

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“INFLUENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA EMISIÓN
DE DIÓXIDO DE CARBONO DE LA POBLACIÓN
BACTERIANA DEL SUELO AGRÍCOLA EN HUANCÁN -
JUNÍN”**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
CÉSAR DEYVIS TORRES ROJAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

HUANCAYO-PERÚ

2015

**“INFLUENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA
EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO DE LA
POBLACIÓN BACTERIANA DEL SUELO AGRÍCOLA
EN HUANCÁN - JUNÍN”**

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a:

- A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y por darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos.
- A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Alas Peruanas, por acogerme como Alma Mater en mi formación profesional.

A mis padres, quienes dieron todo por sacarme adelante, que estaré agradecido eternamente de ellos.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Caracterización de la Realidad Problemática	17
1.2. Formulación del Problema	18
1.2.1. Problema General	18
1.2.2. Problemas Específicos	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo General.....	19
1.3.2. Objetivos Específicos	19
1.4. Justificación	19
1.5. Importancia	20
1.6. Limitaciones	20
CAPÍTULO II	21
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21

2.1. Marco Referencial.....	21
2.1.1. Antecedentes de la Investigación.....	21
2.1.2. Referencias Históricas.....	23
2.2. Marco Legal.....	25
2.3. Marco Conceptual.....	26
2.4. Marco Teórico.....	28
2.4.1. El Suelo.....	28
2.4.1.1. Perfil del Suelo.....	28
2.4.1.2. Composición del Suelo.....	30
2.4.1.3. Propiedades del Suelo.....	32
2.4.1.4. Clasificación de Suelos.....	36
2.4.1.5. Materia Orgánica del Suelo.....	38
2.4.1.6. Microbiología del Suelo.....	44
2.4.1.7. Bacterias del Suelo.....	48
2.4.1.8. La Respiración del Suelo.....	49
2.4.1.9. Alteraciones del Suelo.....	54
2.4.2. Agricultura.....	56
2.4.2.1. Tipos de Agricultura Alternativa:.....	56
2.4.3. El CO ₂ atmosférico.....	62
2.4.3.1. Sumideros de Carbono.....	65
2.4.3.2. La fotosíntesis.....	66
2.4.3.3. Fijación de Carbono en Plantas C ₃ , C ₄ y CAM.....	68
2.4.3.4. Efecto de los Estrés Ambientales Sobre la Fijación de CO ₂ ...	70
2.4.3.5. Calentamiento Global.....	72

2.4.3.6. Los Ciclos Biogeoquímicos	73
2.4.3.7. Ciclo del Carbono	73
CAPÍTULO III	75
3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	75
3.1. Metodología	75
3.1.1. Método	75
3.1.1.1. Lugar de Estudio.....	75
3.1.1.2. Medición de la Respiración del Suelo	76
3.1.1.3. Determinación de la Materia Orgánica del Suelo.....	79
3.1.1.4. Determinación de la Humedad del Suelo.....	80
3.1.2. Tipo de la Investigación.....	83
3.1.3. Nivel de la Investigación.....	83
3.2. Diseño de la Investigación	83
3.3. Hipótesis de la Investigación.....	84
3.3.1. Hipótesis General.....	84
3.3.2. Hipótesis Específicas	84
3.4. Variables	84
3.4.1. Variable Independiente.....	84
3.4.2. Variable Dependiente	84
3.5. Cobertura del Estudio.	84
3.5.1. Universo	84
3.5.2. Población.....	85
3.5.3. Muestra	85
3.5.3.1. Muestreo	85

3.5.3.2. Preparación de la Muestra	86
3.6. Técnicas e Instrumentos	90
3.6.1. Técnicas de la Investigación	90
3.6.2. Instrumentos de la Investigación	90
3.7. Procesamiento Estadístico de la Información.	90
3.7.1. Estadísticos	90
3.7.2. Representación	90
3.7.3. Técnica de Comprobación de la Hipótesis	90
CAPITULO IV	91
4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	91
4.1. Resultados	91
4.1.1. Datos de las Corridas Experimentales para el blanco	91
4.1.2. Datos de las Corridas Experimentales con tratamientos	92
4.1.3. Comparación de Resultados	99
4.1.4. Relación de Parámetros de Medición	105
4.2. Discusión de Resultados	108
4.3. Contrastación de Hipótesis	109
4.3.1. Análisis de Anova	109
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 % de Componentes del suelo	32
Tabla 2.2 Valores Observados de Microorganismos en el Suelo.....	45
Tabla 2.3 Algunas Diferencias entre Plantas C3, C4 y CAM	69
Tabla 3.1 Ubicación del Lugar de Estudio.....	75
Tabla 3.2 Esquema de la distribución de las parcelas	83
Tabla 4.1 Datos de Respiración, pH y Humedad del Suelo Muestra Blanco	91
Tabla 4.2 Datos de Población Bacteriana y Concentración de Carbono en el Blanco.....	92
Tabla 4.3 Datos de Temperatura en Diferentes Profundidades	92
Tabla 4.4 Concentración de Carbono (%).....	93
Tabla 4.5 Población Bacteriana	94
Tabla 4.6 Humedad del Suelo (%)	95
Tabla 4.7 pH del Suelo.....	96
Tabla 4.8 Temperatura °C del Suelo.....	97
Tabla 4.9 Temperatura °C Promedio del Suelo.....	97
Tabla 4.10 Respiración del Suelo mg.C.CO ₂ /Kg.....	98
Tabla 4.11 Concentración de Carbono (%) Promedio.....	99
Tabla 4.12 Población Bacteriana Promedio	100
Tabla 4.13 Humedad del Suelo Promedio	101
Tabla 4.14 pH del Suelo Promedio	102
Tabla 4.15 Temperatura del Suelo Promedio.....	103
Tabla 4.16 Respiración del Suelo Promedio	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Horizontes del Suelo	29
Figura 2.2 Composición de las clases texturales de suelos usada por la FAO (Arena, 2-0,05 mm; limo, 0,05-0,002 mm; arcilla, menos de 0,002 mm).....	33
Figura 2.3 Composición Elemental del Vegetal.....	41
Figura 2.4 Ciclo del Carbono.....	64
Figura 2.5 Esquema de la Fotosíntesis.....	67
Figura 3.1 Esquema del Sistema para la Captura de C-CO ₂ , de la Muestra de Suelo.....	77
Figura 4.1 Concentración de Carbono	93
Figura 4.2 Población Bacteriana	94
Figura 4.3 Humedad del Suelo (%).....	95
Figura 4.4 pH del Suelo	96
Figura 4.5 Temperatura °C Promedio del Suelo	98
Figura 4.6 Respiración del Suelo mg.C.CO ₂ /Kg.....	99
Figura 4.7 Comparación de Concentración de Carbono (%) Promedio	100
Figura 4.8 Comparación de la Población Bacteriana Promedio	101
Figura 4.9 Comparación de la Humedad del Suelo Promedio	102
Figura 4.10 Comparación del pH del Suelo Promedio	103
Figura 4.11 Comparación de la Temperatura del Suelo Promedio	103
Figura 4.12 Comparación de la Respiración del Suelo Promedio	104
Figura 4.13 Relación de Respiración y Concentración de Carbono en E1	105
Figura 4.14 Relación de Respiración y Concentración de Carbono en E2	105
Figura 4.15 Relación de Respiración y Población Bacteriana en E1	106
Figura 4.16 Relación de Respiración y Población Bacteriana en E2	106
Figura 4.17 Relación de Respiración y la Humedad en E1	107
Figura 4.18 Relación de Respiración y la Humedad en E2.....	107
Figura 4.19 Interval Plot of E1 Conc. De ; E1 Respiraci.....	110
Figura 4.20 Interval Plot of E2 Conc. De ; E2 Respiraci.....	112

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AR:	Informe de Evaluación
CH ₄ :	Metano
CO ₂ :	Dióxido de carbono
E/A:	Emisiones/absorciones netas de CO ₂
EF:	Factor de emisión
GAEZ:	Zonas Agroecológicas Mundiales
GEZ:	Zonas Ecológicas Globales
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
IE:	Informe de Evaluación
IEA:	Agencia Internacional de la Energía
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IPCC:	Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático
MODIS:	Espectroradiómetro de Imágenes de Media Resolución
N ₂ O:	Óxido nitroso
NAD:	Diferencia de Área Neta
NAMAs:	Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación
QA/QC:	Aseguramiento de la Calidad/Control de Calidad

RESUMEN

La temperatura terrestre se ha incrementado en los últimos años, debido al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero como el CO₂, siendo el suelo una importante fuente de emisión según estudios realizados, es importante brindar mayor atención al proceso.

El proyecto de investigación tuvo como objetivo principal determinar la influencia de la Materia Orgánica y la variación del tiempo en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola en Huancán – Junín, para ello se analizaron parámetros como la población bacteriana del suelo a través de diluciones, Humedad gravimétrica del suelo, Temperatura del suelo, Concentración de carbono, pH del suelo y la respiración del suelo según la metodología de la incubación – titulación.

Se realizó la caracterización del suelo agrícola del Anexo de Auray distrito de Huancán, obteniendo los siguientes resultados pH 7,49 conductividad eléctrica 0,93 dS/m, CaCO₃ 2,70 %, materia orgánica 2,46% fósforo 43,3 ppm, potasio 505 ppm, suma de cationes 15,04; suma de bases 15,04 y clase de textura franco arenoso. El efecto de la materia orgánica en función de la concentración de carbono en los tratamientos E1 con estiércol de vacuno fueron de 8,15; 8,04; 8,38; 8,40 y 8,44 según los tiempos de monitoreo en comparación con el tratamiento E2 que resultaron 9,51; 9,36; 9,74; 9,77 y 9,71, de los dos tratamientos en E2 contiene mayor concentración de Carbono y respecto a la relación respiración se obtiene una relación lineal con la ecuación $y=0,9907x+7,6602$ y una correlación lineal de 0,9035 y con respecto a E2 se obtiene una relación lineal con la ecuación $y=1,855x-4,6$ y una correlación lineal de 0,597.

El efecto de la variación del tiempo respecto al crecimiento del rabanito y la población bacterias no tiene mucha variación en los tratamientos que se realizaron los valores fluctúan de un mínimo 1,90 hasta 2,57 aumentando y disminuyendo relativamente según va transcurriendo el tiempo que necesita para el desarrollo de la planeación que se realizó. La variación de la emisión de CO₂ está relacionado con la respiración del suelo el cual se obtuvo en el tratamiento E1 con estiércol de

vacuno los siguientes resultados de la concentración de 15,68; 15,67; 15,93; 16,07 y 15,99 mg.C.CO₂/Kg, mientras que en tratamiento E2 con estiércol de ovino se obtuvo los siguientes resultados 13,13; 12,69; 13,11; 13,49 y 13,81 mg.C.CO₂/Kg.

ABSTRACT

The earth's temperature has increased in recent years due to increased concentration of greenhouse gases such as CO₂, the ground being a major source of emissions according to studies, it is important to give more attention to the process.

The research project's main objective was to determine the influence of the organic matter and the time variation in the emission of carbon dioxide from the bacterial population of the agricultural land in Huancán - Junin, for that parameters such as soil bacterial population analyzed dare dilution, gravimetric soil moisture, soil temperature, carbon concentration, soil pH and soil respiration according to the methodology of incubation - degree.

Agricultural soil characterization of Annex Auray Huancán district was held with the following results pH 7,49; electrical conductivity. 0,93 dS/m, CaCO₃ 2,70%, organic matter 2,46%; phosphorus 43,3 ppm, 505 ppm potassium, cations sum of 15,04; base amount 15,04 and kind of sandy loam.

The effect of organic matter according to the carbon concentration in the treatments with cow manure E1 were 8,15; 8,04; 8,38; 8,40 and 8,44 times as compared with monitoring E2 treatment were 9,51; 9,36; 9,74; 9,77 and 9,71, of the two treatments in E2 contains higher concentration of carbon and regarding the relationship breathing a linear relationship with the equation $y = 7,6602 + 0,9907x$ and a linear correlation of 0,9035 is obtained and E2 with respect to a linear relationship with the equation $y = 1,855x - 4,6$ and a linear correlation of 0,597 is obtained.

The effect of varying the time for growth of the bacteria population radish and not much variation in the treatments carried out the minimum values fluctuate from 1,90 to 2,57 as relatively increasing and decreasing the time you will need trascurriendo for development planning it held. The variation of CO₂ emissions is related to soil respiration which was obtained in the treatment of cattle manure E1 with the following results of the concentration of 15,68; 15,67; 15,93; 16,07 and 15,99 mg.C.CO₂ / Kg, whereas treatment with sheep manure E2 The following results were obtained 13,13; 12,69; 13,11; 13,49 and 13,81 mg.C.CO₂/kg.

INTRODUCCIÓN

La temperatura media de la atmosfera terrestre se ha incrementado en medio grado centígrados en los últimos treinta años debido al efecto invernadero inducido, que es ocasionado por el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI). Durante las tres últimas décadas las concentraciones de los principales GEI, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄), han aumentado su concentración un 80%.

Las principales fuentes de emisión de CO₂ a la atmosfera son de origen natural y antropogénica. La agricultura es una de las principales actividades emisoras de gases de efecto invernadero. Según datos del (IPCC, 2008) el sector agrícola emitió el 13,5 % de total de GEI. La zona central del Perú, en especial el valle del río Mantaro, es netamente agrícola y constituye el espacio agrícola más amplio de la sierra del Perú. Se estima que en la parte baja se cultivan entre 40 mil a 70 mil ha (Gobierno Regional de Junín, 2013), es por ello que surge la necesidad de conocer las emisiones de CO₂ producida por la agricultura del valle del río Mantaro. Para ello se determinó el objetivo de determinar la influencia de la materia orgánica y variación del tiempo en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo agrícola en Huancán – Junín, durante la campaña Agrícola 2013-2014; para poder resolver nuestro problema se planteó una hipótesis general que consiste en que existe que la materia orgánica y la variación del tiempo no influye significativamente en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo agrícola en Huancán – Junín.

La importancia que tiene este proyecto de investigación es comprender mejor la respiración del suelo pero en condiciones del Valle del Mantaro pero exclusivamente en un suelo agrícola, ya que este valle se caracteriza por tener grandes hectáreas destinadas a la agricultura. En el suelo el CO₂ se produce fundamentalmente a través del metabolismo de los microorganismos y de las raíces de las plantas, siendo la descomposición microbiana de compuestos orgánicos el proceso más importante que lo genera. Durante la

descomposición una parte del carbono es devuelto a la atmosfera en forma de CO₂, mientras que otra se transforma en otros compuestos más sencillos o se almacena en las propias estructuras microbianas.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización de la Realidad Problemática

El efecto invernadero es un fenómeno natural causado por el diferente comportamiento de los componentes de la atmosfera frente la radiación solar y la radiación terrestre. La atmosfera es muy transparente a la radiación de onda corta, pero en cambio presenta bandas de absorción muy amplias de radiación de onda larga. De esta manera, la radiación solar puede atravesar la atmosfera sin sufrir grandes atenuaciones, y la radiación terrestre (de onda larga) es absorbida en cantidades muy considerables por los gases de efecto invernadero.

En la actualidad existe un consenso social y científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global debido a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Durante las tres últimas décadas las concentraciones de los principales GEI, dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4), han aumentado su concentración un 80% (IPCC, 2006).

La emisión de CO₂ se da de manera natural y antropogénica. Las actividades del hombre están causando un incremento del CO₂ al quemar combustibles fósiles, cambio de uso de suelo y por la agricultura. La agricultura es una de las principales actividades emisoras de gases de efecto invernadero. Según datos del IPCC del 2006, el sector agrícola emitió el 14% de total de GEI. El cambio de uso de suelo y la agricultura causan la alteración de los suelos provocando un impacto sobre el ciclo del carbono, aumentando las tasas de descomposición de la fracción orgánica creando así un flujo de CO₂ a la atmosfera.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la influencia de la Materia Orgánica y la variación del tiempo en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola en Huancán - Junín?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las características físicas del suelo agrícola de Huancán Junín?
- ¿Cómo la Materia Orgánica influirá en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán - Junín?
- ¿Cuál es la influencia de la variación del tiempo en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán - Junín?
- ¿Cuánto es la variación de la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán - Junín?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la Materia Orgánica y la variación del tiempo en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola en Huancán - Junín

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar físicamente el suelo agrícola de Huancán Junín
- Determinar el efecto de la Materia Orgánica en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán – Junín.
- Determinar el efecto de la variación del tiempo en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán – Junín.
- Calcular la variación de la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán – Junín.

1.4. Justificación

Los GEI es una problemática a nivel mundial, durante las tres últimas décadas las concentraciones de los principales GEI, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄), han aumentado su concentración. La humanidad está ya manipulando la biosfera terrestre a escala global y la influencia de esta modificación en la concentración de CO₂ es importante. El efecto sobre el ciclo del carbono de las intervenciones realizadas hasta el momento no ha sido tenido en cuenta, a pesar de que la mayor parte de esas intervenciones han provocado la disminución de carbono en diferentes reservorios de los ecosistemas terrestres. En particular, la biomasa forestal y la materia orgánica del suelo han sido las reservas más afectadas por el cambio de uso del suelo y la transformación agrícola. Sin embargo, esta disminución del carbono terrestre sugiere la oportunidad de que a través de

un correcto manejo se pueda incrementar en el futuro el carbono de los ecosistemas terrestres y esta posibilidad está siendo ya contemplada en las recomendaciones actuales del IPCC que indican que las prácticas de reforestación y a forestación (plantación de nuevos bosques en tierras donde históricamente no los había habido) serán claves para paliar el incremento del CO₂ atmosférico. Por consiguiente, es importante examinar en qué medida varían los flujos de carbono y la capacidad de los diferentes suelos para emitir o actuar como sumideros de CO₂.

1.5. Importancia

La dinámica de los ecosistemas terrestres depende de las interacciones entre diversos ciclos biogeoquímicos. La transferencia de carbono (tanto de CO₂ como de carbono orgánico e inorgánico) entre la biosfera, litosfera, océanos y atmosfera, constituye el ciclo de carbono y depende de las interrelaciones entre una serie de sumideros, fuentes que opera a corto como a largo plazo de tiempo.

La importancia del presente proyecto de investigación es incrementar el conocimiento sobre los suelos agrícolas alto andinos en el contexto del cambio climático, principalmente las emanaciones de CO₂ producidos por la agricultura, ya que son pocos los estudios realizados.

1.6. Limitaciones

El proyecto de investigación presentara una limitación temporal, por las condiciones climáticas adversas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes de la Investigación

El Trabajo realizado por el Dr. José Sanz Sánchez – España (2010); es una investigación sobre el Balance de gases de efecto Invernadero en Sistemas Agrícolas, en el Proyecto de Investigación Determinaron la capacidad de secuestro de carbono, la dinámica temporal de los flujos de CO₂ para poder determinar la capacidad de fijación de Carbono en tierras cultivadas, sistemas Forestales y en pastos.

El trabajo realizado por Eduardo Martínez H. y colaboradores – Chile (2008); es una Investigación sobre el Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo, en el cual determinaron el carbono orgánico del suelo y la importancia que tiene este. Llegando a la conclusión que el suelo e su importante compartimiento del ciclo global del carbono además el suelo puede actuar como fuente o reservorio de C hacia la atmosfera.

El trabajo realizado por José Rafael Vásquez Polo y colaboradores – Colombia (2011); es una investigación sobre las formas de carbono orgánico en suelos con diferentes usos en el departamento del Magdalena, en cual evaluaron los contenidos y algunas formas de carbono orgánico del suelo (COS). Llegando a la conclusión que los contenidos de C total no presentaron diferencias estadísticamente significativas, en este caso los valores asilaron entre 0,7 y 2%, siendo menores en suelos de bosque.

El cambio climático viene hacer uno de los principales problemas ambientales del mundo debido al incremento de las concentraciones de GEI. Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄).

Sin embargo, se ha comprobado que el CO₂ es responsable de más del 50% del calentamiento global. Las posibles consecuencias de este calentamiento han sido mencionadas por diferentes organismos internacionales entre los que se destaca el Panel Intergubernamental de Consejo Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), (IPCC, 2008). Las principales fuentes de emisión de CO₂ a la atmosfera son de origen natural y antropogénica. La agricultura es una de las principales actividades emisoras de gases de efecto invernadero. Según datos del (IPCC, 2008) el sector agrícola emitió el 13,5 % de total de GEI. La zona central del Perú, en especial el valle del río Mantaro, es netamente agrícola y constituye el espacio agrícola más amplio de la sierra del Perú. Se estima que en la parte baja se cultivan entre 40 mil a 70 mil ha (Gobierno Regional de Junín, 2013), es por ello que surge la necesidad de conocer las emisiones de CO₂ producida por la agrícolas del valle del río Mantaro.

2.1.2. Referencias Históricas

El incremento en la atmósfera de los llamados gases de invernadero (GHG) y el consecuente cambio climático tendrán efectos importantes en el siglo XXI. Si bien los escenarios exactos todavía son inciertos, son de esperar serios efectos negativos aunque se esperan también algunos efectos positivos por lo que es esencial que sean tomadas un cierto número de medidas para reducir las emisiones de gases de invernadero y para incrementar su captura en los suelos y en la biomasa.

