

“2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón”

## **TRABAJO PROFESIONAL**

### **COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO BIOQUÍMICO**

**QUE PRESENTA:  
JORGE ARTURO GARCÍA RODRÍGUEZ**

**CON EL TEMA:**

**“ESTUDIO FISICOQUIMICO DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE FRESA  
(*Fragaria vesca L.*) DE LA COMUNIDAD EL DURAZNAL  
PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS,  
CHIAPAS”**

**MEDIANTE:**

**OPCION I  
(TESIS PROFESIONAL)**

**Director de tesis  
Dr. Reiner Rincón Rosales**

**TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS**

**2016**

Carretera Panamericana Km. 1080, C. P. 29050, Apartado Postal 599  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Tels. (961) 61 54285, 61 50380, Conmut. Ext. 325 y 326  
[www.ittg.edu.mx](http://www.ittg.edu.mx)



"2015, Año del Generalísimo José María Morelos Y Pavón"

DIRECCIÓN  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 27 de octubre del 2015

OFICIO NUM. DEP-CT-690-2015

**C. JORGE ARTURO GARCÍA RODRÍGUEZ**  
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA  
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.  
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la comunicación de su trabajo profesional por parte de los CC. DR. REINER RINCON ROSALES, DR. FEDERICO ANTONIO GUTIÉRREZ MICELI, DR. JOAQUIN ADOLFO MONTES MOLINA Y DR. VICTOR MANUEL RUIZ VALDIVIEZO en el sentido que se encuentra satisfactorio el contenido del mismo como prueba escrita, **AUTORIZO** a Usted a que se proceda a la impresión del mencionado Trabajo denominado:

**"ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria vesca*) DE LA COMUNIDAD EL DURAZNAL PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS"**

Registrado mediante la opción:  
**I (TESIS PROFESIONAL)**

**ATENTAMENTE**  
**"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"**

ING. JUAN JOSÉ ARREOLA ORDAZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE LA DIVISIÓN DE  
ESTUDIOS PROFESIONALES

Vo. Bo.  
M. en C. JOSÉ LUIS MÉNDEZ NAVARRO  
DIRECTOR

C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares  
C.c.p.- Expediente  
I'JLMN/I'JJAO/I'eeam

Secretaría de Educ. Pública  
Instituto Tecnológico  
de Tuxtla Gutiérrez,  
Div. de Est. Profesionales



## **DEDICATORIAS**

### **A Dios**

Que consciente de mi nada y de tu sublimidad, misericordioso salvador, me postro a tus pies, y te agradezco por la gracia que has mostrado hacia mi ingrata criatura.

### **A mis padres**

#### **Jorge Arturo García Espinosa y Rode Rodríguez Ortiz**

Por todo el apoyo brindado y sobre todo en poder llegar a concluir esta faceta tan importante, por estar en todo momento y en enseñarme a nunca mirar atrás, pero sobre todo en su empeño en darme siempre lo mejor.

### **A mi hermana**

#### **Roció del Carmen García Rodríguez**

Por su cariño y apoyo recibido en los momentos más difíciles de la vida

### **A mi tía**

#### **Alicia García Espinosa**

Por su cariño y su incondicional apoyo brindado a lo largo de esta faceta tan hermosa, y sobre todo en estar en aquellos momentos difíciles de la vida.

### **A mí Tío**

#### **Eli Rodríguez Ortiz y Familia**

Por aconsejarme y haberme brindado su apoyo en todo momento de mi vida, con especial cariño.

### **Al I.B.I Jesús Carmona de la Torre**

Por haberme otorgado la oportunidad para entrar a la institución para el desarrollo del presente trabajo, además de brindar su amistad y confianza en todo momento para fortalecerme como profesionalista.

### **Al Q.A Miguel Ángel López Anaya y el Técnico Manuel de Jesús Gutiérrez Gómez**

Por brindarme su amistad y su confianza a lo largo de este año, pero sobre todo el apoyo recibido en todo momento para fortalecerme como profesionalista.

### **A mis amigos**

Por acompañarme siempre y compartir muy buenos momentos.

**Y a toda mi familia**

Por último agradecerles por todo su cariño y apoyo demostrado en todo momento.

“Y a los que me hizo falta mencionar, con cariño para ustedes”

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Al Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez**

Por haberme podido llegar a esta faceta de mi vida y permitirme estudiar esta hermosa carrera profesional.

### **A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad San Cristóbal**

Por abrirme las puertas, la oportunidad y el apoyo brindado para realizar el presente trabajo dentro de sus instalaciones de Laboratorios Institucionales.

### **Al I.B.I Jesús Carmona de la Torre**

Un especial agradecimiento por el apoyo, la confianza y los consejos otorgados para la realización de este trabajo, gracias.

### **Al Q.A Miguel Ángel López Anaya**

Un especial agradecimiento por el apoyo otorgado en la realización de dicho trabajo, por los consejos, la confianza y además de su amistad brindada, gracias.

### **Al Técnico Manuel de Jesús Gutiérrez Gómez**

Por contribuir en mi aprendizaje y también en compartir sus conocimientos y experiencias en la formación del presente proyecto y en mi formación como profesionista, gracias.

### **Al Dr. Reiner Rincón Rosales**

Por ser un catedrático con principios y valores extraordinarios, además de mencionar su profesionalismo en la enseñanza y compartiendo sus experiencias a los futuros profesionistas de esta hermosa carrera, gracias.

### **A mis padres**

Nuevamente reiterando el gran esfuerzo que hicieron para poder salir adelante, por su apoyo en aquellos momentos, su cariño, su amor, sus consejos y la confianza que me brindaron a lo largo de estos años, de la cual solo me queda decirles muchas gracias.

# CONTENIDO

<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	9
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	12
<b>RESUMEN</b> .....	14
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	19
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN</b> .....	21
<b>II. FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	23
<b>2.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA FRESA</b> .....	23
2.1.1 Crecimiento caulinar .....	25
2.1.2. Caracteres eco-fisiológicos.....	25
2.1.3 Fotosíntesis .....	26
2.1.4 Tasa fotosintética.....	27
2.1.5 Ciclo vegetativo .....	27
<b>2.2 ASPECTOS BOTÁNICOS DE LA FRESA</b> .....	29
2.2.1 Taxonomía.....	29
2.2.2 Clasificación sistemática .....	29
2.2.3 Distribución del cultivo.....	29
<b>2.3 BIOLOGÍA DEL CULTIVO DE FRESA (<i>Fragaria vesca</i>)</b> .....	31
2.3.1 Origen.....	31
2.3.2 Variedades .....	32
2.3.3 Características y propiedades de la fresa .....	34
2.3.3.1 Composición química.....	34
2.3.3.2 Respiración y madurez de la fresa .....	36
2.3.4 Valor nutrimental.....	37
<b>2.4 CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DEL CULTIVO DE FRESA</b> .....	38
2.4.1 Requerimientos para el cultivo de fresa .....	38
2.4.1.1 Materia orgánica.....	38
2.4.1.2 pH.....	38

2.4.1.3	Conductividad eléctrica .....	38
2.4.1.4	Nitrógeno.....	39
2.4.1.4.1	Ciclo del nitrógeno .....	40
2.4.1.5	Potasio .....	41
2.4.1.6	Fósforo.....	42
2.4.1.6.1	Ciclo del fósforo.....	43
2.4.1.7	Calcio .....	44
2.4.1.8	Textura .....	44
2.4.2	Siembra .....	45
2.4.3	Coberturas de suelo .....	45
2.4.4	Invernadero .....	46
2.4.5	Riego.....	46
2.4.6	Fertilización.....	47
2.4.7	Poda.....	48
2.5	<b>PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE FRESA</b> .....	48
2.5.1	Plagas.....	49
2.5.2	Enfermedades .....	50
2.6	<b>PRODUCCIÓN DE FRESA</b> .....	52
2.6.1	Producción a nivel mundial.....	52
2.6.2	Producción en México .....	52
2.6.3	Producción en Chiapas .....	54
2.7	<b>RESPIRACIÓN DE SUELOS</b> .....	55
2.7.1	Microbiología del suelo .....	55
2.7.2	Respiración de suelos .....	55
2.7.3	Respiración de productos hortícolas .....	56
2.7.4	Actividad microbiana .....	57
2.7.4.1	Factores principales de la actividad microbiana.....	59
2.7.4.2	Biomasa microbiana .....	59
2.7.4.3	Capacidad de campo.....	59
2.7.4.4	Humedad .....	60

<b>III. OBJETIVOS</b> .....	61
3.1 Objetivo general.....	61
3.2. Objetivos específicos .....	61
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	62
4.1 Comunidad El Duraznal-zona de estudio .....	62
4.1.1 Población.....	63
4.1.2 Aspectos generales .....	63
4.2 Colecta de muestras .....	65
4.3 Preparación de la muestra .....	66
4.4 Parámetros cuantificados .....	68
4.4.1 Parámetros físicos .....	69
4.4.1.1 Densidad aparente.....	69
4.4.1.2 Conductividad eléctrica .....	69
4.4.1.3 pH.....	70
4.4.1.4 Textura por el método Bouyoucos.....	71
4.4.2 Parámetros químicos .....	71
4.4.2.1 Capacidad de Intercambio catiónico con acetato de amonio.....	71
4.4.2.2 Calcio (Ca) y Potasio (K) .....	73
4.4.2.3 Materia orgánica por el método Walkley y Black .....	73
4.4.2.4 Fósforo por el método Olsen (NOM-021-SEMARNAT-2000).....	74
4.4.2.5 Nitrógeno total .....	75
4.4.2.6 Respiración por Sustrato Inducido (SIR).....	76
4.4.3 Análisis bromatológico de la fresa.....	77
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	79
5.1 Agua .....	83
5.2 Análisis bromatológicos.....	86
<b>VI. CONCLUSIÓN</b> .....	88
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	90
<b>VIII. REFERENCIAS</b> .....	91
<b>IX. ANEXOS</b> .....	97
9.1 Cálculos de los parámetros cuantificados .....	97



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología general de una planta de fresa, Bonet (2010).....	24
Figura 2. Distribución de <i>Fragaria vesca</i> en el mundo, Hancock y Luby (1996)....	31
Figura 3. Ciclo del nitrógeno (Castellanos et al, 2000) .....	41
Figura 4. Ciclo del fósforo (Torres, 2009) .....	44
Figura 5. Cobertura a los cultivos como protección en condiciones de invernadero .....	45
Figura 6. Poda a los cultivos como medio preventivo de plagas y enfermedades.	48
Figura 7. Aspecto físico del ácaro amarillo responsable de los daños hechos al cultivo de fresa .....	50
Figura 8. Efectos ocasionados a los frutos de fresa, daño ocasionado por el ataque del ácaro amarillo.....	50
Figura 9. Daño ocasionado al fruto de fresa a través de la aparición del hongo <i>Botrytis</i> .....	51
Figura 10. Relación del desprendimiento de CO <sub>2</sub> y la temperatura del suelo .....	58
Figura 11. Aspecto geográfico de la comunidad del Duraznal y comunidades aledañas al sitio de estudio.....	62
Figura 12. Área de trabajo y lote de suelo para el llenado de las bolsas del cultivo de fresa .....	65

Figura 13. Cultivo de fresa en condiciones de invernadero tipo rústico y su aspecto interno del invernadero.....	<b>66</b>
Figura 14. Charola de plástico, Mortero y malla N°40 con muestra de suelo.....	<b>67</b>
Figura 15. Muestras de suelo libres de humedad y tamizadas para llevar acabo los análisis de laboratorio.....	<b>68</b>
Figura 16. Balanza semi-analitica con probeta de 10 ml para determinar densidad aparente en el suelo .....	<b>69</b>
Figura 17. Conductímetro marca Hanna.....	<b>70</b>
Figura 18. Potenciómetro marca Hanna para determinar pH.....	<b>70</b>
Figura 19. Probetas 1000 ml para la determinación de textura de suelos.....	<b>71</b>
Figura 20. Muestra filtrándose, destilador micro-Khjeldhal y autor titulando por medio de una bureta .....	<b>72</b>
Figura 21. Matraces Erlenmeyer 250 ml con muestra y bureta con reactivo titulante para materia orgánica.....	<b>74</b>
Figura 22. Muestra de suelo filtrándose, matraces aforados 50 ml (muestra y curva de calibración) y espectrofotómetro GENESYS .....	<b>75</b>
Figura 23. Autor titulando con una bureta, destilador tipo micro-Khjeldhal y Block digestador .....	<b>76</b>
Figura 24. Muestra de fresa (Fragaria vesca) rotulada y aspectos del fruto de fresa (tamaños y formas) de la comunidad del Duraznal .....	<b>77</b>

Figura 25. Triangulo para determinar textura de suelos (%Arena, %Arcilla y % Limo)..... 99

Figura 26. Gráfica de la curva de calibración de fósforo (Absorbancia vs concentración mg/L) .....101

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies del género fragaria plodía, y distribución geográfica Hancock (1999), Rousseau-Gueutin et al. (2009), Hummer et al (2009) .....	30
Cuadro 2. Variedades principales de fresa .....	33
Cuadro 3. Cambios que pueden ocurrir durante la maduración de la fresa (Willis et al 1882) .....	37
Cuadro 4. Principales países productores de fresa .....	52
Cuadro 5. Estados productores de fresa en México.....	53
Cuadro 6. Clasificación de productos hortícolas y frutícolas de acuerdo a su tasa de respiración.....	56
Cuadro 7. Parámetros referentes al análisis bromatológico.....	78
Cuadro 8. Resultados de los análisis físico, químicos y bioquímicos mediante la respiración de suelos por el método SIR (Respiración por Sustrato Inducido) .....	79
Cuadro 9. Resultado de la calidad de aguas residuales generadas en la ciudad de San Cristóbal y de zonas provenientes de las comunidades de la zona sur de San Cristóbal .....	84
Cuadro 10. Resultado de la calidad del agua potable de la comunidad del Duraznal .....	<b>84</b>
Cuadro 11. Resultados de ensayo bromatológico de la fresa (Fragaria vesca) de la comunidad del Duraznal.....	<b>86</b>
Cuadro 12. Valores del fósforo en ppm en el tratamiento final de los resultados	102

Cuadro 13. Valores de la Respiración de suelos por el método SIR (Respiración por Sustrato Inducido) en el tratamiento final de los resultados ..... 107

## RESUMEN.

Para determinar la fertilidad y potencial de los suelos para uso agrícola, se recomienda estudiar los diferentes parámetros fisicoquímicos, así como la dinámica y funcionalidad de los microorganismos en este sistema. Este trabajo presenta información relacionada con Parámetros Fisicoquímicos del suelo, respiración de Suelos por Sustrato Inducido (SIR) y Estudio bromatológicos del fruto de fresa, con la finalidad de determinar el potencial del suelo de las parcelas de la comunidad “El Duraznal” ubicado en el municipio de San Cristóbal para el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*). Dentro de los parámetros Físicos se determinó; pH, textura, conductividad eléctrica (CE) y densidad aparente (DA). En relación a los parámetros Químicos se estudiaron: el Materia Orgánica (M.O), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Nitrógeno total (N), Potasio (K), Fósforo (P) y Calcio (Ca). Con excepción del N y el P, el resto de parámetros analizados se encontraron dentro del rango normal y adecuado para este tipo de cultivo. En el caso del nitrógeno (N) la cantidad registrada fue de 0,58 % y del fósforo (P) fue de 14,48 mg/kg de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, estos valores fueron altos, lo indicado en el cultivo de la fresa. En relación a suelos, la respiración por sustrato inducido (SIR), la tasa de respiración del suelo fue de 110,36 mg CO<sub>2</sub>/kg excediendo tres veces al rango recomendado para este cultivo. Los resultados de laboratorio indicaron que el agua utilizada para riego de los cultivos de fresa, en esta comunidad, no presenta la calidad potable, esto por su alto contenido de materia orgánica. El análisis proximal bromatológico realizado a frutos de fresa (*Fragaria vesca*), mostraron valores de % de humedad 91.81 g/100g, cenizas 0.33 g/100g, proteína cruda 0.62 g/100g, fibra cruda 0.89 g/100g, grasas 0.18 g/100g, carbohidratos 6.33 g/100g y valor energético 29.54 Kcal (123.60 Kjoule) adecuados para el consumo del fruto y garantizan el contenido nutrimental de la fresa. En general, se determinó que los suelos del Duraznal presentan condiciones agronómicas adecuadas para la práctica del cultivo de la fresa.

