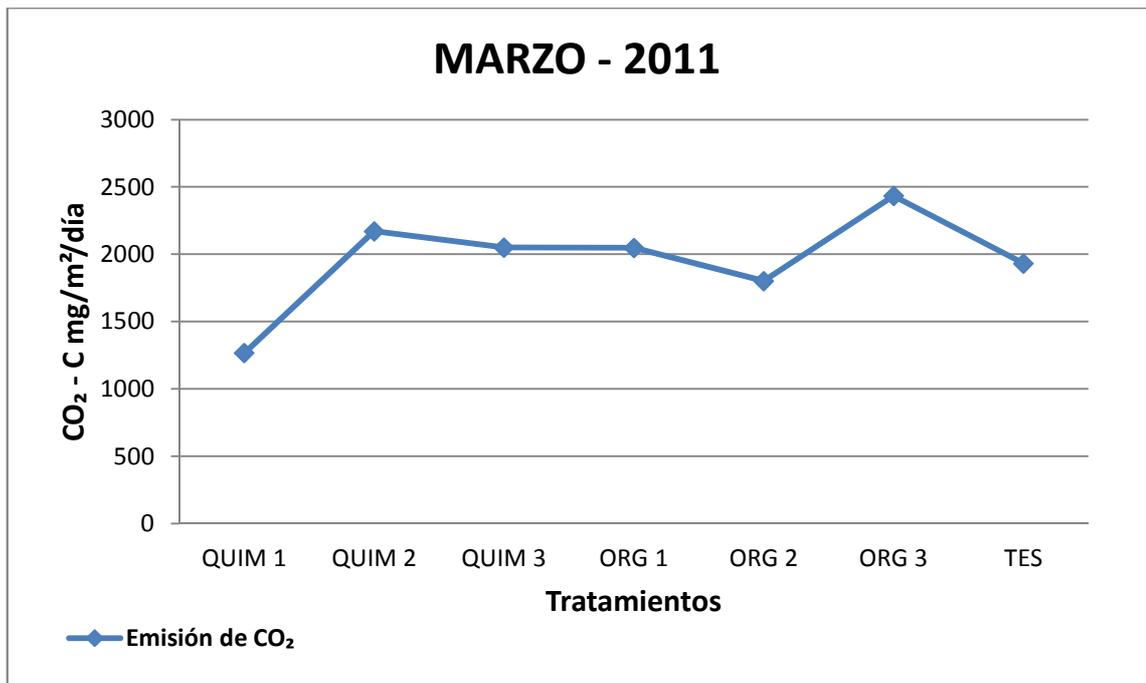


Figura 14.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos en Marzo – 2011

En la figura 13 se observan las tasas de emisión promedio de CO₂ registradas en el mes de marzo, el flujo de emisión para los tratamientos con fertilizante químico fueron los siguientes: para el tratamiento QUIM 1 de 1.266,46 mg/m²/día, para el tratamiento QUIM 2 de 2.171,40 mg/m²/día y para el QUIM 3 de 2.050,08 mg/m²/día; para los tratamientos de abono orgánico los datos registrados muestran tasas de emisión de 2.047,47 mg/m²/día para el tratamiento ORG 1; 1.800,86 mg/m²/día el tratamiento ORG 2 y para el ORG 3 de 2.432,57 mg/m²/día, el tratamiento TES mostró una tasa de emisión de 1.931,22 mg/m²/día. En base a lo observado en los datos en el mes de marzo, el tratamiento con mayor emisión promedio fue el ORG 3, seguido del tratamiento QUIM 2, con una diferencia entre los dos tratamientos de 261,17 mg/m²/día, en este mes el tratamiento con menores emisiones fue el QUIM 1

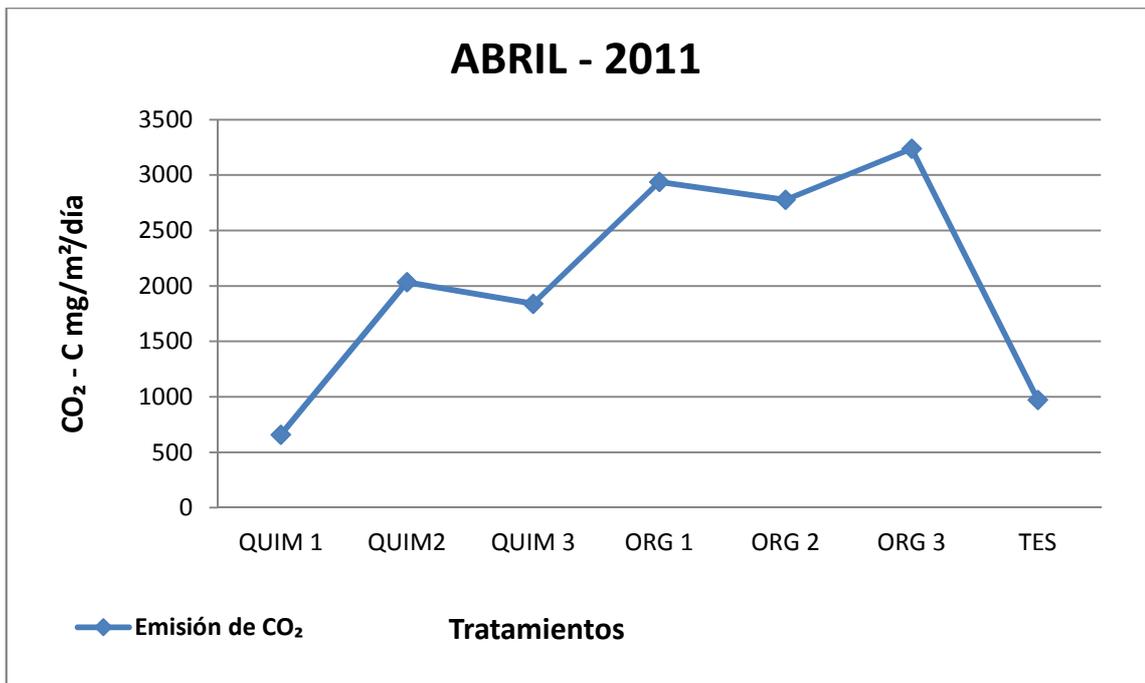


Figura 15.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos en Abril – 2011

Los resultados de flujos de emisión de CO₂ obtenidos para el mes de abril se muestran en la figura 14, para los tratamientos con fertilizante químico se observaron los siguientes datos de emisión: el tratamiento QUIM 1 658,56 mg/m²/día, el tratamiento QUIM 2 2.034,40 mg/m²/día y el tratamiento QUIM 3 1.839,29 mg/m²/día; los tratamientos de abono orgánico registraron tasas de emisión de 2.937,80 mg/m²/día para el ORG 1; 2.776,42 mg/m²/día para el ORG 2 y de 3.237,45 mg/m²/día para el ORG 3, el tratamiento TES tuvo una tasa de emisión de 974,03 mg/m²/día. Para el mes de abril el tratamiento con una mayor tasa de emisión fue el ORG 3, seguido del tratamiento ORG 1, la diferencia entre los dos tratamientos fue de 461,02 mg/m²/día, el tratamiento con menor flujo de emisión fue el QUIM 1.

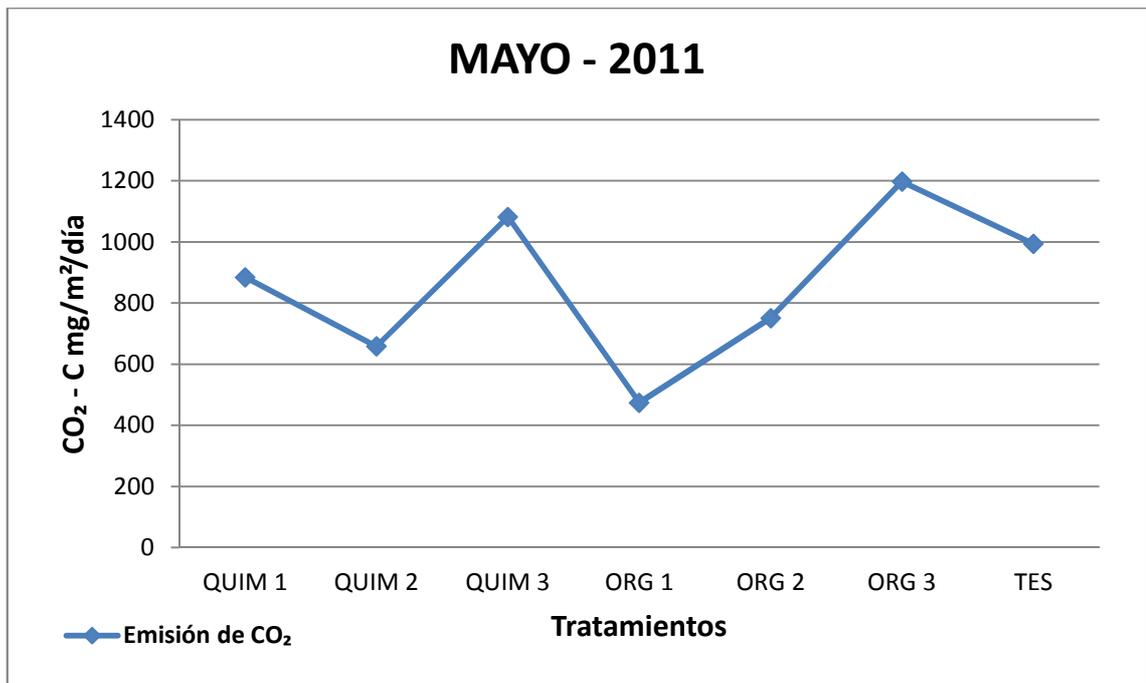


Figura 16.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos en Mayo – 2011

Las tasas de emisión promedio de CO₂ para el mes de mayo se muestran en la figura 15, para este mes en el tratamiento químico se observó que el tratamiento QUIM 1 mostró emisiones de 884,54 mg/m²/día, el tratamiento QUIM 2 de 658,54 mg/m²/día y el tratamiento QUIM 3 de 1.081,81 mg/m²/día; en el caso de los tratamientos con abono orgánico se observó emisiones de 474,33 mg/m²/día ORG 1; 750,69 mg/m²/día ORG 2 y para el tratamiento ORG 3 de 1.197,46 mg/m²/día, el tratamiento TES registró flujos de emisión de 993,70 mg/m²/día. La mayor tasa de emisión en este mes se presentó en el tratamiento ORG 3, seguido del tratamiento QUIM 3, la diferencia entre estos dos tratamientos fue de 115,65 mg/m²/día, para este mes el tratamiento con menor emisión fue el ORG 1.