La toma de acción para la captura de carbono bajo el Protocolo de Kyoto u otro tratado postKyoto no solo estimulará cambios importantes en el manejo del suelo sino que también, por medio de un incremento en el contenido de materia orgánica tendrá efectos significativos directos en sus propiedades y un impacto positivo sobre las cualidades ambientales o agrícolas y sobre la biodiversidad. Las consecuencias incluirán una mayor fertilidad del suelo y productividad de la tierra para la producción de alimentos y para la seguridad alimentaria. Esta herramienta económica también hará que las prácticas agrícolas sean más sostenibles y ayudará a prevenir o mitigar la degradación de los recursos de la tierra.

Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO₂. Históricamente se han notado grandes variaciones. Houghton (1995) estima que las emisiones correspondientes al cambio de uso de la tierra - deforestación e incremento del pastoreo y de las tierras cultivadas- fueron cerca de 140 Pg entre 1850 y 1990 (de 0,4 Pg/año en 1850 a 1,7 Pg/año en 1990), con una liberación neta hacia la atmósfera de 25 Pg de carbono. De acuerdo con IPCC (2000), la pérdida histórica

de los suelos agrícolas fue de 50 Pg de carbono en el último medio siglo, lo cual representa un tercio de la pérdida total del suelo y la vegetación. En el pasado, el desarrollo de la agricultura fue la principal causa del incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, pero hoy día, los mayores contribuyentes son la combustión de los combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte (6,5 Pg/año). Un hecho importante, es que mientras la deforestación de muchas áreas tropicales produce emisiones de carbono estimadas en 1,5 Pg/año, al mismo tiempo se produce una acumulación en los ecosistemas terrestres de 1,8 a 2 Pg/año. Esto representa lo que es conocido como el carbono faltante en el ciclo: un sumidero que podría estar situado principalmente en la parte norte del hemisferio norte (Schindler, 1999). Los principales factores que actúan sobre la evolución de la materia orgánica conciernen la vegetación -ingreso de residuos, composición de las plantas, los factores climáticos condiciones de temperatura y humedad y las propiedades del suelo textura, contenido y mineralogía de la arcilla, acidez. Otros factores relacionados con la fertilización del suelo (N, P o S) o con el riego, tienen efecto sobre la producción de las plantas y por lo tanto sobre el contenido de materia orgánica. La tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo depende sobre todo de la temperatura y de la disponibilidad de oxígeno drenaje, el uso de la tierra, los sistemas de cultivo, el manejo del suelo y de los cultivos (Lal et al., 1995). En un tipo de suelo dado expuesto a prácticas constantes, se alcanza un casi equilibrio situación estable de la materia orgánica del suelo después de 30 a 50 años (Greenland, 1995). En el contexto del combate del calentamiento global y del Protocolo de Kyoto, un punto importante es cómo crear en los suelos agrícolas de todo el mundo un sumidero de carbono bien cuantificado. Tal captura de carbono será relevante para los

artículos 3.3 y 3.4 del Protocolo y también tendrá efectos positivos adicionales para la agricultura, el ambiente y la biodiversidad.

2.2. Marco Legal

Según DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA CONSIDERANDO: Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país; Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;

Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas; así como referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental; Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley

de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), que deberán contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo; Que, la Política Nacional del Ambiente, aprobada mediante

Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, consigna entre los Lineamientos de Política del Eje 2: Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, referidos al control integrado de la contaminación, el de contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad del aire, agua y suelo; Que, mediante Resolución Ministerial N° 225-2012- MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el Período 2012-2013, estando programada la elaboración del ECA para Suelo; Que, asimismo, la Agenda Nacional de Acción Ambiental – Agenda Ambiente 2013-2014, aprobada por Resolución Ministerial N° 026-2013-MINAM, establece en su Objetivo 9 – Prevenir y Disminuir la Contaminación de los Suelos, la aprobación e implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, por el Ministerio del Ambiente;

2.3. Marco Conceptual

- **Agroecosistema:** También conocido como sistema agrícola puede ser resumido como un ecosistema que se encuentra sometido a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos, por el hombre. Estas modificaciones que son introducidas por el ser humano, se puede decir que afectan prácticamente todos los procesos en los que interviene la ecología, y abarcan desde el comportamiento de los individuos tanto de la flora como la fauna, y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía.

- **Calentamiento Global:** Elevación gradual de la temperatura en el planeta como consecuencia del incremento del dióxido de carbono y otros gases de efecto de invernadero en la atmósfera.
- **Ciclo del Carbono:** Serie sucesiva de procesos de transición del carbono entre los organismos y el medio ambiente que contribuyen al mantenimiento de las constantes atmosféricas y climáticas necesarias para la vida en la Tierra.
- **Degradación de los Suelos:** Reducción o pérdida de la productividad y complejidad biológica, física, química y agroeconómica de los suelos, como consecuencia de los procesos naturales o de las actividades humanas.
- **Efecto de Invernadero:** Aumento de la temperatura de la tierra debido al incremento de las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y otros gases.
- **Gases de Efecto Invernadero:** Gases que se producen en forma natural o como resultado de la acción antrópica y que contribuyen a producir el calentamiento atmosférico, tales como dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, ozono y clorofluorocarbonos.
- **Materia Orgánica:** Conjunto de materiales vegetales y animales total o parcialmente descompuestos por la acción de los microorganismos presentes en el suelo.
- **Materia Inorgánica:** Sustancias de origen mineral cuya estructura no está constituida principalmente por el carbono.
- **Microorganismos:** Organismos microscópicos, tales como virus, bacterias, hongos y protozoos que pueden resultar perjudiciales o beneficiosos al hombre, según el caso.
- **Suelo Agrícola:** Suelo cuyas características permiten únicamente la explotación agro-silvo-pastoril.

- **Superficie Agrícola:** Zona dedicada a la agricultura, con viveros, semilleros o sembrados, de forma temporal o permanente, que comprende la superficie no cultivada.
- **Rizósfera:** Consta de la superficie de la raíz en la cual se da una gran actividad microbiana.

2.4. Marco Teórico

2.4.1. El Suelo

El Suelo es un manto continuo sobre la superficie de todos los continentes excepto sobre montañas muy abruptas, sobre los hielos y glaciares. Sus características cambian, ya sea en profundidad, en color, en composición y en contenido de nutrientes (Antonio & Cecilia, 2000). El suelo proporciona sostén y permite el crecimiento de las plantas. (UNESCO, 1988).

2.4.1.1. Perfil del Suelo

Los componentes del suelo maduro están dispuestos en una serie de zonas denominadas horizontes edáficos o perfil. Estos Horizontes nos indican el grado de desarrollo del suelo, cada uno de ellos tiene distinta textura y composición, que varían en los diferentes tipos de suelo. La mayor parte de los suelos maduros poseen al menos tres de los horizontes posibles, pero algunos suelos nuevos o pocos desarrollados carecen de ellos. Se pueden identificar dos grupos de Horizontes: Orgánicos y Minerales.

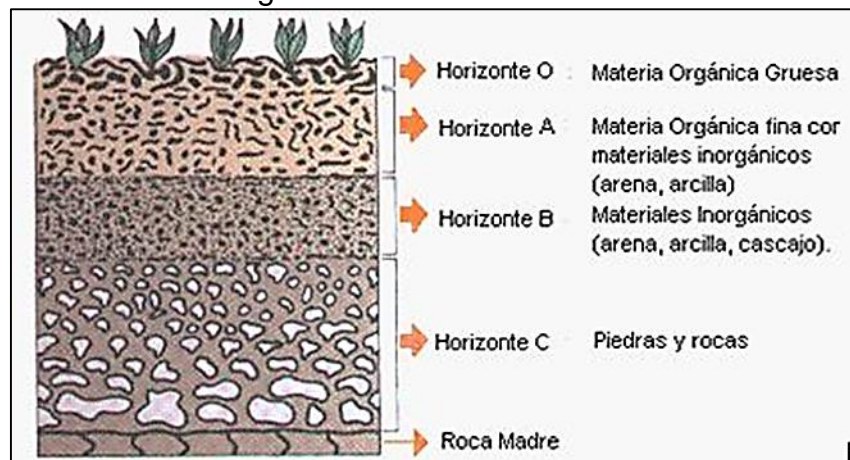
El suelo está formado por cinco componentes principales: minerales, agua, aire, materia orgánica y seres vivos, cuya proporción no es la misma en todos los suelos.

El aire y el agua juntos representan alrededor de la mitad del volumen del suelo. El agua se mueve por acción de la gravedad atravesando

los poros más grandes y una parte es retenida por interacciones con los otros constituyentes inertes, siendo aprovechada por los organismos vivos sólo una fracción de la misma.

La aireación y la humedad están interrelacionadas, ya que los poros que no contienen agua están llenos de gas. La atmósfera subterránea es diferente de la superficial porque tiene menos O_2 y comúnmente de diez a cien veces más CO_2 debido a la actividad biológica (Fenchel, 2000). Un corte vertical del suelo revela el perfil definido por las capas horizontales:

Figura 2.1 Horizontes del Suelo



Fuente: Brack y Mendiola, Ecología del Perú, 2000.

- **Horizonte O:** Son horizontes donde predomina el material orgánico en un espesor grueso o delgado, de restos orgánicos en descomposición. Algunos están saturados con agua durante largos períodos de tiempo o bien estuvieron saturados pero en la actualidad se encuentran drenados artificialmente; otros nunca han estado saturados por agua. (Gisbert & Ibáñez, 2001)
- **Horizonte A:** En este horizonte ha desaparecido algunos constituyentes inorgánicos durante el largo período de formación del suelo pero más o menos rico en materia orgánica,

que contiene las raíces, unos pequeños animales y la mayoría de los microorganismos. (Alexander M. , Introducción a la Microbiología del Suelo, 1980).

- **Horizonte B:** En este horizonte se depositan algunos componentes provenientes de las capas superiores, con poca materia orgánica, algunas raíces y escasos microorganismos. (Acevedo, Porta, & Roquero, 2003)
- **Horizonte C:** Es un estrato de composición semejante al material original, donde hay pocas formas de vida. (Alexander M. , Introducción a la Microbiología del Suelo, 1980).
- **Horizonte R:** Constituye ya sedimento duro que es conocido como la roca madre. (Acevedo, Porta, & Roquero, 2003)
- **Horizonte W:** En este horizonte se encuentra presencia de agua subterránea. (Gisbert & Ibáñez, 2001)

El suelo presenta una gran heterogeneidad, pues está dividido en una multitud de microambientes cuyas las condiciones suelen ser muy diferentes unas de otras, lo que explica por ejemplo la presencia de bacterias y actinobacterias neutrófilas y/o alcalófilas en suelos ácidos, o desnitrificantes en suelos bien aireados (Dommergues & Mangenot, 1970).

2.4.1.2. Composición del Suelo

El suelo se forma por la descomposición de rocas a lo largo de millones de años. La descomposición física ocurre por la acción del sol, viento, agua y las raíces de las plantas .La descomposición química es causada por el ácido carbónico diluido formado por la disolución del dióxido de carbono (CO₂) del aire en el agua de lluvia, por ácidos orgánicos formados al descomponerse animales muertos y plantas. Los fragmentos de roca descompuestos son los minerales.

Además de ellos, el suelo contiene materia orgánica, organismos vivos, aire y agua.(Dalzell, 1991).

El suelo constituye un recurso natural de gran importancia, que desempeña funciones en la superficie terrestre como reactor natural y hábitat de organismos, así como soporte de infraestructura y fuente de materiales no renovables.

El suelo en su conjunto puede ser considerado como un sistema formado por tres fases que pueden distinguirse unas de otras por los componentes que las constituyen.

a) Fase sólida:

La fase sólida está formada por la mezcla de los compuestos orgánicos y minerales, es la más abundante en términos cuantitativos y la que menos varía en su constitución. Esa fase sólida da al suelo unas características determinadas que normalmente son las que lo definen y que se verán más adelante al describir la composición del suelo y su evolución.

b) Fase Líquida:

La fase líquida está formada por agua. Su cantidad es variable tanto a lo largo del tiempo como por las diversos condicionantes geográficos y climáticos. De esta fase dependen una serie de factores fundamentales del suelo como pueden ser: la disolución, el transporte de nutrientes, la erosión, etc. El agua es necesaria tanto para la vida de las plantas como de los microorganismos del suelo.

c) Fase Gaseosa:

La fase gaseosa del suelo está constituida por aire que se encuentra retenido en los poros del suelo, al igual que el agua. La cantidad de estos poros y sus características depende de la composición de los elementos que forman la fase sólida. Así en los suelos arcillosos, la cantidad de poros será del 5 - 10%, en los suelos francos del 10 -

25% y en los arenosos del 30 - 40%. Esta fase gaseosa es también indispensable tanto para la respiración de las raíces de las plantas como para los tipos de microorganismos del suelo. Así los microorganismos aerobios se encontrarán en la parte superior del suelo donde tienen aire suficiente para poder sobrevivir; mientras que los anaerobios se situarán en profundidad donde la cantidad de aire es muy pequeña o no existe. (Florez, 2009)

El volumen de cada una de estas fases del suelo varía a lo largo del tiempo y también en cada lugar, dependiendo de las cambiantes condiciones climatológicas y de las condiciones geográficas. En un suelo franco, en buenas condiciones para el desarrollo de las plantas pueden considerarse las siguientes proporciones:

Tabla 2.1 % de Componentes del suelo

Componente del Suelo	% en Volumen
Materia Mineral	45
Materia Orgánica	5
Agua	25
Aire	25

Fuente: Dalzell, Manejo del Suelo, 1991

Los volúmenes del agua y del aire guardan una relación inversamente proporcional; cuando aumenta el volumen de aire descende el de agua y a la inversa. En un suelo equilibrado el contenido en aire y en agua del suelo son iguales o tienen valores cercanos uno del otro.

2.4.1.3. Propiedades del Suelo

a) Propiedades Físicas:

Las propiedades físicas del suelo son la textura, estructura, densidad, profundidad, porosidad, consistencia, temperatura y color.

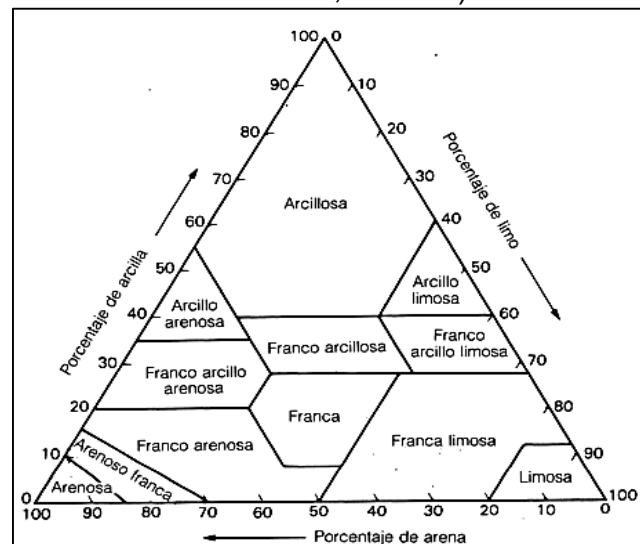
Estas propiedades determinan la disponibilidad de oxígeno y la movilidad del agua a través del suelo (Donahue & Shickluma, 1993).

- **Textura**

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

El triángulo de textura de suelos según la FAO se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2,0 mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso con 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas. Cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales (FAO, 2014).

Figura 2.2 Composición de las clases texturales de suelos usada por la FAO. (Arena, 2-0,05 mm; limo, 0,05-0,002 mm; arcilla, menos de 0,002 mm)



Fuente: FAO, 2014.

- **Color**

El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato (FAO, 2014).

- **Densidad**

Mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso por volumen del suelo. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. La densidad real, de las partículas densas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en general está alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas. (FAO, 2014).

- **Profundidad**

La definición original del solum se denominaba como la capa superficial del suelo (horizonte A) junto con el subsuelo (E y B). El horizonte C se definía como estratos con poca formación edafogénica. De este modo la profundidad efectiva del suelo fue considerada como la espesura del suelo. Sin embargo, la presencia de raíces y la actividad biológica que frecuenta a menudo en horizonte C realza la importancia de incluir este horizonte en la definición de profundidad del suelo. En la práctica

los estudios con levantamiento de suelos utilizan límites de profundidad arbitrarios (200 cm) (FAO, 2014).

- **Porosidad**

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2014).

- b) **Propiedades Químicas:**

- **Capacidad de Intercambio Catiónico**

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmolc/kg o meq/ 100g (FAO, 2014).

- **El pH del Suelo**

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5. (FAO, 2014).

- **Conductividad Eléctrica**

La conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La determinación de la conductividad eléctrica es por lo tanto una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelo.

2.4.1.4. Clasificación de Suelos

Para garantizar el buen uso de los suelos se han clasificado las tierras del Perú según su capacidad de uso mayor. Esta categoría representa la más alta abstracción del Sistema, agrupa a las tierras de acuerdo a su máxima vocación de uso, es decir, a tierras que presentan características y cualidades similares en cuanto a su aptitud natural para la producción sostenible, de cultivos en limpio,

cultivos permanentes, pastos, producción forestal, las que no reúnen estas condiciones son consideradas tierras de protección. El grupo de capacidad de uso mayor es determinado mediante el uso de las claves de las zonas de vida (MINAG, 2014)

Se han establecido cinco grupos o clases de capacidad de uso mayor:

- **Clase A: Tierras Aptas para Cultivo en Limpio**

Reúne a las tierras que presentan características climáticas, de relieve y edáficas para la producción de cultivos en limpio que demandan remociones o araduras periódicas y continuadas del suelo. Estas tierras, debido a sus características ecológicas, también pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección en concordancia a las políticas e interés social del Estado y privado sin contravenir los principios del uso sostenible.

- **Clase C: Tierras Aptas para Cultivo Permanente**

Reúne a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para la producción de cultivos que requieren la remoción periódica y continuada del suelo (cultivos en limpio), pero permiten la producción de cultivos permanentes, ya sean arbustivos o arbóreos (frutales principalmente). Estas tierras, también pueden destinarse, a otras alternativas de uso ya sea producción de pastos, producción forestal, protección en concordancia a las políticas e interés social del Estado, y privado, sin contravenir los principios del uso sostenible.

- **Clase P: Tierras Aptas para Pastos**

Reúne a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, ni permanentes, pero si para la producción de pastos naturales o cultivados que permitan el pastoreo continuado o temporal, sin

deterioro de la capacidad productivo del recurso suelo. Estas tierras según su condición ecológica (zona de vida), podrán destinarse también para producción forestal o protección cuando así convenga, en concordancia a las políticas e interés social del Estado, y privado, sin contravenir los principios del uso sostenible.

- **Clase F: Tierras Aptas para la producción Forestal**

Agrupar a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, permanentes en pastos, pero, si para la producción de especies forestales maderables. Estas tierras, también pueden destinarse, a la producción forestal no maderable o protección cuando así convenga, en concordancia a las políticas e interés social del estado, y privado, sin contravenir los principios del uso sostenible.

- **Clase F: Tierras Aptas para la Protección**

Están constituidas por tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve mínimas requeridas para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes, pastos o producción forestal. En este sentido, las limitaciones o impedimentos tan severos de orden climático, edáficas y de relieve determinan que estas tierras sean declaradas de protección.

2.4.1.5. Materia Orgánica del Suelo

Los suelos del mundo contienen aproximadamente el doble de la cantidad de carbono que se encuentra en toda la vegetación del planeta. Por lo tanto, la materia orgánica del suelo tiene un rol decisivo en el balance global del carbono, el cual es considerado el

factor más influyente en el calentamiento global o efecto invernadero.

La materia orgánica del suelo puede ser definida en dos sentidos:

- a) Materia Orgánica en sentido general:** involucra micro y meso-organismos que habitan el suelo, raíces de las plantas, todo material proveniente de organismos muertos y sus productos de transformación, descomposición y resíntesis sobre y en el suelo.
- b) Materia orgánica en sentido restringido:** excluye de la definición anterior la biomasa del suelo (organismos vivos y raíces).

La materia orgánica, considerada como una mezcla compleja y variada de sustancias orgánicas, desempeña un importante papel en los suelos agrícolas. A pesar de que la misma constituye solo una pequeña fracción de la mayoría de los suelos, es un componente dinámico que ejerce una influencia dominante en muchas propiedades y procesos del suelo. Frecuentemente un efecto lleva a otro, de modo que de la adición de materia orgánica a los suelos, resulta una cadena compleja de múltiples beneficios.

A) Composición de la Materia Orgánica del Suelo

La materia orgánica del suelo (MOS) comprende una acumulación de materiales vegetales y restos animales parcialmente desintegrados junto con otros compuestos orgánicos sintetizados por los microorganismos edáficos.

La calidad del carbono de los sustratos del suelo puede condicionar las tasas de descomposición. Así, estas tasas de descomposición pueden verse incrementadas hasta 10 veces en un determinado clima por diferencias en la calidad del sustrato. Por ejemplo, las carcasas de los animales se descomponen más rápidamente que las plantas, y las hojas más rápidamente que la madera, a su vez, las

hojas de vegetación caduca tienen una tasa de descomposición mayor que las de hoja perenne. Tanto la calidad como la edad de la materia orgánica del suelo influyen en la velocidad de la descomposición. Conforme los residuos presentes se descomponen, la tasa decae porque los microorganismos consumen primero los sustratos más lábiles, dejando progresivamente más componentes recalcitrantes en el resto. A través de la fragmentación y estas alteraciones químicas, dichos residuos se convierten en MOS. Conforme los microbios mueren, la quitina y otras sustancias recalcitrantes procedentes de su pared celular pasan a formar parte del mantillo aumentando su proporción y produciendo compuestos húmicos recalcitrantes. La descomposición de la materia orgánica aumenta en respuesta a la adición de nitrógeno, principalmente cuando la materia orgánica consiste en carbono lábil.