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es una capa natural que recubre la superficie de la tierra formada por una mezcla de sólidos (minerales y materia orgánica) aire y agua, habitados por micro y macro organismos (plantas y animales) que interactúan y dan lugar a una serie de modificaciones que se observan a corto y largo plazo, lo que representa el sustento de la vida en el planeta tierra, a través de interrelaciones entre el suelo y los seres vivos, el agua, macro y micro-elementos esenciales para productores primarios (Vargas, 2012).

El suelo es un conjunto de recursos naturales primordiales para la producción agropecuaria. Para evaluar la productividad de suelos es recomendable saber las características físico-químicas y biológicas, que impacta positiva o negativamente en los cultivos para determinar su eficiencia e identificar deficiencias y así realizar recomendaciones para que el suelo cubra los requerimientos de la fresa (*Fragaria vesca*) bajo un esquema de manejo racional. Actualmente la agricultura ha dejado de ser una forma de vida para pasar a ser una forma comercial y empresarial provocando un severo deterioro en los recursos del suelo reflejada en la pérdida de fertilidad provenientes de fertilizantes cuando se aplica en exceso los nutrimentos a través de fertilizantes químicos (Bernier, 2004).

La fresa (*Fragaria vesca*) es una de las frutas más populares y con mayor demanda a nivel mundial. La calidad sensorial de la fresa está basada principalmente en su apariencia (tamaño, forma, color, entre otros) y el balance apropiado de compuestos volátiles y no volátiles presentes en el fruto; de estos últimos los carbohidratos, aminoácidos y los ácidos orgánicos son considerados como los compuestos responsables del sabor y además son precursores de los compuestos que denotan el aroma en la fresa. En el caso de los carbohidratos, la glucosa, fructosa y sacarosa están relacionadas directamente con la percepción del sabor dulce, y la glucosa da origen a diversos compuestos como los pertenecientes a la familia de las furanonas que forman parte del aroma de la fresa (Alcántara, 2009).

Los cultivos de fresa (*Fragaria vesca*) producidos en la comunidad de El Duraznal del municipio de San Cristóbal de Las Casas, cuya producción es distribuida a diversas regiones del estado de Chiapas, abastece principalmente el mercado local. El Duraznal es una de las 21 comunidades agrícolas ubicadas al sur del municipio establecidas en la zona baja del otro lado de la salida del túnel que vierte las aguas residuales urbanas mezcladas con aguas naturales (pluviales y superficiales) que aportan sus aguas al Río Grijalva.

En las 21 comunidades agrícolas conocidas como El Duraznal utilizan agua residual sin tratamiento que provienen de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, y en el proceso de producción hacen un uso desmedido de fertilizantes para incrementar la producción de fresas sin realizar estudios que determinen la fertilidad. Además de usar urea, utilizan gallinaza o pollinaza para acondicionar y mejorar la fertilidad del suelo para los cultivos que se trabajan en esta zona, entre ellos la fresa. Por el desconocimiento de la producción de fresa en esta región agrícola del sur del municipio aún no se puede decir que sea un sector fresero para la región, sin embargo, por el complemento económico que representa para los productores, se está incrementando su producción en la región de los altos y específicamente en estas comunidades Tzotziles-Tzeltales.

Los cultivos de fresa deben de disponer primordialmente de algunos factores importantes como: un suelo con un adecuado contenido de nutrientes, de un clima templado y sobre todo de una buena fuente de abastecimiento de agua de calidad para prevenir riesgos a la salud, sin embargo por el problema antes mencionado, este trabajo se realizó con la finalidad de evaluar la calidad de los suelos presentes en esta zona verificando su fertilidad, a través de análisis fisicoquímicos y la estimación de la actividad microbiana (metabolismo microbiano), además la respiración de suelos evaluara los posibles efectos en la producción de fresas, aunque es un cultivo que recién fue introducido y como se mencionó anteriormente se desconoce los rendimientos de producción por hectárea en esta parcela de estudio.



Los aspectos fisicoquímicos del suelo importantes para el cultivo de fresa son: Materia orgánica y el pH para Proexant (2002) se observaran los cambios que han existido en el suelo por agregar fertilizantes químicos o compuestos orgánicos que estén modificando la estructura del suelo, el Nitrógeno (N) y Fósforo (P) según Maldonado y Hernández (1995) y Alcivar (1994) su importancia es vital para el desarrollo de la planta. Sin embargo la estimación bioquímica (actividad microbiana) evaluara la cantidad de CO<sub>2</sub> que es liberada además que se lleguen a observar los factores que se encuentren afectando los resultados que se generen.

Además de complementar este estudio con un ensayo bromatológico hechos a la fresa (*Fragaria vesca*) evaluando los siguientes los parámetros como: humedad, cenizas, proteína cruda, fibra cruda, carbohidratos que determinan las condiciones nutrimentales del producto final.

La fertilidad es base fundamental para que un suelo sea productivo, pero, existen otros factores como; la profundidad del suelo, mal drenaje, presencia de piedras a nivel superficial o escasas de suelo, y la deficiencia de humedad. Un aspecto muy importante en particular es el nivel de organización de los productores de esta zona sur de San Cristóbal de las Casas, las prácticas o labores culturales se debe a la capacitación a través del intercambio de ideas entre los mismos habitantes, familiares y amigos de esta zona. Sin embargo genera una estructura muy importante con una demandante participación de tipo social entre los productores que los ubica en una posición importante en la región, debido a los ingresos anuales generados por los cultivos sembrados en esta zona sur. Las comunidades denominadas “El Túnel” se ubican en un rango no mayor a 800 hectáreas distribuidas en las 21 comunidades de esta zona sur. Pero la comunidad de El Duraznal presenta 46 hectáreas de la cual se trabajan diversos cultivos y dentro de ellos el cultivo de fresa. Para este cultivo su manejo y participación lo llevan a cabo mujeres, como aseguran los mismos productores, debido a que el cultivo es muy delicado. Para este estudio fisicoquímico del suelo del cultivo de fresa se utilizara parcelas del propietario Manuel Gómez Celestino para la recolección de muestras a trabajar.

Por lo que la transferencia de la información a los productores generada través de este trabajo proporcionara información preliminar de esta zona, y la apertura a futuros nuevos proyectos que podrán tratar problemas más serios que se relacionen con las formas de trabajo en los cultivos, de la calidad del suelo destinada para ellos y de la calidad del producto final destinada para el consumo humano. Sin embargo las posibles afectaciones que se generen al cultivo debido a la calidad del suelo, para así proponer alternativas y recomendaciones que den solución para este tipo de sistema de producción agrícola.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México se destaca por la exportación de fresa de muy buena calidad a otros países, la sobre producción se vende en mercados locales y centrales de abasto para el consumo de la población nacional. Se considera como un alimento de una dieta sana debido a su contenido en Vitamina C, azúcares y por su agradable sabor. En cuanto al cultivo de fresa ha sido recientemente introducido en las comunidades del sur de San Cristóbal de las Casas, conocida como “Comunidades del Túnel”, estos cultivos son producidos utilizando aguas residuales crudas para su riego, muchos agroquímicos y fertilizantes.

Los productores desconocen sobre la fertilidad de los suelos en esta zona, y al no hacer prácticas para la conservación del suelo y mejora de su fertilidad; fertilizan de manera empírica y con resultados positivos, sin embargo, es posible que en muchos casos apliquen fertilizantes en exceso al suelo, que generaría en los cultivos de fresa propagación de plagas y enfermedades, seguida de daños físicos a la planta, además de obtener rendimientos mínimos.

En este trabajo se realizaron análisis fisicoquímicos de los suelos utilizados en el cultivo de Fresa y se evaluó la respiración de suelos por el método de Respiración de Sustrato Inducido (SIR). Además mediante estudio respaldado con los análisis permitirán conocer las condiciones del suelo, y determinar si existe el potencial adecuado para el cultivo de la fresa en esta comunidad., complementado con análisis de aguas y análisis bromatológico hechos a la fresa que determinaran la calidad del fruto de esta zona cosecha.

Así mismo la información obtenida en esta investigación, se dará a conocer a los productores de fresa de la comunidad de El Duraznal con la finalidad de evaluar la fertilidad del suelo de esta zona de estudio para adecuar el cultivo de fresa y evitar posibles afectaciones al cultivo en búsqueda de la mejora de la producción sustentada con los análisis fisicoquímicos y bioquímicos. Lo que sin duda podrá ayudar a optimizar los recursos económicos en la mejora del cultivo.

También los resultados obtenidos serán clave para determinar las principales causas como las plagas y enfermedades como hongos, y la cantidad de nutrientes presentes en el suelo por la utilización de fertilizantes químicos o abonos orgánicos que afecten a los cultivos de esta zona y de esta manera poder proponer alternativas para revertir o solucionar este problema.

Además de generar una base de datos preliminar sobre el tipo de fertilidad del suelo utilizado para los cultivos en especial para el de fresa.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La comunidad de El Duraznal como el principal sujeto de estudio de esta investigación al ser una zona agrícola importante para San Cristóbal de las Casas por la diversidad de cultivos cosechados y además de abastecer al mercado local.

Con una conformación social con índices de marginación graves y diversos problemas de tipo social, por lo que la agricultura es muy representativa, las cosecha de cultivos Hortícolas, frutícolas y Floricultura presentando afectaciones que son reflejadas en la calidad del producto final, debido a las condiciones con las que operan los productores de una manera rustica y sencilla, aunado a esto; la calidad del suelo, el tipo de agua cruda sin tratamiento que se utiliza para el riego y las sobredosificaciones de nutrimentos mediante el uso de fertilizantes químicos.

La calidad del suelo que presenta El Duraznal no sea la adecuada para algunos cultivos el cual genere daños a la planta, en contra parte el tipo de agua destinada para riego procede de aguas crudas sin tratamiento provenientes de los desazolves de San Cristóbal de las Casas conteniendo nutrimentos como Fósforo y Nitrógeno y complementado con fertilizantes químicos excediéndolos y generando daños considerables a la planta. Siendo así que de los diversos cultivos cosechados en esta comunidad, el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) muestra mayor susceptibilidad en los cambios de la físico-química del suelo que se encuentre sembrada. Es decir, que al existir excedentes en nutrientes como; Nitrógeno en grandes cantidades el daño que ocasionaría al cultivo es alterar el desarrollo de la planta, presencia de hojas de aspecto amarillento, disminución en la fructificación teniendo de un aspecto blando y la su susceptibilidad a enfermedades como hongos, caso en particular como pasa con nuestro cultivo en estudio. En el caso de Fósforo su exceso genera reducción del crecimiento, alteraciones en la coloración de las hojas en un tono rojizo y haciéndolas prematuras, es decir contribuye en el desarrollo de la planta. Sin embargo, los excedentes de estos nutrimentos se justificarían con los análisis de laboratorio y comparando con otros parámetros, y así poder emitir las bases sobre las posibles afectaciones que el cultivo de fresa presenta. No solo es el estado nutrimental un factor importante, también se podría recalcar la forma de trabajo del cultivo.

Los análisis fisicoquímicos es una parte fundamental debido a que se podrá diagnosticar el estado nutrimental del suelo de esta comunidad. Es decir si las condiciones de fertilidad que presenta el suelo son las adecuadas para poder cosechar fresa bajo las condiciones con la que los productores operan, y los resultados se podrá comparar con otros parámetros investigados.

En cuanto a la respiración de suelos la evaluación del metabolismo del suelo por la presencia de la actividad microbiana, y de la posibilidad de ser un problema ambiental debido a las grandes cargas microbianas por las fuentes de abastecimiento a la planta, facilitando su asimilación para generar considerables cantidades de CO<sub>2</sub>.

Es por ello a través de este tipo de investigaciones se generara información valiosa con respecto a la calidad de suelos de la comunidad de El Duraznal, los efectos que genera el uso de aguas crudas sin tratamiento en los cultivos, y además de los efectos a la salud del consumidor a través del uso excesivo de fertilizantes químicos.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA FRESA

Chiqui (2010) señala los aspectos biológicos de la planta de fresa (*Fragaria*) con respecto a su variedad:

**Raíces:** Posee un sistema radicular fasciculado constituido de raíces y raicillas; las primeras hacen el papel de soporte, las secundarias tienen la función de adsorber los nutrientes y almacenar los materiales o sustancias de reserva. Las raicillas sufren unos procesos de renovación fisiológica influenciados por factores como; Ambiental, patógenos en el suelo, etc. Que rompen el equilibrio. En cuanto a su profundidad del sistema radicular es muy variable que dependen de otros factores; del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. No sobrepasan los 40 cm y encontrándose la mayor parte en los primeros 25 cm.

**Hojas:** Aparecen en las rosetas sobre la corona, suelen ser largamente pecioladas provistas de dos estipulas rojizas y su limbo está dividido en tres folíolos de bordes acerrados y en el revés cubiertos de pelos. Debido al gran número de estomas presentes pueden perder grandes cantidades de agua por transpiración.

**Estolones o guías:** borde largo rastrero que se forma a partir de las yemas axilares de las hojas situadas en la base de la corona.

**Flores:** su reproducción es de tipo hermafrodita (presencia de órganos masculinos y femeninos, o imperfectos con un solo órgano reproductor de color blanco-rosado) presencia de 5-6 pétalos, 20-35 estambres y una variedad de pistilos sobre el receptáculo carnoso. Cada ovulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios distribuidos por toda la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y coloración de este dando el fruto.