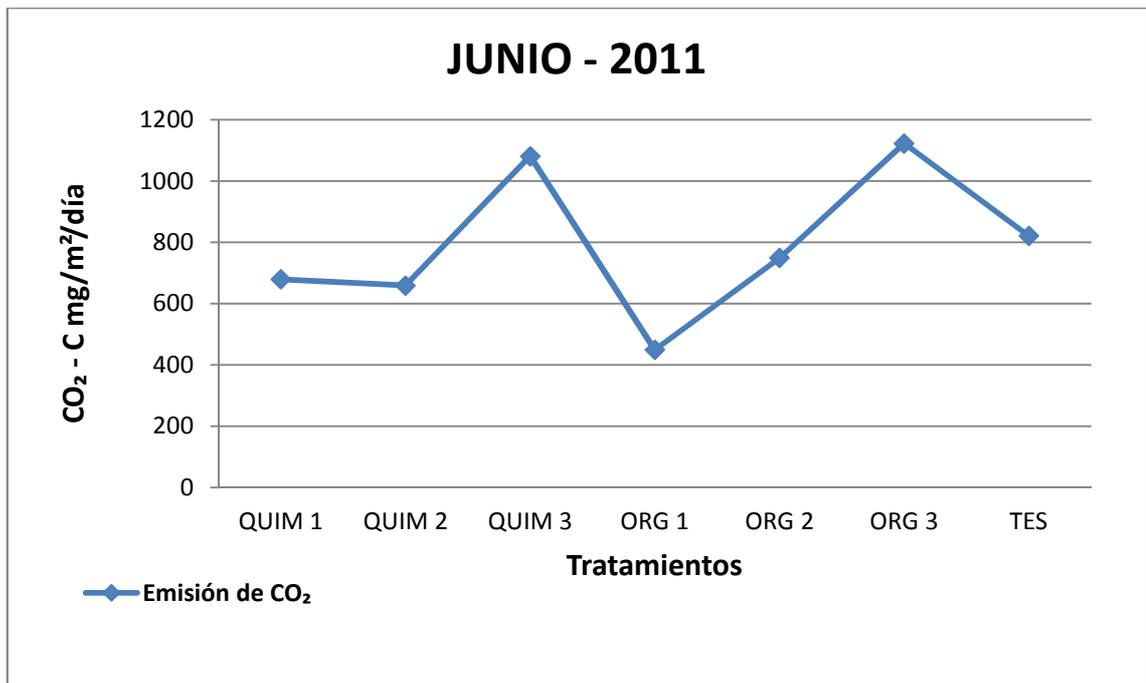


Figura 17.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos en Junio – 2011

En la figura 16 se muestran los resultados de flujos de emisión de CO₂ para el mes de junio, se observa que para el tratamiento QUIM 1 las tasas de emisión promedio fueron de 678,82 mg/m²/día, para el QUIM 2 658,54 mg/m²/día y para el QUIM 3 de 1.080,54 mg/m²/día; en el caso de los tratamiento con abono orgánico se registraron tasas de emisión promedio de CO₂ de 449,01 mg/m²/día en el ORG 1, para el ORG 2 de 748,78 mg/m²/día y de 1.122,01 mg/m²/día en el tratamiento ORG 3, para el tratamiento TES se registró un flujo promedio de emisión de CO₂ de 820,78 mg/m²/día. En el mes de junio las mayores emisiones se observaron en el tratamiento ORG 3 seguido del tratamiento QUIM 3, con una diferencia de emisiones en entre los tratamientos de 41,47 mg/m²/día, el tratamiento con menor flujo de emisión para este mes fue el ORG 1.

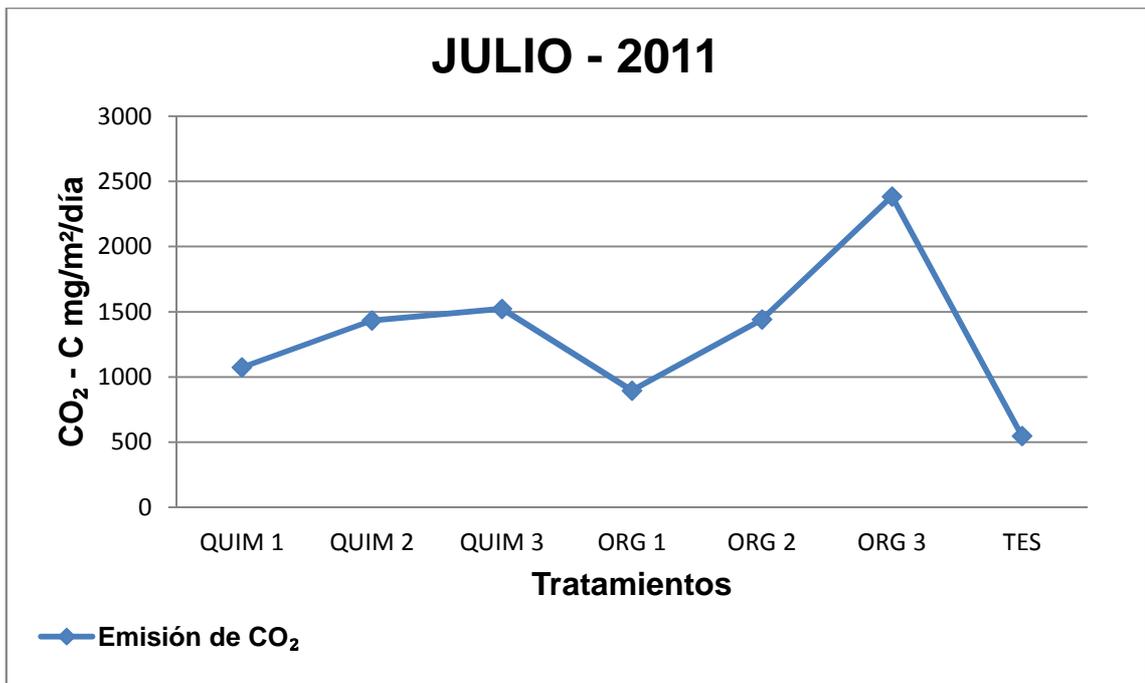


Figura 18.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos en Julio – 2011

La figura 17 muestra los flujos de emisión promedio durante el mes de julio, se registraron datos de 1.073,02 mg/m²/día para el tratamiento QUIM 1, para el QUIM 2 de 1.433,36 mg/m²/día y de 1.522,25 mg/m²/día para el QUIM 3; los abonos orgánicos presentaron tasas de emisión de 896,53 mg/m²/día ORG 1, el tratamiento ORG 2 de 1.441,34 mg/m²/día y el ORG 3 de 2.384,98 mg/m²/día, el tratamiento TES manifestó una emisión promedio de 547,10 mg/m²/día. En este mes el tratamiento con mayor flujo de emisión fue el ORG 3 seguido del tratamiento QUIM 3, la diferencia entre los dos tratamientos fue de 862,73 mg/m²/día, el tratamiento con menor flujo de emisión fue el testigo.