La MOS, a grandes rasgos, tiene un tiempo de residencia de 20 a 50 años, aunque puede variar de 1 a 2 en suelos cultivados a cientos de años en ambientes de lenta descomposición.

En la rizosfera, microambiente formado por la interacción entre raíces de las plantas y microorganismos del suelo, la descomposición es más rápida ya que las raíces secretan carbohidratos y absorben nutrientes, por lo que el proceso se acelera. El crecimiento de los microorganismos en la zona de exudación se facilita por la disponibilidad de carbono. La descomposición de la rizósfera, a su vez, se produce más rápido en suelos con bajos niveles de lignina.

La comparación del stock de carbono en suelos bajo uso agrícola y forestal ha mostrado, generalmente, que los suelos forestales contienen más carbono que los suelos agrícolas (Lettens, 2005).

Entre las actividades que pueden afectar a la capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo es la aplicación de residuos

orgánicos en los suelos agrícolas, aumentando a la vez el nivel de materia orgánica (Lal, 2004).

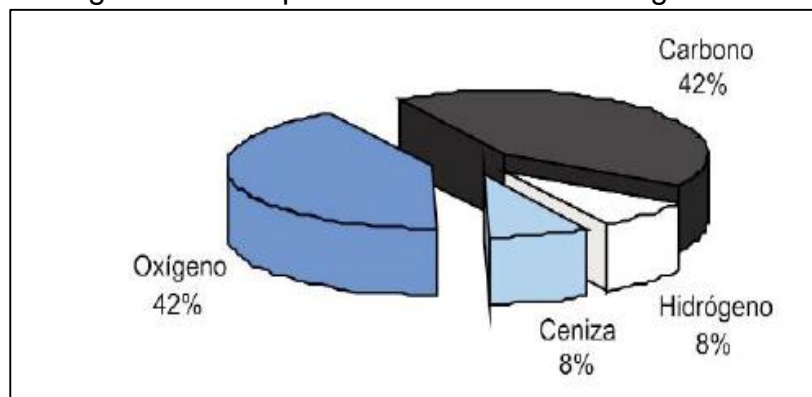
La intensificación del uso agrícola de la tierra modifica algunas características de la fertilidad nativa del suelo, principalmente la disminución de materia orgánica (Álvarez & Martínez, 1997).

B) Composición de los Residuos de las Plantas

Los tejidos de las plantas verdes están constituidos en su mayor parte por agua, el contenido de humedad varía de 60 a 90%, siendo 75% un valor típico. Si estos tejidos se secan, quitándoles toda el agua, el análisis de la materia seca que queda muestra que, en base a peso, la mayor parte (al menos 90 a 95 %) está constituida por carbono, oxígeno e hidrógeno.

Las plantas obtienen estos elementos a partir del dióxido de carbono y el agua, mediante la fotosíntesis. Si la materia seca de las plantas se quema (oxida), estos elementos se transforman nuevamente en dióxido de carbono y agua. Por supuesto, en la combustión también se formará algo de cenizas y humo, lo que es responsable del 5 a 10% restante de la materia seca.

Figura 2.3 Composición Elemental del Vegetal



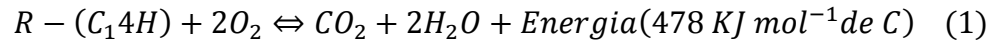
Fuente: Agr. Roberto Corbella, Materia Orgánica del Suelo, 2007.

C) Transformación de la Materia Orgánica

- **Medio Aeróbico**

La descomposición: un proceso de oxidación. En un suelo bien aireado todos los compuestos que se encuentran en los residuos vegetales son sujetos a oxidación.

Debido a que la fracción orgánica de los materiales vegetales está mayormente compuesta por carbono e hidrógeno, la oxidación de los compuestos orgánicos en el suelo puede representarse como:



Oxidación Enzimática

En esta reacción general están involucradas muchas etapas intermedias y está asociada a reacciones laterales importantes, que involucran a otros elementos distintos del carbono y el hidrógeno. Aún más, esta reacción básica es responsable de la mayor parte de la descomposición de la materia orgánica en el suelo, como también del consumo de oxígeno y liberación de CO₂.

En medios aeróbicos se producen tres reacciones fundamentales que son:

Los compuestos carbonados son oxidados por enzimas para producir: CO₂, H₂O, energía y biomasa de los organismos descomponedores.

Los nutrientes esenciales (N, P, y S) son liberados y/o inmovilizados por una serie de reacciones específicas que son exclusivas para cada elemento.

Se forman compuestos muy resistentes a la acción microbiana (por modificación de los compuestos presentes en el tejido original o por síntesis microbiana).

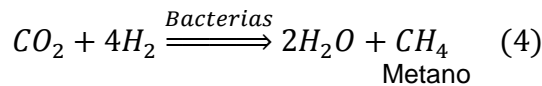
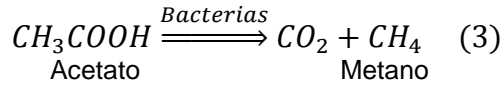
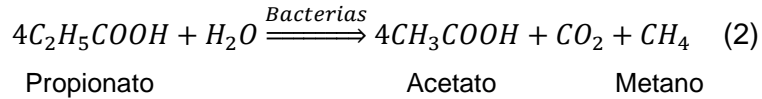
En este tipo de medio es de esperar la formación de un horizonte genético O.

- **Medio Anaeróbico**

Cuando los poros del suelo llenos de agua impiden la difusión del O₂ desde la atmósfera hacia el suelo, la provisión de oxígeno puede agotarse. Los organismos aeróbicos no pueden funcionar sin oxígeno suficiente, por lo que los organismos anaeróbicos o facultativos se vuelven dominantes. En condiciones de poco oxígeno, o anaeróbicas, la descomposición se produce mucho más lentamente que cuando el oxígeno es abundante. Por esto los suelos mojados, anaeróbicos, tienden a acumular grandes cantidades de materia orgánica parcialmente descompuesta.

Los productos de la descomposición anaeróbica incluyen una amplia variedad de compuestos orgánicos parcialmente oxidados, como ácidos orgánicos, alcoholes y gas metano. La descomposición anaeróbica libera relativamente poca energía para los organismos involucrados, por lo que los productos finales aún contienen mucha energía (por esta razón el alcohol y el metano pueden servir como combustibles). Algunos de los productos de la descomposición anaeróbica causan preocupación, porque dan olores pestilentes o inhiben el crecimiento vegetal.

Las siguientes son reacciones típicas, producidas por diferentes bacterias metanogénicas en los suelos mojados:



2.4.1.6. Microbiología del Suelo

Los microorganismos del suelo son los componentes más importantes y constituyen su parte viva, son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo del suelo. Entre los microorganismos presentes están bacterias, actinomicetos y hongos (Alexander & Jon, 2013). Entre las funciones más importantes que cumplen asociadamente en los procesos de transformación están:

- Suministro directo de nutrientes (fijación de nitrógeno).
- Transformación de compuestos orgánicos que la planta no puede tomar a formas inorgánicas que si pueden ser asimiladas (mineralización); como proteínas hasta aminoácidos y nitratos.
- Solubilización de compuestos inorgánicos (fosfato tri-cálcico a fosfato mono-cálcico) para facilitar la absorción por las plantas.
- Cambios químicos en compuestos inorgánicos debido a procesos de oxidación y reducción.
- Aumento del desarrollo radicular en la planta que mejora la asimilación de nutrientes, la capacidad de campo y el desarrollo.

Los microorganismos cumplen su actividad en la superficie del suelo hasta unos 20 centímetros de profundidad , estos se debe a que permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus (fracción

coloidal) y a las raíces de las plantas que les suministran sustancias orgánicas, que sirven de alimento y estimulación en su reproducción (Delgado, 2005). Por lo tanto, mientras algunos microorganismos actúan sobre un substrato, otros se desarrollan en los productos de la transformación. La población microbiana es la que proporciona nutrientes de forma permanente para que el suelo sea fértil y pueda alcanzar un balance que permita el desarrollo ambiental.

A continuación se presentan algunos de los grupos funcionales utilizados en el análisis de la calidad microbiológica del suelo, con los valores normales de las poblaciones en suelos productivos y fértiles.

Tabla 2.2 Valores Observados de Microorganismos en el Suelo

Oxidación Enzimática	UFC X 1000/g de suelo
Bacterias	1000 – 100 000
Actinomicetos	100 – 10 000
Hongos	1 - 100

(Alexander & Jon, Introducción a la microbiología del suelo, 2013)

a) **Comunidad Microbiana**

La actividad enzimática del suelo depende de la composición de la comunidad de microorganismos que lo habita y de la naturaleza del suelo. Se considera que entre el 80 y 90% de los procesos que ocurren en los suelos, son reacciones mediadas por los microorganismos (Nannipieri, et al., 2003). Los microorganismos han sido descritos como el motor de los ecosistemas terrestres (Killham, 1994), dado su papel en la mineralización y transformación de la materia orgánica, además de influir directamente en el metabolismo de las plantas, ya que también fijan nitrógeno, producen metabolitos, actúan como controladores biológicos e inclusive pueden descomponer

productos tóxicos (Azevedo, Biodiversidade Microbiana e Potencial Biotecnológico, 1998), también ayudan a mantener la estructura del suelo, ya que actúan como agentes cementantes que estabilizan los agregados del mismo (Elliott, Lynch, & Papendick, 1996). Es por ello que la biomasa microbiana toma un papel crítico en todos los ecosistemas naturales y manipulados por el hombre. Algunas prácticas agrícolas pueden producir alteraciones críticas en la comunidad microbiana del suelo. Una de estas prácticas es el uso de excesivos fertilizantes inorgánicos y pesticidas que causan cambios en las densidades de hongos y bacterias, la supresión o la promoción del crecimiento, pérdida de la diversidad y o función de la comunidad microbiana (Heilmann, Lebuhn, & Beese, 1995). En cuanto a las prácticas agrícolas que influyen positivamente en el mantenimiento de la calidad de los suelos, tenemos el uso de la materia orgánica, la cual mejora las diversas propiedades del suelo como la capacidad de intercambio catiónico, retención del agua y estructura del suelo, pero el aporte probablemente es el desarrollo y promoción de una gran actividad biológica (Felipe-Morales, 2002).

Ya se ha visto anteriormente que los animales afectan fuertemente a la descomposición cambiando la estructura del suelo y fragmentándolo, pero también la composición de la comunidad bacteriana es importante por la producción enzimática, afectando por tanto a la velocidad a la que los sustratos son degradados. La celulosa es el constituyente más abundante del residuo vegetal, y para degradarla se necesitan diferentes tipos de sistemas enzimáticos (Clark & PAUL, 1996).

Según el consorcio microbiano se ganará energía para realizar una descomposición más efectiva.

La degradación de la lignina se realiza solo por algunos organismos, principalmente hongos, que producen los enzimas necesarios, y solo cuando otras sustancias no lábiles no están disponibles. Por ello se trata de un proceso mucho más lento.

A su vez, el ritmo al que el CO₂ del suelo se transfiere a la atmósfera está controlado por:

- La tasa de producción de CO₂ del suelo (la respiración del suelo).
- La fuerza del gradiente de concentración entre el suelo y la atmósfera.
- Las propiedades del suelo.

La actividad microbiana es regulada por las características físicas y químicas del suelo, por la composición de los materiales orgánicos y por la naturaleza de la comunidad microbiana (Alexander, 1980). Algunas prácticas agrícolas pueden producir alteraciones críticas en la comunidad microbiana del suelo. Una de estas prácticas es el uso de excesivos fertilizantes inorgánicos y pesticidas que causan cambios en las densidades de hongos y bacterias, la supresión o la promoción del crecimiento, pérdida de la diversidad y o función de la comunidad microbiana (Girvan, Bullimore, Pretty, Osborn, & Ball, 2003).

Las tasas medias de respiración varían entre los diferentes biomas. Las tasas más bajas se encuentran en los biomas más fríos y secos (tundras y desiertos), y las mayores ocurren en los

bosques húmedos tropicales, donde la temperatura y la disponibilidad de humedad son altas todo el año.

2.4.1.7. Bacterias del Suelo

Son los microorganismos más abundantes y pequeños (0,1 a 1 micras). Las bacterias del suelo pueden ser aerobias estrictas, anaerobias facultativas, microaerófilas o anaerobias estrictas); pueden tolerar pH ácido (acidófilas), pH básico (basófilas). Superan en número y en tipos a todos los microorganismos del suelo (Delgado, 2005). Las bacterias del suelo se encuentran formando colonias alrededor de partículas que se las considera como fuentes de energía. Algunas bacterias pueden producir esporas como forma de resistencia y sobrevivencia a las condiciones desfavorables para su desarrollo. La riqueza en biodiversidad se presenta en las bacterias que incluyen un número elevado de especies. Las bacterias que se encuentran de forma abundante en el suelo son pequeños bastones de morfología variable. La proporción de bacterias Gram positivas en el suelo no es elevada ya que predominan en número las bacterias Gram negativas (Atlas, 2001).

Entre los géneros más frecuentes de bacterias del suelo se encuentran *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus* (formadoras de esporas que sobreviven en un rango de pH de 2 a 8 y poseen una habilidad de degradar compuestos químicos orgánicos), *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Celullomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Xanthomonas*. Entre las principales poblaciones de bacterias fotos autótroficas se encuentran los géneros de cianobacterias *Anabaena*, *Catohrix*, *Chroococcus*, *Cylindrospermum*, *Lyngbya*, *Microcoleus*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Phormidium*,

Plectonema, *Schizotrix*, *Scytonema* y *Tolypothrix*. Las bacterias de la especie *Azotobacter* son importantes heterótrofos de vida libre, que puede fijar el nitrógeno atmosférico. Algunas especies anaerobias de *Clostridium* también pueden fijar nitrógeno del suelo; *Rhizobium* es una especie de crecimiento lento, también fijan nitrógeno atmosférico dentro de nódulos de determinadas plantas (Atlas, 2001). Las bacterias nitrificantes también se encuentran en la microbiología del suelo, en especial del género *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* (Alexander, 1980). Del género *Nostoc*, aportan tanto nitrógeno como carbono orgánico en algunos hábitats del suelo (Burges, 1971). Otras bacterias tienen la capacidad de solubilizar compuestos ricos en fósforo, que no están disponibles para las plantas, mediante su actividad fisiológica de secretar ácidos orgánicos y enzimas denominadas fosfatasas, por lo que proporciona la liberación de fósforo para que las plantas puedan aprovecharlo (Ferrea & Alarcón, 2001). El género *Bradyrhizobium* es un género bacteriano del suelo que tiene la capacidad de solubilizar compuestos de fósforo inorgánico, como también la capacidad para fijar nitrógeno. Por su taxonomía, algunas bacterias que se encuentran en el suelo, son las bacterias globiformes, como el género *Arthrobacter*, en la familia *Corynebacteriaceae*, especies que descomponen la celulosa al igual que las bacterias del género *Cellulomonas*. Las *Arthrobacter* y *Nocardia* son bacterias del tipo corniformes colonizan una gran variedad de micro ambientes. En el suelo, también se encuentran en menor proporción las bacterias del género *Beijerinckia*, *Dexia*, *Azomonas*, y otros (Burgues, 1971).

2.4.1.8. La Respiración del Suelo

El suelo desempeña un importante papel en el ciclo del C y puede representar una fuente importante de CO₂ y de otros gases

invernadero a la atmosfera. La cantidad total e C que contiene el suelo son dos a tres veces superior al del CO₂ atmosférico. En el suelo, este gas se produce, fundamentalmente a través del metabolismo de la micro flora y de las raíces de las plantas, siendo la descomposición microbiana e compuestos orgánicos el proceso más importante que lo genera. Durante la descomposición de la materia orgánica una parte del C es devuelto a la atmosfera en forma de CO₂, mientras que otra se transforma en otros compuestos más sencillos o se almacena en las propias estructuras microbianas.

La descomposición terrestre es un proceso de degradación fisicoquímica de la materia orgánica del suelo (MOS) proveniente de restos de plantas, animales y material microbiano. Durante la descomposición de la materia orgánica, el carbono orgánico del suelo (COS) es convertido a CO₂ a través de la respiración de los microorganismos del suelo (Veennendaal, 2004). El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera (FAO, 2009). Los suelos contienen más C que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera (Swift, 2001). El carbono en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica (Jackson, 1964) a. La cantidad total de C orgánico almacenada en los suelos ha sido estimada por diversos métodos

El dióxido de carbono generado se almacena en el espacio poroso del suelo y se va liberando, en mayor o menor medida, desde la superficie del suelo hacia la atmosfera mediante un proceso de difusión entre zonas del suelo con diferente concentración. Este proceso de descomposición de la MOS está controlado por una serie de factores:

- Condiciones climáticas del suelo: temperatura, humedad
- Propiedades del suelo, como pH, contenido de arcillas.
- Alteraciones del suelo.
- Características de la comunidad microbiana.
- Calidad y cantidad del material orgánico.

Por tanto, las consecuencias de la descomposición son, por un lado, la mineralización de la materia orgánica, por lo que se producen compuestos inorgánicos (nutrientes minerales, agua y dióxido de carbono), por otro lado la transformación de materia orgánica en componentes orgánicos recalcitrantes y, por último, la emisión de dióxido de carbono. Los microorganismos del suelo conducen la biodegradación de la materia orgánica y constituyen un importante reservorio lábil de C, N y P (Raviña & Acea, 1993).

a) Procesos que Intervienen en la Respiración del Suelo

Los principales procesos que influyen en la descomposición de la materia orgánica son la lixiviación, la fragmentación y la alteración química.

La lixiviación es el proceso físico por el que los minerales y compuestos orgánicos de menor tamaño se disuelven en el agua y se mueven a través de los diferentes perfiles del suelo. Este proceso produce pérdidas importantes de nutrientes y en menor medida de carbono orgánico, y son mayores en ambientes lluviosos, y despreciables en ambientes secos.

La fragmentación del suelo crea nuevas superficies para la colonización microbiana y aumenta la proporción de la cantidad de residuos que quedan accesibles al ataque. Los detritos frescos se encuentran normalmente protegidos por diferentes materiales, como

la corteza de lignina en vegetales y los exoesqueletos animales. Los mayores responsables de la fragmentación en ecosistemas naturales son los distintos animales vertebrados e invertebrados del suelo.

Por último, en la alteración química cabe mencionar los principales agentes que la producen, que son los hongos, las bacterias y los animales propios del suelo, que componen la micro fauna (ej. protozoos y amebas), la meso fauna (de 0,1 a 2 mm de medida) y la macro fauna (ej. gusanos y termitas). Gran parte de la descomposición ocurre cerca de la superficie del suelo.

b) Factores que Controlan la Descomposición

- **Temperatura del Suelo**

A escala global, la respiración del suelo está influenciada por las temperaturas y precipitaciones medias anuales, y la interacción entre estas dos variables (Raich, 1992).

La temperatura del suelo es uno de los factores que tiene mayor importancia sobre el crecimiento y la supervivencia de los microorganismos edáficos. Así, a medida que se eleva la temperatura se aceleran las reacciones químicas y enzimáticas, por lo que el crecimiento y el metabolismo de la biomasa serán más rápidos en general. Por tanto, un aumento en la temperatura del suelo incrementa la tasa de mineralización con el siguiente descenso de las reservas de carbono orgánico del suelo.

La temperatura afecta a la descomposición directamente promoviendo la actividad microbiana e indirectamente alterando la humedad del suelo y la calidad de los inputs de materia orgánica. La actividad microbiana del suelo normalmente responde de manera exponencial a la temperatura duplicando, aproximadamente, la actividad por cada 10 grados de incremento

(Sinclair, 1992). Además, los procesos de congelación y deshielo estimulan la descomposición por rotura física de los agregados del suelo. Los estudios de campo que se han realizado para investigar estas relaciones normalmente relacionan la variación diaria y/o estacional de la respiración con las variaciones de la temperatura.

- **Humedad del Suelo**

El contenido de agua del suelo es otra importante variable para predecir la descomposición de la materia orgánica y la formación de gases de efecto invernadero asociada a ella. La sequía en el suelo limita la actividad fisiológica de los microorganismos y la difusión de nutrientes en el espacio poroso del suelo (Harrys, 1981). De forma general puede indicarse que la actividad metabólica disminuye en el suelo cuanto este se seca por debajo de un determinado límite, y que cuando hay un exceso de agua la actividad metabólica también desciende debido a la sustitución de las poblaciones aeróbicas por anaerobios facultativos/obligados y a la limitación de la difusión del oxígeno (Rodrigo, 1997).

La relación entre agua del suelo y procesos microbianos es compleja, ya que las características de los suelos van a afectar de manera importante a los distintos procesos físicos (movimiento de agua, difusión de gases, difusión de solutos, supervivencia y movimiento del micro biota).

En general, la acumulación de carbono es mayor en suelos muy húmedos ya que la descomposición está restringida por altos valores de humedad. Tanto los organismos descomponedores como las plantas son más productivos bajo condiciones de

humedad intermedias, donde cuentan con disponibilidad de suficiente oxígeno. La tasa de descomposición generalmente decae a valores menores de 30 a 50% de humedad del suelo (Haynes, 1986), debido a una reducción en el espesor de las películas de humedad sobre la superficie del suelo y, por tanto, una disminución en la velocidad de difusión de los sustratos a los microbios.