**Fruto:** es un poli-aquenio que botánicamente es conocido como eterio. La forma que presente es diversa de acuerdo a la variedad, el color en la madurez varía desde rosa claro hasta violeta.

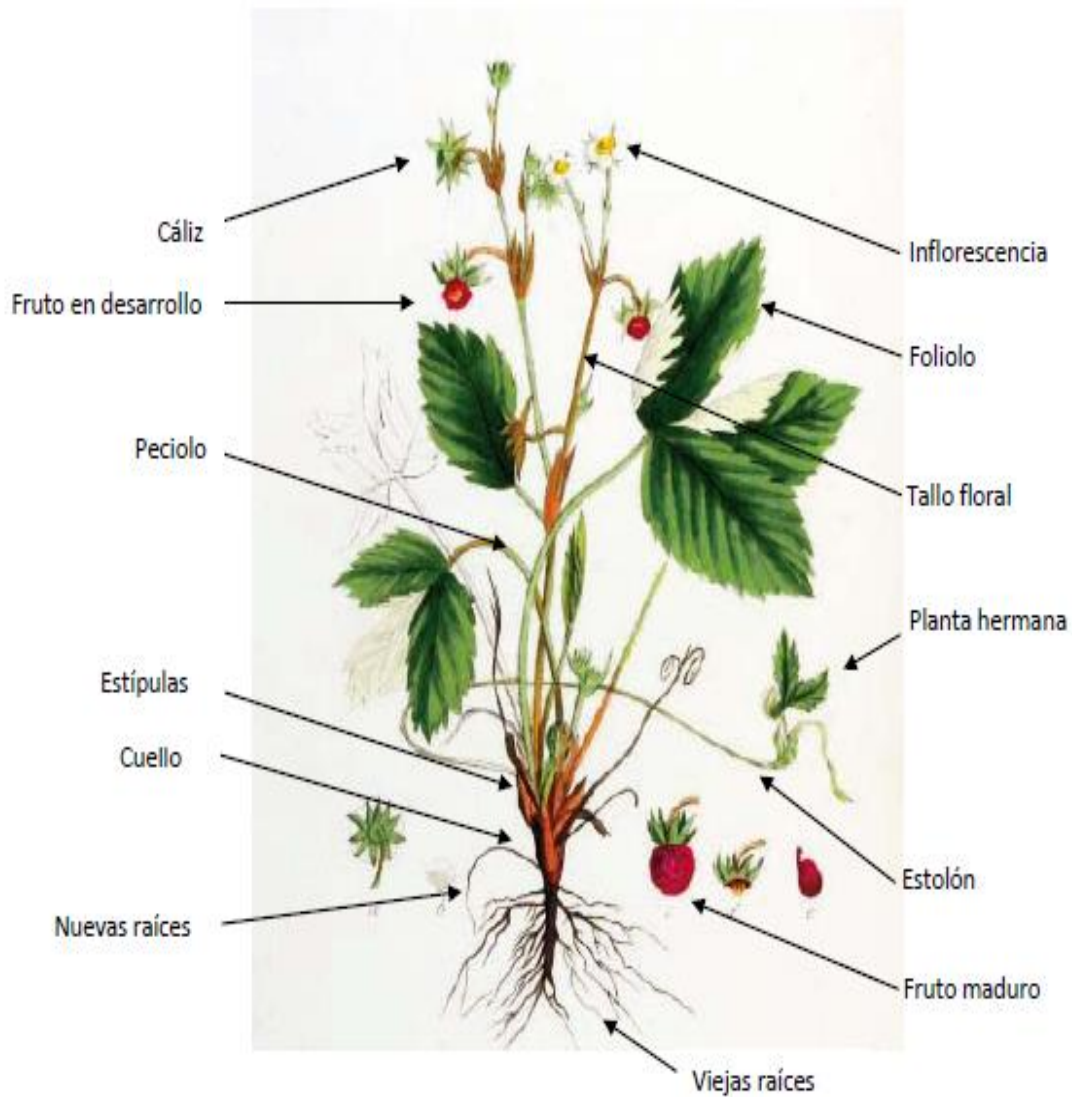


Figura 1. Morfología general de una planta de fresa, Bonet (2010), Kops et al (1844)



### **2.1.1 Crecimiento caulinar**

**Tallo:** a partir de la semilla crece lentamente formando hojas en cuyas axilas crecen yemas quedarán origen a estolones e inflorescencias.

**Floración:** las plantas obtenidas por semilla pueden iniciar su floración a los 8 u 9 meses. Las plantas obtenidas de hijuelos inician a partir de 1 a 2 meses desde la plantación.

**Fructificación;** Normalmente el proceso de polinización se da por la intervención de insectos y del viento. Para la fructificación no existen requerimientos especiales de frío ni fotoperiodo se pueden plantar durante todo el año, y dependiendo de la variedad y del tipo de planta a los noventa días inicia su producción (Chiqui, 2010).

### **2.1.2. Caracteres eco-fisiológicos**

El crecimiento y desarrollo vegetativo, y reproductivo de la planta de frutilla, responden a los cambios de temperatura y foto-período.

La temperatura como factor principal en la floración que inicia a partir de la acumulación de determinado número de hojas de frío, las que oscilan según el cultivar entre 250 y 1000 horas con temperaturas inferiores a los 7°C, las que pueden ser reunidas por almacenamiento en frío natural, artificial o combinando frío natural con artificial.

El fotoperiodo corresponde a dos periodos; días cortos y días neutros. En días cortos la floración se induce cuando el día presenta menos de 13 horas a comparación de días largos y alta temperatura con más de 12 horas, provocan crecimiento vegetativo excesivo, en cuanto a días cortos y con bajas temperaturas inducen la floración. Los días neutros o también llamados re-florecentes, debido a que florecen en cualquier fotoperiodo que permita producir tres o más picos de floración (Tonelli, 2010).

### 2.1.3 Fotosíntesis

Las hojas de fresa exhiben fotosíntesis tipo C3, como las hojas de la mayoría de otros cultivos de fruto; asimilan el carbón como CO<sub>2</sub> en el ciclo de Calvin vía Rubisco (Ribulosa Bifosfato Carboxilasa-Oxigenasa). Los frutos requieren 30 Kcal o 128 KJ para producir 100 g de fruto, energía que en última instancia deriva de la fotosíntesis de las hojas y fotoasimilados convertidos a diferentes compuestos en el fruto.

Las hojas de fresa contienen clorofila en un rango aproximado de 1.5-2 mg de Clorofila.g<sup>-1</sup> MF, existiendo variación entre las especies, lo que se genera el aumento de la tasa fotosintética.

La temperatura fotosintética óptima parece variar según la especie y las condiciones climáticas. Para las plantas de *Fragaria vesca* mantiene una temperatura de 10/2°C durante el día y la noche, con un pico de temperatura de 15-20°C mientras que la óptima se mantiene alrededor de los 25°C.

Las fresas responden positivamente a los aumentos de concentración de CO<sub>2</sub> en corto plazo. Al existir una prolongada exposición a altas concentraciones de CO<sub>2</sub> provoca una reducción en la tasa fotosintética.

Se produce una variación considerable en la dinámica estacional de CO<sub>2</sub> de las fresas. El balance de CO<sub>2</sub> acumulado de *F. vesca* es negativo durante la mayor parte de la estación de fructificación. La etapa de desarrollo de la fresa tiene una considerable influencia en las tasas de asimilación de CO<sub>2</sub>. Las hojas totalmente expandidas de 10-20 días de edad son las que presentan las más altas tasas fotosintéticas, y las hojas más jóvenes son más sensibles al cambio ambiental que las primeras hojas. Las plantas de fresa durante la diferenciación y fructificación presentan mayor tasa fotosintética que las plantas en flor.

La eliminación del fruto frecuentemente se traduce en una disminución de la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> en cada hoja por lo menos un par de semanas. La tasa fotosintética total por cada planta no siempre se reduce, sin embargo, a medida que aumenta la superficie foliar total se produce el desarrollo floral (Estrada, 2011).

#### **2.1.4 Tasa fotosintética**

La tasa fotosintética máxima o asimilación de CO<sub>2</sub> en fresa son comparables con muchos otros cultivos frutales. La tasa de asimilación del CO<sub>2</sub> en cultivos de fresa manejando un rango de 7-30  $\mu\text{mol}/\text{Sm}^{-1}$ , cuyo rango variara en la especie.

La tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> es significativamente afectada por varios factores, incluyendo el nivel de luz, temperatura, disponibilidad de nutrimentos, concentración de CO<sub>2</sub>, estado de desarrollo, cultivar y método de propagación.

En general altos niveles de luz se traducen en altas tasas asimilables de CO<sub>2</sub> cuyo punto de saturación cae entre 800-1000  $\mu\text{E}/\text{m}^{-1}/\text{s}$ . las plantas que crecen en sombra tienen un nivel máximo de tasa asimilable de CO<sub>2</sub> inferior, que las plantas que están creciendo en pleno sol pero las de sombra son más activas bajo luz difusa.

La energía total de luz recibida durante el día tiene una mayor influencia en la adaptación de la hoja que la densidad del pico de flujo de fotones, que en la noche interrumpe el aumento de la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub>. Además la tasa fotosintética puede variar con respecto a la superficie sembrada y dependiendo del número de cultivo (Daley y Luby, 1990).

#### **2.1.5 Ciclo vegetativo**

El sistema radicular tiene una parte importante en este proceso, el de desarrollo o reconstrucción e incluso el de acumular nutrimentos.

Esto se refiere a que se necesita reconstruir el sistema foliar de la planta con respecto a los nutrimentos del suelo principalmente nitrogenados, y además de la disponibilidad hídrica, en cuanto acumular elementos nutritivos como reserva para la diferenciación de las yemas de flor, por lo que el desarrollo se observara con mayor aptitud en días cortos y con respecto a la temperatura.

La parte aérea es el periodo de más actividad del ciclo vegetativo, existiendo una regeneración del sistema foliar, con una sustitución de las hojas activas y sobre todo un crecimiento acelerado con respecto a los días cortos o largos, e inclusive la temperatura siendo un factor muy importante, al haber una excesiva actividad vegetativa se espera una demora en el proceso.

La estolonización se lleva a cabo en días cuyas horas son superadas a las 12 horas de luz, y con temperaturas de 22-23°C, cuando la planta cumpla sus exigencias climáticas, la disposición de los elementos nutritivos y de la cantidad de agua facilita la formación de un buen sistema radicular, logrando que los estolones se vuelvan independientes de la planta madre.

Cuando los tejidos meristemáticos de las yemas neutras en lugar de evolucionar a órganos vegetativos, evolucionan al estadio reproductivo, cuyo proceso se ve influenciado por dos factores; hormonales y ambientales, a esto se le denomina diferenciación de yemas. Las plantas que logran alcanzar el estado de madurez influenciada por días cortos y con variaciones de temperatura (una excesiva temperatura no se alcanza la inducción floral) con base a un periodo de 4-6 semanas, en condiciones ambientales y artificiales se logra la evolución de las yemas neutras a yemas de flor.

Las flores base primordial del ciclo, todas influenciadas con la sexualidad, el tipo de clima, la evolución estacional y el desarrollo. La polinización es aquella fase donde se observa a flores perfectas e imperfectas, de buena o mala calidad. Además pueden presentar bajas cantidades de polen debido al descenso de temperaturas y a la deficiencia de nutrimentos, se llevan a cabo por dos vías; polinización anemófila (Por corrientes de aire) y polinización entomófila (por medio de insectos principalmente abejas). La disposición de los estambres insertados periféricamente en el receptáculo en torno a los pistilos es aquí donde se ve muy favorecida (Altamirano, 2004).

## 2.2 ASPECTOS BOTÁNICOS DE LA FRESA

### 2.2.1 Taxonomía

**Fresa o *Fragaria spp*** pertenece a la familia de las **Rosaceae** del género ***Fragaria***, de características distintivas de la especie como tallos rastreros de aspecto nudoso y con estolones, con hojas de tamaño grandes trifoliadas pecioladas de color blanco en cuanto al fruto es de color rojo y aromático (SAGARPA, 2005).

### 2.2.2 Clasificación sistemática

**Reino:** Plantae  
**Subreino:** Embryobionta  
**División:** Magnoliophyta  
**Clase:** Magnoliopsida  
**Subclase:** Rosidae  
**Súper-orden:** Rosanae  
**Orden:** Rosales  
**Familia:** Rosaceae  
**Subfamilia:** Rosoidae  
**Tribu:** Potentilleae  
**Sub-tribu:** Fragariinae  
**Género:** *Fragaria*

### 2.2.3 Distribución del cultivo

El género ***Fragaria*** comprende 25 especies de híbridos que poseen diferentes niveles de *ploidía* y se distribuyen por toda la zona templada del hemisferio norte, ocupando diferentes regiones climáticas que van desde los climas templados a los subtropicales.

Solo ***F. vesca*** se distribuye de manera homogénea a lo largo de todo este rango y al oeste de Sudamérica (Figura 2).

El resto de las especies diploides están confinadas en Euro-Asia, las tetraploides al este de Asia y, *F. moschata*, la única especie hexaploide, a Europa central y Siberia.

Las especies Octoploides de *Fragaria* son nativas de América (*F. Virginia* y *F. chiloensis*) desde donde colonizaron la isla de Iterup, al nordeste de Japón (*F. iterupensis*). Como la mayor parte de las especies de *Fragaria* se localizan en Asia, esta región está considerada como centro de diversidad del género, e incluso ha sido postulada como lugar de origen (Bonet, 2010).

Cuadro 1. Especies del género *Fragaria* plodía, y distribución geográfica, Hancock (1999) y Rousseau-Gueutin et al (2009). Hummer et. al (2009).