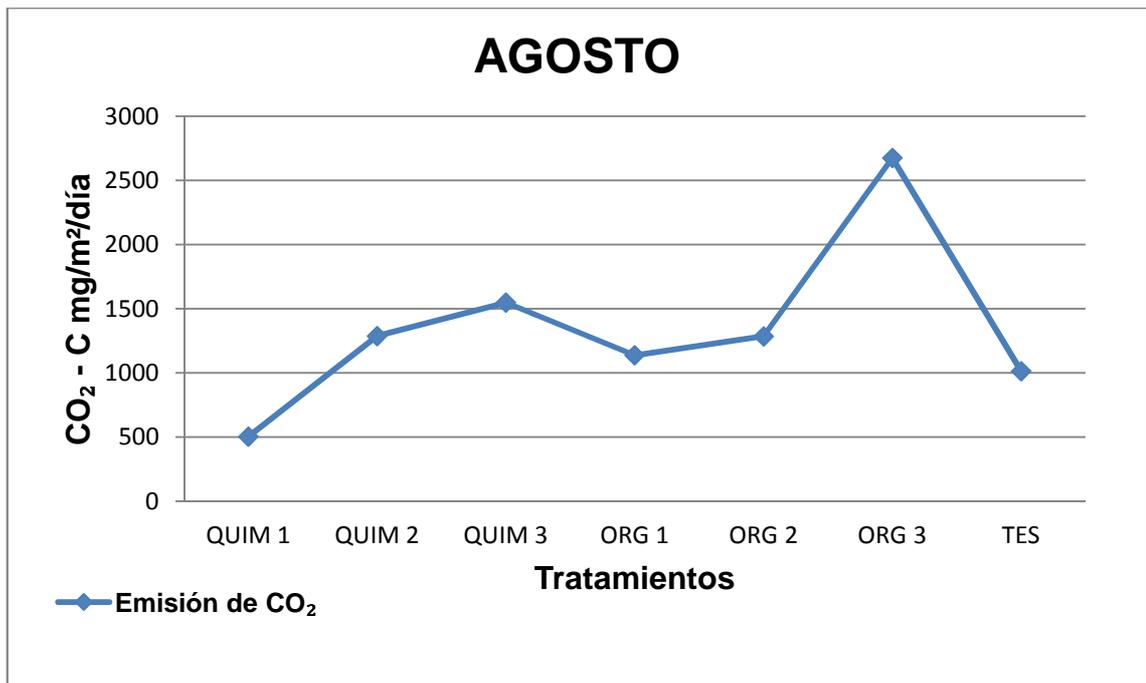


Figura 19.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos en Agosto – 2011

Los flujos de emisión promedio de CO₂ para el mes de agosto se muestran en la figura 18, los tratamientos con fertilizante químico mostraron las siguientes tasas de emisión promedio: el tratamiento QUIM 1 de 504,37 mg/m²/día, el QUIM 2 de 1.287,65 mg/m²/día y de 1.547,63 mg/m²/día para el tratamiento QUIM 3; los tratamientos con abono orgánico presentaron flujos de emisión de 1.137,27 mg/m²/día para el ORG 1, para el ORG 2 de 1.285,66 mg/m²/día y el tratamiento ORG 3 de 2.674,26 mg/m²/día, para el caso de el tratamiento TES las tasas de emisión fueron de 1.547,63 mg/m²/día. En este mes los mayores flujos de emisión se presentaron en el tratamiento ORG 3 seguido del tratamiento QUIM 3, la diferencia entre los dos tratamientos fue de 1.126,63 mg/m²/día, el tratamiento con menor flujo de emisión fue el QUIM 1.

5.2. DISCUSIÓN

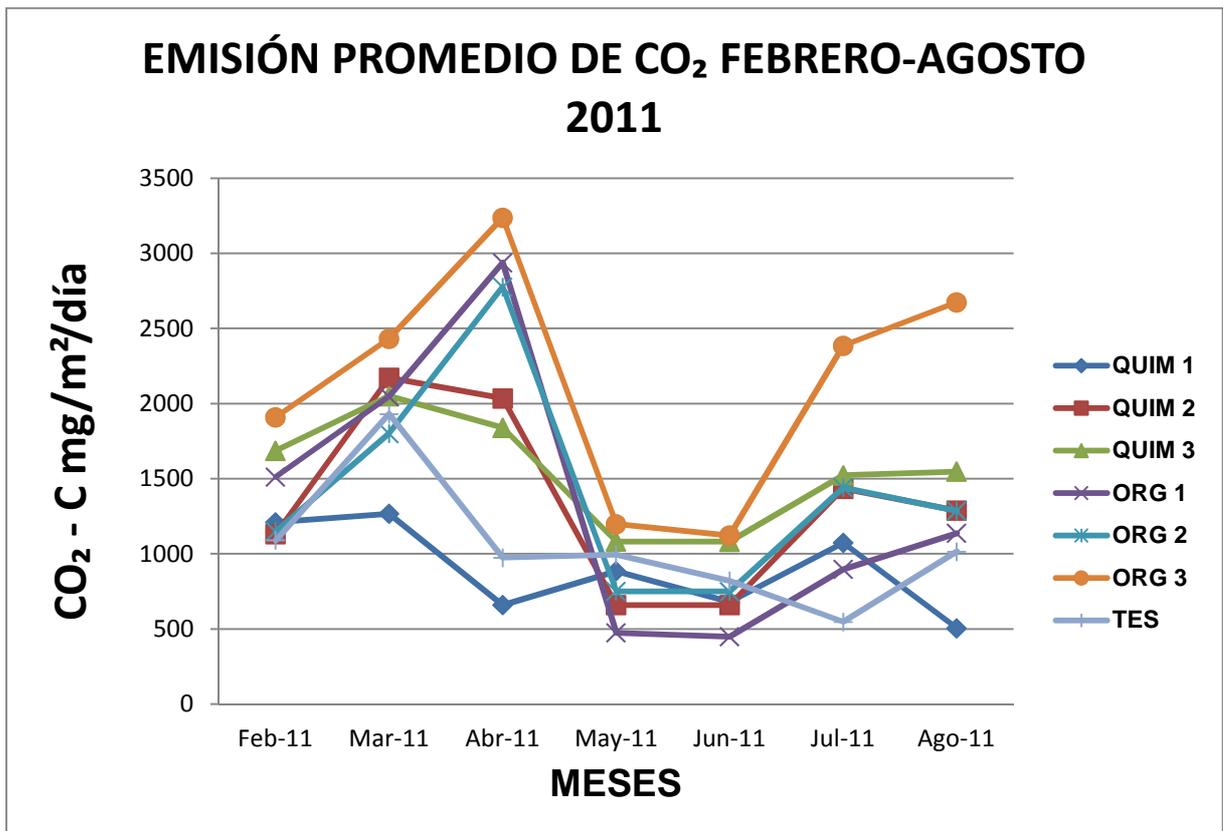


Figura 20.- Tasas promedio de emisiones de CO₂ para los tratamientos (febrero-agosto 2011)

En la figura 19 se muestra un resumen de las tasas promedio de emisión de CO₂ para los tratamientos durante los siete meses de muestreo (febrero – agosto 2011), en el caso de los tratamientos con fertilizante químico las tasas máximas promedio de emisiones de CO₂ se presentaron en el mes de marzo posiblemente debido a la Temperatura alta registrada en el día de muestreo (19,4 °C), en orden descendente las emisiones fueron de 2.171,40 mg/m²/día QUIM 2, seguido de 2.050,08 mg/m²/día QUIM 1 y 1.266,46 mg/m²/día QUIM 3, para los tratamientos con abono orgánico los mayores flujos de emisión de CO₂ fueron en el mes de abril, en este caso el tratamiento con mayor emisión fue el ORG 3 con 3.237,45 mg/m²/día, seguido del ORG 1 con 2.937,80 mg/m²/día y el tratamiento ORG 2 con 2.776,42 mg/m²/día, posiblemente por efecto del aumento de temperatura (21,08 °C), lo cual hace que la flora microbiana del suelo aumente su actividad.

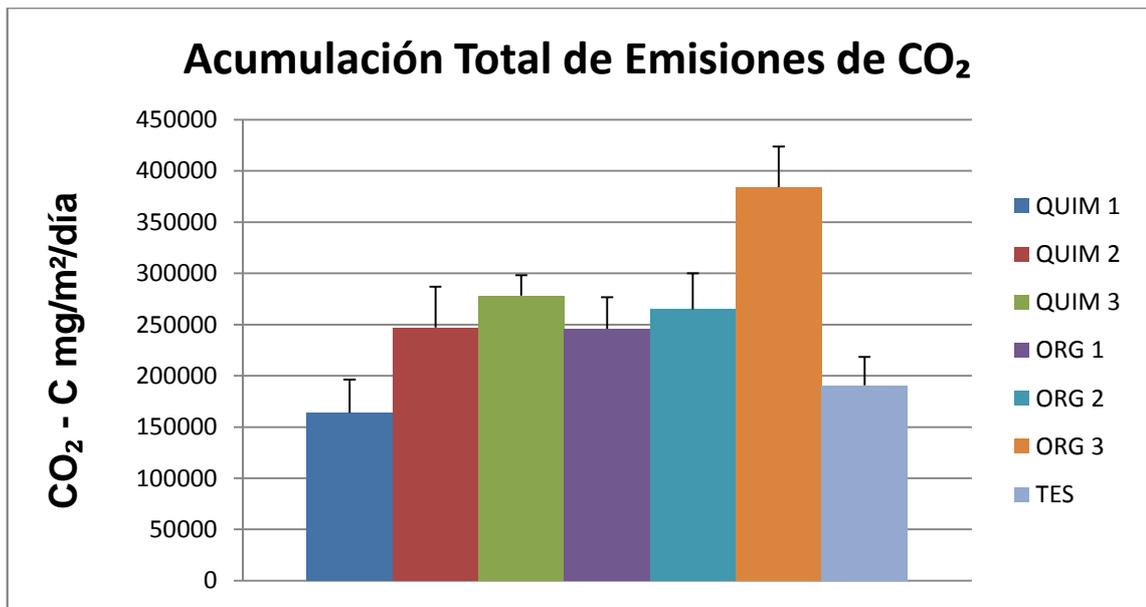


Figura 21.- Total de acumulación de emisiones de CO₂ (febrero – agosto 2011)

En la figura 20 se muestran los flujos totales acumulados de CO₂ para cada tratamiento durante los siete meses de estudio, se observa que el tratamiento con mayor flujo de emisión de CO₂ fue el tratamiento ORG 3 con 384.089,07 mg/m² lo que equivale a 38,40 Ton/ha, seguido de los tratamientos QUIM 3 con 278.250,03 mg/m² equivalente a 27,82 Ton/ha, el ORG 2 con 264.270 mg/m² que equivale a 26,46 Ton/ha y el ORG 1 con 245.816 mg/m² equivalente a 24,58 Ton/ha; los tratamientos con menor flujo de emisión durante el tiempo de estudio fueron el QUIM 1 con 163.829 mg/m² que equivale a 16,38 Ton/ha, el QUIM 2 con 246.921,45 mg/m² lo que equivale a 24,58 Ton/ha y el TES con 199.944,85 equivalente a 19,99 Ton/ha.