En zonas áridas, la actividad microbiana esta frecuentemente limitada por la humedad (Austin, 2004), por lo que la tasa de mineralización está ligada a los pulsos de precipitación y entrada de materia orgánica; las sequias periódicas resultan en biomasa microbiana muerta que sirve a su vez de reservorio y dejan disponibles nutrientes para las plantas u otros organismos.

Episodios de cambios en la humedad, como pueden ser tormentas, o la formación y evaporación del rocío, pueden influir en la descomposición, estimulándola si los ciclos son infrecuentes. Por el contrario, si estos episodios se repiten asiduamente, la población de microorganismos del suelo se reduce (por agotamiento de oxígeno), por lo que la velocidad de descomposición también. Una periodicidad baja de cambios en la humedad tiende a su vez a estimular la descomposición de sustratos lábiles (ej. hemicelulosa), retardando la descomposición de materiales recalcitrantes como la lignina.

2.4.1.9. Alteraciones del Suelo

Los cambios en el suelo promueven la descomposición aireando y exponiendo nuevas superficies al ataque microbiano. El mecanismo de alteración se produce a diferentes escalas, desde el movimiento de gusanos hasta la labranza de suelos agrícolas. La ruptura de los

agregados del suelo deja la materia orgánica expuesta al oxígeno y la colonización microbiana.

La conversión de tierras forestales y pastos a superficie arable ha supuesto una pérdida significativa del carbono orgánico previamente almacenado en el suelo y una liberación a la atmósfera de CO₂. Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Reicosky, 2002). La pérdida de material húmico de los suelos cultivados es superior a la tasa de formación de humus de suelos no perturbados por lo que el suelo, bajo condiciones de cultivo convencionales, es una fuente de CO₂ para la atmósfera (Johnson, 1995). Existen prácticas agronómicas que favorecen la captura de C en el suelo (West & Post, 2002). La labranza de conservación (Lal, 1997), que incluye a la cero labranza, es un sistema de manejo de suelos que tiene una alta capacidad potencial para secuestrar C en el suelo (Rasmussen & Parton, 1994). El carbono orgánico del suelo, COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: calidad (Carter, 2002), sustentabilidad (Martinez, Valle, Silva, & Acevedo, 2004) y capacidad productiva (Sanchez, et al., 2004) por lo que en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o aumentarse. Sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es complejo (Moreno, Orioli, Bonadeo, & Marzari, 1999).

En las últimas décadas se ha demostrado que determinadas prácticas agrícolas pueden ayudar en gran medida a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. El laboreo de conservación es una práctica con un impacto beneficioso en la fijación de carbono, una de las prácticas agronómicas más

representativa dentro de la agricultura de conservación es la siembra directa, en ella la supresión de las labores mecánicas sobre el suelo es total. La inversión del suelo por la acción del laboreo altera las condiciones microclimáticas del suelo modificando la temperatura y el contenido de humedad e incrementando la capacidad de aireación. Por tanto, el laboreo crea mejores condiciones para la actividad de los microorganismos heterótrofos causantes de la descomposición del carbono orgánico del suelo, además, es causa principal de la rotura de los agregados del suelo por lo que se libera el carbono orgánico que estaba protegido del ataque de los microorganismos.

2.4.2. Agricultura

La agricultura es el manejo del suelo para producir alimentos y plantas útiles para las industrias de la alimentación y del vestido. Es una de las actividades más importantes para la economía de un país, y el mejorar las técnicas de producción y las condiciones humanas del agricultor constituye una de las constantes preocupaciones de los gobiernos. El mayor rendimiento de las tierras se encuentra íntimamente relacionado con las características del suelo, el nivel de agua freática y el clima. (Rodríguez, 1993)

En América Latina se destina aproximadamente un 35% de todo el espacio territorial a la agricultura. La población mundial crece cada año por 80 millones de habitantes; significa que la producción agrícola tiene que ser aumentada año por año.

2.4.2.1. Tipos de Agricultura Alternativa:

a) Agricultura Biológica

Claude Aubert inició esta agricultura. Ella considera que todos los seres vivos de una granja (cultivos y animales) están regidos por las leyes de la vida y se encuentran interrelacionados con los demás componentes del medio, como el suelo, los microorganismos y el ser

humano; todos ellos integran los ciclos biológicos presentes en los sistemas agrarios. En la agricultura biológica las principales consideraciones son:

- Prácticas de labranza que tienen como fin permitir la aireación y la percolación del agua empleando los arados de cincel de chuzo, los subsoladores y las herramientas manuales. Se rechaza el arado de vertedera porque invierte el orden natural de las capas del suelo.
- Reciclaje de materiales, para ello se emplean la compostación y los abonos verdes, aplicados en capas delgadas junto con minerales naturales y cenizas.
- Manejo de los principios de rotación y asociación de cultivos.
- En el manejo de plagas y enfermedades, se aplican insecticidas vegetales elaborados con preparados de plantas y mediante el control biológico.

b) Agricultura Organica

Se desarrolló a partir del trabajo de Sir Albert Howard, agrónomo inglés, quien interesado por los saberes campesinos, hacia 1919 emigró a la India, en donde aprendió los principios de la compostación, fundamentales en la agricultura de dicha sociedad.

En esta técnica, se aprovecha la materia orgánica como elemento nutricional básico para el suelo y la planta.

En la agricultura orgánica, además del ciclaje de nutrientes, son importantes la asociación de cultivos (especialmente con leguminosas) y la interacción entre animales y cultivos.

c) Agricultura Ecologica

La agricultura ecológica busca el equilibrio entre el rendimiento productivo (de cultivos y animales) y la estabilidad del ecosistema en

donde se llevan a cabo estas actividades. Para ello, se evita el uso de productos de síntesis artificial (plaguicidas, abonos sintéticos, hormonas, aditivos en cultivos y en la cría de animales), los cuales afectan el suelo, la fauna y la flora que lo componen. La fertilidad del suelo se mantiene mediante un uso intensivo de la rotación, la asociación de cultivos, la compostación, abonos verdes y el control biológico de plagas y enfermedades.

d) Agricultura Natural

También Esta escuela, iniciada por Jean Marie Roger, fundamenta su trabajo en el papel primordial del suelo como base de la nutrición y del bienestar de la planta. Así mismo, estudia el ciclo funcional entre la nutrición del suelo, de la planta y de los animales, teniendo como base común la nutrición del suelo.

La agricultura natural también promueve el uso de abonos verdes, el compost de superficie, el mullido del suelo sin volteo y el respeto a la vocación propia de cada suelo. Igualmente propende por un cambio en el estilo de vida, promoviendo la espiritualidad del agricultor, la vida austera, el servicio al prójimo y el respeto por la naturaleza.

El texto fundamental de la escuela creada por Roger es, El suelo vivo: manual práctico de agricultura natural.

Es importante anotar que otras escuelas se han autodenominado como agricultura natural, por ejemplo, los planteamientos de Mokiti Okada (Agricultura natural) y los de Masanobu Fukuoka, forjador de la teoría Zen de la Agricultura (Agricultura del Sendero). La conceptualización de esta última se encuentra en los textos, La revolución de un puñado de paja y La senda natural del cultivo.

e) Agricultura biodinámica

También llamada agricultura biológico- dinámica, la creó el austriaco Rudolf Steiner. Esta escuela fundamenta su trabajo agrícola en la interacción de las fuerzas del organismo (vegetal o animal) y en las fuerzas telúricas y cósmicas; de esta relación surgen las manifestaciones propias del organismo.

La biodinámica considera que la finca es un organismo constituido por diferentes órganos situados en el campo de polaridad entre lo terrestre y lo cósmico, los cuales deben convivir en equilibrio. Como guía para la práctica de las labores agrícolas, Steiner elaboró el calendario biodinámica, el cual se basa en estudios astronómicos del movimiento lunar alrededor de la Tierra y los ciclos correspondientes. En esta escuela, se emplean el compost, la rotación y asociación de cultivos, los abonos verdes y en especial las preparadas biodinámicas, en cuya preparación se emplean sustancias naturales minerales, animales y vegetales sometidas a transformación natural por efecto de las energías telúricas y cósmicas. Con su uso, se busca estimular la manifestación de procesos asociados a las energías en ellos concentradas.

f) Agricultura Radionica

El hacer de la agricultura radionica se basa en el principio de que todas las formas de vida, incluido el ser humano, tienen, su propio campo electromagnético y comparten el campo electromagnético de la Tierra. Si se distorsiona este campo, se presenta enfermedad en el organismo. Desde el siglo XVII se viene trabajando en la aplicación de la energía, ya sea eléctrica o magnética; hoy se incluye el uso de cactus y dispersadores electromagnéticos como descontaminantes de radiaciones emitidas por aparatos eléctricos.

g) Agricultura Mentalista

En la agricultura mentalista se plantea el uso de las energías sutiles y en especial las mentales; por ejemplo, las energías chamánicas, cósmicas, telúricas, bipolares, sonoras, alquímica, homeopáticas, alelopáticas, electromagnéticas, armónicas, radiantes y mentales, mediante la oración y la meditación.

Un ejemplo de la aplicación del mentalismo se dio en Caddy, Escocia, durante las décadas de los años 60 y 70, donde una colonia planteó un nuevo estilo de vida estableciendo en el páramo que habitaban un huerto donde crecían, para 1964, 40 tipos distintos de hierbas y especias, 65 de hortalizas, y 21 de frutales. Esta comunidad seguía el principio de respeto hacia el otro y hacia la naturaleza.

En otras culturas como la hindú y las latinoamericanas se conocen los rezos a cultivos y animales, la consulta al guía espiritual antes de sembrar, y los cantos, entre otras prácticas.

h) Agricultura por Tecnologías apropiadas

Esta filosofía promueve la recuperación de las prácticas ancestrales y los conocimientos populares, exaltando la autogestión de las comunidades, la autoconstrucción, el desarrollo local, el empleo de energías alternativas y la construcción social, entre otros.

En el libro *Small is Beautiful (Lo pequeño es hermoso)*, escrito por Schu-macher en 1973, el autor propone el desarrollo de tecnologías intermedias que permitan a los habitantes de las zonas rurales trabajar en pequeños y descentralizados grupos, empleando materiales locales fuentes de materias primas y productos elaborados para los mercados locales.

A través de esta visión, el trabajo vuelve a ser un motivo de satisfacción y dignificación del ser humano, y el consumo un medio y no un fin. Igual que Gandhi, se cree en el valor del hombre y en la obligación que este tiene de salvaguardar al resto de su especie y la tierra que nos da de comer, viviendo una vida simple y a favor de la no violencia.

i) Agricultura de no Intervencion

El principio de esta agricultura, desarrollada por Masanobu Fukuoka luego de terminar la Primera Guerra Mundial, se basa en la integración del ser humano con la naturaleza y en la humildad del saber, puesto que el hombre nunca podrá comprender en su totalidad la naturaleza; por lo mismo, no podrá encauzarla o controlada.

Como proyecto de vida y construcción social, su fundador plantea tres bases: medicina natural, alimento natural y agricultura natural.

En cuanto a la agricultura, esta filosofía se basa en cuatro restricciones: no laborear, ni desyerbar el suelo, no usar plaguicidas, ni emplear fertilizantes químicos solubles.

Fukuoka plantea que mil metros cuadrados son suficientes para que una familia pueda sembrar su propio alimento construyendo un sistema en el que lo más importante sea sembrar y cosechar, los animales no están confinados y la práctica de desyerbe sólo se realiza al principio.

para esta agricultura el bosque es la parte fundamental del sistema, por consiguiente, debe conservarse ya que es la fuente del agua, la leña, la vida silvestre y del mantillo o tierra de capote donde se encuentra el inoculo vital de la fertilidad.

j) Agricultura de Biodiversidad

Esta clase de agricultura combina diversas variedades de cultivos en una misma área y época de siembra. El agro ecosistema parte del corte y quema, o del corte y pudrición de la vegetación propia del lugar.

Como metodología de producción se conoce de muchas maneras, según la cultura que la implemente, pues desde antaño se utiliza en diversas partes del mundo. En Latinoamérica se conoce como "tumba y quema" o como "corte y pudre" en áreas húmedas, mientras que en otras latitudes recibe con mayor frecuencia el nombre de slash and bum.

La gran variedad de cultivos que se mantiene otorga fertilidad y sanidad al sistema natural agrícola, así como protección del suelo y beneficio del ciclaje de nutrientes. Así, la sanidad se logra mediante la asociación de cultivos, el descanso o el barbecho y el uso de semillas adaptadas al medio.

La fertilidad del suelo se mantiene con coberturas vivas, y muertas (como la hojarasca), con el dosel de las copas de los árboles que protege el suelo de la radiación solar y con el período de descanso.

Esta agricultura es el aporte de las culturas ecuatoriales, de los bosques lluviosos, no sólo de América latina, sino también de Asia y Oceanía, en donde las formas de producción son similares.

2.4.3. El CO₂ atmosférico

Se denomina "efecto invernadero" al fenómeno por el que parte de la energía calorífica emitida por la corteza terrestre, es retenida y reflejada por determinados gases que forman parte de la atmósfera, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra.

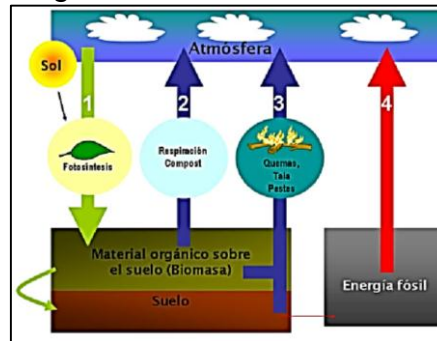
Sin la actuación de estos gases, la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el calor emitido por el planeta se disiparía en el espacio produciendo unas temperaturas extremadamente bajas en la Tierra. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, que, en su mayoría, son liberados por la industria, la agricultura, la ganadería y la combustión de combustibles fósiles.

El desarrollo industrial alcanzado en nuestro planeta ha supuesto que la concentración de estos gases haya aumentado hasta un 30% desde el siglo pasado provocando que la propia naturaleza se encuentre limitada a la hora de equilibrar las concentraciones de dichos gases en la atmósfera.

De todos estos gases, el CO₂ cobra 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 permanece 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).

Las plantas tienen la capacidad de captar el CO₂ atmosférico y mediante procesos fotosintéticos metabolizarlo para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital. En general, se puede concluir que, las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO₂) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO₂ (a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa

Figura 2.4 Ciclo del Carbono



(Jackson, 1964)

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

En la actualidad, el exceso de CO₂ modifica en balance final del ciclo de carbono descrito anteriormente, influyendo de manera decisiva sobre las condiciones climáticas. Por una parte se produciría una captación del CO₂ de la atmósfera por parte de las plantas a través de la fotosíntesis. Por otra parte, la respiración de las plantas, las quemas y las talas para usos agrícolas incrementan en la atmósfera la concentración de emisiones de CO₂, lo que unido a una tasa de deforestación alta y a las escasas medidas de reforestación aplicadas altera el balance entre emisión y captación. De esa manera la concentración de CO₂ en la atmósfera va aumentando. Estas emisiones netas del sector agrícola y forestal se suman a las emisiones de CO₂ que se generan al quemar combustibles fósiles en los sectores de transporte y generación de energía.

2.4.3.1. Sumideros de Carbono

Se conoce como sumidero todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros de C por su función vital principal, la fotosíntesis. Mediante esta función, los vegetales absorben CO₂ que compensa tanto las pérdidas de este gas que se producen por la respiración como las emisiones producidas en otros procesos naturales (descomposición de materia orgánica).

La captación de CO₂ por los ecosistemas vegetales terrestres constituye un componente importante en el balance global de Carbono (C). A escala mundial se considera que la biosfera terrestre fija cerca de 2.000.000 toneladas/año (UNESA, 2005). Este valor es el resultante de la pequeña diferencia entre la absorción fotosintética de CO₂ y las pérdidas por respiración, por descomposición de la materia orgánica y por perturbaciones de diferente naturaleza. A este valor le se denomina producción neta de la biosfera (PNB), y es la cantidad que a largo plazo queda almacenada en el sumidero.

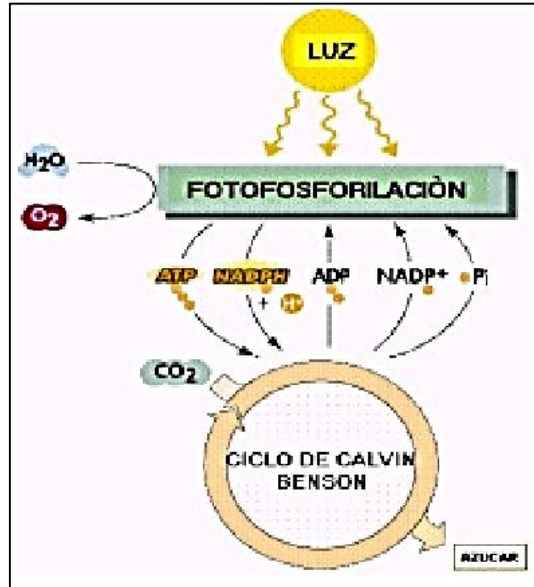
El CO₂ secuestrado por las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO₂ atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO₂ emitido por la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia es convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45-50 % del peso seco de la planta. Por lo tanto, mientras el crecimiento sea alto, la vegetación natural y los cultivos agrícolas se convierten en los sumideros de carbono. Teniendo esto en cuenta, la agricultura se puede convertir en un mecanismo efectivo para mitigar el incremento del CO₂ atmosférico.

2.4.3.2. La fotosíntesis

La fotosíntesis es un proceso metabólico fundamental para todos los organismos vivos ya que consiste en el empleo de la energía luminosa para biosintetizar los componentes celulares. La energía solar constituye no solamente la fuente energética para las plantas verdes y otros autótrofos fotosintéticos, sino también, en último término, la fuente energética para casi todos los organismos heterótrofos, mediante la actuación de las cadenas alimenticias de la biosfera. Además, la energía solar capturada por el proceso de fotosíntesis es la fuente de cerca del 90 % de toda la energía empleada por el hombre para satisfacer las demandas de calor, de luz y de potencia, ya que el carbón, el petróleo y el gas natural, que son los combustibles utilizados para la mayor parte de la maquinaria fabricada por el hombre, son productos de descomposición del material biológico generado hace millones de años por los organismos fotosintéticos.

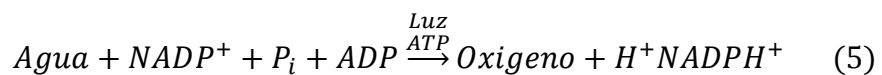
La fotosíntesis es un proceso que ocurre en dos fases. La primera fase es un proceso que *depende de la luz* (reacciones luminosas o de luz). Esta fase requiere la energía directa de la luz para generar energía química y reductora que serán utilizadas en la segunda fase. La fase independiente de la luz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

Figura 2.5 Esquema de la Fotosíntesis

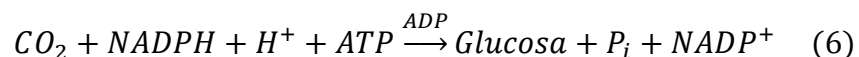


(Azevedo, Biodiversidade Microbiana e Potencial Biotecnológico, 1998)

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



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



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

En las reacciones de oscuridad, el CO₂ de la atmósfera (o del agua en organismos fotosintéticos acuáticos/marinos) es capturado y reducido por la adición de hidrógeno (H⁺) para la formación de carbohidratos [(CH₂O)]. La incorporación del dióxido de carbono en compuestos orgánicos, se conoce como fijación o asimilación del carbono. La energía usada en el proceso proviene de la primera fase de la fotosíntesis. Los seres vivos no pueden utilizar directamente la energía luminosa, sin embargo, a través de una serie de reacciones fotoquímicas, la pueden almacenar en la energía de los enlaces CC de carbohidratos, que, más tarde, será liberada mediante los procesos respiratorios u otros procesos metabólicos.

2.4.3.3. Fijación de Carbono en Plantas C3, C4 y CAM.

Dependiendo del tipo de fijación de CO₂, la planta tendrá un metabolismo distinto y por lo tanto, se clasifican en plantas C-3, C-4 o CAM. En ellas, tanto la eficiencia del uso del agua y como la tasa de fijación de CO₂ es diferente.

Plantas C-3: Se caracterizan por mantener las estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO₂, lo que provoca una pérdida de agua por transpiración, de forma continua. Ante el riesgo de deshidratación ocasionado por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático que provoca una gran disminución de la fotosíntesis.

Plantas C-4: Se caracterizan por tener las estomas abiertas de día. Como poseen intermediarios de bombeo de CO₂ en la célula, pueden permitirse un cierre de estomas imprevisto, siendo factible la continuidad del proceso fotosintético, gracias al reservorio de CO₂.

Plantas CAM: Estomas abiertos por la noche. Las pérdidas de agua por transpiración se reducen enormemente. También poseen reservorio de CO₂, con lo cual también pueden cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética. Las propiedades de las plantas C-4 y CAM les permiten una supervivencia en entornos con déficit hídrico.