Espece	Ploidía	Distribución geográfica
<i>F. Bucharica</i>		Himalaya occidenta2xl
<i>F. daltoniana</i>	2x	Himalaya
<i>F. iinumae</i>	2x	Japón occidental
<i>F. mandshurica</i>	2x	Nordeste asiático
<i>F. nilgerrensis</i>	2x	Asia central y China
<i>F. hayatai</i>	2x	Taiwán
<i>F. nipponica</i>	2x	Islas de Honshu y Yakushima, Japón
<i>F. nubicola</i>	2x	Asia central, de Bokhara al Himalaya
<i>F. pentaphylla</i>	2x	China y Tíbet
<i>F. chinensis</i>	2x	China
<i>F. vesca</i>	2x	Eurasia y América
<i>f. moupinensis</i>	4x	Suroeste de China
<i>F. orientalis</i>	4x	Nordeste de Asia
<i>F. tibetica</i>	4x	Himalaya oriental
<i>f. moschata</i>	6x	Europa y Rusia
<i>f. chiloensis</i>	8x	Oeste, norte y sur de América, Hawái
<i>f. virginiana</i>	8x	Norteamérica
<i>F. iturupensis</i>	8x/10x	Iturup, Japón/Monte Ats unupuri
<i>F. cuneifolia</i>	8x	Costa oeste de Norteamérica
<i>F. xananassa</i>	8x	Hibrido cultivado en todo el mundo
<i>F xbringhurstil</i>	8x	Hibrido, costa oeste de los EEUU

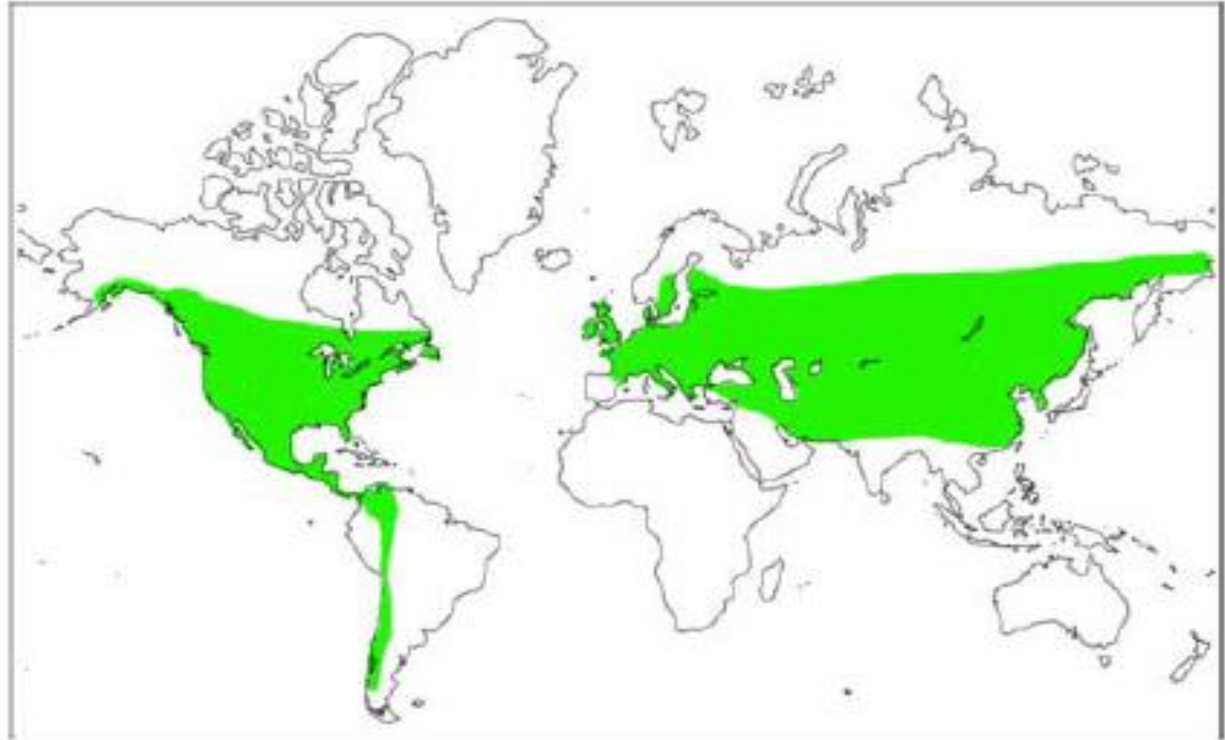


Figura 2. Distribución de *Fragaria vesca* en el mundo, Hancock y Luby (1996).

## 2.3 BIOLOGÍA DEL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria vesca*)

### 2.3.1 Origen

El inicio del uso y cultivo de la fresa se remontan a la época romana, según autores clásicos de los siglos I al III a.C. como Cato o Virgilio, u otros como Ovidio o Plinio, ya en el siglo I d. C. todos ellos citan en sus escritos, a la fresa como plantas de frutos muy apreciados por su sabor y fragancia. Con el paso del tiempo, su utilización como planta medicinal intensifico su cultivo, pues a su zumo se le atribuye propiedades curativas para combatir las afecciones de garganta, la fiebre y la transpiración.

El cultivo de la fresa, en Europa no comenzó hasta el siglo XIV. Las primeras referencias hablan de plantas silvestres de *F. vesca* traídas desde sus hábitats naturales a los jardines de la corte francesa.

La primera descripción botánica data de 1484, realizada en el herbario latino de Mainz, publicado en Alemania. En España, existen referencias a su cultivo desde 1539. Gabriel Alonso de Herrera dijo que las fresas eran plantas favoritas en pequeños huertos y jardines, donde crecían exuberantemente.

A finales del siglo XVI e inicios del XVII, los primeros colonizadores introdujeron simultáneamente en Francia e Inglaterra una especie americana, ***F. virginiana*** o fresa de Virginia. Los detalles de la introducción de ***F. virginiana*** son desconocidos, pero es probable que Jacques Cartier, descubridor del río San Lorenzo en Canadá (1534), fuese el primero en traerla del viejo continente. La fresa de Virginia resultó ser más productiva y mostraba un fruto de mayor tamaño, por lo que su cultivo se extendió por toda Europa (Bonet, 2010).

### 2.3.2 Variedades

Existe en el mundo una extensa variedad de especies de fresa con diferentes aspectos que los distingue entre las variedades. Icamex (2006) señala desde un punto de vista agronómico tres grupos que son:

- i. Reflorecientes o días largos.
- ii. No reflorecientes o días cortos (Propiedad de la Universidad de California y se necesita una licencia).
- iii. Remontantes o días neutros.

Además Ingeniería Agrícola (2008) describe a dos de estos grupos comenzando con el de día corto donde la inducción florar comienza cuando los días comienzan a acortarse y cuando la temperatura son medias o moderadas, ejemplo; Finales de verano a otoño.

Para los días neutros la inducción florar ocurre independientemente del fotoperíodo (número de horas de luz), donde las yemas inducidas en forma permanente afectando las altas o bajas temperatura a la inducción.



Las principales variedades cosechadas se pueden observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Variedades principales de fresa

<b>VARIEDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Camarosa</b>	De la universidad de California por lo que se requiere licencia para su multiplicación de día corto, el aspecto del fruto es grande, muy precoz, color rojo brillante al exterior y a su interior muy coloreado, buen sabor y firmeza además de ser vigorosa, de hojas color verde claro con forma piramidal, larga y regular en toda la temporada. Asediada por su buena duración de Postcosecha, de asombrosa productividad, calidad y adaptación a las condiciones agroclimáticas. Con un mayor riesgo a ser susceptible a plagas y enfermedades principalmente fungosas.
<b>Oso grande</b>	Fruto de coloración rojo-anaranjado, de calibre grueso y buen sabor. Planta vigorosa y de follaje oscuro con tendencia a que el fruto se raje. Resistencia al transporte y adecuado para producciones en invernadero.
<b>Chandler</b>	De la universidad de California, planta semi-erecta de día corto, de medio tamaño, hojas de color verde pálido con producción de producir coronas. Buena adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas y con un alto potencial de producción. Fruto de buen tamaño, firme con buen sabor y color rojo por dentro. Aunque en algunas condiciones climáticas la maduración es incompleta. Sin embargo es muy cotizada en la industria por sus calidades organolépticas.
<b>Tudla</b>	Buena aptitud para su transporte, así como la resistencia para la clorosis. Planta de aspecto vigorosa, de un follaje erecto, con producción precoz, en cuanto al fruto es grande con buen aroma, alargado y de color intenso. Para la productividad es elevada y con buena adaptación a todo tipo de climas.
<b>Cartuno</b>	Fruto de forma cónica perfecta, calibre uniforme, de color rojo brillante. De sabor azucarado, aunque ligeramente precoz que la variedad oso grande. Con un producción homogénea durante toda la época.
<b>Diamante</b>	Característica distintiva por su gran calidad de fruto, de excelente sabor y tamaño del fruto (30-31 g por fruto). De color a nivel interno claro y de textura firme, resistente principalmente a los ácaros.
<b>Carisma</b>	Variedad vigorosa y rústica, con una buena adaptación a condiciones edafoclimáticas, de tipo precoz y muy productiva. El fruto de aspecto cónico en raras ocasiones acostillada con gran tamaño y de coloración rojo suave.

Fuente: Ingeniería Agrícola (2008)- Icamex (2006)

### 2.3.3 Características y propiedades de la fresa

La fresa cuenta con una gran variedad de micro-nutriente funcional y fito-nutrientes cuyos efectos son preventivos en; enfermedades cardiovasculares, cáncer, pérdida cognoscitiva, efectos anti-oxidantes, diabetes, desorden circulatorio, úlceras, anti-inflamatorio, anti-virales y anti-microbianos. Dentro del micro-nutriente encontramos a la vitamina C, Folatos y fibras, en fito-nutrientes como las elagitaninas y quercitina (Wrolstad 2001).

#### 2.3.3.1 Composición química

**Azúcares;** El contenido de azúcares en la mayoría de las bayas es de 5 a 8%. Los azúcares son los principales componentes solubles en las fresas maduras, y la sacarosa, la glucosa y la fructosa constituyen más del 99% del total de azúcares. La glucosa y la fructosa predominan sobre la sacarosa y el contenido total de azúcares puede variar durante el periodo de crecimiento, sin embargo la proporción de cada azúcar permanece constante. Además se encuentran trazas de sorbitol, xilitol y xilosa. Algunos estudios indican que el contenido total de azúcares se incrementa rápidamente hasta que la fruta está completamente madura (Alcántara, 2009).

**Ácidos Orgánicos;** Los ácidos orgánicos son importantes en el sabor de las fresas y la relación azúcar/ácido se usa para determinar el tiempo óptimo de cosecha, debido a que se considera un índice de calidad. El principal ácido orgánico es el ácido cítrico, aunque también se encuentra el málico y el glicólico y el shikimico en menor cantidad (Alcántara, 2009).

**Ácido Ascórbico o Vitamina C;** El contenido de ácido ascórbico es relativamente alto en fresas, por lo que se consideran una buena fuente de vitamina C en la dieta humana. Su contenido varía entre 26-120 mg/100g siendo el promedio de 60 mg/100g de peso fresco (Alcántara, 2009).

**Antocianinas;** Los pigmentos responsables del color rojo de la fresa son las antocianinas, siendo indicadores naturales de la maduración de las frutas. Existen dos antocianinas que son las responsables del color rojo de las fresas; la 3-glucósido pelargonidina (Pg 3-gl) y la 3-glucósido cianidina (Cy 3-gl). Bajo las condiciones del pH ácido de la fresa, estos pigmentos difieren en su matiz o tono. La 3- glucósido pelargonidina es rojo naranja mientras que la 3-glucósido cianidina es magenta. La proporción de estas dos antocianinas puede variar entre el genotipo de las fresas maduras en el campo, pero generalmente hay cerca del 88% de 3-glucósido pelargonidina. El contenido de antocianinas que se ha obtenido varía de 15 mg/100 g a 35 mg/100 g de fruta (Alcántara, 2009).

**Ácido elágico;** La fresa se ha considerado una buena fuente de ácido elágico, el cual en los últimos años ha recibido mucha atención debido a sus muchos beneficios a la salud como: agente anticarcinogénico y antimutágeno; como promotor de la coagulación e inhibidor de hemorragias y como secuestrador de los radicales libres (Alcántara, 2009).

**Compuestos del sabor de la fresa;** El característico sabor de la fresa fresca es una interacción compleja entre un gran número de compuestos volátiles y no volátiles. Entre los no volátiles se encuentran los azúcares y los ácidos, los cuales son los responsables de la dulzura y la acidez de la fruta; y los compuestos volátiles como ésteres y aldehídos, son importantes en la producción del distintivo sabor frutal (Alcántara, 2009).

**Compuestos Volátiles;** Los compuestos volátiles son los responsables del aroma y contribuyen al sabor de las fresas frescas, estos compuestos comprenden solamente del 0.01% al 0.001% del peso fresco de la fruta, pero tienen un efecto muy grande en su calidad. Las fresas frescas producen numerosos compuestos incluyendo ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, terpenos, furanonas y compuestos azufrados, aunque los ésteres son los compuestos más abundantes cuantitativamente y cualitativamente.

Algunos de los más importantes incluyen el butanoato de etilo, el 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona, el hexanoato de etilo, el metil butanoato, el linalol y el hexanoato de metilo, sin embargo la composición de los volátiles está influenciada por muchos factores como el cultivo, la madurez de la fruta y el ambiente pos-cosecha (Alcántara, 2009).

### **2.3.3.2 Respiración y madurez de la fresa**

Procesos importantes del fruto recolectado, comenzaremos con el estado de madurez que se refiere a un proceso cuya transformación por parte de la fruta fisiológicamente madura aun no comestible, con una sensación organoléptica satisfactoria marca el fin de desarrollo de la fruta y el principio de la senescencia. En cuanto a la respiración se manejan tres fases:

- I. Descomposición de polisacáridos en azúcares simples
- II. Oxidación de azúcares simples en ácido pirúvico
- III. Transformación de aeróbica de piruvato y otros ácidos orgánicos en CO<sub>2</sub>, Agua y Energía transformación.

Todo dependerá de la tasa de respiración de las frutas existiendo dos tipos de clasificación: Climatéricas teniendo como característica un pico respiratorio, y la No climatérica ausencia de esta característica.

La fresa es una fruta no climatérica como se observa en el Cuadro 2, por lo que sufre cambios, no solo por el rápido incremento en la tasa de respiración en la fase de maduración, debido a que no la presenta, y al ascenso análogo en la producción de etileno.

Su velocidad de respiración es alta, cerca de 15 mg CO<sub>2</sub>/Kg/h a 0 °C y se incrementa de 4 a 5 veces conforme se eleva la temperatura a 10 °C, entre 10°C y 20 °C el incremento es de 2 a 3 veces. También se incrementa cuando la fresa se daña mecánicamente (Alcántara, 2009).

Cuadro 3. Cambios que pueden ocurrir durante la maduración de la fresa (Willis et. al 1882).