Tabla 6.- Comparaciones múltiples para CO₂ - C/mg/m²/día por tratamiento

Método: 95,0 % LSD

<i>Tratamiento</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media MC</i>	<i>Sigma MC</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
QUIM 1	15	939,74	231,241	X
TES	15	1222,1	231,241	X
QUIM 2	15	1330,82	231,241	X
ORG 2	15	1445,23	231,241	XX
ORG 1	15	1484,11	231,241	XX
QUIM 3	15	1547,68	231,241	XX
ORG 3	15	1979,89	231,241	X

Medias y 95,0% Intervalos LSD

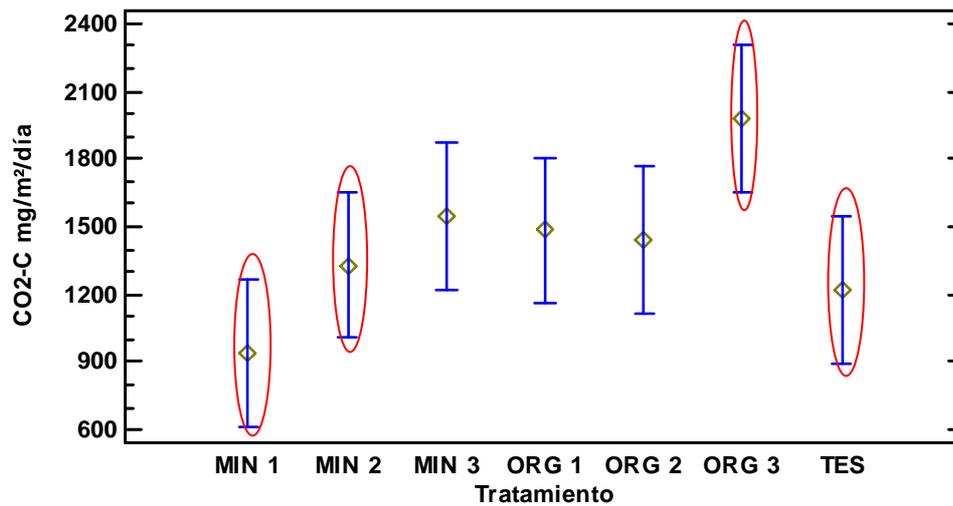


Figura 22.- Emisión promedio de CO₂ para cada tratamiento

La figura 21 y la tabla 6 muestra el análisis estadístico de datos, mediante comparaciones de medias con un error estándar $p < 0,05$ en los diferentes tratamientos, los resultados arrojan diferencia significativa entre los tratamientos MIN 1 y ORG 3, MIN 2 y ORG 3 y entre el tratamiento TES y ORG 3, mientras que para el resto de tratamientos no hay significancia.

Los resultados mostraron que los mayores flujos de emisión de CO₂ se presentaron en los tratamientos orgánicos, dichas emisiones fueron más altas en el mes de abril mostrando una tendencia de decrecimiento en los meses de mayo y junio; es posible que el poco Carbono orgánico añadido por el abono orgánico (BIABOR) haya

aumentado la respiración y actividad microbiana (Ritz et al., 1997; Martin Olmedo & Ress, 1999); probablemente la actividad microbiana aumentó por las altas temperaturas registradas en la fecha de muestreo (21,08 °C) causando mayores emisiones (Jones et al., 2005); lo que coincide también con un estudio realizado por Kitzler et al., 2005 en el que se midieron las tasas más altas de emisión de CO₂ durante el verano cuando se produce la mineralización de la materia orgánica y las tasas más bajas se midieron en el invierno; así mismo Schaufler et al., 2010 al comparar los efectos que la temperatura y la humedad del suelo tienen sobre las emisiones de CO₂, observaron un fuerte incremento exponencial de emisiones al aumentar la temperatura pero la humedad óptima del suelo varió, por otra parte Albanito et al., 2009 manifiesta que las concentraciones de CO₂ tienden a ser correlacionadas con el contenido de agua del suelo en todas las profundidades, dentro del perfil del suelo, y que eventos de lluvias fuertes interrumpen la vía de salida del aire libre hacia la atmósfera, lo que afecta significativamente la concentración de CO₂ en el suelo, creando picos de emisiones de CO₂ bajos a través del perfil del suelo; la humedad del suelo y la aireación están inversamente relacionados, un suelo donde todos sus poros están saturados de agua no contendrá fase gaseosa mientras no exista drenaje que libere a los poros de agua (Meijide, 2009), estos datos coinciden con los datos obtenidos en este estudio que muestra flujos de emisión de CO₂ más altos en los meses en que se registran temperaturas altas (febrero 21,86 °C, marzo 19,4 °C, abril 21,08 °C y agosto 22,30 °C) y menor emisión en los meses con temperaturas más bajas y los que se presentaron precipitaciones (mayo 18,22 °C, junio 18,67 y julio 17,82 °C, este último mes pese a que tuvo baja temperatura, las emisiones registradas fueron altas posiblemente debido a la fertilización realizada en el mes de junio), como se muestra en la figura 22 la humedad relativa media de la ciudad de Loja es de 77,3%, con fluctuaciones extremas entre 74% y 80,3%. Hay mayor humedad atmosférica de diciembre a junio, con febrero, marzo y abril como los meses con mayores cifras (aprox. 78%) y menor humedad relativa de julio a noviembre (aprox. 74%), en la figura 23 se observa que el balance hídrico del suelo de Loja, sufre un déficit en los meses de julio - agosto (34,3 mm/mes) y noviembre - diciembre (24 mm/mes), sin embargo no se puede asegurar que la temperatura y los porcentajes de humedad estén relacionadas con las tasas de emisión de CO₂ ya que en esta investigación se registraron datos de la temperatura de un solo día en el mes, por otro lado las

emisiones pudieron haberse mostrado más altas en los meses cercanos a la fertilización, por los efectos de la adición de abonos y fertilizantes y fueron gradualmente disminuyendo a medida en que redujo la actividad microbiana como se muestra en la figura 19, en dónde se observan tasas de emisión más altas en los meses de marzo y abril después de la fertilización en el mes de enero; y, en el mes de febrero así como en los meses de julio y agosto posterior a la fertilización en el mes de junio; teniendo en cuenta además que la biomasa microbiana se encuentra involucrada en la transformación y almacenamiento de nutrientes y responde a la entrada de cultivos y a la fertilización (Simon, 2008), los datos obtenidos muestran que los fertilizantes químicos tuvieron poca influencia en las emisiones de CO₂ del suelo, sin embargo pueden alterar en algún grado las relaciones entre las tasas de emisión - la humedad y la temperatura (Peng et al., 2010).

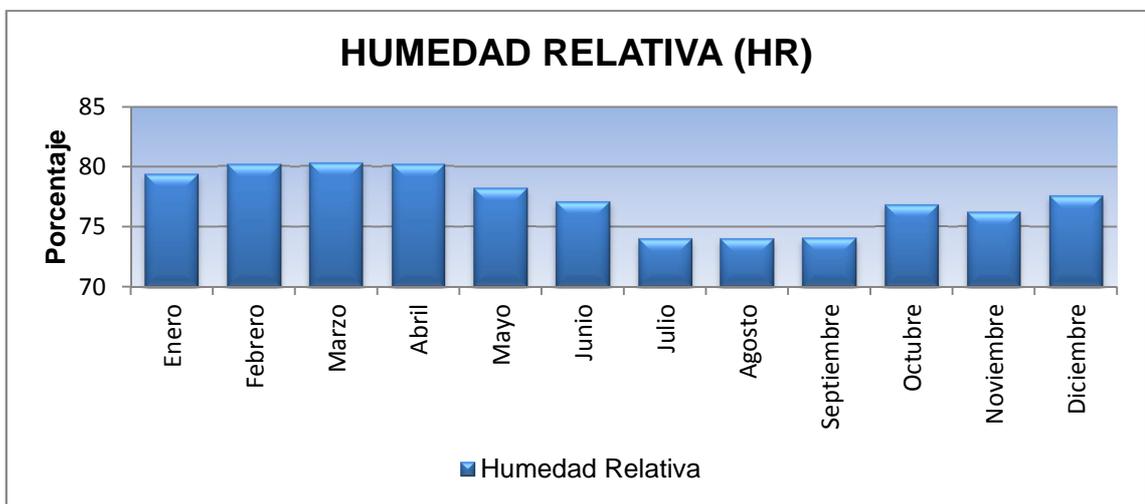


Figura 23.- Humedad Relativa media mensual de la ciudad de Loja
Fuente: FAOCLIM 2, 2010