Tabla 2.3 Algunas Diferencias entre Plantas C3, C4 y CAM

Especies Típicas de Importancia económica	C3 Trigo, cebada, pimiento, frutales, arroz, tomate.	C4 Maíz, sorgo, caña de Azúcar.	CAM Piña, chumbera
% de la flora mundial en número de especies	89%	<1%	10%
Hábitat típico	Distribución amplia	Sitios cálidos y praderas	Sitios xéricos y epifíticos
Primer producto estable de la fijación de CO ₂	PGA	Malato	Malato
Anatomía	Vaina del haz vascular no presente o sin cloroplastos	Vaina del haz vascular con cloroplastos (Kranz)	Suculencia celular o de los tejidos
Fotorrespiración	Hasta 40% de la fotosíntesis	No detectable	No detectable
Punto de compensación para la asimilación de CO ₂	40-100 $\mu\text{l l}^{-1}$	0-10 $\mu\text{l l}^{-1}$	0-10 $\mu\text{l l}^{-1}$
[CO ₂] intracelular en luz de día ($\mu\text{l l}^{-1}$)	200	100	10000
Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	40 - 300	100- 160	1-8
EUA (g CO ₂ fijado por kg H ₂ O transpirada)	1 -3	2-5	10-40
Tasa máxima de crecimiento (g m ⁻² d ⁻¹)	5-20	40-50	0,2
Productividad máxima (ton ha ⁻¹ año ⁻¹)	10-30	60-80	Generalmente menor a 10*

(Antonio & Cecilia, 2000)

2.4.3.4. Efecto de los Estrés Ambientales Sobre la Fijación de CO₂

Los estreses ambientales como la salinidad, la sequía, las altas o bajas temperaturas o la disminución de la radiación solar alteran la estructura y metabolismo de las plantas, por lo tanto afectan a su crecimiento y su papel como secuestradores de CO₂ (Martínez-Ballesta et al., 2009). Estos factores ambientales, son variables clave que afectan al desarrollo de las plantas, dado que es esenciales en los procesos de absorción y transporte de agua y nutrientes. Por lo tanto, el efecto de esos estreses pueden tener numerosas consecuencias para los cultivos, variando tanto desde respuestas fisiológicas a corto plazo en las plantas de forma individual, como cambios a largo plazo en la estructura y función de las plantas. En numerosos estudios se ha mostrado que las plantas presentan frente a factores ambientales un amplio rango de respuestas que conducen normalmente a un déficit hídrico (Kimball et al., 2002).

Dado el carácter fuertemente desecante de la atmósfera, el control de las pérdidas de agua ha sido siempre un aspecto clave para las plantas. Por una parte, el flujo de agua a través de una planta debe ser suficiente para mantener la nutrición y la incorporación de CO₂. Y por otra, como la asimilación y la transpiración están estrechamente ligadas en casi todas las plantas, la disponibilidad de agua impone un límite máximo a la productividad (desarrollo) (Steudle and Peterson, 1998). Al mismo tiempo, para evitar la desecación de las partes aéreas, el flujo de agua que entra en la planta por las raíces ha de compensar la salida de agua por las hojas. Dado que los procesos fisiológicos son extremadamente sensibles al déficit hídrico, la conservación del agua para mantener potenciales

hídricos razonablemente altos suele ser el principal problema en las zonas con climas cálidos y escasez de precipitaciones.

Con el aumento de las temperaturas puede inducirse un incremento de la fotorrespiración que es un mecanismo de protección del aparato fotosintético y que no conlleva fijación del CO₂ (Sofo et al., 2005). La acción combinada de los diferentes factores medioambientales (vapor de agua en la atmósfera y subida de las temperaturas) podría conducir a una mayor producción de biomasa, pero sólo si las plantas recibieran además un aporte de otros nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo o potasio (la acción antropogénica podría aportar nitrógeno a los ecosistemas naturales, ya que es un residuo de muchas de nuestras emisiones contaminantes).

Se estima que la fijación de CO₂ se verá incrementada en los próximos 60 años debido al aumento en la temperatura. Se espera que la fijación de CO₂ se incremente el 1% por cada °C en regiones donde la temperatura media anual es de 30 °C y el 10% en regiones donde la temperatura media anual es de 10 °C. Las tasas fotosintéticas subirían un 25-75%, en las plantas de fotosíntesis C3 (las más comunes en latitudes medias y altas), al duplicarse la concentración de CO₂. Los datos son menos concluyentes en el caso de las plantas cuya modalidad fotosintética es la C4, típica de lugares cálidos, siendo los intervalos de respuesta desde 0% hasta un 10-25% de incremento (UNESA, 2005).

Esta problemática implica la necesidad de realizar estudios que permitan conocer el efecto de las diferentes condiciones ambientales sobre la capacidad de captación de CO₂ y las necesidades hídricas y nutricionales de los cultivos.

2.4.3.5. Calentamiento Global

El Cambio Climático Global o calentamiento global, es un proceso de origen antrópico, que resulta de la aceleración del efecto invernadero natural de la tierra.

El efecto invernadero, es un fenómeno natural que ha permitido mantener la temperatura de la tierra a niveles constantes y apropiados. Este fenómeno ocurre, cuando la radiación solar visible penetra hasta la superficie de la tierra y la calienta, y ésta a su vez emite radiación térmica, parte de la cual es retenida por los denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI), fundamentalmente el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y el dióxido nitroso (N_2O) (Roig & Colaboradores, 2006).

Las intensas actividades humanas desde la revolución industrial principalmente el uso de combustibles fósiles, el cambio de uso de suelo, así como el calentamiento de los océanos y la destrucción de muchos sistemas ecológicos que aportan un equilibrio dinámico de gases a la atmosfera han incrementado los niveles de los GEI en los últimos años, en especial del CO_2 . Esto ha provocado el aumento de la capacidad de la atmosfera para absorber la radiación infrarroja, contribuyendo a lo que se conoce como cambio climático (Martinez & Solaum, 2008)

El efecto invernadero o efecto greenhouse, como también se le denomina cobra importancia a principios de los años ochenta, cuando se comprobó que en las ultimas décadas de este siglo se han producido las mayores temperaturas registradas de las que se tenga conocimiento. El aumento de las temperaturas medias anuales del planeta comenzó a partir del año 1850, año que coincide con el inicio de la industrialización masiva en diferentes regiones del mundo. Los

químicos ambientales han responsabilizado de este problema ambiental a las excesivas emisiones de metano, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos carbonoclorofluorados, siendo los primeros dos los más importantes generadores de este problema (Enkerlin, Cano, & Garza, 1997). Los científicos han cuantificado este calentamiento global en lo relativo pasado reciente de la tierra. En los últimos cien años, la temperatura media ha aumentado entre 0,3 y 0,7 °C. Se considera que este aumento podría agravarse en el futuro, la temperatura media en la superficie terrestre podría aumentar entre 1,5 y 5,5°C si se dobla la concentración de dióxido de carbono. Otras estimaciones sitúan entre los 3,5 y 4,2°C el posible aumento de la temperatura media para el año 2100.

2.4.3.6. Los Ciclos Biogeoquímicos

De los 111 elementos que integran la tabla periódica, apenas unos 20 son esenciales para la vida. Al principio se les llamo nutrientes por la función que desempeñan en la naturaleza; ahora se denominan elementos biogénicos o bioelementos por la importancia que tienen como componentes de la materia viva.

El termino biogeoquímico surge del hecho que se ha observado un movimiento cíclico natural de cambios químicos, propiciados por las interrelaciones entre los elementos físicos y los biológicos del medio ambiente natural. Los procesos y elementos derivados circulan del suelo al aire, al agua y entre los seres vivos. Durante dichos procesos pueden sufrir alteraciones por los contaminantes generados por el hombre. (Distrito Federal de Mexico, 1996)

2.4.3.7. Ciclo del Carbono

El ciclo del Carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico (CO₂) atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis

realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO_2 y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta y el CO_2 así formado, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales que también respiran y liberan CO_2 . Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo lo que da como resultados que el Carbono de sus tejidos se oxide en CO_2 y regrese a la atmósfera.

CAPÍTULO III

3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Método

3.1.1.1. Lugar de Estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un terreno agrícola de la Sra. Eustaquia Porras del Anexo de Auray, situado en el valle del Mantaro, cuya ubicación es la siguiente:

Tabla 3.1 Ubicación del Lugar de Estudio

Altitud	:	320 m.s.n.m.
Pendiente	:	2.5%
Latitud Sur	:	12° 05' 06''
Latitud Oeste	:	76° 57' 07''
Clima	:	Templado-Frío.
Distrito	:	Huancán.
Provincia	:	Huancayo.
Departamento	:	Junín.

Elaboración propia

3.1.1.2. Medición de la Respiración del Suelo

a) Método

Para la medición de la respiración del suelo se realizó a través del método de incubación -titulación.

b) Principio

La respiración del suelo se define como la liberación de dióxido de carbono por bacterias, hongos, algas y protozoos. La respiración es el resultado de la degradación de la materia orgánica. La formación de CO₂ es el último paso de la mineralización del carbono.

La respiración basal del suelo consiste en la medición del CO₂ emitido por los microorganismos de suelo, para ello se debe incubar en un medio cerrado, donde se coloca hidróxido de sodio y agua en un recipiente. La evaluación de la actividad de los microorganismos consiste en una titulación del hidróxido que no ha reaccionado (no carbonatado).

c) Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) 2M
- Solución de cloruro de bario (BaCl₂. 2H₂O)
- Fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄) al 1% (m/v)
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.5 M

d) Material y Equipo

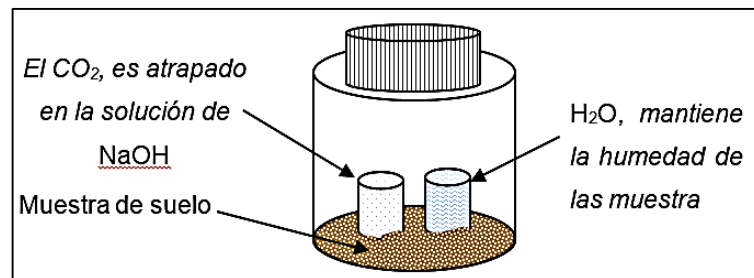
- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.
- Cámara de incubación
- Bureta de 100 mL.
- Frascos de 500 mL
- Vasos de precipitación de 100 mL
- Matraz de 100 mL
- Frascos pequeños de 20 mL.

- Espátula

e) Procedimiento

- Pesar muestras de 50 g de suelo, que se deben colocar dentro de los frascos de vidrio de 500 mL y tapar los frascos lo más herméticamente posible. Realizar de 1 a 3 pruebas en blanco (frasco de 500 mL sin muestra de suelo).
- Con otra porción de la muestra determinar la humedad según el método AS-02 de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT (Diario Oficial de la Federacion, 2002).
- Colocar dentro de cada frasco 10 mL de NaOH (0,5 M), contenido en un frasco pequeño, para capturar el CO₂. Cerrar herméticamente el recipiente. Colocar además, otro frasco pequeño con agua, para mantener la humedad de las muestras evitando que estas se resequen.

Figura 3.1 Esquema del Sistema para la Captura de C-CO₂, de la Muestra de Suelo.



(CLAIR N. SAWYER, 2000)

- Incubar las muestras en el interior de los frascos de 500 mL, por un período de 120 horas (5 días). La incubación debe ser realizada a oscuras, a temperatura media de 25 °C.
- Concluido el período de incubación, abrir los frascos grandes de vidrio y retirar los frascos pequeños que contienen la solución NaOH.

- Adicionar a cada frasco pequeño 2 mL de BaCl₂ (10 %), para precipitar el carbonato de sodio formado.
- Transferir el contenido de los frascos pequeños a vasos de precipitación e inmediatamente titular con HCl 0,5M, previa adición de 3 gotas de fenolftaleína. Hasta el viraje de color de rojo grosella a incoloro.

f) Cálculos

El cálculo de la cantidad de CO₂ liberado se realiza conforme a la siguiente ecuación:

$$RBS_{(\text{mg de C-CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})} = \frac{(V_b - V_m) \times M \times 6 \times 1000}{P_s \times t} \quad (7)$$

Donde:

RBS: C liberado de la respiración del suelo en forma de CO₂ en un tiempo determinado (mg de C-CO₂ . kg⁻¹. h⁻¹).

V_b (ml): volumen de ácido clorhídrico gastado en la titulación del blanco.

V_m (ml): volumen de ácido clorhídrico gastado en la titulación de la muestra.

M: Molaridad exacta del HCl.

6: Se refiere al peso equivalente del C dividido entre la razón estequiométrica de la reacción para formar Na₂CO₃ donde una mol de CO₂ reacciona con dos moles de NaOH, por tanto (12/2=6)

1000: Factor para conversión de unidades

P_s (g): masa del suelo seco

t: tiempo de incubación en horas.

3.1.1.3. Determinación de la Materia Orgánica del Suelo

a) Método

Para la determinación de la Materia Orgánica del Suelo se realizó por la Metodología de (Walkley & Black, 1992).

b) Principio

La Materia Orgánica de los suelos es una mezcla heterogénea de sustancias de origen vegetal, animal y microbiano. Su influencia se extiende sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La determinación de la materia orgánica del suelo se basa en su oxidación por medio de agentes oxidantes adecuados, tales como el permanganato y el dicromato entre otros conocidos (Universidad Nacional Agraria la Molina, 2003).

Este consiste en oxidar la materia orgánica mediante dicromato de potasio, la materia oxidable es oxidada por $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$. El exceso de este ión es determinado por titulación con una solución valorada de FeSO_4 y la cantidad de sustancia oxidada es calculada de la cantidad de Cr_2O_7 reducida.

La materia orgánica del suelo es evaluada por medio del carbono orgánico, el cual se determina en forma directa por combustión cuantitativa o indirecta basada en la reducción del ión $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ por la materia orgánica.

c) Reactivos

- Dicromato de Potasio 1N ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- Sulfato Ferroso Amónico 0,5 N $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- Indicador Difenilamina
- Ácido Fosfórico (H_3PO_4) concentrado Q.P.
- Ácido Sulfúrico concentrado Q.P.

d) Material y Equipo

- Erlenmeyer 500 mL

- Agua destilada

e) Procedimiento

- Llevar 1 gr. (el volumen tomado) de muestra de suelo a un erlenmeyer de 500ml.
- Adicionar 10mL. de dicromato de potasio 1N.
- Mezclar mediante un movimiento de giro manual.
- Adicionar 20ml. de Ácido sulfúrico Q.P. mezclando mediante un giro manual durante 1 minuto (con el fin de asegurar el contacto íntimo del reactivo con el suelo.) y dejar reposar durante 30 minutos.
- Se diluye la solución a 200 ml. con agua destilada.
- Agregar 10 mL. de ácido fosfórico.
- Añadir 4mL. de la disolución de indicador de difenilamina.
- Titular con Sulfato Ferroso Amoniacal (a medida que se titula el color verde oscuro vira hacia un azul turbio.)
- En el punto final de la titulación el color vira bruscamente a verde brillante, con una gota, o aún son media gota de sulfato ferroso amoniacal.

c) Cálculos

El porcentaje de materia orgánica es igual a:

$$\%M.O. = (C.C. \text{ de dicromato de potasio} - C.C. \text{ de Sulfato Ferrosos Amoniacal}) \times 0.67 \quad (8)$$

3.1.1.4. Determinación de la Humedad del Suelo

a) Método

Para la determinación de la Humedad del suelo se utilizó el método AS-02 de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT (Diario Oficial de la Federacion, 2002).

b) Principio

Método gravimétrico para la determinación del contenido de humedad de los suelos, sean estos orgánicos o minerales. El método se basa en la medición o determinación de la cantidad de agua expresada en gramos que contiene una muestra de suelo. Esta masa de agua se referencia de la masa de suelo seco de la muestra. La determinación de la masa de agua se realiza por la diferencia en peso entre la masa de suelo húmedo y la masa de suelo seco. Se considera como suelo seco aquél secado a la estufa a 105°C hasta obtener un peso constante.

c) Material y Equipo

- Botes de aluminio para humedad
- Estufa.
- Balanza con aproximación de 0.01 g
- Pinzas
- Desecador

d) Procedimiento

- Lave y limpie perfectamente e identifique los botes de aluminio a utilizar.
- Los botes con todo y tapa introdúzcalos a la estufa durante 8 horas como mínimo a una temperatura de 105°C posteriormente registre el peso y vuelva a introducir los botes a la estufa hasta que se logre un peso constante en las muestras, todo este procedimiento previo al enfriamiento de los botes que se colocan en un desecador.
- Utilizando las pinzas, saque los botes del desecador de vacío hasta que se enfríen y péselos con todo y tapa, éste será el peso del bote (PB).
- Obtenga la muestra deseada, se recomienda sean de 30 a 50 gramos, aproximadamente, y colóquela en el bote de aluminio,

en caso de que la muestra vaya a ser transportada es necesario tapar y sellar herméticamente el bote con parafilm.

- Pese el bote con el suelo húmedo, este peso deberá ser el peso del bote más el suelo húmedo (PB + Psh).
- Destape el bote con el suelo húmedo, coloque la tapa en la parte inferior e introdúzcalo a la estufa a una temperatura de 105°C.
- Después de 24 horas saque el bote de la estufa tápelo y colóquelo en el desecador de vacío hasta que se enfríe, posteriormente pese el bote con la muestra seca, este peso será el peso del bote más el peso del suelo seco (PB + Pss).
- Vuelva a introducir el bote a la estufa y una hora después sáquelo, enfríe en un desecador y pese; repetir este procedimiento hasta obtener el peso constante.

e) Cálculos

Con los datos obtenidos en el procedimiento, aplicar la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{(PB + Psh) - (PB + Pss)}{(PB + Pss) - PB} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

θ : Contenido de humedad gravimétrica expresado en porcentaje (%)

PB Peso del bote con tapa (g)

Psh Peso del suelo húmedo (g)

PB + Psh: Peso del bote más peso del suelo húmedo (g)

PB + Pss: Peso del bote más peso del peso seco (g)

3.1.2. Tipo de la Investigación

La investigación que se realizó es de tipo experimental debido a la variación que se realizó respecto a las variables independientes.

3.1.3. Nivel de la Investigación

El trabajo de investigación se realizó a un nivel de investigación de correlación entre las variables de operación del tiempo y la incorporación de estiércol de ovino y vacuno.

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación es factorial simple $2 \times 3 = 6$. Las unidades experimentales incluyeron 7 parcelas de 1,5m x 1,5m, correspondientes a 2 tratamientos, con 2 repeticiones y 1 blanco. Primero se realizó un monitoreo de la temperatura edáfica a dos profundidades, contenido hídrico del suelo, pH del Suelo, cuantificación de las bacterias y respiración del suelo esto se realizó en la pre siembra del rábano. Posteriormente se realizó la siembra del rábano y la incorporación de estiércol de vacuno (E₁) y ovino (E₂); luego en la post siembra se monitoreo los indicadores anteriormente mencionados en 5 tiempos diferentes los cuales son a los 15, 30, 45 y 60 días, durante el crecimiento del rabanito.

Tabla 3.2 Esquema de la distribución de las parcelas

Parcelas		
	E1	E2
Blanco	ER1.1	ER2.1
	ER1.2	ER2.2

Elaboración propia

3.3. Hipótesis de la Investigación

3.3.1. Hipótesis General

La Materia Orgánica y la variación del tiempo no influyen significativamente en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola en Huancán – Junín

3.3.2. Hipótesis Específicas

- Las características fisicoquímicas del suelo agrícola de Huancán Junín están dentro de las ECAS.
- El efecto de la Materia Orgánica no actúa significativamente en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán – Junín.
- El efecto de la variación del tiempo es positiva acelerando la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán – Junín.
- La variación de la emisión de dióxido de carbono es significativamente variable de la población bacteriana del suelo Agrícola de Huancán – Junín.

3.4. Variables

3.4.1. Variable Independiente

Materia Orgánica

Tiempo

3.4.2. Variable Dependiente

Emisión de Dióxido de Carbono

3.5. Cobertura del Estudio.

3.5.1. Universo

Suelo de cultivo (Rábano) del Anexo de Auray, Distrito Huancán.

3.5.2. Población

Terreno agrícola de una hectárea de la Sra. Eustaquia Porras del Anexo de Auray distrito de Huancán

3.5.3. Muestra

El volumen de suelo para cada parcela será de 0,225 m³ para los análisis de las propiedades físicas de cada parcela se tomara la muestra es 1 Kg de suelo agrícola del Anexo de Auray.

3.5.3.1. Muestreo

El muestreo realizado fue al azar en forma de zig-zag, debido a la homogeneidad que presenta el suelo, se define el tipo de muestreo principalmente para obtener representatividad del área a manera de cubrir los puntos específicos de interés.

a) Materiales y Equipos

Es necesario contar con materiales adecuados para el muestreo de suelos para ello hemos utilizado:

- Guantes.
- Bolsas plásticas resistentes.
- Rótulos y/o Etiquetas.
- Marcadores y/o plumas.
- Cinta métrica y/o regla graduada.
- Recipiente y/o balde impermeable
- Barreno y/o pala plana.
- Cuchillo y/o espátula.
- GPS (para geo referenciar parcelas o puntos de muestreo según la situación). Este implemento no es indispensable, aunque si aconsejable si se muestrea para evaluaciones a largo plazo.
- Planilla de datos complementarios

b) Profundidad de Muestreo

Cada muestra se extrae a una profundidad de 0 a 20 cm.

c) Colecta de la Muestra

Se realizó la colecta de la muestra cuando el tiempo fue el adecuado, se dejó pasar 48 horas después de lluvia o riego intenso. Previo a la colecta de la muestra, se separaron el rastrojo u otro material vegetal que se encuentre sobre la superficie del suelo, para facilitar la introducción del barreno y/o pala plana y evitar la contaminación de la muestra. Para la extracción de la muestra se utilizó un kit de muestreo, se empleó palas pequeñas. La precisión y la confianza del dato están relacionadas con la calidad y sub muestras. Por ello se recolecto sub muestras utilizando las palas de kit y siguiendo las recomendaciones que se menciona más adelante.