<b>Cambios ocurridos durante la maduración de frutos</b>
<b>Maduración de las semillas</b>
<b>Cambios de color</b>
<b>Desprendimiento de la planta madre</b>
<b>Cambios en la tasa de respiración</b>
<b>Cambios en la tasa de producción de etileno</b>
<b>Cambios en la permeabilidad del tejido</b>
<b>Ablandamiento; cambios en la composición de sustancias pépticas</b>
<b>Cambios en la composición de carbohidratos</b>
<b>Cambios en los ácidos orgánicos</b>
<b>Producción de volátiles (Sabor)</b>
<b>Desarrollo de piel cerosa</b>

Fuente: Bielinski, 2012

### 2.3.4 Valor nutrimental

La importancia que el fruto genera al consumirse teniendo en cuenta la perspectiva nutricional y sus aportaciones al organismo. Su valor calórico y su composición química en 100 gramos de fruta se expresa de la forma siguiente:

<b>Valor calórico y composición química</b>	
<b>Calorías</b>	35,9 cal
<b>Proteínas</b>	0.7 -0.8%
<b>Lípidos</b>	0.5%
<b>Carbohidratos</b>	8.0%
<b>Calcio</b>	26.0 mg
<b>Hierro</b>	0.8mg
<b>Vitamina A</b>	500 u
<b>Vitamina B</b>	0.03 mg
<b>Vitamina b12</b>	0.06 mg
<b>Vitamina C</b>	58.0 mg
<b>Cenizas</b>	1-3% (0.4 g)
<b>Fibra</b>	2.0 g
<b>Energía</b>	32.0-34.0 Kcal

Fuente: (Alcántara, 2009 y Nunes, 2007)

## **2.4 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL CULTIVO DE FRESA**

### **2.4.1 Requerimientos para el cultivo de fresa**

#### **2.4.1.1 Materia orgánica**

PROEXANT (2002) indica que el cultivo de Fresa es muy exigente en Materia Orgánica, señala que como base debe contener por lo menos niveles del 2 al 3%, si este valor es inferior la producción de fresa se verá limitada. A parte de materia orgánica en el sustrato, es importante mantener una buena relación C/N: 10 se considera un valor adecuado, con ello se asegura una buena evolución de la materia orgánica aplicada al suelo.

#### **2.4.1.2 pH**

PROEXANT (2002), indica para el cultivo de fresa el pH soporta bien valores entre 6 y 7. Situándose el óptimo en torno a 6,5 e incluso menor. En caso de tener suelos ácidos se debe encalar y si sucede lo contrario, la alternativa más aplicable será la incorporación de materia orgánica y la utilización de fertilizantes de reacción básica o alcalina.

#### **2.4.1.3 Conductividad eléctrica**

Brazanti (1989), indica que se debe evitar suelos salinos, con concentraciones de sales que originen conductividad eléctrica en 9 extracto saturado superiores a 1 mmhos/Cm ya que puede empezar a registrarse disminución en la producción de fruta. Caliza activa: el fresón es muy sensible a la presencia de caliza activa, sobre todo a niveles superiores al 5%. Valores superiores provocan el bloqueo del Hierro y la clorosis consecuente.

#### **2.4.1.4 Nitrógeno**

La fresa tiene una demanda alta de Nitrógeno y Potasio, debido a que son los mayores componentes de la fruta. Las dosis óptimas de Nitrógeno, Potasio y Fósforo son esenciales para el desarrollo del cultivo. Al existir niveles excesivos de estos componentes produce en la planta frutos blandos, además de retardar la maduración y disminuir el rendimiento, e incrementar la proliferación de enfermedades provocadas por Hongos (Estrada, 2011). Maldonado y Hernández (1995) y Alcivar (1994); coinciden en relatar que la fresa es un cultivo que requiere una cantidad considerable de Nitrógeno para su normal desarrollo; además indican que se debe tener extremo cuidado en no sobre dosificar este elemento debido a que la planta se torna susceptible al ataque de plagas y enfermedades. La cantidad que requiere la fresa para su ciclo productivo es de 20 g/m<sup>2</sup>.

El Nitrógeno constituye entre el 1.5 y 6.0 % de la materia seca de muchos cultivos, que varía según la especie de que se trate, la edad de la planta (disminución del N en hojas conforme envejece el cultivo) y la parte que de ella se considere.

Además de ser un elemento que más comúnmente se tiene que aplicar en el suelo, en nuevas plantaciones responden rápidamente a la aplicación de éste elemento, a la vez su deficiencia es característica en la mayoría de las plantas porque se presentan en forma de clorosis en las hojas viejas, mostrándose también en hojas jóvenes cuando la deficiencia es muy severa.

Los síntomas pueden variar según la especie de la planta y sus variedades definiéndose en deficiencias de elementos mayores como el caso de Nitrógeno se puedan presentar algunos síntomas y manifestaciones como tomando la adaptación de Casseres (1966):

- I. Amarillamiento del follaje
- II. Reducción del crecimiento
- III. Reducción de la fructificación
- IV. Deficiencia de la acentuación de producción alternada (cada 2 años)

#### 2.4.1.4.1 Ciclo del nitrógeno

Castellanos et al (2000) menciona siendo el nitrógeno el elemento más limitante en la mayor parte de los suelos, por lo que debe de existir un suministro de diferente forma debido a que es un elemento dinámico que entra sale del suelo de varias maneras. Existiendo en este un ciclo el cual se observen varios procesos (Figura 3) para que se lleven a cabo sus funciones, el ciclo consta de cinco procesos que son:

1. **Mineralización:** siendo el proceso de transformación de nitrógeno inorgánico a nitrógeno mineral, que involucra dos subprocesos; amonificación transformación de N-orgánico a N-amoniacal y la nitrificación que es la oxidación de N-amoniacal a N-Nítrico.
2. **Inmovilización:** el N-mineral es transformado a N-Orgánico en el tejido microbiano y ocurre como resultado de la alta relación C/N de los residuos que se incorporan en el suelo. La inmovilización de N es un tipo de competencia entre la planta y los microorganismos del suelo por las reservas de nitrógeno mineral, esto ocurre cuando se incorporan al suelo grandes cantidades de residuos de cultivo de alta relación C/N.
3. **Fijación biológica del Nitrógeno (FBN):** es un proceso de ganancia de N del suelo, pues es la transformación de  $N_2$  de la atmosfera a amonio. Cuyo proceso lo llevan a cabo bacterias de forma de vida libre o en simbiosis. La principal forma de FBN es la simbiótica entre el género *Rhizobium*.
4. **Destrinitricación:** es una pérdida gaseosa de Nitrógeno que se favorece en condiciones de falta de Oxígeno, los microorganismos utilizan al ión nitrato como aceptor de electrones y lo reducen a NO,  $N_2O$  y  $N_2$ .
5. **Volatilización amoniacal:** es una pérdida que ocurre cuando se utiliza una fuente amoniacal como amoniaco, urea, sulfato de amonio o nitrato de amonio. Dichas perdidas favorecen en suelos cuyo pH son altos por arriba de 7, en suelos de baja CIC.



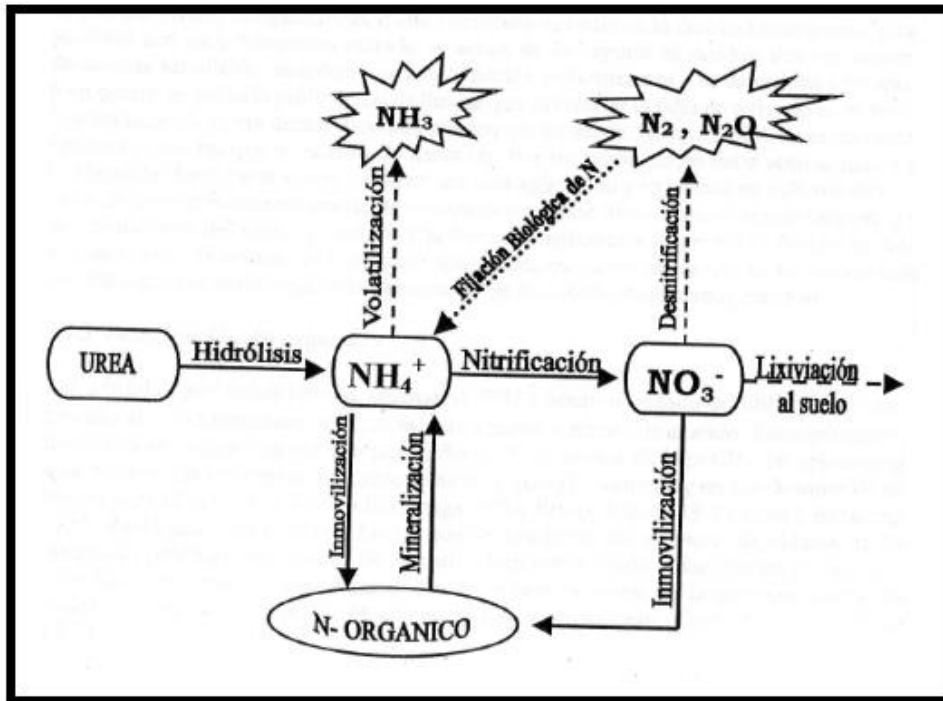


Figura 3. Ciclo del nitrógeno (Castellanos et al, 2000).

#### 2.4.1.5 Potasio

Siendo el Potasio el más importante debido a que interviene en procesos fisiológicos tales como; activación de enzimas, transporte de azúcares, funciones estomáticas, síntesis de proteínas y fotosíntesis, es decir incrementando la producción floral y rendimiento del fruto (Estrada, 2011).

Alcívar (1994) y Maldonado y Hernández (1995) indican lo siguiente “El cultivo de fresa necesita como mínimo 250 kg por ha para su normal desarrollo y producción. A pesar de que se afirma que el potasio sólo es requerido para aumentar el tamaño de los frutos, en flores cumple múltiples funciones, en especial cuando se trata de fijar y estimular el desarrollo de fitoalexinas, que dan mayor resistencia a los tejidos para elevar la resistencia al ataque de plagas y enfermedades”.

Favela et al (2006) el potasio constituye del 1.0 al 5 % de la materia seca del tejido.

El contenido de K se considera deficiente o excesivo cuando su nivel es menor de 1.5 mayor de 3.0 %, respectivamente; sin embargo, el nivel óptimo de este nutrimento puede ser mayor al 8.0 % en el tejido de los tallos de algunas legumbres.

Aunque también pueden presentar síntomas y manifestaciones por este elemento en las plantas como lo recalca Casseres (1966) que son:

- I. Reducción del crecimiento
- II. Hojas de tamaño pequeño
- III. Entrenudos cortos
- IV. Necrosis marginal de las hojas
- V. El fruto tiende a tener una coloración muy pobre, poca acidez y un tamaño pequeño.

En caso de deficiencia marginal de potasio, una gran cosecha de fruta muy pequeña puede producirse seguida de una cosecha pequeña y muerte descendente de las ramitas.

#### **2.4.1.6 Fósforo**

Maldonado y Hernández (1995), indican que el requerimiento de fósforo para el cultivo de fresa es de 10 g/m<sup>2</sup> de anhídrido fosfórico (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), esto dependiendo del resultado que se tenga del análisis de suelos, este elemento se puede encontrar en cualquier fertilizante fosfatado. Además indican que el fósforo es el responsable del desarrollo radical así como de la floración.

Favela et al (2006) esta varía de una especie a otra, pero en hortalizas oscila entre 0.25 y 0.90 % de la materia seca. Los valores críticos de P normalmente son menores de 0.20 y mayores de 1 % (deficiencia y toxicidad).

Para Casseres (1966) menciona los síntomas y manifestaciones en el cultivo como lo son:

- I. Reducción del crecimiento
- II. Follaje pálido (apareciendo como un caso incipiente de deficiencia de Nitrógeno).
- III. Pigmentación rojiza de las hojas en alguna especie
- IV. Caída prematura de las hojas y reducción de la cosecha.

#### **2.4.1.6.1 Ciclo del fósforo**

El fósforo proviene de minerales primarios y secundarios, este fósforo del mineral, no lábil, no está disponible para las plantas, pero pasa muy lentamente a formar parte de la solución del suelo por la acción del interperismo, con la cual se establece en equilibrio. El Fósforo lábil inorgánico, de formas menos complejas también participa suministrando P a la solución del suelo y con este también se establece un equilibrio. La otra reserva de P para el suelo es el orgánico considerado como lábil, que también suministra P a la solución del suelo mediante la mineralización, estableciendo también un equilibrio con ésta.

De igual manera, los residuos orgánicos frescos, provenientes de los restos de cultivo a abonos orgánicos suministran P a la biomasa microbiana, y a través de su mineralización pasa también formar parte de la solución del suelo. Las plantas toman el P de la solución del suelo, provenientes de todas estas fuentes pero principalmente de los fertilizantes. Este P de la solución del suelo está en constante equilibrio con todos los componentes del ciclo. Dicho equilibrio depende de la química misma del suelo y del ambiente, en donde la humedad y temperatura juegan un papel muy importante (Castellanos et al, 2000).

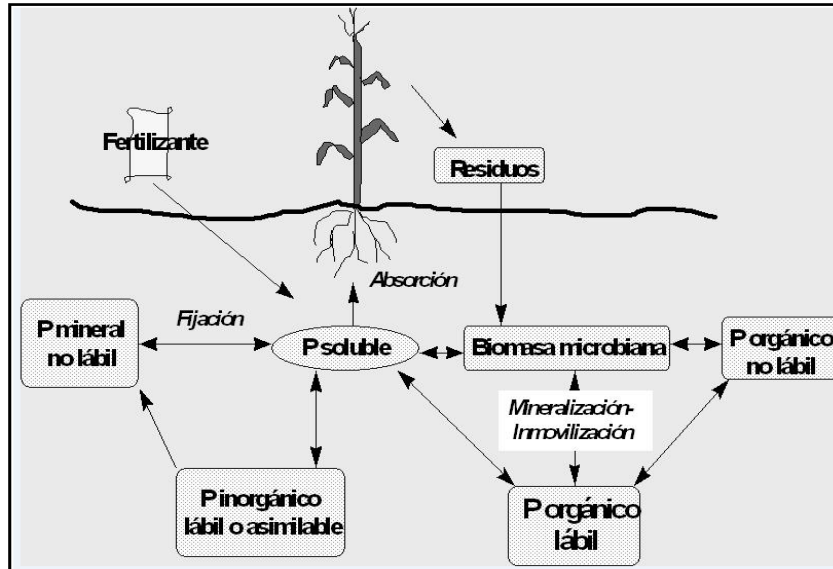


Figura 4. Ciclo del fósforo (Torres, 2009).

#### 2.4.1.7 Calcio

El calcio es importante en la planta ya que genera la firmeza del fruto además en el trabajo hecho por Verdugo (2011) el cultivo de fresa es muy exigente en calcio, especialmente cuando se trata de suelos ácidos, afirma que en una hectárea se necesita por lo menos 240 kg para mantener una producción de fresa en condiciones normales, pero cuando se tienen suelos ácidos la cantidad de calcio es mucho más, incluso se puede hablar de toneladas. Favela et al (2006) el Ca se encuentra en la materia seca, en concentraciones que van del 0.2 y el 3.0%; en algunas ocasiones aparece como oxalato de calcio en niveles excesivamente altos, aunque en forma de cristales, los cuales no aprovecha la planta.

#### 2.4.1.8 Textura

Agrocadena (2007) señala para el cultivo de fresa manejar suelos preferiblemente arenosos, Aguilar (2006) cataloga a un suelo adecuado para el cultivo de fresa como arenoso o franco-arenoso y homogéneamente profundo se acercaría al ideal para nuestro cultivo.