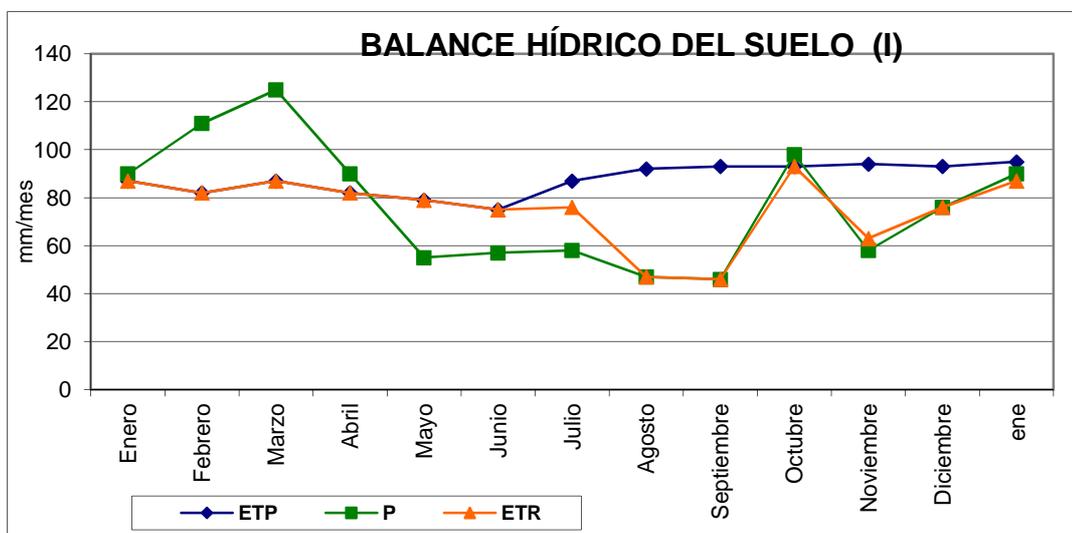


Figura 24.- Balance Hídrico Mensual de la ciudad de Loja
Fuente: FAOCLIM 2, 2010

En el caso de los tratamientos químicos las mayores tasas de emisión de CO₂ se presentaron en el mes de marzo, sin embargo fueron inferiores a las emitidas en el tratamiento orgánico, tomando en cuenta los procesos naturales de producción de CO₂ del suelo, Kuzyakov, 2006 propone que las cinco fuentes principales de emisión de CO₂ del suelo son: (1) la descomposición microbiana de la materia orgánica del suelo sin raíces ni restos de plantas, (2) descomposición de la materia orgánica del suelo afectado por raíces y restos de plantas, (3) descomposición microbiana de restos de plantas muertas, (4) descomposición microbiana de depósitos de las raíces y (5) respiración de las raíces, a esto podría deberse las tasas de emisión más altas registradas en los tratamientos orgánicos, tomando en cuenta que se añadió más materia orgánica al suelo con dichos abonos, paralelamente a esto Jones, 2005 sugiere que no es correcto subestimar las tasas de emisión de CO₂ de tratamientos con fertilización a base de NPK, puesto que estas no se dan por procesos de descomposición de materia orgánica sino que son tasas de emisiones de fuentes antropogénicas; así mismo, en un estudio realizado por Ferreira, 2008 no se encontraron diferencias en los flujos de emisión de CO₂ entre un suelo fertilizado y no fertilizado, en este estudio la tasa de emisión para los tratamientos químicos no tuvieron diferencia significativa con el testigo, de lo contrario la tasa de emisión del tratamiento orgánico, especialmente la del ORG 3 tuvo diferencia significativa con el testigo, la reducida emisión de CO₂ en el tratamiento químico en comparación con el tratamiento orgánico, fue probablemente debido a la menor entrada y disponibilidad de Carbono en la aplicación del tratamiento químico en el suelo (Gilani & Bahmanyar, 2008), en un estudio similar realizado por Mignon et al., 2011 registraron un aumento de los flujos de CO₂ en suelos fertilizados con abono orgánico, que en suelos fertilizados químicamente y en los tratamientos de control o testigo, lo que resulta similar a los datos encontrados en este estudio en donde se presentan mayores emisiones de CO₂ en el tratamiento orgánico que en el químico y el testigo; sin embargo, el potencial de contaminación podría ser mayor en el tratamiento químico debido a que las tasas de emisión en el tratamiento orgánico se dan por los procesos de descomposición microbiana de la materia orgánica del suelo; por otra parte en un estudio realizado por Font et al., 2003 encontró que al adicionar Carbono y Nitrógeno al suelo, se refleja que existe una respuesta de la microflora a la adición de fuentes externas de Carbono fácilmente degradable; este hecho señala la presencia en el suelo de

Nitrógeno biológicamente disponible, el cual deja de ser limitante por encima de 50 kg/ha/año de Nitrógeno y alcanza el óptimo en 100 kg, es decir, que la microflora se desarrolla en su expresión total ya que no se encuentra limitada por las reservas de Carbono y Nitrogeno.

5.3. ALTERNATIVAS DE FERTILIZACIÓN AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE

PRESENTACIÓN

El presente objetivo tiene como finalidad contribuir con información sobre los procesos adecuados de fertilización de los cultivos en general y particularmente del café, y fue elaborado en base a las experiencias y resultados obtenidos en la presente investigación.

La aplicación de unas buenas prácticas de fertilización es responsabilidad no solo del agricultor sino también de todos aquellos que se ven involucrados dentro de la cadena de producción es decir desde el cultivo hasta la comercialización del café, así como también de los organismos públicos y privados que proveen los insumos para los sistemas agropecuarios.

Tener en cuenta alternativas de fertilización que permitan una producción más limpia y rentable, orienta a que los productos obtenidos estén libres de contaminantes, mejoren la calidad y promueven una sana competitividad aplicable tanto en el sector cafetalero como al resto de los cultivos representativos de la agricultura ecuatoriana.

5.3.1. LA FERTILIZACIÓN

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sánchez, 2008).

Para que una práctica que incluye el uso de fertilizantes sea considerada como la “mejor”, esta debe armonizar con otras prácticas agronómicas brindando una

combinación óptima de los cuatro objetivos (Fig. 24): productividad, rentabilidad, sostenibilidad y ambiente (social y económico) (Bruuselma et al., 2008).

La FAO en el 2002 sugiere que antes de pensar en la aplicación de fertilizantes, todas las fuentes disponibles de nutrientes deberían ser utilizadas, estas pueden ir desde los excrementos de animales hasta los desperdicios vegetales y otros materiales orgánicos.

Los problemas de contaminación ambiental, la degradación del suelo junto a los problemas de salud de los trabajadores agrícolas, hacen que se tengan que cambiar ciertos hábitos y costumbres de trabajo en los campos, estos cambios también garantizarán al productor un buen terreno que asegurará una producción no solo para las presentes, sino también para las futuras generaciones es decir con sostenibilidad ambiental (Ureña, 2009).

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la adición de abonos orgánicos genera mayores emisiones de CO₂ desde el suelo, que las generadas por adición de fertilizantes químicos, esto podría ser como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica y la actividad microbiana del suelo, de acuerdo con esto, se propone algunas alternativas para lograr una fertilización sostenible que genere el menor impacto sobre el medio ambiente.

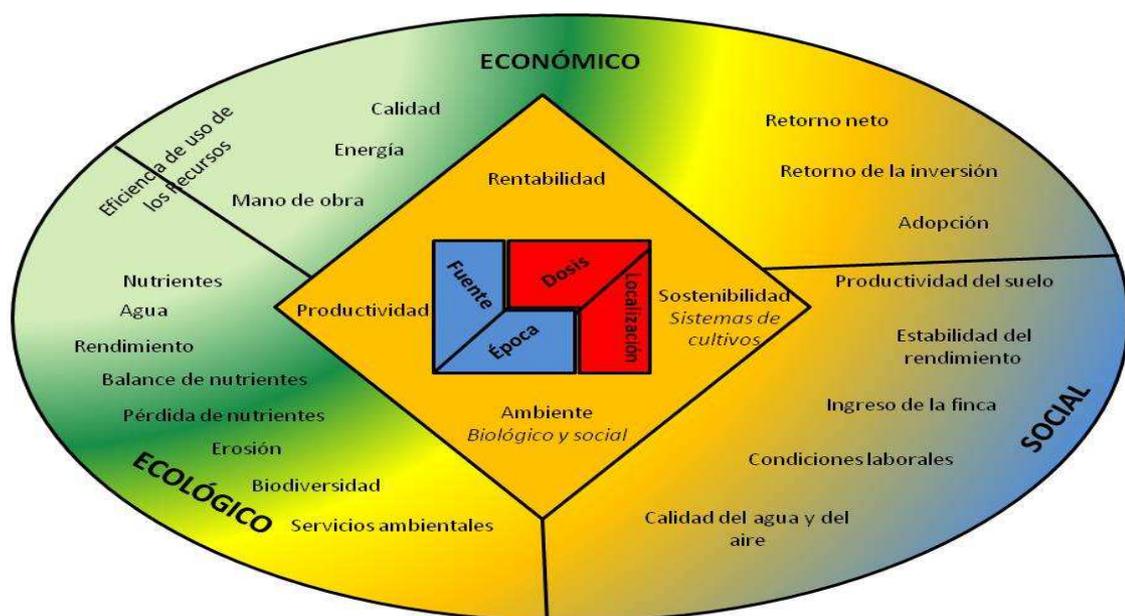


Figura 25.- Ilustración del Marco Global para las mejores práctica de manejo de los fertilizantes

FUENTE: Bruuselma et al., 2008

5.3.2. MANEJO DEL SUELO

La localidad en dónde se encuentre la plantación de café es determinante para la calidad del producto, principalmente debido a los factores edáficos y climáticos (Duicela et al., 2005), por ello es necesario realizar análisis físico – químicos del suelo (textura, pH, contenido materia orgánica, contenido de Nitrógeno, y otros) antes y después de los procesos de fertilización, ya que esto nos permiten conocer las necesidades de nutrientes para cada tipo de cultivo y ayudará a establecer las mejores prácticas de fertilización, además es importante conocer algunos de los factores ambientales como la precipitación anual, temperatura y humedad relativa del sector en dónde se pretenda implementar el cultivo de café.