La ventaja de recolectar las sub muestras con pala es que se pueden conservar algunos agregados (terrones) útiles para algunas determinaciones físicas, como densidad aparente y estructura (Buduba, 2004). Para la recolección de la sub muestra se realizar los siguientes pasos

- En cada punto elegido, se deberá limpiar la superficie del suelo descartando todo lo que sea rastrojo o restos de césped.
- Con una pala efectuar cortes, hasta unos 15-20 cm de profundidad. Cavar una primera palada (haciendo un hoyo en forma de V) arrojándola al costado, y luego una segunda palada de 3 cm de grosor aproximado, descartando los bordes mediante un corte a cuchillo y/o espátula. Luego introducir la muestra en un recipiente grande y limpio (balde o bolsa).

3.5.3.2. Preparación de la Muestra

a) Método

Para la Preparación de la Muestra se utilizó la (Norma Tecnica Colombiana NTC-ISO 11464, 2002).

b) Principio

Las muestras de suelo se secaron en el aire a temperatura ambiente. El suelo se tamiza y la fracción menor de 2 mm se divide en porciones mecánicamente o a mano, para proporcionar un submuestreo representativo para el análisis. Si se requiere analizar submuestras pequeñas (< 2 g), se reduce aún más el tamaño de las partículas de la fracción menor de 2 mm.

c) Equipos y Materiales

- Trituradora(s), molino(s), mortero, mazo de madera u otro martillo de superficie suave.
- Tamiz de malla, conforme con la norma ISO 565, con aberturas de 250 mm o del tamaño especificado en el método de ensayo correspondiente.
 - Balanza.

d) Procedimiento

Los procedimientos para secado, separación de fracción y reducción de tamaño se establecen. En varias etapas del procedimiento, el analista deberá tomar decisiones, en particular sobre si las fracciones de tamaño se van a tratar combinadas o separadamente: esto dependerá de la naturaleza del suelo y de los objetivos del programa analítico. La muestra se debe homogeneizar después de cualquier operación de separación, tamizada, triturada o molida (que puede haber causado segregación de partículas de diferente tamaño).

• Secado

Se seca la muestra completa al aire o en un horno de secado ventilado al que se ha sacado el aire húmedo. Se seca hasta que la pérdida de masa de la muestra sea máximo del 5 % (m/m) en 24 h.

Para acelerar el proceso de secado, durante el proceso se parten los terrones más grandes (mayores de 15 mm). Cuando las muestras se secan al aire, se trituran un poco con la mano, usando un mazo de madera o un mortero. Cuando las muestras se secan en el horno, se sacan de éste temporalmente y se tratan de la misma manera. Este procedimiento también facilita separar las partículas mayores de 2 mm.

El secador por enfriamiento tiene la ventaja de que la muestra que se va a secar rara vez se seca formando terrones; usualmente se separa en partes.

Para el secado al Aire se esparce todo el material en una capa de espesor menor de 15 mm, sobre una bandeja que no absorba humedad del suelo y que no cause contaminación. Es esencial evitar la luz solar directa, ya que puede crear grandes diferencias de temperatura en la muestra, especialmente entre la capa superior parcial o completamente seca y las capas inferiores que todavía están húmedas.

- **Trituración y Eliminación de Materiales Gruesos**

Separación de piedras y otros elementos: Si las muestras de suelo se han secado en terrones, es necesario triturarlos. Antes de la trituración, retire las piedras, fragmentos de vidrio y basura, mayores de 2 mm, mediante tamizado y a mano. Se debe tener cuidado de minimizar la cantidad de material fino que se adhiere a las piedras separadas, etc. Se determina y registra la masa total de la muestra seca y se retira la masa de cualquier otro material.

Separación de material "que por naturaleza" es menor de 2 mm: Después de retirar el material extraño; Se tamiza todo el material menor de 2 mm y se registran las masas mayores y menores de 2 mm; se tritura el material mayor de 2 mm y se combinan nuevamente las fracciones.

Reducción de tamaño de material mayor de 2 mm: Se tritura el suelo seco en partículas menores de 2 mm, usando un aparato adecuado. El aparato necesario se deberá ajustar o usar de tal manera que se minimice el triturado de las partículas originales (concreciones y conglomerados).

- **Tamizado**

Se tamiza la muestra seca y triturada, a mano o utilizando un agitador mecánico. Se retiran y pesan las piedras y fragmentos de plantas frescas, vidrios, de la fracción que permanece en el tamiz. Se trituran separadamente los terrones que puedan haber quedado en el tamiz y se devuelven a la muestra. Se recoge todo el material, o parte de él, que haya quedado en el tamiz y se trata separadamente, si se requiere. Se debe tener cuidado para minimizar la cantidad de material fino adherido a las piedras separadas, etc.

- **Molienda**

Si para el análisis se va a tomar una muestra menor de 2 g, es esencial triturar la fracción en menos de 2 mm.

Se muele una submuestra de suelo representativa pulverizada, tamizada y seca hasta que pase completamente por un tamiz de 250 μ m o de otro tamaño especificado en el método de ensayo. Si se debe realizar más de un análisis, se

debe moler suficiente material hasta la menor partícula especificada, para permitir que todos los análisis se realicen en esta submuestra.

3.6. Técnicas e Instrumentos

3.6.1. Técnicas de la Investigación

Las técnicas utilizadas en el presente trabajo de investigación fueron la observación de campo, análisis por instrumentación, trabajos de investigación realizados con características semejantes, libros y revistas de investigación.

3.6.2. Instrumentos de la Investigación

Los instrumentos de investigación utilizados fueron los reportes de campo de cada prueba experimentados por el laboratorio correspondiente, los resúmenes de los trabajos de investigación, normativas de contaminación.

3.7. Procesamiento Estadístico de la Información.

3.7.1. Estadísticos

Se utilizó un software estadístico denominado Minitab, para los análisis de medidas centrales y de dispersión, correlación de pearson

3.7.2. Representación

Las representaciones de la parte experimental se dieron por medio de reportes de laboratorios y gráficas, las relaciones de variables mediante ecuaciones lineales y los análisis estadísticos según el software estadístico desarrollado.

3.7.3. Técnica de Comprobación de la Hipótesis

El trabajo de investigación realizó los Análisis de varianza de los resultados mediante una prueba de Anova de Tukey

CAPITULO IV

4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Datos de las Corridas Experimentales para el blanco

Tabla 4.1 Datos de Respiración, pH y Humedad del Suelo Muestra Blanco

Tiempo	Respiración del suelo	pH del Suelo	Humedad del suelo
Días	mg.C.CO2/Kg	pH	HUM. (%)
0	13,19	7,82	18,37
15	13,04	7,8	18,35
30	13,57	7,7	19,05
45	13,54	7,8	19,1
60	13,51	7,78	18,21

En la tabla 4.1 se muestran los resultados de los parámetros de respiración, pH y humedad del suelo realizado en una parcela que fue tomada como una prueba en blanco según como se diseñó la parte experimental.

Tabla 4.2 Datos de Población Bacteriana y Concentración de Carbono en el Blanco

Tiempo	Población Bacteriana	Concentración de Carbono
Días		Concentración de Carbono (%)
0	2,1	9,64
15	1,9	9,49
30	2,4	9,96
45	2,5	9,93
60	2,4	9,9

En la tabla 4.2 se muestran los resultados de los parámetros de población bacteriana y concentración de carbono en las 5 fechas establecidas de monitoreo para la prueba en blanco.

Tabla 4.3 Datos de Temperatura en Diferentes Profundidades

Tiempo	Temperatura °C	
Días	T₁₀	T₂₀
0	19,4	18
15	19,2	17,8
30	20,7	20,2
45	20,4	19,6
60	20	19,6

En la tabla 4.3 se muestran los resultados de las temperaturas tomadas a la distancia de 10 cm T₁₀ y de 20 cm T₂₀ para la prueba en blanco.

4.1.2. Datos de las Corridas Experimentales con tratamientos

Los resultados obtenidos fueron monitoreados de las parcelas de las dimensiones de 1,5m x 1,5m; que corresponde 2 tratamientos, con 2 repeticiones; el primer tratamiento realizado E₁, incorporando estiércol de vacuno y ER_{1.1}; ER_{1.2} siendo las repeticiones correspondientes, y el segundo tratamiento E₂, incorporando estiércol de ovino y ER_{2.1}; ER_{2.2} siendo las repeticiones correspondientes, el

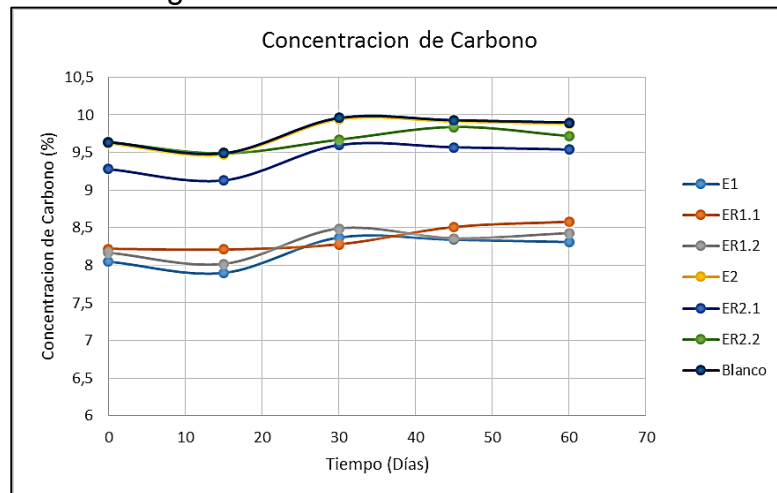
monitoreo de temperatura edáfica a dos profundidades T_{10} y T_{20} el primero fue a 10 cm de profundidad y el segundo 20 cm de profundidad, contenido hídrico del suelo (humedad), pH del Suelo, cuantificación de las bacterias y respiración del suelo se realizaron al inicio del sembrado del rabanito y luego cada 15 días hasta los 60 días que duro el crecimiento del sembrío.

Tabla 4.4 Concentración de Carbono (%)

Concentración de Carbono (%)					
Días	0	15	30	45	60
E₁	8,05	7,9	8,37	8,34	8,31
ER_{1,1}	8,22	8,21	8,28	8,51	8,58
ER_{1,2}	8,17	8,02	8,49	8,36	8,43
E₂	9,62	9,47	9,94	9,91	9,88
ER_{2,1}	9,28	9,13	9,6	9,57	9,54
ER_{2,2}	9,64	9,49	9,67	9,84	9,72

En la tabla 4.4 se muestran los resultados de la concentración de carbono en % de las dos parcelas con abonos de vacuno y ovino siendo los de ovino el que contiene mayor concentración de carbono.

Figura 4.1 Concentración de Carbono



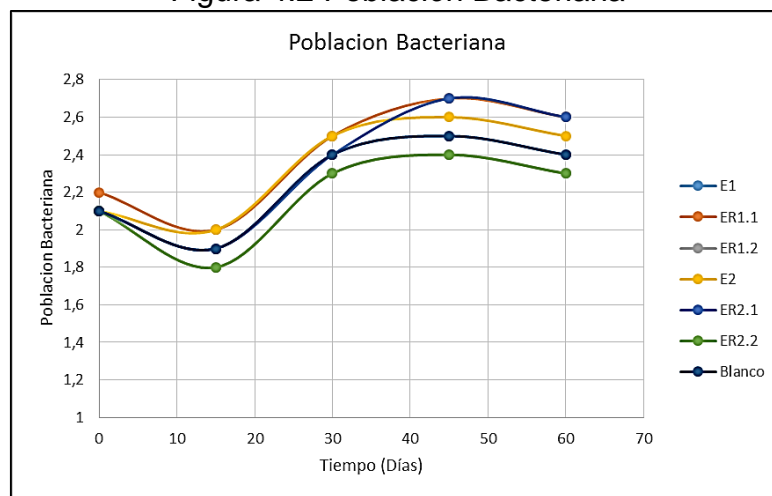
En la Figura 4.1 observamos que los valores de E2, ER_{2,1} y ER_{2,2} se encuentran entre 9% y 10% de concentración de carbono en comparación de los valores de E1, ER_{1,1} y ER_{1,2} que se encuentran en el rango de 7,5% a 8,5% de concentración de carbono

Tabla 4.5 Población Bacteriana

Población Bacteriana					
Días	0	15	30	45	60
E ₁	2,1	1,9	2,4	2,5	2,4
ER _{1,1}	2,2	2	2,5	2,7	2,6
ER _{1,2}	2,1	1,8	2,3	2,4	2,3
E ₂	2,1	2	2,5	2,6	2,5
ER _{2,1}	2,1	1,9	2,4	2,7	2,6
ER _{2,2}	2,1	1,8	2,3	2,4	2,3

En la tabla 4.5 se muestran los resultados de la población bacteriana en las dos parcelas con abonos de vacuno y ovino, con sus respectivas replica, los resultados no tiene mucha variación.

Figura 4.2 Población Bacteriana



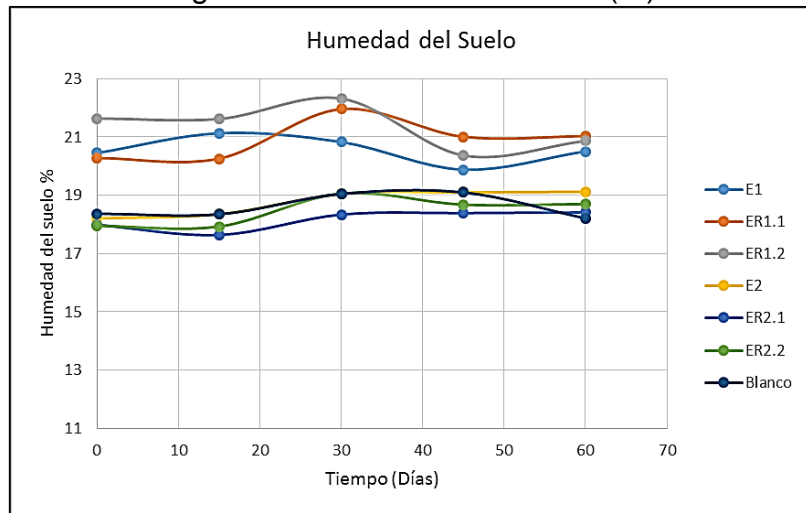
En la Figura 4.2 observamos los resultados de las series de E1, ER_{1,1}, ER_{1,2}, E2, ER_{2,1} y ER_{2,2} no teniendo mucha variación significativa respecto a la población bacteria que existen en las parcelas.

Tabla 4.6 Humedad del Suelo (%)

Humedad del Suelo (%)					
Días	0	15	30	45	60
E₁	20,45	21,13	20,83	19,88	20,51
ER_{1,1}	20,28	20,26	21,96	21,01	21,03
ER_{1,2}	21,64	21,62	22,32	20,37	20,87
E₂	18,21	18,35	19,05	19,1	19,12
ER_{2,1}	17,99	17,64	18,34	18,39	18,41
ER_{2,2}	17,95	17,93	19,06	18,68	18,7

En la tabla 4.6 se muestran los resultados del % de humedad en el suelo, en las parcelas E1, ER_{1,1}, ER_{1,2}, contienen mayor humedad que en las parcelas E2, ER_{2,1} y ER_{2,2}, debido al abono utilizado.

Figura 4.3 Humedad del Suelo (%)



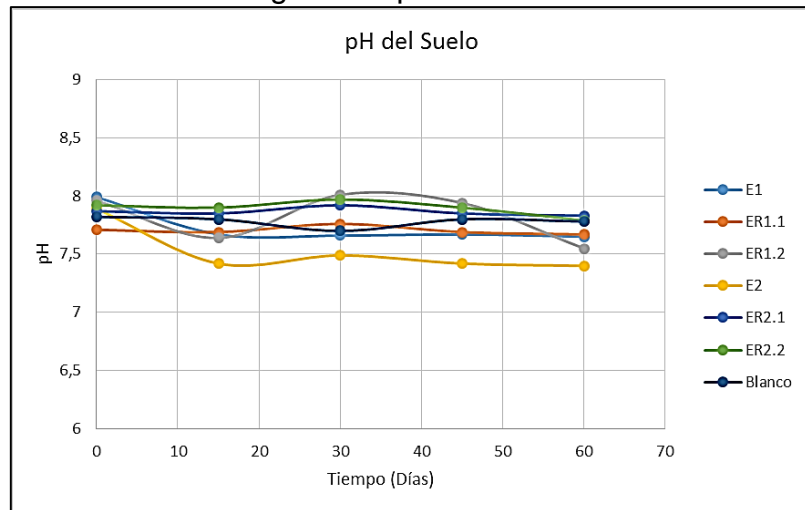
En la Figura 4.3 observamos los resultados del % de humedad siendo E1, ER_{1,1}, ER_{1,2}, valores promedios mayores 19 % mientras que en las parcelas E2, ER_{2,1} y ER_{2,2} son menores al 19 % de humedad y el blanco encontrándose debajo de los 19% de humedad .

Tabla 4.7 pH del Suelo

pH del Suelo					
Días	0	15	30	45	60
E ₁	7,99	7,67	7,66	7,67	7,65
ER _{1.1}	7,71	7,69	7,76	7,69	7,67
ER _{1.2}	7,96	7,64	8,01	7,94	7,55
E ₂	7,89	7,42	7,49	7,42	7,4
ER _{2.1}	7,87	7,85	7,92	7,85	7,83
ER _{2.2}	7,92	7,9	7,97	7,9	7,79

En la tabla 4.7 se muestran los resultados del pH tomados en cada uno de las parcelas estos resultados no tienen variación significativa ya que están fluctuando entre 7 y 8,5.

Figura 4.4 pH del Suelo



En la Figura 4.4 observamos los resultados del pH del suelo en cada parcela al igual que el blanco y no se observa mucha variación entre ellos teniendo un pH ligeramente básico.

Tabla 4.8 Temperatura °C del Suelo

Temperatura °C										
Días	0		15		30		45		60	
Prueba Exp.	T ₁₀	T ₂₀	T ₁₀	T ₂₀	T ₁₀	T ₂₀	T ₁₀	T ₂₀	T ₁₀	T ₂₀
E ₁	17,6	17,2	17,4	17	18,9	18,4	18,6	17,8	18,2	17,8
ER _{1,1}	17,3	17,1	17,1	16,9	18,6	18,1	18,3	17,5	17,9	17,5
ER _{1,2}	18,4	17,9	18,2	17,7	19,7	19,2	19,4	18,6	18	18,6
E ₂	16,9	17,6	16,7	17,4	18,2	17,7	17,9	17,1	18,6	17,1
ER _{2,1}	17,8	18,8	17,6	18,6	19,1	18,6	18,8	18	18,4	18
ER _{2,2}	19,4	18	19,2	17,8	20,7	20,2	20,4	19,6	20,2	19,9

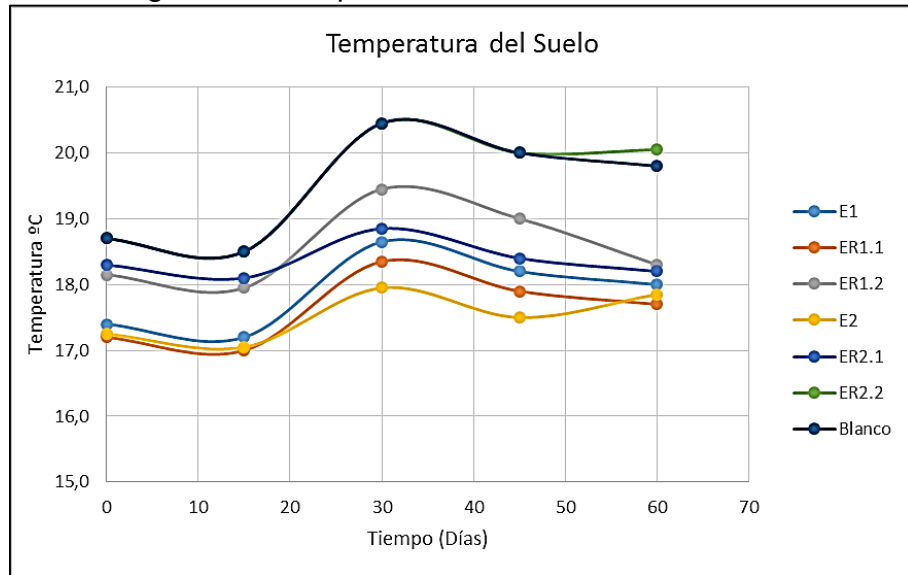
En la tabla 4.8 se muestran los resultados monitoreados de temperatura en diferentes profundidades la primera T₁₀ a los 10 cm y la segunda T₂₀ a los 20cm la variación de la temperatura en las diferentes parcelas sedan hasta los 2º C

Tabla 4.9 Temperatura °C Promedio del Suelo

Temperatura °C Promedio					
Días	0	15	30	45	60
E ₁	17,4	17,2	18,7	18,2	18,0
ER _{1,1}	17,2	17,0	18,4	17,9	17,7
ER _{1,2}	18,2	18,0	19,5	19,0	18,3
E ₂	17,3	17,1	18,0	17,5	17,9
ER _{2,1}	18,3	18,1	18,9	18,4	18,2
ER _{2,2}	18,7	18,5	20,5	20,0	20,1

En la tabla 4.9 se muestran los resultados del promedio de las temperaturas en función a las distancias de medición que se realizaron para cada uno de las parcelas.