### 2.4.2 Siembra

Por el tipo de tecnología que se aplica al cultivo, se puede utilizar coberturas como se puede observar en la figura 9 y un sistema de riego, lo más utilizado son eras de 70 a 80 cm de ancho y de 20 cm de altura. En cada era se colocan dos hileras, separadas 40 cm entre sí y las plantas a 30 cm. Con este sistema se obtienen una densidad entre 50.000 y 55.000 plantas por hectárea (7-8 plantas /m<sup>2</sup>), si la siembra es a suelo directo será a una profundidad tal que el cuello de la raíz quede a nivel del suelo, de manera que no queden raíces expuestas ni la corona enterrada. Las épocas de siembra se determinan de acuerdo a los requerimientos del mercado, tratando de programar, para obtener la mayoría de la cosecha en época seca (diciembre, enero y febrero), con la mejor calidad y cuando el mercado internacional presenta los mejores precios para fruta fresca. Si se siembra durante la estación seca, la producción se obtiene en la época lluviosa, por lo que se presentan mayores problemas fitosanitarios en la planta y en la fruta, además disminuye la producción (Zúñiga, 2007).



Figura 5. Cobertura a los cultivos como protección en condiciones de invernadero.

### 2.4.3 Coberturas de suelo

Consiste en cubrir las eras con polietileno negro, de 0.2 a 0.4 mm de grosor con un aditivo para evitar el daño de los rayos ultravioleta, con el propósito de impedir que la fruta tenga contacto directo con el suelo y disminuir los problemas fitosanitarios.

La cobertura a su vez, cumple otras funciones importantes como:

- evitar crecimiento de malezas
- aumentar la retención de humedad y la temperatura del suelo

El polietileno se coloca sobre la era, una vez que ésta se ha preparado totalmente, inclusive con la aplicación de fertilizantes e insecticidas del suelo. Se tensa bien y se prensa a ambos lados de la era con la misma tierra. Una vez colocado, se marca la distancia de siembra y se abren huecos de unos 10 cm de diámetro en cada punto, donde van las plantas (Zúñiga, 2007).

#### **2.4.4 Invernadero**

Es crear un sistema práctico encaminado para la obtención de mejores rendimientos en periodos más largos del año y de productos de muy buena calidad. Lo que permitiría a mercados de característica baja a incrementar sus ventas y promediar sus precios cuando no existe producción en algunas partes del país. Para obtener un eficiente rendimiento se toman dos factores importantes; la aplicación necesaria de técnicas y la práctica adecuada del cultivo, aunque no hay que olvidar las consideraciones necesarias de la creación de un invernadero que no perjudique la inversión del productor.

La creación de un invernadero puede ser de construcción muy simple hasta de aspecto muy innovador, todo dependerá de la decisión en la parte beneficio-costos, de la disponibilidad de un mercado, de los recursos materiales y de la economía eficiente para su operación (Martínez y León, 2004).

#### **2.4.5 Riego**

Las principales cosechas se llevan a cabo en el periodo de noviembre-diciembre el cual la planta se podrá mantener en época seca, por lo que es necesario contar con sistemas de riego.

Aunque en esta comunidad productora de fresa se maneja bajo un sistema de invernadero, la implementación de un sistema de riego para las épocas de cosecha de seca sería lo más conveniente, que un sistema de riego directo.

Teniendo en cuenta que los riegos deberán ser moderados y aplicados sólo cuando las plantas tengan verdadera necesidad de agua. Aunque con frecuencia en la época previa a la floración, siempre que se suspenda cuando los frutos comiencen a desarrollarse, pues el exceso de agua en esta época da como resultado frutos poco fragantes e insípidos.

Al hablar de sistemas de riego, y la importancia que tienen en los cultivos, se mencionan dos sistemas muy utilizados; Sistema de goteo y el sistema de aspersión (Medina et al, 2008).

La norma oficial mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 especifica los límites permisibles (LMP) para agua potable destinada para riego agrícola y la OMS señala también la cantidad máxima permisible de componentes en el agua potable.

#### **2.4.6 Fertilización**

El uso excesivo de fertilizantes al suelo, como se sabe el cultivo de fresa es muy delicado y sobre todo de producción alta. Por ende se deben establecer sistemas o programas de capacitación en búsqueda de controlar el uso excesivo de estos productos químicos (Agrocadena, 2007).

Aunque en la comunidad El Duraznal los productores han optado por la utilización de abonos orgánicos como urea, gallinaza y/o pollinaza, pero existiendo una contraparte la utilización de fertilizantes químicos. Dicho de otra manera se ha vuelto más comercial, afectando la composición del suelo, reflejado en el producto final del cultivo.

### **2.4.7 Poda**

Por el tipo de crecimiento de la planta de fresa, la producción constante de tallos hace que la planta tome una forma de macolla en donde se acumula gran cantidad de hojas y ramas muertas, consecuencia también del calor producido por la cobertura de polietileno negro. Esta hojarasca retiene humedad que facilita el ataque de hongos a la fruta y además dificulta la aplicación de plaguicidas, por lo que es eliminada mediante podas periódicas de limpieza.

Las mismas se realizan después de los ciclos fuertes de producción, quitando los racimos viejos, hojas secas y dañadas y restos de frutos que quedan en la base de la macolla.

Teniendo cuidado de no maltratar la planta y no se poda antes de la primera producción (ver figura 10). Al aumentar la penetración de luz a las hojas, así como la ventilación, se acelera la renovación de la planta, facilita la aplicación de plaguicidas y previene el ataque de hongos en la fruta (Zúñiga, 2007).



Figura 6. Poda a los cultivos como medio preventivo de plagas y enfermedades.

## **2.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE FRESA**

Los cultivos de fresa son vulnerables a insectos, plagas y enfermedades sobre todo los cultivos de fresa bajo en invernadero son más propensos; encontrando en ellos condiciones ideales para su rápida multiplicación.



No solo son sensibles al ataque de plagas y enfermedades, además de estar conformadas por un gran número de microorganismos e insectos, donde su cuidado y su manejo son complejos llegando a ser un reto, por lo que las infestaciones que afectan se han clasificado (UCD, 2005).

Se le han considerado de aspecto primario y secundario. Aunque la combinación de aspectos biológicos, físicos y químicos cuyo objetivo de erradicarlos, disminuir costos de producción, evitar algún efecto ambiental negativo y sobre todo el riesgo al ser humano, por lo que es importante tener conocimiento amplio sobre esta problemática, para crear programas de buenas prácticas de monitoreo para una detección oportuna, que posteriormente se definirían los riesgos potenciales (Icamex, 2005).

Detallando brevemente las plagas y enfermedades más comunes en los cultivos de fresa.

### **2.5.1 Plagas**

**Jobotos (*phyllophagas pp.*);** Los jobotos atacan las plantas de cualquier edad y causan daños muy severos en las raíces y la parte subterránea del tallo, de donde se alimentan.

El daño se manifiesta primeramente por un marchitamiento de las plantas, sobre todo cuando hace sol, posteriormente las hojas se tornan rojizas y si se trata de arrancarlas se observa que están flojas o separadas de sus raíces. Por ser una plaga subterránea el control de las larvas resulta prácticamente imposible, por lo tanto hay que considerar medidas preventivas antes o durante la siembra. Lo más efectivo es capturar los adultos por medio del uso de trampas de luz, cuando emergen del suelo para ovipositar en los meses de abril, mayo y junio.

**Ácaros;** Atacando la fresa se han identificado dos especies de ácaros que causan daño: el ácaro de las dos manchas o arañita roja (*Tetranychusurticae*) y el ácaro del brote de la fresa (*Phytonemus pallidus*). Ambas plagas provocan grandes pérdidas en las áreas freseras de todo el mundo. La araña roja se presenta en

cualquier momento, aunque su daño es más severo durante la época seca. Las hojas toman un color bronceado y la planta no crece (ver Figura 7). En el envés de las hojas se pueden encontrar arañitas muy pequeñas que se mueven.

El daño aparece primero en las hojas viejas y su control es muy difícil por la rápida inducción de resistencia a los productos utilizados, así como los problemas de residuos en los frutos (Figura 8).



Figura 7. Aspecto físico del ácaro amarillo responsable de los daños hechos al cultivo de fresa.



Figura 8. Efectos ocasionados al fruto de la fresa, daño ocasionado por el ataque del ácaro amarillo.

### 2.5.2 Enfermedades

**Moho gris (*Botrytis cinerea*);** Es la enfermedad más importante y que causa mayores pérdidas en el cultivo, el hongo daña el fruto produciendo un ablandamiento y cuando es muy severo se cubre completamente con vello gris (figura 9).

Su desarrollo se ve favorecido con la alta humedad y bajas temperaturas típicas de la zona, puede penetrar en el fruto sin necesidad de heridas y durante la cosecha los frutos sanos pueden ser contaminados con esporas provenientes de otros infectados.

Cualquier factor que tienda a producir daños como magulladuras o exceso de manipuleo en la cosecha favorece la propagación de la enfermedad. El combate por métodos culturales es muy importante: deshojas, poda de racimos viejos, cobertura del suelo, riego por goteo y buen manejo en el almacenamiento, empaque y transporte de la fruta. También es importante un punto de corte adecuado; si la fruta se corta en avanzada maduración, la enfermedad se presenta rápidamente y no soporta la etapa de comercialización, y el daño aparece primero en las hojas viejas y su control es muy difícil por la rápida inducción de resistencia a los productos utilizados, así como los problemas de residuos en los frutos (Medina et al, 2008).



Figura 9. Daño ocasionado al fruto de fresa a través de la aparición del hongo *Botrytis*.

## 2.6 PRODUCCIÓN DE FRESA

### 2.6.1 Producción a nivel mundial

Estados Unidos de América como lo indica la FAO es el mayor productor de fresa en el mundo, que en el año 2001 obtuvo producciones muy elevadas por tonelada métrica, superando a España que es un país productor cuyos volúmenes de producción han sido elevados, México ubicado en la séptima posición de productores mundiales como se muestra en el Cuadro 4 representando así un 17.2% con respecto a lo que produce Estados Unidos, aunque también es superado por países como Polonia, Japón, Italia y la República de Corea (plan rector sistema nacional fresa, 2005).

Cuadro 4. Principales países productores de fresa

PRODUCCION MUNDIAL DE FRESA-PRINCIPALES PRODUCTORES (toneladas métricas)							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Estados Unidos</b>	738,354	743,750	831,258	862,828	749,510	855,290	944,740
<b>España</b>	273,734	308,300	377,527	344,867	314,079	328,700	262,500
<b>Polonia</b>	162,509	149,858	178,211	171,314	242,118	153,083	131,332
<b>Japón</b>	200,000	181,100	203,100	205,300	208,600	210,500	20,800
<b>Italia</b>	161,509	178,000	185,852	195,661	184,314	150,890	154,826
<b>Rep. de Corea</b>	151,199	155,521	152,481	180,501	202,966	209,938	209,938
<b>México</b>	98,398	118,805	137,736	141,130	130,688	142,245	150,261
<b>Turquía</b>	110,000	120,000	128,000	130,00	117,000	145,000	145,000
<b>Alemania</b>	78,877	81,545	109,194	104,276	110,130	105,297	95,278
<b>Mundial</b>	2,756,060	2,860,516	3,143,062	3,252,002	3,166,449	3,200,308	3,198,698

### 2.6.2 Producción en México

En México tiende a la baja en cuanto a la producción de fresa, debido a que en el año de 1999 generó una producción de 137,735.78 toneladas, en cuanto al año 2000 registrando pérdidas de 3,394.44 toneladas, aunque para el año 2001 registro la pérdida más baja que fue de 7047.58 toneladas, por lo que en tan solo generó pérdidas de 10442.02 toneladas en menos de un año.

De toda la república mexicana sobresalen tres estados productores; Michoacán, Baja California y Guanajuato, cuyos niveles de producción son significativos para el país, generando así un 91.55% del total de producción de fresa a nivel nacional, del cual Michoacán genera un 52.38% de la producción nacional de fresa.

Por lo que es el estado más productor e importante de fresa en México, con lo que respecta a Baja California representa un 24.19%, su alta productividad y las superficies sembradas y un alto valor de rendimiento por hectárea, y Guanajuato tiende a representar un 14.98% de producción nacional (plan rector sistema nacional fresa, 2005). Producciones en cosechas de estados considerados como zonas freseras como se detalla en el Cuadro 5 con rendimientos de producción elevado y teniendo alto impacto en la economía (Huerta, 2013).

Cuadro 5. Estados productores de fresa en México

Ubicación	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Aguascalientes	6.00	6.00	240.00	40.00
Baja California	2,480.00	2,140.00	111,708.00	52.20
Baja California Sur	251.00	251.00	9,840.00	39.20
Coahuila	3.00	3.00	24.36	8.12
Durango	8.00	8.00	48.00	6.00
Guanajuato	959.50	902.50	19,600.00	21.72
Jalisco	304.00	304.00	8,300.60	27.3
México	324.00	323.00	7,246.15	22.43
Michoacán	4,716.00	4,716.00	203,313.90	43.11
Nayarit	0.30	0.30	1.20	4.00
Sinaloa	2.00	2.00	22.00	11.00
Veracruz	3.00	3.00	27.00	9.00

### **2.6.3 Producción en Chiapas**

En base a el último censo agropecuario hecha por el INEGI del periodo 2007-2013, en comparación de los tres principales estados de México productores de fresa como lo son Michoacán, Baja California y Guanajuato, Chiapas se encuentra en un rango de producción de 21.1 toneladas, junto con esto sin presentar un promedio anual por unidad producción cosechada además de no registrar en el periodo de 2006-2007 la cantidad de producción cosechada, es decir que en base a esto no se sabe con exactitud en el estado de Chiapas sus principales sectores freseros del estado.

## **2.7 RESPIRACIÓN DE SUELOS**

### **2.7.1 Microbiología del suelo**

El suelo es un ecosistema que contiene una gran variedad de poblaciones microbianas cuyos miembros representan muchos grupos fisiológicos. Las características químicas, físicas y biológicas de un suelo particular, así como la presencia de crecimiento de plantas influirán en el número y actividades de sus diversos componentes microbianos. Además, a causa de la naturaleza heterogénea del suelo varios tipos fisiológicos de organismos serán encontrados en las proximidades cercanas de uno a otro. La comunidad microbiana en suelos es importante por su relación con la fertilidad del suelo y con los ciclos biogeoquímicos de los elementos, además del uso potencial de los miembros específicos para aplicaciones ambientales e industriales (Montoya, 2007).

### **2.7.2 Respiración de suelos**

La máxima expresión del funcionamiento y vitalidad del suelo es su respiración, más allá del mero intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera por flujo de masas y difusión. Existen un sin fin de trabajos de investigación sobre la importancia que la respiración del suelo, debida a los organismos heterótrofos allí desarrollados, tiene especialmente para el ciclo natural del Carbono. La concentración en CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en el aire del suelo difiere de aquella de la atmósfera y su explicación está en la respiración microbiana.

Además el CO<sub>2</sub> de Rhizosfera proviene de 1/3 de la respiración de las raíces y 2/3 de la respiración de los microorganismos. La producción de CO<sub>2</sub> es afectada por varios factores: tipo de suelo, cultivo, labranza, fertilización, temperatura, humedad, aireación y pH del suelo.