5.3.3. MANEJO DE SEMILLAS

Seleccionar las semillas de una variedad que ofrezca el mejor rendimiento posible en la zona y aplicar las cantidades de nutrientes de acuerdo a los requerimientos de cada variedad, en el caso del café una variedad típica responderá de manera diferente a los fertilizantes en comparación con una variedad mejorada, por ello es necesario que las semillas que se van a adquirir sean certificadas y que ofrezcan un buen rendimiento de plantas por libra, también es necesario establecer un semillero y vivero propios ya que esto permitirá tener control sobre el cuidado y desarrollo de las plántulas.

5.3.4. USO DE FERTILIZANTES

De acuerdo con los resultados encontrados en esta investigación, las mayores emisiones de CO₂ resultan en la aplicación de abonos orgánicos que en la de los químicos, sin embargo no se puede desestimar que las emisiones por fertilización química podrían ser más contaminantes ya que las emisiones en el abono orgánico se dan por procesos de la actividad de la microflora del suelo, que podría resultar beneficioso para aumentar la cantidad de materia orgánica; la información bibliográfica recomienda la combinación de abono orgánico y fertilizantes químicos (Sistema Integrado de Nutrición de las

Plantas/SINP), ya que ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes químicos provee los nutrientes que las plantas necesitan (FAO, 2002), en la fertilización del cultivo de café también es importante seleccionar los adecuados tratamientos así como las dosis, métodos y los períodos correctos para la aplicación de los fertilizantes de acuerdo a un previo análisis físico-químico del suelo, lo recomendable para lograr una producción de café orgánico es efectuar una fertilización con abono orgánico y fuentes externas de fósforo en la etapa de vivero; el adicionar abonos orgánicos a los cafetos permitirá satisfacer los requisitos de nutrición de las plantas, además de que brinda buenas producciones así como el vigor a las plantas para su resistencia a las plagas y enfermedades (Gómez, 2010).

5.3.5. EL AMBIENTE

Lo ideal para un correcto desarrollo de cualquier tipo de cultivo y especialmente del café es establecerlo en un lugar adecuado, para que se desenvuelva lo mejor posible y de tal manera en que los recursos ambientales disponibles sean aprovechados, sin dañarlos y más bien mejorarlos. En las estribaciones occidentales de los Andes, incluyendo Loja y El Oro, las altitudes apropiadas para el cultivo de café se localizan de 500 a 1 800 metros de altitud. La precipitación anual óptima para el café arábigo está en el rango 1 000 y 2 000 mm, con un período seco de tres a seis meses, tomando medidas de conservación de la humedad (Duicela, 2010).

Para establecer correctamente el cultivo de café es necesario tomar en cuenta los siguientes factores ecológicos: la temperatura, precipitación, altitud, luminosidad, vientos, humedad relativa, suelos ya que cada ambiente responde de forma diferente y no todas las variedades de café podrían adaptarse bajo ciertas condiciones climáticas.

5.3.6. FACTORES AGRONOMICOS Y TECNOLOGICOS

Como se mencionó en el apartado de Manejo del Suelo, antes de seleccionar un terreno para el establecimiento de un cultivo se debe realizar un análisis del

suelo con el fin de determinar si es apto de acuerdo a su textura, porcentaje de materia orgánica, acidez, pendiente, y otros.

En la medida de la disponibilidad de recursos, se debe adquirir una estación meteorológica para tener datos climatológicos permanentes sobre la dirección del viento, temperatura, precipitación con el objetivo de establecer medidas de protección del café.

La fecha de siembra en lo posible debe coincidir con una época húmeda pero no en exceso, esto debe hacerse tomando en cuenta la zona en dónde se pretende sembrar ya que varía de un lugar a otro, al elegir la variedad de café se debe tener en cuenta todas las características del terreno para que esta pueda adaptarse a la zona de cultivo y también prestar especial atención al tamaño de la planta, tiempo de vida útil, hábitos de maduración, y otros; además de la disponibilidad de la mano de obra y accesibilidad para la recolección, ya que esto permitirá abaratar los costos de producción que establezcan un precio competitivo en el mercado.

Los suelos de baja fertilidad, prácticas de manejo inadecuadas y las condiciones del medio, aumentan los ataques de plagas y enfermedades al café, antes de optar por un control químico se debe pensar primero en la prevención con prácticas orgánicas como la distancia de siembra y establecer una correcta fertilización así como considerar en el inicio variedades de mayor resistencia.

5.3.7. LOS FERTILIZANTES Y LA SALUD HUMANA

Bajo prácticas óptimas de agricultura, los residuos de sustancias químicas no presentarían riesgo alguno para los trabajadores agrícolas o los consumidores. Casi todos los países tienen normas sobre el uso permitido de estos elementos y algunos cuentan con sistemas de seguimiento (FAO 2002). En nuestro país la normativa nacional vigente que asegura el cuidado de la salud de las personas y la sanidad de los vegetales, se encuentra citada en la Constitución de la República en el Art. 281 que textualmente dice: **Art. 281 La soberanía alimentaria que constituye un objetivo estratégico y una obligación**

del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Y, en: La Ley de Sanidad Vegetal, Ley de Comercialización de Plaguicidas, Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria, Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad

5.3.8. ÁMBITO SOCIAL Y DE MERCADO

En el mercado del café, el sector que actualmente muestra índices de crecimiento sostenido y con un importante potencial de desarrollo, es el de los “café especiales”. La creciente demanda se explica por la tendencia actual de los consumidores hacia estilos de vida más sanos, alimentos saludables, de mayor calidad y cuyas prácticas de producción sean sostenibles en lo ambiental, social y económico. En el país se han identificado varias zonas con aptitud para la producción de café especiales, que pueden representar una oportunidad para ser competitivos en el mercado internacional (Coronel, 2010).

Café especial.- *es aquel producto que se distingue de los demás por sus particulares características de taza, de zonas de cultivo, de tecnología de producción y procesamiento, de ambiente biodiverso, de principios solidarios u otros aspectos, según la demanda o compromisos entre productores, industriales y consumidores (Cárdenas & Macías, 2004).*

Entre los café especiales se encuentran:

Café Gourmet: es un café fino, suave, de excelente aroma, sabor y acidez, y de mediano cuerpo. Es obtenido mediante un apropiado manejo de la plantación y del procesamiento poscosecha, por la vía húmeda (proceso en el cual la envoltura de la semilla se separan antes del secado, y se utiliza agua en el procesamiento del grano). Es calificado por las empresas importadoras directamente, que reconocen una “prima” en base de criterios de calidad física del grano y organoléptica de la bebida (COFENAC, 2009). Muchas zonas en el Ecuador actualmente ya están aprovechando su potencial para ser las más

aptas en la producción de cafés arábigos tipo Gourmet. Entre ellos: Pacto, Gualea, Mindo, Tandapi (Provincia de Pichincha), Pangua (Provincia de Cotopaxi), Caluma (Provincia de Bolívar), Pallatanga (Provincia de Chimborazo), Puyango, Chaguarpamba, Olmedo, Celica, Pindal, Quilanga y Vilcabamba (Provincia de Loja) (Duicela et., 2004).

Café Orgánico: obtenido en base de los estándares de producción y procesamiento orgánicos, internacionalmente reconocidos. Tiende a satisfacer a los exigentes mercados que demandan café de calidad, beneficiados por la vía húmeda. Se orienta a proteger la salud humana y promover los sistemas sostenibles de producción. Frecuentemente se acompaña de otras denominaciones como: café gourmet, café bajo sombra o café de mercado justo (COFENAC, 2009). En la producción de café orgánico se excluye el empleo de agroquímicos de síntesis. Se pueden utilizar biofertilizantes de estiércol u orina, abonos verdes, humus de lombriz, repelentes naturales, coberturas vegetales y otras prácticas ecológicas. En Ecuador, existen alrededor de mil fincas cafetaleras orgánicas certificadas las cuales se encuentran distribuidas dentro de las provincias de Manabí, Loja, El Oro, Zamora Chinchipe y Morona Santiago (Duicela et al., 2004).