Figura 4.5 Temperatura °C Promedio del Suelo



En la Figura 4.5 observamos los resultados de la temperatura promedio del cual se puede deducir que existen variaciones de 2°C a 4°C en las diferentes parcelas y en función del tiempo observamos que a los 30 días se encuentran las mayores temperaturas.

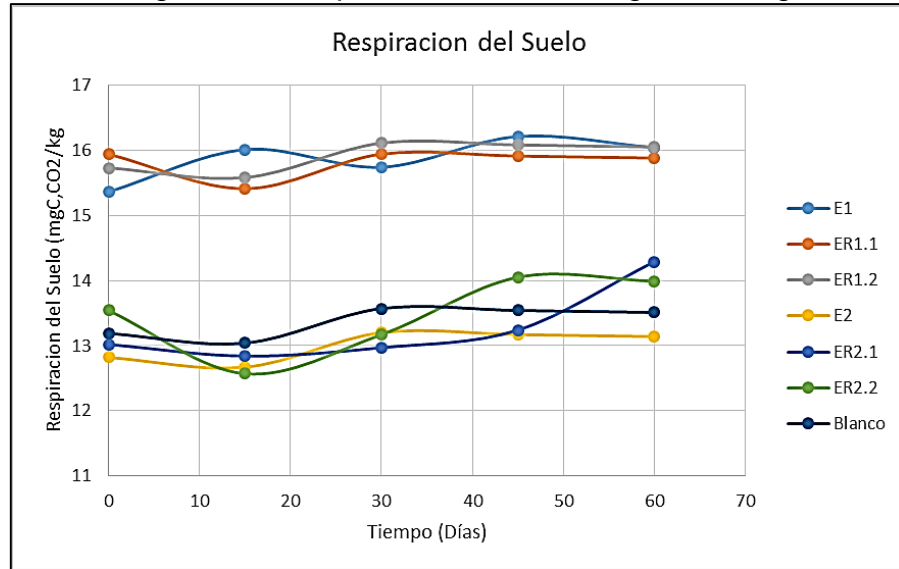
Tabla 4.10 Respiración del Suelo mg.C.CO₂/Kg

Respiración del Suelo mg.C.CO ₂ /Kg					
Días	0	15	30	45	60
E₁	15,36	16,01	15,74	16,21	16,04
ER_{1.1}	15,94	15,41	15,94	15,91	15,88
ER_{1.2}	15,73	15,58	16,11	16,08	16,05
E₂	12,82	12,67	13,2	13,17	13,14
ER_{2.1}	13,02	12,84	12,97	13,24	14,29
ER_{2.2}	13,54	12,57	13,17	14,05	13,99

En la tabla 4.10 se muestran los resultados de la respiración del suelo en mg.C.CO₂/Kg para cada uno de las parcelas observando que en las parcelas E₁, ER_{1.1}, ER_{1.2} contienen mayor concentración de la respiración entre un rango de 15 a 16,5 mg.C.CO₂/Kg mientras que en

las parcelas E2, ER_{2,1} y ER_{2,2} la concentración de la respiración esta entre 12 a 14,5 mg.C.CO₂/Kg

Figura 4.6 Respiración del Suelo mg.C.CO₂/Kg



En la Figura 4.6 observamos los resultados de la Respiración del Suelo en mg.C.CO₂/Kg de la cual podemos deducir que existe una variación significativa entre las muestras E1 Y E2 y sus respectivas replicas.

4.1.3. Comparación de Resultados

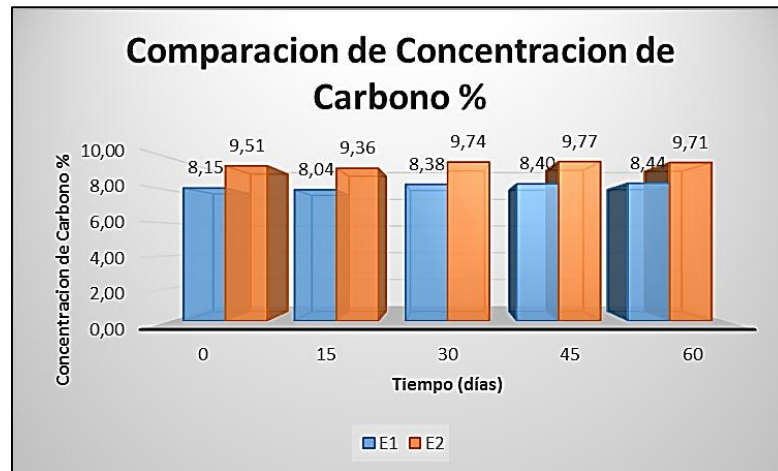
Los resultados obtenidos se promediaron con sus réplicas respectivas para comprar los diferentes parámetros medidos según los tratamientos que se realizaron en las diferentes parcelas

Tabla 4.11 Concentración de Carbono (%) Promedio

Concentración de Carbono (%) Promedio					
Día	0	15	30	45	60
E ₁	8,15	8,04	8,38	8,40	8,44
E ₂	9,51	9,36	9,74	9,77	9,71

En la tabla 4.11 se muestran los resultados promedios del % de concentración de carbono obteniendo el mayor porcentaje en E2 en las parcelas donde se utilizó el abono de estiércol de ovino.

Figura 4.7 Comparación de Concentración de Carbono (%) Promedio



En la Figura 4.7 observamos que los porcentajes de concentración de carbono con respecto al tiempo fueron aumentando y disminuyendo respecto a las parcelas E2 obtenido el mayor valor de 9,77% en un tiempo de 45 días en comparación con la parcela E1 que fue aumentando progresivamente hasta obtener el mayor valor de 8,44% en 60 días

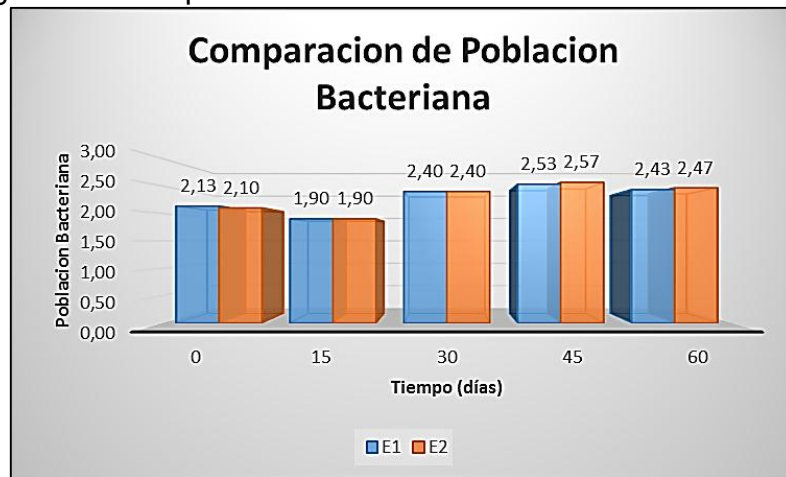
Tabla 4.12 Población Bacteriana Promedio

Población Bacteriana Promedio					
Día	0	15	30	45	60
E₁	2,13	1,90	2,40	2,53	2,43
E₂	2,10	1,90	2,40	2,57	2,47

En la tabla 4.12 se muestran los resultados promedios de la población bacteriana promedio que no tuvo mucha variación con ninguno de los

dos tratamientos obtenido valores mínimos de 1,90 y valores máximos de 2.57

Figura 4.8 Comparación de la Población Bacteriana Promedio



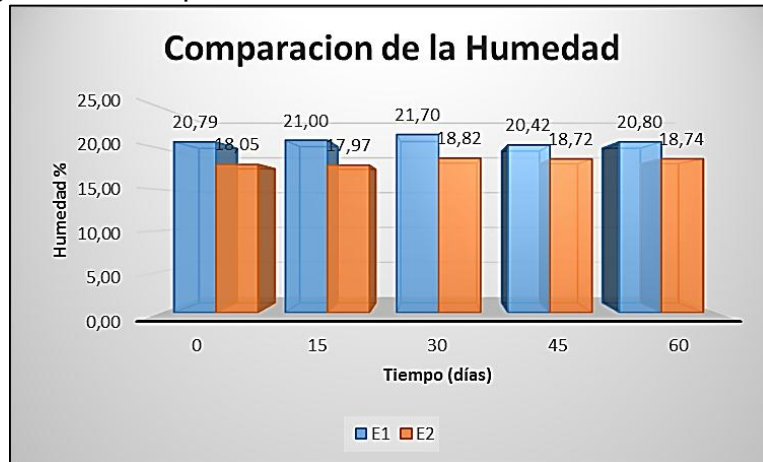
En la Figura 4.8 observamos que la población bacteriana promedio de los diferentes tratamientos fue aumentando y disminuyendo en función del tiempo llegando a obtener valores de máximos de 2,53 y 2,57 en cada uno de los tratamientos respectivamente

Tabla 4.13 Humedad del Suelo Promedio

Humedad del Suelo Promedio					
Día	0	15	30	45	60
E₁	20,79	21,00	21,70	20,42	20,80
E₂	18,05	17,97	18,82	18,72	18,74

En la tabla 4.13 se muestran los resultados promedios de la humedad del suelo siendo mayores de 20% en el primer tratamiento en los diferentes tiempos de monitoreo a comparación con el segundo tratamiento que son menores al 19% de humedad

Figura 4.9 Comparación de la Humedad del Suelo Promedio



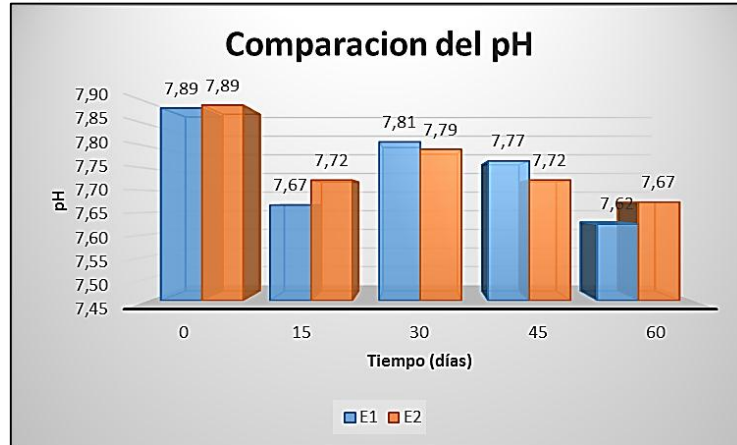
En la Figura 4.9 observamos que la humedad del suelo es mayor en la muestra E1 abonado con estiércol de vacuno obteniendo la mayor humedad de 21,70 a los 30 días, mientras en la muestra E2 abonado con estiércol de ovino la mayor humedad es de 18,82 a los 30 días.

Tabla 4.14 pH del Suelo Promedio

pH del Suelo Promedio					
Día	0	15	30	45	60
E₁	7,89	7,67	7,81	7,77	7,62
E₂	7,89	7,72	7,79	7,72	7,67

En la tabla 4.14 se muestran los resultados promedios del pH del suelo que como otros parámetros ya evaluados no hay mucha variación entre ellos ya sea respecto a los tratamientos E1 y E2, pero fue disminuyendo en relación al tiempo que se monitoreó durante el periodo de crecimiento del rabanito aun pH de ligeramente básico a básico

Figura 4.10 Comparación del pH del Suelo Promedio



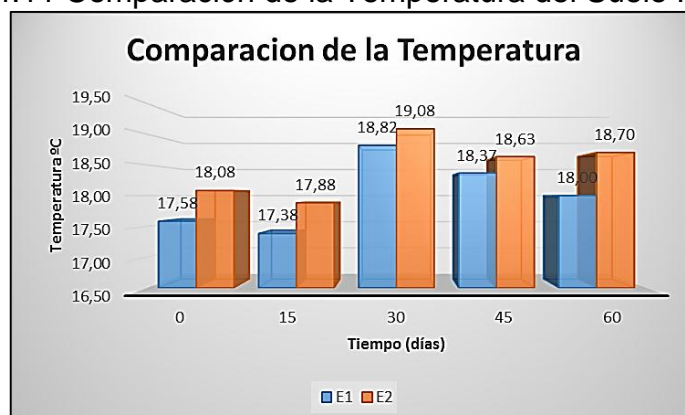
En la Figura 4.10 observamos que el pH del suelo disminuyo del valor inicial de 7,89 hasta 7,67 y 7,62 en cada uno de los tratamientos

Tabla 4.15 Temperatura del Suelo Promedio

Temperatura del Suelo Promedio					
Día	0	15	30	45	60
E₁	17,58	17,38	18,82	18,37	18,00
E₂	18,08	17,88	19,08	18,63	18,70

En la tabla 4.15 se muestran los resultados promedios de la temperatura existiendo variaciones de 1°C a 2°C en los diferentes tratamientos sin ninguna diferencia significativa.

Figura 4.11 Comparación de la Temperatura del Suelo Promedio



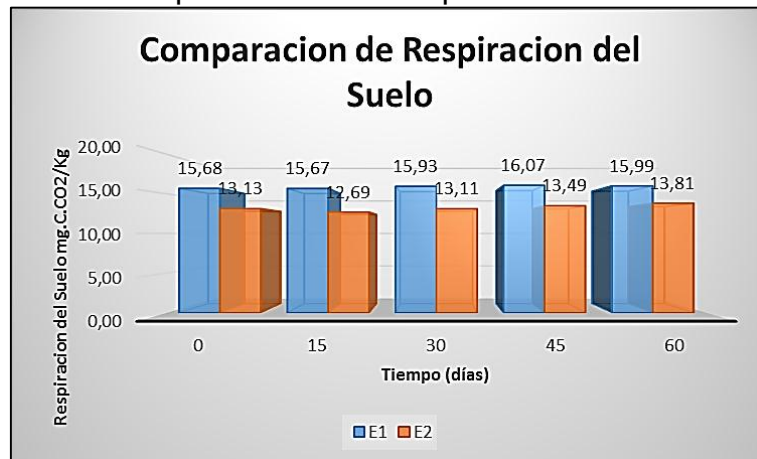
En la Figura 4.11 observamos que la temperatura máxima promedio en el tratamiento E1 es de 18,82°C a los 30 días de tratamiento mientras que en el tratamiento E2 la temperatura máxima es de 19,08°C a los 30 días del tratamiento

Tabla 4.16 Respiración del Suelo Promedio

Respiración del Suelo Promedio					
Día	0	15	30	45	60
E₁	15,68	15,67	15,93	16,07	15,99
E₂	13,13	12,69	13,11	13,49	13,81

En la tabla 4.16 se muestran los resultados promedios de la respiración del suelo habiendo una diferencia significativa entre los tratamientos E1 y E2 obteniendo mayores concentraciones en E1 de mg.C.CO₂/Kg que en E2.

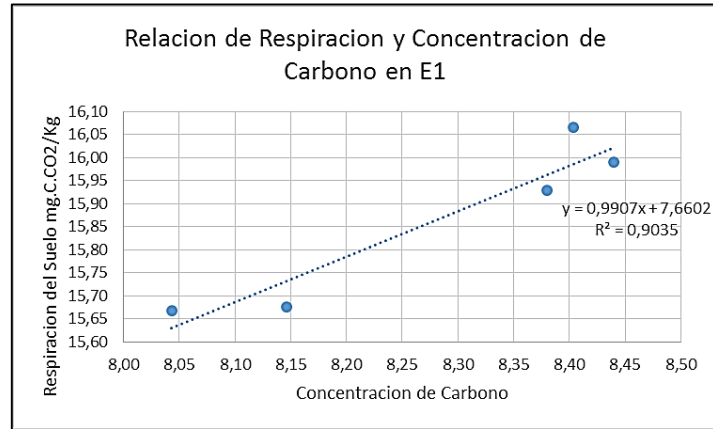
Figura 4.12 Comparación de la Respiración del Suelo Promedio



En la Figura 4.12 observamos que la respiración del suelo en mg.C.CO₂/Kg respecto al tiempo en el tratamiento E1 con estiércol de vacuno no varía manteniéndose constante entre 15 y 16 mg.C.CO₂/Kg mientras que en E2 de igual manera se mantiene constante entre 12 y 13 mg.C.CO₂/Kg

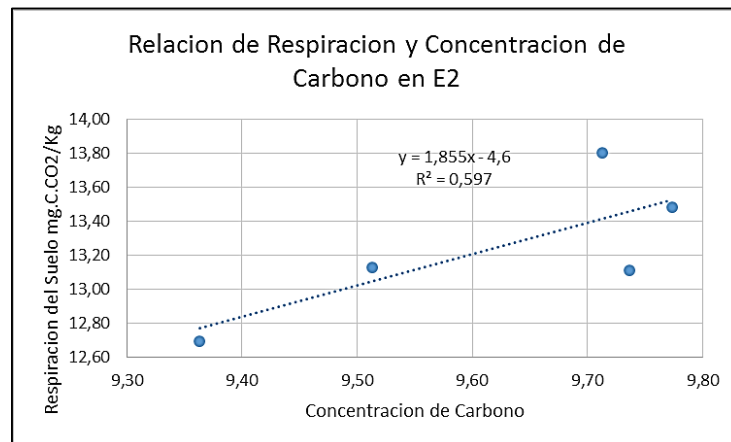
4.1.4. Relación de Parámetros de Medición

Figura 4.13 Relación de Respiración y Concentración de Carbono en E1



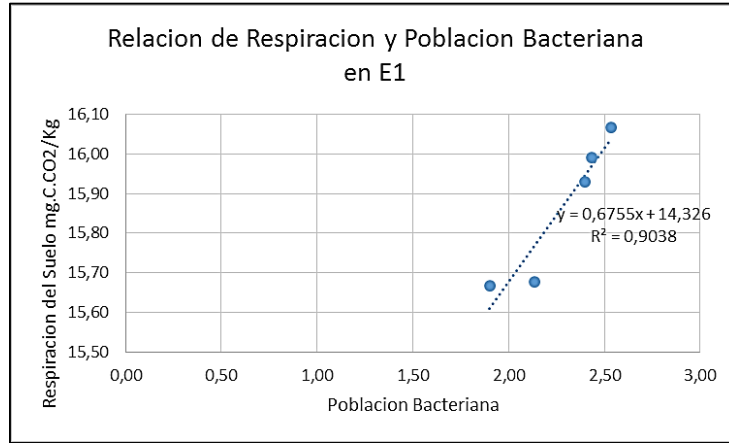
En la Figura 4.13 se observa la relación de la respiración del suelo según la concentración de carbono en el tratamiento E1 con estiércol de vacuno obtenido una relación lineal con la ecuación $y=0,9907x+7,6602$ y una correlación lineal de 0,9035.

Figura 4.14 Relación de Respiración y Concentración de Carbono en E2



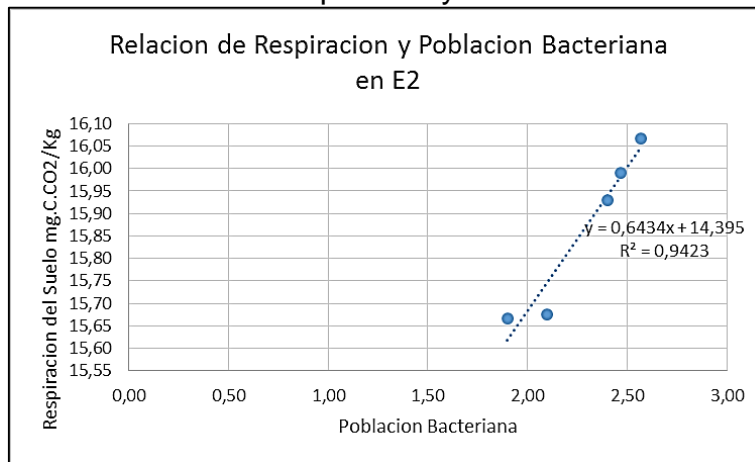
En la Figura 4.14 se observa la relación de la respiración del suelo según la concentración de carbono en el tratamiento E2 con estiércol de ovino obtenido una relación lineal con la ecuación $y=1,855x-4,6$ y una correlación lineal de 0,597.

Figura 4.15 Relación de Respiración y Población Bacteriana en E1



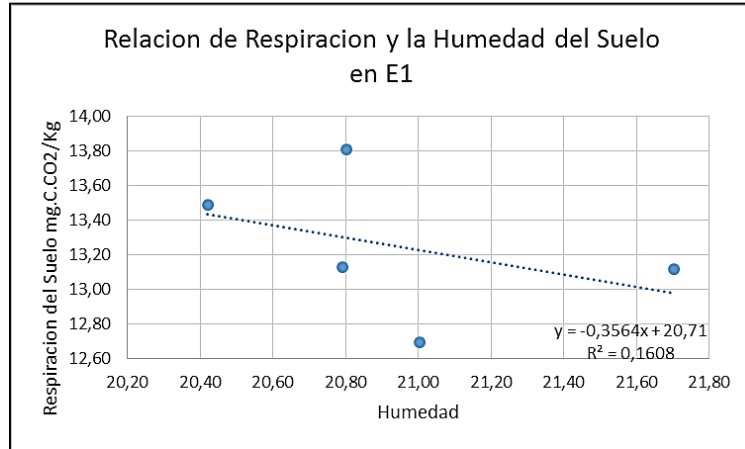
En la Figura 4.15 se observa la relación de la respiración del suelo según la población bacteriana el tratamiento E1 con estiércol de vacuno obtenido una relación lineal con la ecuación $y=0,6755x+14,326$ y una correlación lineal de 0,9038.