En suelos compactados puede haber más del 10% de CO<sub>2</sub> en la Rhizosfera, sin embargo contenidos mayores de 5% de CO<sub>2</sub> y/o <10% O<sub>2</sub> afectan el crecimiento del cultivo; aunque podemos encontrar valores de 0,2-3 % de CO<sub>2</sub> en el suelo.

El exceso de CO<sub>2</sub> procura mayor absorción de CaCO<sub>3</sub>, generando elevación en la concentración de bicarbonatos en la solución del suelo y esto a su vez provoca desordenes nutricionales o fisiológicos en las plantas.

### 2.7.3 Respiración de productos hortícolas

De acuerdo a la tasa de respiración de algunos productos hortícolas de acuerdo a su clase y rango de producción de CO<sub>2</sub>, en cuanto a frutos no hay distinción si son climatéricos o no climatéricos, sabiendo que los frutos climatéricos tienden un fuerte aumento en su tasa de producción de CO<sub>2</sub> a comparación de los no climatéricos que no hay cambio alguno, y generalmente baja producción de CO<sub>2</sub> (Kader, 1992).

Cuadro 6. Clasificación de productos hortícolas y frutícolas de acuerdo a su tasa de respiración.

Clase	Intervalo mg CO <sub>2</sub> /kg-Ha	Productos
<b>Muy baja</b>	<5	Nueces, Dátiles, frutas y hortalizas secas
<b>Baja</b>	5-10	Manzana, cítricos, Uva, Kiwi, Ajo, Cebolla, papa, camote, betabel, apio, arándano, melón, papaya, persimonia, piña, sandía.
<b>Moderada</b>	10-20	Chabacano, banana, cereza, durazno, nectarina, pera, ciruela, higo, col, zanahoria, lechuga, pimiento, tomate, papa, pepino, aceituna, rábano, calabacita, arándano azul, melón cantalup, mango.
<b>Alta</b>	20-40	<b>Fresa</b> , Zarzamora, frambuesa, coliflor, zanahoria, poro, aguacate, lechugas, frijol lima, rábano.
<b>Muy alta</b>	40-60	Alcachofa, germinados, brócoli, col de Bruselas, flores cortadas, cebollín, oca, envidia, berro, col de hoja.
<b>Extremadamente alta</b>	>60	Espárragos, champiñones, perejil, chícharo, espinaca, maíz dulce.



#### **2.7.4 Actividad microbiana**

Es esencial para la liberación de los nutrimentos contenidos en los materiales vegetales muertos. Sin tal liberación los nutrimentos disponibles serían pronto agotados y el suelo se haría estéril. Los microorganismos completan el ciclo de manera que los nutrimentos absorbidos por las plantas pueden volver al suelo. Así los mismos iones pueden ser utilizados una y otra vez. Una población microbiana activa suele ser un buen indicador de fertilidad del suelo. Uno de los factores más importantes que afectan a la actividad microbiana es el suministro de energía. Otros factores como la aireación, el aporte de agua al suelo, la temperatura, el pH (nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, etc.) son también importantes, pero la energía es con mucha frecuencia el factor limitante de la actividad microbiana. Para la mayoría de los microorganismos el suministro energético proviene de los restos vegetales y animales.

Gran parte de los microorganismos esperan a que la planta o animal muera para utilizar sus tejidos como fuente energética. Algunos de ellos son capaces de penetrar en el interior de los organismos superiores vivos como son las plantas, provocando infecciones y enfermedades. A pesar de ello producen en ocasiones beneficios como es el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno que infectan las raíces de las leguminosas.

El contenido hídrico del suelo más favorable a la actividad microbiana ocurre cuando la mitad o dos tercios del volumen de poros se hayan ocupado por agua. Los microorganismos viven en medio acuoso, pero la mayoría requiere además, oxígeno atmosférico siendo así que las bacterias pueden vivir bajo estas condiciones exceptuando a los hongos. El efecto de la temperatura sobre la actividad microbiana, a menos que el suelo devenga relativamente seco, la actividad aumenta con la temperatura, hasta que ocurra alguna interferencia en los procesos vitales de los microorganismos. La actividad microbiana casi se detiene si el suelo se seca.

Las reacciones próximas a la neutralidad (o ligeramente alcalinas) con un buen suministro de calcio son favorables a la mayoría de los microorganismos.

El encalado del suelo, para aumentar su pH, es probable que incremente la actividad microbiana. Esto puede acelerar la liberación de nutrientes ampliando el suministro disponible durante algunas semanas o meses, pero a expensas de la liberación de elementos nutritivos durante los próximos años. El encalado puede también aumentar la actividad de algunos microorganismos patógenos como es el caso del actinomiceto responsable de la sarna de la patata (Thomson 1988).

Aunque también la actividad microbiana, medida por el CO<sub>2</sub> desprendido, está fuertemente influida por el potencial hídrico. Suelos desecados hasta un potencial hídrico de -10 MPa liberan CO<sub>2</sub> con una velocidad del orden del 50% de la observada si los suelos son incubados con un contenido óptimo de humedad, normalmente con un potencial hídrico comprendido entre -20 y -50 kPa. Cuando el potencial hídrico alcanza valores muy negativos, la actividad microbiana cesa (Jenkinson, 1992). Este efecto negativo de las condiciones de sequía puede ser contrarrestado por el papel amortiguador de las fluctuaciones de potencial de agua que realizan los polisacáridos extracelulares (Mora, 2006).

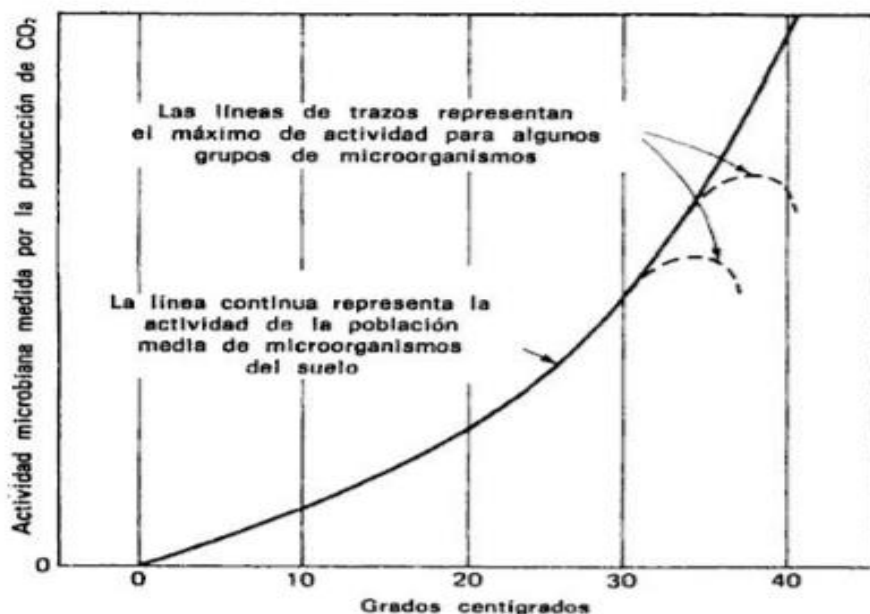


Figura 10. Relación entre el desprendimiento de CO<sub>2</sub> y la temperatura del suelo.

Siendo la máxima como intervalo 50°C. La producción de CO<sub>2</sub> sigue aumentando hasta un máximo de los 70°C pero a temperaturas inferiores de 50°C la descomposición es posible.

#### **2.7.4.1 Factores principales de la actividad microbiana**

Uno de los principales factores que influyen en la actividad microbiana es la disponibilidad de agua, como tal todo organismo necesita de agua como un factor importante que en la naturaleza determina el crecimiento de los microorganismos. El agua es un componente del suelo que presenta una gran variabilidad, y su presencia depende de la composición del suelo, la lluvia, el drenaje y la cubierta vegetal.

Otro factor es el estado nutricional del suelo la mayor parte de esta actividad se lleva a cabo en la capa de la superficie que son ricas en materia orgánica, de acuerdo a esto el número de microorganismos dependerá del equilibrio de los nutrientes presentes. Además el carbono no es un limitante, sino que de nutrientes inorgánicos como fósforo, nitrógeno el cual limita la actividad microbiana (Madigan et al 2005).

#### **2.7.4.2 Biomasa microbiana**

La biomasa es la parte de la producción primaria neta que la planta destinada a la producción de estructuras, es decir que se acumula. También la biomasa se define como la cantidad total de materia orgánica viva de un sistema biológico presente en un momento dado. Se puede dividir en zoomasa y fitomasa según el aporte de los animales y plantas, siendo la fitomasa la mayor proporción de materia orgánica en la biomasa total. La fitomasa se puede separar en fitomasa aérea (aporte de las hojas, ramas y tallos) y fitomasa subterránea (raíces, raicillas, rizomas y tallos subterráneos) expresándose en términos de peso de materia seca por unidad de área `árbol, hectárea, región´ (Chiriboga y Fernando, 2008).

#### **2.7.4.3 Capacidad de campo**

Esa máxima capacidad de agua que el suelo puede retener, es decir el agua que está retenida a  $1/3$  de atm de tensión y que no está sujeta a la acción de la gravedad.

En términos prácticos, para un suelo franco, sería la cantidad de agua que tiene el suelo al segundo o tercer día después de un riego pesado o una lluvia intensa. Aproximadamente el óptimo de humedad para iniciar la preparación del terreno, después del riego (Sánchez, 2007).

#### **2.7.4.4 Humedad**

El agua es esencial para todos los seres vivos porque en forma molecular participa en varias reacciones metabólicas celulares, actúa como un solvente y portador de nutrimentos desde el suelo hasta las plantas y dentro de ellas. Además, intemperiza las rocas y los minerales, ioniza los macro y micro-nutrimentos que las plantas toman del suelo, y permite que la materia orgánica sea fácilmente biodegradable. El contenido de agua en el suelo puede ser benéfico, pero en algunos casos también perjudicial.

El exceso de agua en los suelos favorece la lixiviación de sales y de algunos otros compuestos; por lo tanto, el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas en el suelo. Aunque es recomendable determinar la humedad a la capacidad de campo de los suelos, es decir, la cantidad de humedad que un suelo retiene contra la gravedad. Por lo que la medición de humedad se realiza sólo en función del porcentaje de agua que retiene este tipo de suelos (Montoya, 2007).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar mediante análisis fisicoquímicos y la respiración bioquímica, la calidad y fertilidad de los suelos de las parcelas de los cultivos de fresa en la comunidad El Duraznal municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

#### **3.2. Objetivos específicos**

-Determinar materia orgánica, Fósforo total, nitrógeno total, capacidad de intercambio catiónico, potasio (K), calcio (Ca), pH, textura y conductividad eléctrica en el suelo de las parcelas del cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) de la comunidad El Duraznal.

-Estimar la actividad bioquímica de suelos a través del análisis bioquímica mediante el método de respiración por sustrato inducido (SIR).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Comunidad El Duraznal-zona de estudio

Localizada a 17 kilómetros de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas; en la ladera hacia el valle del río Grijalva. Constituida por dos partes alta y baja, en la parte alta El Duraznal y en la parte baja El Ocotal. Asentada sobre un espacio de 46 hectáreas, colindando al norte con La Lagunita y al sur con Laguna Grande y Lagunas del Carmen.



Figura 11. Aspecto geográfico de la comunidad del Duraznal y comunidades aledañas al sitio de estudio.

#### **4.1.1 Población**

Dicha comunidad está formada, en su mayoría, por hombres y mujeres que vivieron la expulsión de sus comunidades de origen (Chamula y Zinacantán) por motivos religiosos (Ballinas, 2008), El último censo de población, la población total de esta comunidad es de 166 habitantes, de la cual 83 habitantes son hombres y 83 son mujeres (INEGI, 2010).

#### **4.1.2 Aspectos generales**

La comunidad denominada El Duraznal resalta aspectos esenciales para que llegaran a ser asentamientos humanos encaminados a la agricultura, todo inicia en la movilización de población en búsqueda de aguas residuales que son utilizadas para riego.

Según Martínez et al (2010) menciona; “En 1986-1988 sitio dedicado a su trabajo a lo agrícola, sin embargo fueron pocos años para que se fuera poblando, en 1990 aparece el primer censo de población hecha por el INEGI, registrando únicamente 18 habitantes. El durazno fue el primer nombre que tuvo la comunidad, antes de llegar a ser actualmente como El Duraznal. Años memorables para la comunidad fueron en 1987 se comenzaron a trabajar hortalizas, 1988 fecha en que la comunidad obtiene su escritura como copropiedad, por lo que a partir de ese mismo año el inicio de obras de rehabilitación para la introducción de agua destinada para riego, cuya procedencia es de un canal de 4.5 kilómetros denominado como “El Túnel”.

Para el periodo de 1995-1996 la introducción de energía eléctrica y la introducción de agua potable, lo que favoreció a comunidades vecinas a esta, es hasta este punto se realiza la propuesta del proyecto de la creación de una planta de tratamientos de aguas residuales, propuesta hecha por dependencias federales, que en la actualidad no existe. 15 años duro el trabajo de hortalizas, en 1998 el apoyo de la Secretaria de Desarrollo Rural (SDR) introdujo cultivos de papa y la floricultura, lo cual fortaleció a esta comunidad.

La búsqueda de acciones productivas, el Ing. Rodrigo Hess Poo e Inés Arredondo (técnico de fruticultura) y con apoyo de una fundación se logró la introducción de fruticultura. La familia Díaz Gómez en el 2001 introduce la plantación de durazno clase “Diamante”, sembrando 10 mil árboles en 15 hectáreas de terreno. Posteriormente en el 2004 se constituye como sociedad, con el objetivo de producir, generar y mejorar los niveles de vida, debido a esto se generó una amplia visión de la actividad productiva de esta comunidad. Aunque no solo fue el durazno el único fruto que se introdujo también la granadilla, fresa, etc.

Las diversas microempresas formadas por núcleos familiares, en la búsqueda de ser una empresa formal, cuyos trabajos son distribuidos a todos los integrantes de la familia, por ejemplo el caso de la mujer se le encarga la parte de selección, clasificación de la cosecha a la preparación de alimentos. La meta que persiguen estos productores es la formalidad de sus empresas”

El cultivo de fresa en esta comunidad de estudio es de nuevo ingreso, por lo que no hay un estudio concreto sobre este cultivo y sobre todo en la producción. A pesar de todos los aspectos que asechan a la comunidad de El Duraznal, comenzando con su forma de trabajo principalmente el agua destinada para riego (Aguas crudas sin tratamiento), provenientes de lo que se llama “El Túnel”, es importante mencionar que los mismos productores no saben o no tienen conocimiento de la problemática que pueda generar el uso de estas aguas a sus cultivos, aunque ellos tiene claro del agua que utilizan para riego, sin olvidar la forma de trabajo que realizan en la agricultura.