Café bajo sombra: es un café orgánico certificado. El cafetal debe estar manejado bajo sistemas agroforestales de alta biodiversidad florística, con al menos diez especies de árboles (COFENAC, 2009). El café “bajo sombra” o “amigable con las aves” tiene como valor agregado la certificación de instituciones como la Alianza de la Selva (Rainforest Alliance) y el Instituto Smithsonian de las Aves Migratorias (SMBC) (Duicela et al., 2004). La Asociación Campesina Tierra Viva, de Manabí, tiene certificación Bird Friendly en 152 fincas cafetaleras de sus socios.

Cafés de mercado justo: los criterios de certificación, más que de tecnología, requiere de una organización de los pequeños productores, encaminado asegurar condiciones apropiadas para el trabajo y desarrollo social, por ejemplo: FAPECAFES (COFENAC, 2009).

Cafés de origen: son los cafés producidos en una región o localidad de alto valor histórico, social o ecológico (café Amazónico, café de Galápagos). Frecuentemente se asocia a una historia o leyenda conocida o difundida por la población, por ejemplo: café de Vilcabamba (COFENAC, 2009).

Café de conservación: se orienta a contribuir en la preservación de la biodiversidad. Se desarrollan en base de criterios ambientales y de estándares de calidad del producto acordados entre productores e importadores. El reconocimiento de la “prima” se fundamenta en el aporte de los agricultores por mantener sus cafetales con una alta biodiversidad florística y faunística, normalmente en zonas de protección como los corredores de biodiversidad. Puede ser adicionalmente certificado como orgánico, por ejemplo: Caxarumi-Podocarpus Coffe (COFENAC, 2009).

Cafés sociales: son aquellos producidos y procesados por organizaciones de agricultores que tienen alguna preferencia por ciertos segmentos del mercado de los cafés especiales. Los cafés étnicos se enmarcan dentro de los principios y criterios de los cafés sociales. Los cafés étnicos tienen, además, criterios de respeto a la cosmovisión étnica y su identidad cultural (COFENAC, 2009).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ✓ La adición de abono orgánico al suelo provocó mayores tasas de emisión de CO₂ que el fertilizante químico, posiblemente por la adición de Carbono orgánico y el aumento de la actividad microbiana del suelo.
- ✓ El tratamiento con mayores tasas de emisión, fue el tratamiento ORG 3, que mostró el valor máximo registrado de emisiones durante el estudio, en el mes de abril.
- ✓ El tratamiento testigo presenta tasas de emisión de CO₂ similares a las del tratamiento químico uno, esto puede deberse a que en ambos casos hubo menor actividad microbiana y no se adicionó carbono al suelo.
- ✓ La fertilización influyó en los registros de las tasas máximas de emisión de CO₂, ya que los resultados muestran mayores flujos de emisión en los meses cercanos a la fertilización.
- ✓ Los flujos de CO₂ pueden verse influenciados por los factores climatológicos ya que se registraron mayores emisiones en los meses de mayor temperatura y menores emisiones en los meses en que hubieron precipitaciones.
- ✓ El uso de fertilizantes en dosis y bajo condiciones apropiadas, no causan efectos perjudiciales para la salud de los productores ni de los consumidores.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios complementarios en diferentes tipos de cultivos y con diferentes prácticas de fertilización.
- ✓ Realizar mediciones de gases por períodos prolongados, no menores a un año que permitan establecer claramente el cambio de emisiones en la escala temporal.
- ✓ La toma de muestras de gases se debe realizar por períodos más continuos, por lo menos una vez a la semana durante un mes, para obtener datos más precisos de los flujos de emisión.
- ✓ Ser cuidadosos en el momento de la toma de muestras de los gases, especialmente con el tiempo entre una muestra y otra, para evitar la alteración en los datos.
- ✓ Adicionalmente a la toma de temperatura del suelo, se debe tomar datos de humedad del suelo, para determinar la influencia sobre los flujos de emisión.
- ✓ Considerar los resultados obtenidos para tomar decisiones en cuanto a las prácticas de fertilización química y orgánica en los suelos con cultivos de café

VII. BIBLIOGRAFÍA

ALBANITO F, SAUNDERS M, JONES M, 2009. Automated diffusion chambers to monitor diurnal and seasonal dynamics of the soil CO₂ concentration profile. *European Journal of Soil Science*. 60. 507 – 514.

ALIAGA J, VILLEGAS H, 2009. Cambio Climático, Desarrollo Económico y Energías Renovables: Estudio Exploratorio de América Latina. Proyecto Regional de Energía y Clima, Friedrich Ebert Stiftung.

ALTIERI M, 2006. Agroecología. Perspectivas para una agricultura biodiversa y sustentable. Universidad Técnica Particular de Loja. Primera Edición. Marzo. Pág. 8.

ALVAREZ J, 2006. Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. España.

ARANDA A, FERREIRA G, 2007. Emisiones de CO₂ generadas durante el cultivo tradicional y ecológico de la Vid. Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.

AYOUB A, 1999. Fertilizers and the environment. United Nations Environment Programme, P.O. Box 47074, Nairobi, Kenya. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 117–121. Kluwer Academic Publishers.

BELTRAN E, JARAMILLO J, 2007. Valoración económica ambiental del recurso hídrico y diseño de una propuesta para pago por servicio hídrico en la microcuenca “Shucos” del Cantón Loja.

BENITO J, 2010. Paquete Tecnológico de Manejo Integrado del Café. Ministerio de Agricultura. Perú.

BOOKINGBOX, 2012. Provincias del Ecuador. Información General. Loja. (Consultado el 23 de marzo del 2012). [En Línea]. Disponible en: <http://www.bookingbox.org.uk/ecuador/club-viaje-loja-informacion-general.html>

BRENTROP F, 2011. Fertilizantes: cómo producir más reduciendo el impacto sobre el medio ambiente. Mendoza económico. Economía. Disponible en: <http://www.mendozaeconomico.com/2011/07/12/fertilizantes-como-producir-mas-reduciendo-el-impacto-sobre-el-medio-ambiente/>

BRUUSELMA T, WITT C, GARCÍA F, LI S, RAO T, CHEN F, IVANOVA S, 2008. Marco Global de las Mejores Prácticas de Manejo (MPM) de los Fertilizantes. IPNI.

CABALLERO M, LOZANO S, ORTEGA B, 2007. Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: Una Perspectiva desde las Ciencias de la Tierra. México. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>

CÁCERES L, NÚÑEZ A, 2011. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático – Ecuador 2011. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

CANCELO M, DIAZ M, 2002. Emisiones de CO₂ y crecimiento económico en países de la UE. Universidad de Santiago de Compostela. Estudios Económicos de desarrollo internacional. AEEADE. Vol. 2, núm. 1.

CARDENAS F, MACIAS W, 2004. Cafés especiales: Tipos, productores y mercado internacional. Tesis de Economista en mención Finanzas. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

CARVAJAL M, MOTA C, ALCAZAR C, IGLESIAS M, MARTINEZ M, 2009. Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. España. Departamento de Nutrición Vegetal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas – Murcia.

CASTILLO J, RIBÓN L, BARREIRO I, PEREZ H, DOMÍNGUEZ J, 2011. Ruta de producción de fertilizantes sustentables hidrosolubles FHS y de liberación controlada FLC. Revista VIRTUALPRO – Procesos industriales. Bogotá – Colombia. ISSN 1900 – 6241.

CASTRO J, AMADOR M, 2006. Emisión de Gases de Efecto Invernadero y Agricultura Orgánica. San José – Costa Rica. CEDECO Agricultura Orgánica: Recuperando el Futuro.

CHIRINOS H, 2001. Fertilización del cafeto (*Coffea arabica*). Informaciones Agronómicas. INPOFOS (instituto de la potasa y el fosforo). Edición para México y norte de Centroamérica. Volumen 3.

COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional), 2001. El sector cafetalero ecuatoriano – Diagnóstico. Portoviejo.

COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional), 2011. Informe Técnico 2010. División Técnica. Portoviejo

COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional), INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), 2006. Plan de investigación y desarrollo tecnológico cafetalero con enfoque participativo 2006-2015. (Consejo Cafetalero Nacional).

COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional), 2009. "Los cafés especiales". (Consultado el 27 de febrero del 2012). [En Línea]. Disponible en: www.cofenac.org

COLQUE T, RODRÍGUEZ D, MUJICA A, CANAHUA A, APAZA V, JACOBSEN S, 2005. Producción de Biol Abono Líquido, Natural y Ecológico. Estación Experimental Illpa – Puno. Puno – Perú.

CORECAF (Corporación ecuatoriana de cafetaleros), 2012. Historia del café en el Ecuador. Consultado el 15 de enero del 2012. [En Línea]. Disponible en: <http://www.corecaf.org/interna.php?IDPAGINA=26&TIPOPAS=Tips>

CORONEL M, 2010. Estudio del café especial ecuatoriano. Fundación Universitaria Iberoamericana. Quito.

DELGADO P, LARCO A, GARCÍA C, ALCÍVAR R, CHILÁN W, PATIÑO M, 2002. Café en Ecuador. Manejo de la Broca del Fruto (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Informe de Terminación del Proyecto: Manejo Integrado de la Broca del Café. Asociación Nacional de Exportadores de Café (ANECAFE).

DUICELA L, CORRAL R, FARFÁN D, 2002. El clima en las zonas de producción de café arábigo del Ecuador. COFENAC. ELCAFÉ. NESTLE. PROMSA.

DUICELA L, CORRAL R, GUAMÁN J, 2005. Buenas Prácticas Agrícolas en la Caficultura Ecuatoriana. COFENAC (Consejo Nacional Cafetalero) – Solubles Instantáneos C.A.