Figura 4.16 Relación de Respiración y Población Bacteriana en E2



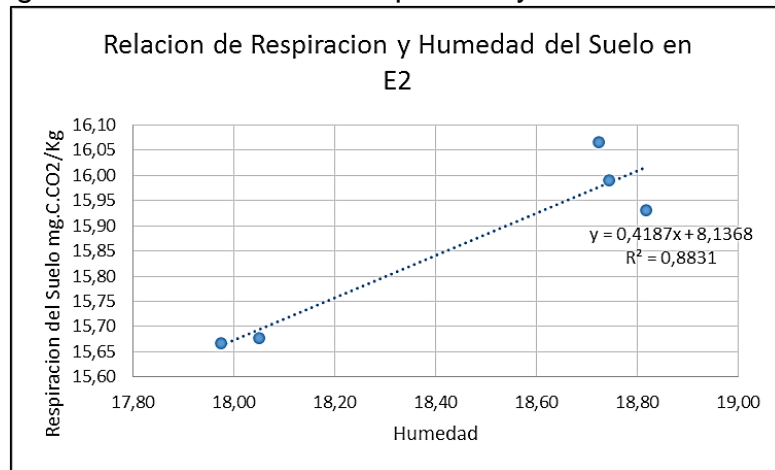
En la Figura 4.16 se observa la relación de la respiración del suelo según la población bacteriana el tratamiento E2 con estiércol de ovino obtenido una relación lineal con la ecuación $y=0,6434x+14,395$ y una correlación lineal de 0,9423.

Figura 4.17 Relación de Respiración y la Humedad en E1



En la Figura 4.17 se observa la relación de la respiración del suelo según la humedad del suelo en el tratamiento E1 con estiércol de vacuno obtenido una relación lineal con la ecuación $y = -0,3564x + 20,71$ y una correlación lineal de 0,1608.

Figura 4.18 Relación de Respiración y la Humedad en E2



En la Figura 4.18 se observa la relación de la respiración del suelo según la humedad del suelo en el tratamiento E2 con estiércol de ovino obtenido una relación lineal con la ecuación $y = 0,4187x + 8,1368$ y una correlación lineal de 0,8831.

4.2. Discusión de Resultados

Se caracterizó el suelo agrícola de Anexo de Auray distrito de Huancán realizando un muestreo adecuado para obtener la mayor representatividad de la población donde se obtendría las parcelas para las pruebas experimentales y realizar los distintos tratamientos resultando la cartelización de la siguiente manera pH 7,49 conductividad eléctrica 0,93 dS/m, CaCO_3 2,70 %, materia orgánica 2,46% fósforo 43,3 ppm, potasio 505 ppm , suma de cationes 15,04; suma de bases 15,04 y clase de textura franco arenoso.

La materia orgánica en función de la concentración de carbono en los tratamientos E1 con estiércol de vacuno fueron de 8,15; 8,04; 8,38; 8,40 y 8,44 según los tiempos de monitoreo en comparación con el tratamiento E2 que resultaron 9,51; 9,36; 9,74; 9,77 y 9,71, de los dos tratamientos en E2 contiene mayor concentración de Carbono y respecto a la relación respiración se obtiene una relación lineal con la ecuación $y=0,9907x+7,6602$ y una correlación lineal de 0,9035 y con respecto a E2 se obtiene una relación lineal con la ecuación $y=1,855x-4,6$ y una correlación lineal de 0,597.

La variación del tiempo respecto al crecimiento del rabanito y la población bacterias no tiene mucha variación en los tratamientos que se realizaron los valores fluctúan de un mínimo 1,90 hasta 2,57 aumentando y disminuyendo relativamente según va transcurriendo el tiempo que necesita para el desarrollo de la planeación que se realizó.

La variación de la emisión de CO_2 está relacionado con la respiración del suelo el cual se obtuvo en el tratamiento E1 con estiércol de vacuno los siguientes resultados de la concentración de 15,68; 15,67; 15,93; 16,07 y 15,99 mg.C. CO_2 /Kg, mientras que en tratamiento E2 con estiércol de ovino se obtuvo los siguientes resultados 13,13; 12,69; 13,11; 13,49 y 13,81 mg.C. CO_2 /Kg, según estos datos podemos decir que hay mayor emisión de

dióxido de carbono con el tratamiento con el tratamiento E1 estiércol de vacuno.

4.3. Contrastación de Hipótesis

4.3.1. Análisis de Anova

a) Tratamiento E1 con Estiércol de Vacuno

One-way ANOVA: E1 Conc. De Carbono %; E1 Respiracion del Suelo

Method
 Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$
 Equal variances were assumed for the analysis.
 Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	2	E1 Conc. De Carbono %; E1 Respiracion del Suelo

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	143,868	143,868	4451,38	0,000
Error	8	0,259	0,032		
Total	9	144,127			

Interpretación:

Según el análisis de Anova y la comparación de Fisher el valor P-value es de 0,000; siendo este menor al valor de significancia de 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis que la Materia Orgánica en relación a la parcela E1 con estiércol de vacuno no influyen significativamente en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola en Huancán - Junín

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,179778	99,82%	99,80%	99,72%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
--------	---	------	-------	--------

El Conc. De Carbono %	5	8,2820	0,1764	(8,0966; 8,4674)
El Respiracion del Suelo	5	15,8680	0,1831	(15,6826; 16,0534)

Pooled StDev = 0,179778

Interpretación:

Según los resultados los intervalos de confianza para la concentración de carbono están dentro del rango de (8,0966; 8,4674) y la respiración del suelo entre el rango de (15,6826; 16,0534) para un nivel de confianza del 95%.

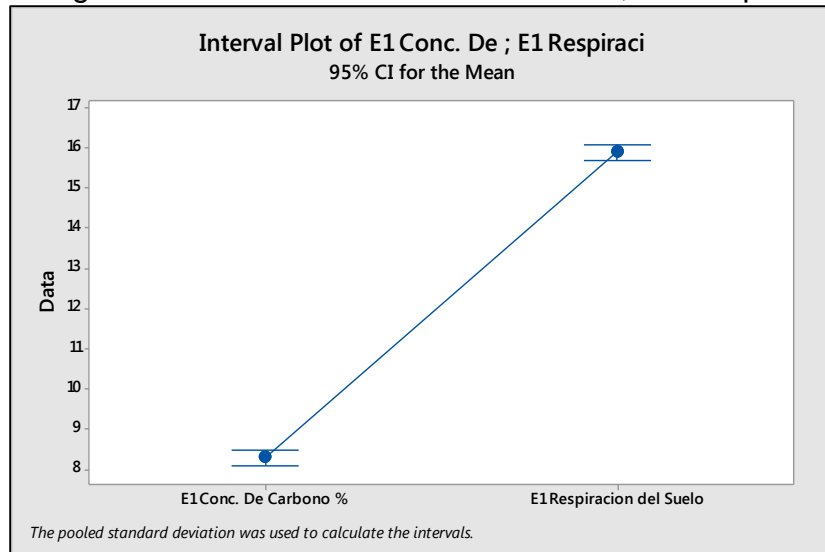
Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
El Respiracion del Suelo	5	15,8680	A
El Conc. De Carbono %	5	8,2820	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 4.19 Interval Plot of E1 Conc. De ; E1 Respiraci



Interpretación:

Según la Figura 4.19 se observa que la media de parámetros analizados no tiene relación por eso se clasifican en diferentes grupos ya que no están

dentro de los intervalos de confianza ninguna de los dos parámetros medidos en el tratamiento E1 con estiércol de vacuno

b) Tratamiento E2 con Estiércol de Ovino

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	2	E2 Conc. De Carbono %; E2 Respiracion del Suelo

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	32,9060	32,9060	312,13	0,000
Error	8	0,8434	0,1054		
Total	9	33,7494			

Interpretación:

Según el análisis de Anova y la comparación de Fisher el valor P-value es de 0,000; siendo este menor al valor de significancia de 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis que la Materia Orgánica en relación a la parcela E1 con estiércol de ovino no influyen significativamente en la emisión de dióxido de carbono de la población bacteriana del suelo Agrícola en Huancán - Junín

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,324692	97,50%	97,19%	96,10%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E2 Conc. De Carbono %	5	9,6180	0,1766	(9,2832; 9,9528)

E2 Respiracion del Suelo 5 13,246 0,424 (12,911; 13,581)

Pooled StDev = 0,324692

Interpretación:

Según los resultados los intervalos de confianza para la concentración de carbono están dentro del rango de (9,2832; 9,9528) y la respiración del suelo entre el rango de (12,911; 13,581) para un nivel de confianza del 95%.

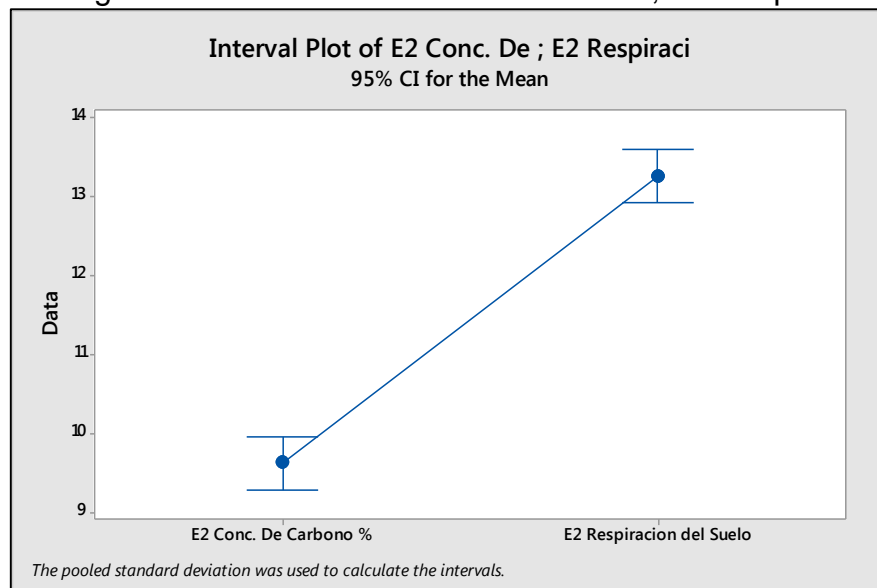
Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
E2 Respiracion del Suelo	5	13,246	A
E2 Conc. De Carbono %	5	9,6180	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 4.20 Interval Plot of E2 Conc. De ; E2 Respiraci



Interpretación:

Según la Figura 4.20 se observa que la media de parámetros analizados no tiene relación por eso se clasifican en diferentes grupos ya que no están

dentro de los intervalos de confianza ninguna de los dos parámetros medidos en el tratamiento E2 con estiércol de ovino

CONCLUSIONES

Se caracterizó el suelo agrícola de Anexo de Auray distrito de Huancán obteniendo los siguientes resultados pH 7,49 conductividad eléctrica 0,93 dS/m, CaCO_3 2,70 %, materia orgánica 2,46% fosforo 43,3 ppm, potasio 505 ppm , suma de cationes 15,04; suma de bases 15,04 y clase de textura franco arenoso.

Se determinó el efecto de la materia orgánica en función de la concentración de carbono en los tratamientos E1 con estiércol de vacuno fueron de 8,15; 8,04; 8,38; 8,40 y 8,44 según los tiempos de monitoreo en comparación con el tratamiento E2 que resultaron 9,51; 9,36; 9,74; 9,77 y 9,71, de los dos tratamientos en E2 contiene mayor concentración de Carbono y respecto a la relación respiración se obtiene una relación lineal con la ecuación $y=0,9907x+7,6602$ y una correlación lineal de 0,9035 y con respecto a E2 se obtiene una relación lineal con la ecuación $y=1,855x-4,6$ y una correlación lineal de 0,597.

El efecto de la variación del tiempo respecto al crecimiento del rabanito y la población bacterias no tiene mucha variación en los tratamientos que se realizaron los valores fluctúan de un mínimo 1,90 hasta 2,57 aumentando y disminuyendo relativamente según va transcurriendo el tiempo que necesita para el desarrollo de la planeación que se realizó.

Se calculó la variación de la emisión de CO_2 está relacionado con la respiración del suelo el cual se obtuvo en el tratamiento E1 con estiércol de vacuno los siguientes resultados de la concentración de 15,68; 15,67; 15,93; 16,07 y 15,99 mg.C. CO_2 /Kg, mientras que en tratamiento E2 con estiércol de ovino se obtuvo los siguientes resultados 13,13; 12,69; 13,11; 13,49 y 13,81 mg.C. CO_2 /Kg.

RECOMENDACIONES

- Realizar la medición de temperatura en simultaneo, para ello contar con varios termómetros.
- Realizar estudios de respiración de suelo agrícola con diferentes cultivos para conocer el mayor o menor aporte de CO₂ emitido por cada uno de ellos.
- Realizar varios muestreos por día para observar la variación que tiene este durante las 24 horas.
- Realizar estudios de respiración de suelo en diferentes altitudes para conocer el mayor o menor aporte de CO₂ emitido en las diferentes altitudes

BIBLIOGRAFÍA

1. Alexander, M. (1980). *Introducción a la Microbiología del Suelo*. México: AGT Editor .
2. Alexander, M., & Jon, G. (25 de Agosto de 2013). *Introducción a la microbiología del suelo*. 79-90. New York, New York, E.E.U.U.: Edit. J.
3. Álvarez, J. D., & Martínez, N. S. (1997). *Fertilidad del suelo y sistemas simbióticos*. *Agricultura y Crisis Rural*, 43-64.
4. Antonio, B. E., & Cecilia, M. V. (2000). *Ecología del Peru*. Lima: Asociacion Editorial Bruño.
5. Austin, N. (2004). *Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems*. *Oecologia*, 221-235.
6. Azevedo, J. (1998). *Biodiversidade Microbiana e Potencial Biotecnológico*. Mexico : J.L. Ed.
7. Azevedo, J. (1998). *Biodiversidade Microbiana e Potencial Biotecnológico*. En I. e. Melo, *Ecología Microbiana* (págs. 90-150). Jaguariún: J.L. Ed.
8. Buduba, C. (2004). *Muestreo de Suelos*. *Patagonia Forestal*, 9-12.
9. Carter, M. (2002). *Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions*. *Agron. J.*, 38-47.
10. Clark, F., & PAUL, E. (1996). *Soil Microbiology and biochemistry*. Academic Press, 45-68.

11. Delgado, M. (2005). Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Villavicencio.
12. Dommergues, & Manguet, F. (1970). *Écologie microbienne du sol*. Paris: Edit. Masson et Cie.
13. Elliott, L., Lynch, J., & Papendick, R. (1996). The microbial component of soil quality. En G. Stotzky, & J. Bollag, *Soil biochemistry* (págs. 1-21). New York: P.J. Ed.
14. Enkerlin, E., Cano, L., & Garza, R. (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. Internacional. Mexico: Thomson Editores.
15. FAO. (2009). *Soil carbon sequestration for improved land management*. World soil reports , 58.
16. Felipe-Morales, C. (2002). *Manejo agro ecológico del suelo en sistemas andinos*. Argentina: Ediciones Científicas Americana.
17. Fenchel, T. (2000). Bacterial Biogeochemistry. En *The Ecophysiology of Mineral Cycling* (págs. 120-145). San Diego: 2° ed, Academic Press.
18. Foth, H. (1985). *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. Mexico: Editorial Continental S.A.
19. Girvan, M., Bullimore, J., Pretty, J., Osborn, A., & Ball, A. (2003). Soil type is the primary determinant of the composition of the total and active bacterial communities in arable soils. *Appl Environ Microbiol* , 1800-1809.
20. Gobierno Regional de Junín. (18 de Julio de 2013). Agrojunín. Obtenido de <http://www.agrojunin.gob.pe/>. Acceso

21. Harrys, R. (1981). Effect of water potential on microbial growth and activity. *Ecological Applications*, 23-95.
22. Haynes, R. (1986). The decomposition process: Mineralization, immobilization, humus formation, and degradation. Academic Press, 24-60.
23. Heilmann, B., Lebuhn, M., & Beese, F. (1995). Methods for investigation of metabolic activity and shifts in the microbial community in soil treated with a fungicide. *Biology and Fertility of Soils*, 186-192.
24. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2012). Metodología de Muestreo de Suelos y Ensayos a Campo. En J. S. Diego, G. W. Marcelo, & O. Miriam. Argentina: Ediciones INTA.
25. IPCC. (2008). Cambio Climático 2007 Informe de Síntesis. En G. I. Climático. Ginebra, Suiza: Publicaciones IPCC.
26. Jackson, M. L. (1964). Análisis químico de suelos. En J. Beltrán, Análisis químico de suelos (Traducido) (pág. 662). Barcelona, España: Ediciones Omega S. A.
27. Johnson, M. (1995). The role of soil management in sequestering soil carbon. En J. R. Lal, & E. L. Kimble, Soil management and greenhouse effect (págs. 351-363). Florida: Lewis publisher.
28. Killham, K. (1994). Soil Ecology. Cambridge University Press. United Kingdom, 242.
29. Lal, R. (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ –enrichment. *Soil Till. Res*, 43-107.

30. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 252-320.
31. Lettens, A. (2005). Stocks and fluxes of soil organic carbon for landscape units in Belgium derived from heterogeneous data sets for 1990 and 2000. *Geoderma*, 11-23.
32. Martínez, E., Valle, S., Silva, P., & Acevedo, E. (2004). Evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de un suelo Mollisol asociadas a manejo en cero labranza. Compendio de los trabajos presentados en la VII Escuela Latinoamericana de Física de Suelos, 95-100.
33. Martínez, J., & Solaun, K. (2008). Guía con clima, sobre instrumentos operativos contra el cambio climático. Madrid: Comité Español de U.I.C.N. Edit.
34. Moreno, I., Orioli, G., Bonadeo, E., & Marzari, R. (25 de Febrero de 1999). Dinámica de C y N en suelos bajo diferentes usos. Pucón, Chile.
35. Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M., Landi, L., Pietramellara, G. E., & Renella, G. (2003). Microbial Diversity and Soil Functions. *European Journal of Soil Science* 54, 655–670.
36. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 11464. (2002). Calidad del Suelo. Pretratamiento de las Muestras de Suelo para Análisis Físicoquímicos. ICONTEC, 1-7.
37. Parkinson, D., & Coleman, C. (1991). Methods for assessing soil microbial populations, Activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 3-33.
38. Raich, J. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus* 44b, 81-99.

39. Ramírez, G., Luna, M., Mejía, A., Velázquez, M., Tsuzuki, R., Vierna, G., & Muggenburg, L. (1992). Manual de prácticas de microbiología general. Mexico: PEARSON Educacion S.A.
40. Rasmussen, P. E., & Parton, W. J. (1994). Long term effect of residue management in wheat – fallow: I. Inputs, yield, and soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 523-530.
41. Raviña, M. M., & Acea, T. (1993). Microbial biomass and its contribution to nutrients concentrations in forest soils. *Soil Biol. Biochem*, 25-31.
42. Reicosky, D. C. (2002). Long – Term Effect of Moldboard Plowing on Tillage–Induced CO₂ Loss. En J. M. Kimble, & R. F. Follet, *Agricultural Practices and Polices for Carbon Sequestration in Soil* (págs. 87-96). Columbus: Lewis Publishers.
43. Rodrigo, P. (1997). Modelling temperature and moisture effects on C-N transformations in soils: comparison of nine models. *Ecological Modelling* , 325-339.
44. Roig, S., & Colaboradores. (2006). El sistema agroforestal dehesa como sumidero de carbono: hacia un conjunto de la vegetacion y el suelo. Madrid : Editorial E.T.S.I.
45. Sanchez, J. E., Harwood, R. R., Willson, T. C., Kizilkaya, K., Smeenk, J., Parker, E., . . . Robertson, G. P. (2004). Managing soil carbon and nitrogen for productivity and environmental quality. *Agron. J.*, 769-775.
46. Sinclair, T. (1992). Mineral nutrition and plant growth response to climate change. *Journal of Experimental Botany* 43 , 1141-1146.
47. Swift, R. S. (2001). Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci*, 858-871.

48. Universidad Nacional Agraria la Molina . (2003). Manual de Analisis de Suelos y Plantas. Lima.
49. Veennendaal, E. M. (2004). Seasonal variation in energy fluxes and carbon dioxide exchange for broad leaved semi arid savanna Mopane woodland in Southern Africa. . *Global Change Biology* , 318-328.
50. Walkley, & Black, M. (1992). *Respiracion Basal del Suelo*. Madrid.
51. West, T. O., & Post, W. M. (2002). Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. *Soil Sci. Soc*, 1930-1946.

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CESAR DEYVIS TORRES ROJAS

Departamento : JUNIN
 Distrito : HUANCAN
 Referencia : H.R. 42631-103C-13

Bolt.: 10441

Provincia : HUANCAYO
 Predio : AURAY
 Fecha : 11/11/13

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
18230		7.49	0.93	2.70	2.46	43.3	505	39	38	23	Fr.	15.04	9.31	3.62	1.90	0.21	0.00	15.04	15.04	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Dr. Sady García Bendezi
 Jefe del Laboratorio

Construcción de parcelas.



Preparación de tierra para la siembra de rabanito.



Adición de abono de vacuno y ovino en las parcelas sembradas por rabanito.



Crecimiento de los rabanitos en cada parcela.



Medición del pH en los cultivos de rabanito.



Kit para el muestreo de suelos.



Toma de muestras de suelo en cada parcela.



Medición de pH y temperatura del suelo.