DUICELA L, CORRAL R, FONTAINE M, KRUF T J, 2004. "Cafés Especiales del Ecuador".

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2002. Perspectivas para el Medio Ambiente. Agricultura y Medio Ambiente.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2002. Nutrición Humana en el Mundo en desarrollo. Capítulo 34. Mejoramiento de la calidad y seguridad de los alimentos. Departamento de Agricultura.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2010. Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos del uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor. Departamento de la Gestión de los Recursos Naturales y Medio Ambiente. Medio Ambiente (Cambio Climático), Bioenergía – Monitoreo y Evaluación. 34.

FAOCLIM 2, 2010. Environment, Climate, Change and Use Bioenergy Division. World – wide agroclimatic date. Enero/2010. (Consultado el 9 de febrero del 2012) [En línea] Disponible en: http://www.fao.org/nr/climpag/pub/EN1102_en.asp

FERREIRA O, 2008. Flujos de Gases de Efecto Invernadero, potencial de Calentamiento Global y evaluación de emergía del sistema agroforestal Quesungual en el Sur de Lempira, Honduras. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

FONT L, CALERO B, DEL CASTILLO A, VALENCIANO M, GUEVARA A, 2003. Efecto del Nitrógeno sobre el estado microbiológico de un suelo ferrítico rojo en un agroecosistema cítrica. Centro Agrícola. Año 30. N° 1. Enero-marzo. Instituto de Suelos. Dirección Provincial de Camaguey.

FUNDACIÓN MAQUITA CUSHUNCHIC, 2010. Fertilización Orgánica. Quito – Ecuador.

GER (Gran Enciclopedia Rialp), 1991. Abonos y Fertilizantes II Empleo. Consultado el 09 de enero del 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?id=3971&cat=biologia

GILANI S, BAHMANYAR M, 2008. Impact of Organic Amendments with and Without Mineral Fertilizers on Soil Microbial Respiration. *Journal of Applied Sciences*, 8: 642-647.

GÓMEZ J, SAMANIEGO J, ANTONISSEN M, 2008. Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos. CEPAL – Serie Medio Ambiente y desarrollo N° 137. Santiago de Chile.

GÓMEZ O, 2010. Guía para la innovación de la caficultura – De lo convencional a lo orgánico. San Salvador, El Salvador.

GUDYNAS E, GHIONE S, 2010. Agricultura y ganadería, biodiversidad, cambio climático: estrechamente vinculados. *Revista de agroecología – LEISA* 26 (4): 40 – 43. Lima.

ICO (Organización Internacional del Café), 2012. Estadísticas Comerciales. Consultado el 09 de enero del 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.ico.org/ES/trade_statistics.asp

ICO (Organización Internacional del Café), 2012. Botanical Aspects. Consultado el 09 de enero del 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.ico.org/botanical.asp>

IÑIGUEZ M, 1996. Fertilidad y fertilización del suelo; Universidad Técnica de Machala; Facultad de agronomía y Veterinaria; Escuela de Ingeniería Agronómica; Machala - Ecuador

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático), 2001. Cambio Climático 2001. Informe de Síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático), 2005. La Captación y el Almacenamiento de Dióxido de Carbono. Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático), 2007. Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis.

IRAÑETA J, SÁNCHEZ L, MALUMBRES A, 2010. Agricultura, Fertilización y Medio Ambiente. España. ITG Agrícola Noviembre – Diciembre. Navarra.

- IRAÑETA J, SANCHEZ L, MALUMBRES A, TORRECILLA J, DÍAZ E, 2011. Abonos minerales: tipos y usos. Agricultura, Fertilización y Medio Ambiente. ITG Agrícola. Navarra – España.
- JABRO J, SAINJU U, STEVENS W, EVANS R, 2007. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. Journal of environmental management. ELSEVIER.
- JONES S.K, REES R.M, SKIBA U.M, BALL B.C, 2005. Greenhouse gas emissions from a managed grassland. Global and Planetary Change 47 (2005) 201 – 211. ELSEVIER.
- KIDDER G, ESPINOZA L, 2000. Fertilidad de suelos y uso de fertilizantes: Un curso corto en cinco sesiones. Instituto de Ciencias Agrícolas y Alimentarias. Universidad de la Florida. Gainesville – Florida. U.S.A.
- KUZYAKOV Y, 2006. Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. Soil Biology & Biochemistry 38 (2006) 425–448. ELSEVIER.
- LOFTFIELD N, FLESSA H, AUGUSTIN J, BEESE F, 1997. Automated gas chromatographic system for rapid analysis of the atmospheric trace gases CH₄, CO₂ and N₂O. J Environ Quality 26: 560-564.
- LOZANO G, FRANCISCO J, 2007. Generación de Emisiones de CO₂ por Procesos Productivos, Transformación, Manufactura, Servicios y Transporte. Centro INNOVA para el Desarrollo Sostenible. Disponible en: <http://www.innovacenter.net>
- MARTIN-OLMEDO P, REES M, 1999. Short-term N availability in response to dissolved-organic-carbon from poultry manure, alone or in combination with cellulose. Biol. Fertil. Soils 29, 386– 393.
- MEIJIDE A, 2009. Factors Regulating Greenhouse Gases and Nitric oxide Emissions in Mediterranean Agrosystems. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- MENDOZA L, 2008. Manual de Lombricultura. Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chiapas. Secretaría de Educación Pública. México.

MIGNON S, MAXIM A, OPRUTA C, 2011. Soil Respiration in Mineral and Organic Fertilized Soils During Springtime in a Potato Field. *ProEnviroment*, 4: 234-237.

MONROIG M, 2011. Descripción Morfológica del Cafeto. *Ecos del Café*. (Consultado el 15 de enero del 2012). [En línea]. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id53.htm>

MORAN V, 2006. Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa procesadora de café orgánico tostado y molido en la Provincia De Manabí. Escuela Politécnica Nacional. Quito.

NACIONES UNIDAS, 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.

PENG Q, DONG Y, QI Y, XIAO S, HE Y, MA T, 2010. Effects of nitrogen fertilization on soil respiration in temperate grassland in Inner Mongolia, China. *Springer. Environ Earth Sci*. DOI 10.1007/s12665-010-0605-4.

PEREZ J, 2006 Metodologías para medir el Balance de Gases Invernadero. Chile. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile.

PÉREZGROVAS V, CELIS F, 2002. La crisis del café causas, consecuencias y estrategias de de respuesta. Conferencia electrónica del grupo Chorlaví. (Consultado el 08 de enero del 2012). [En línea]. Disponible en: <http://www.GrupoChorlavi.org/cafe>

RAPAL (Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina) URUGUAY, 2010. Contaminación y Eutrofización del Agua – Impactos del Modelo de agricultura industrial. Uruguay.

RITZ K, WHEATLEY E, GRIFFITHS S, 1997. Effects of animal manure application and crop plants upon size and activity of soil microbial biomass under organically grown spring barley. *Biol. Fertil. Soils* 24, 372– 377.

RODRIGUEZ A, 2007. Cambio Climático, Agua y Agricultura. COMUNICA. Edición N°1. II Etapa

SAMANIEGO J, GALINDO L, 2009. Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a combustibles fósiles y cemento en América Latina. Economía Informa. Núm. 360.

SANCHEZ J, 2008. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas - Conceptos Básicos – FERTITEC S.A.

SCHAUFLER G, KITZLER B, SCHINDLBACHER A, SKIBA U, SUTTON M, ZECHMEISTER-BOLTENSTERN S, 2010. Greenhouse gas emissions from European soils under different land use: effects of soil moisture and temperature. European Journal of Soil Science. 61. 683 – 696.

SMITH R & SMITH T, 2001 Ecología. Pearson Educación, S.A., Cuarta Edición. Madrid. Páginas 664.

SMITH K, BALL T, CONEN F, DOBBIE E, MASSHEDER J, REY A, 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. European Journal of soil science. 54: 779-791.

SNYDER C, BRUULSEMA T, JENSEN T, 2007. Mejores prácticas de manejo para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con el uso de los fertilizantes. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas.

TROPICOS, 2012. *Coffea arabica* var. *typica* (L.) Cramer. Missouri Botanical Garden (Consultado el 13 de enero del 2012) [En línea]. Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/100170257>

UREÑA D, 2009. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Aguacate. Centro Agrícola Cantonal de Torrazú.

VELÁSQUEZ H, 2008. Cartografía e Información de la fertilidad de los suelos del Ecuador. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Quito.

WILSON H, KAISI M, 2007. Crop rotation and nitrogen fertilization effect on soil CO₂ emissions in central Iowa. Applied Soil Ecology 39. 264-270. ELSEIVER.

VIII. ANEXOS

FASE DE CAMPO



Selección del área de estudio. (Plantas 1 año de edad)



Delimitación de parcelas de café



Etiquetado de plantas para la investigación



Fertilización del cultivo de café



Plantas de café fertilizadas con abono orgánico



Instalación de cámaras cerradas para la toma de emisiones de CO₂



Cámara cerrada para toma de emisiones de CO₂



Toma de Emisiones de CO₂



Toma de la Temperatura del Suelo en las Parcelas de Estudio

FASE DE LABORATORIO



Cromatografo de Gases



Cromatografo de Gases



Pesaje de fertilizantes



Pesaje de fertilizantes