## 4.2 Colecta de muestras

Para los análisis fisicoquímico, se recolectaron muestras en un lote de suelo apilado que se utilizaría para llenar bolsas donde se sembraron las plantas de fresa bajo condiciones de invernadero rústico. La técnica que se aplicó fue en forma de cruz; en cada uno de los puntos se tomó una muestra simple, luego las muestras simples se juntaron para elaborar una muestra compuesta. La cantidad total fue aproximadamente de 1 Kg.

Además de esta muestra compuesta se tomaron aleatoriamente varias muestras de bolsas de planta de fresa, y se no se consideró su ubicación dentro del invernadero, ya que todas provenían del mismo lote de suelo.



Figura 12. Área de trabajo y el lote de suelo para el llenado de las bolsas del cultivo de fresa.



Figura 13. Cultivos de fresa en condiciones de invernadero tipo rústico y su aspecto interno del invernadero.

### 4.3 Preparación de la muestra

Antes de iniciar los análisis de laboratorio, las muestras se someten a los siguientes procesos:

**Secado:** La preparación de las muestras previas para la realización de las determinaciones, se ponen a secar al sol o bajo sombra con el fin de eliminar la humedad presente en la muestra, y así facilitar el siguiente proceso que sería el triturado de la muestra para posteriormente ser tamizado.

**Tamizado:** Con el objetivo es separar partículas minerales y homogenizar las muestras, fueron tamizadas en mallas N°10 y N° 40. Las muestras tamizadas en la malla N°40 son utilizadas para determinar materia orgánica y nitrógeno. Y los de la malla N° 10 para determinar textura, C.I.C, pH, etc.



Figura 14. Charola de plástico, Mortero y malla N°40 mm con muestra de suelo.



#### 4.4 Parámetros cuantificados

Los parámetros determinados en las muestras de suelos fueron los siguientes; densidad aparente por medio de una probeta, pH con un potenciómetro, Textura por el procedimiento Bouyoucos, Materia orgánica con el método Walkley y Black, Fosforo extraíble por el método Olsen, Capacidad de Intercambio Catiónico con Acetato de amonio 1N; pH 7.0, Conductividad eléctrica por medio de un conductímetro, Nitrógeno total por método micro-Kjeldhal. Los resultados fueron comparados con la norma mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Para la respiración bioquímica de suelos se determinó por el método de respiración por sustrato inducido (SIR) con la adición de glucosa y talco.



Figura 15. Muestra de suelo libres de humedad y tamizadas para llevar a cabo los análisis de laboratorio.

#### 4.4.1 Parámetros físicos

##### 4.4.1.1 Densidad aparente

La diferencia de peso de una probeta de 10 ml “mililitros” vacía y llena de suelo (muestra seca bajo sombra para eliminar la humedad que presente, y posteriormente tamizar el suelo para llevar a cabo los análisis) por medio de una balanza analítica. El peso resultante es dividido entre el volumen de la probeta aplicando la fórmula de densidad= masa/ volumen.



Figura 16. Balanza semi-analitica con Probeta 10 ml para determinar densidad aparente en el suelo.

##### 4.4.1.2 Conductividad eléctrica

Se pesan 10 g de muestra de suelo, que son agregadas a un tubo de polietileno, y que posteriormente se le adiciona 50 ml de agua destilada, se tapan los tubos y son puestas en agitación a 180 rpm durante 30 minutos. Terminando el tiempo de agitación se ponen a reposar los tubos (2 horas), con el fin que sedimente la parte de suelo, la solución precipitada se coloca a otro tubo que servirá para la lectura.

El conductímetro se debe calibrar con una solución, teniendo en cuenta la temperatura del medio en que se trabaja, y con base a esto se ajusta la lectura en el equipo. En cada lectura de muestra se debe lavar el electrodo con agua destilada y que no choque con las paredes del tubo y que cubra la marca

especificada del electrodo por la muestra, las lecturas deben de registrarse en números enteros.

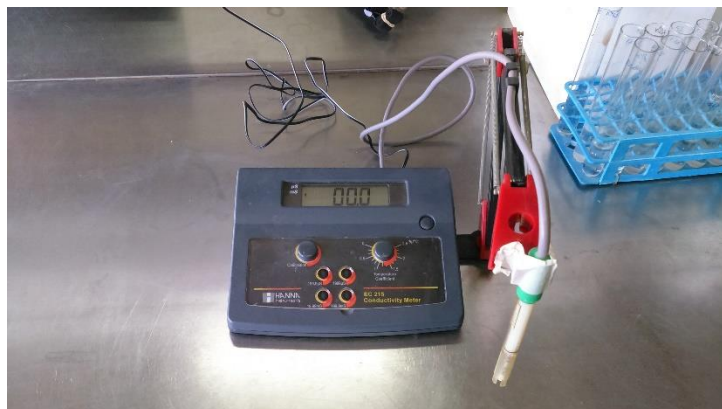


Figura 17. Conductímetro marca Hanna

#### 4.4.1.3 pH

Se pesan 10 g de muestra de suelo, para esta determinación se utilizan frascos de vidrio de 30 ml, se le agregan 20 ml de agua destilada y se ponen en agitación en este caso son en intervalos de 5 minutos a 180 rpm hasta llegar a tener 30 minutos de agitación. Se deja reposar la muestra durante 15 minutos antes de leer. Para leer las muestras se agita levemente de forma manual, el electrodo del potenciómetro no debe de chocar con las paredes del frasco y no llegar a tocar la parte sedimentada.



Figura 18. Potenciómetro marca Hanna para determinar pH.

#### 4.4.1.4 Textura por el método Bouyoucos

Se pesa 50 g de muestra de suelo que será agregado a un vaso de licuadora tipo “chocomilera”, adicionando 25 ml de Hexametáfosfato de sodio-bicarbonato de sodio, y añadiendo agua del glifo aproximadamente 250 ml de agua, se licua durante 15 minutos para posteriormente pasarla a una probeta de 1000 ml.

Las probetas que contiene la muestra se agita de forma manual, y se introduce el Hidrómetro de Bouyoucos, con la formación de espuma se elimina con alcohol etílico, el registro de la temperatura se hace a 1 hora después de la primera lectura, para la toma de la segunda lectura se espera 2 horas.



Figura 19. Probetas de 1000 ml para la determinación de textura de suelos.

#### 4.4.2 Parámetros químicos

##### 4.4.2.1 Capacidad de Intercambio catiónico con acetato de amonio

Pesar 2,5 g de muestra de suelo agregándola en tubos de polietileno y añadiendo 50 ml de acetato de amonio, se tapan los tubos y se ponen en agitación a 180 rpm durante 30 minutos. Se filtra la muestra en papel Whatman N° 42.

Para la muestra filtrada se utiliza para la **determinación de Ca, Na, Mg y K.**

Los conos de papel filtro que contienen muestra, se les agrega 50 ml de alcohol etílico, para lograr limpiar la muestra. Nuevamente se utilizan los conos con muestra y se le añade Cloruro de Sodio (NaCl) hasta filtrar 50 ml.

Comenzando con lavar el destilador con poca agua, y para cada matraz de destilación se toma alícuota de 20 ml de muestra filtrada, adicionándole agua destilada e hidróxido de sodio (NaOH). Al final de cada tubo del destilador se colocan matraces Erlenmeyer de 125 ml conteniendo 10 ml de ácido bórico hasta llegar a destilar 50 ml, que posteriormente servirá para titular las muestras con ácido sulfúrico 0.19 N ( $H_2SO_4$ ), observando el cambio de coloración por parte de las muestras de verde a rosa intenso.



Figura 20. Muestras filtrándose, destilador micro-kjeldhal y autor titulando por medio de una bureta.



#### **4.4.2.2 Calcio (Ca) y Potasio (K)**

Para estos parámetros se utiliza un Flamómetro o fotómetro de llama, para el caso de K se utiliza una solución estándar de KCl 100 ppm, esta solución estándar se calibra el equipo a 766 nm como longitud onda. Comenzando las lecturas con la curva de calibración cuya concentración son de; 2, 6, 12, 16, 20.

Al igual para Calcio se calibra el equipo con una solución estándar de Calcio (Ca) a una longitud de onda de 622 nm.

#### **4.4.2.3 Materia orgánica por el método Walkley y Black**

Se pesa 0,1 g muestra de suelo (aunque la norma menciona 0,5 g todo dependiendo del tipo de muestra a trabajar) se agrega a un matraz Erlenmeyer de 500 ml, se le agrega 10 ml de Dicromato de Potasio y 20ml de Ácido Sulfúrico concentrado, se deja en la campana de extracción durante 30 minutos por la liberación de gases de las muestras.

Se le añaden 200 ml de agua de garrafón, y 5 ml de Ácido Fosfórico, y como indicador se agrega Difenilamina aprox. 20 gotas. Para la titulación se utiliza Sulfato Ferroso heptahidratado- Ác. Sulfúrico, se observa el viraje de color de la muestra a verde claro.



Figura 21. Matraces Erlenmeyer 250 ml con muestra y bureta con el reactivo titulante para materia orgánica.

#### 4.4.2.4 Fósforo por el método Olsen (NOM-021-SEMARNAT-2000)

Para la realización de esta determinación, se pesaron aproximadamente 2,5 g (gramos) de muestra de suelo, puestas en un tubo de polietileno, agregando 50 ml de una solución de bicarbonato de sodio 5 M pH 8.5, y puesta en agitación a 180 rpm durante 30 minutos. Al finalizar el tiempo de agitación se pasa a filtrar las muestras utilizando papel Whatman N° 42, una vez filtradas las muestras se toman alícuotas de 5 ml que son agregadas a cada uno de los matraces aforados de 50 ml utilizados para la prueba.

A las matraces que contienen 5 ml de muestras filtradas se le agregan 5 ml de bicarbonato de sodio 5 M pH 8.5, la solución reductora se prepara de acuerdo al número de muestras a trabajar, comenzando con los matraces utilizados para la curva de calibración y se finaliza con las muestras (se comienza de esta manera la preparación, debido a que la curva son con las que se comienzan a leer en el equipo "calibrar"), con respecto a la curva de calibración se maneja una solución patrón de P (0,0.1,0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mgL<sup>-1</sup>) de acuerdo a la concentración etiquetada a cada matraz aforado.

Para finalizar se aforan todos los matraces con agua destilada, se tapan y se agitan manualmente (cuidado por la liberación de gases que desprende los matraces) y se espera 30 minutos para la lectura en el espectrofotómetro, cuya lectura debe de ser a una longitud de onda de 882 nm.



Figura 22. Muestras de suelo filtrándose, Matraces aforados 50 ml (muestra y curva de calibración) y Espectrofotómetro GENESYS.

#### 4.4.2.5 Nitrógeno total

Pesar 0,25 g de muestra seca y tamizada con la malla N<sup>o</sup>40, que son agregadas a tubos de vidrio, adicionando una mezcla digestora y ácido sulfúrico concentrado, se pone a digerir en el block digestor a una temperatura de 350°C durante 2 horas. Se deja reposar 15 minutos a modo que baje la temperatura del digestor, y se facilite la extracción de los tubos, posteriormente se agregan 20 ml de agua destilada y con ayuda de un Vortex para disolver la muestra y destilar. Se comienza lavando el destilador con pequeñas porciones de agua, y posteriormente a cada matraz de destilación a utilizar se le agrega la muestra digerida.

Además añadiendo agua destilada e hidróxido de sodio (NaOH), a la salida de cada tubo del destilador se coloca un matraz Erlenmeyer de 125 ml conteniendo 10 ml Ácido bórico, hasta lograr destilar 50 ml de muestra y titular con ácido Sulfúrico 0.01 N ( $H_2SO_4$ ) observándose el cambio de coloración de verde a un rosa intenso.



Figura 23. Autor titulando con una bureta, destilador tipo micro-kjeldhal y block digestador.

#### 4.4.2.6 Respiración por Sustrato Inducido (SIR)

Para el método SIR se utiliza aproximadamente 20 g de suelo por muestra a preparar, agregándola a un bote de cristal o plástico de boca ancha con tapa, además colocando un frasco pequeño con 15 ml de NaOH 0,05 N y un tubo de ensayo con agua, teniendo todo preparado; se cierra herméticamente el frasco y se lleva a la cámara de incubación aproximadamente 3 horas (otros mencionan 4 horas), cuya cámara de incubación debe tener una temperatura de 22° C.

Una vez pasadas las 3 horas de incubación, se preparan las muestras pasando el NaOH a un matraz Erlenmeyer de 125 ml y se le agrega 15 ml de  $BaCl_2$  0,1 N, y como medio titulante se utiliza HCL 0.05 N además de adicionar unas gotas de fenolftaleína como indicador, esperando como resultado el viraje de color.

Obteniendo todos los resultados del proceso, se procede a aplicar la siguiente formula:

$$CO_2 \frac{mg}{kg h} = ((Vb - Vm) * N * 6,6 * 1000) / (Pm * t)$$

#### 4.4.3 Análisis bromatológico de la fresa

Para el estudio bromatológico se empleó una muestra de fresa (*Fragaria vesca*) de aproximadamente 450g de fruto fresco (Figura 21), la toma de muestra fue realizada por los mismos productores de esta comunidad y proporcionada al autor para llevar acabo los pertinentes estudios.

La procedencia de las fresas para el ensayo realizado estuvo en función de la disponibilidad y apoyo de los productores principalmente del propietario de la parcela de esta comunidad para la toma de muestra.



Figura 24. Muestra de fresa (*Fragaria vesca*) rotulada y aspectos del fruto de fresa (tamaños y formas) de la comunidad del Duraznal.

Cuadro 7. Parámetros referentes al análisis bromatológico.

<b>Parámetro cuantificado</b>	<b>Norma oficial mexicana</b>	<b>FUNDAMENTO</b>
<b>Humedad</b>	<b>NOM-116-SSA1-1994</b>	Determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra
<b>Cenizas</b>	<b>NMX-F-607-NORMEX-2002</b>	La materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550 -600°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como cenizas.
<b>Proteína cruda</b>	<b>MÉTODO INTERNO</b>	-----
<b>Fibra cruda</b>	<b>NMX-F-613-NORMEX-2003</b>	El residuo se somete a calcinación a 550 °C, la diferencia residuo - cenizas se considera fibra bruta.
<b>Grasas</b>	<b>NMX-F-615-NORMEX-2004</b>	Extracción semi-continua con disolvente donde una cantidad de disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición; una vez que dentro del Soxhlet, el líquido condensado llega a cierto nivel es sifoneado de regreso al matraz de ebullición, la grasa se mide por pérdida de peso de la muestra o por la cantidad de muestra removida.
<b>Carbohidratos</b>	<b>MÉTODO INTERNO</b>	-----
<b>Valor energético</b>	<b>MÉTODO INTERNO</b>	-----



## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de laboratorio realizado a las dos muestras de suelo cuya clave se identifican como; M1 (montículo) y M2 (invernadero), el análisis se presentan conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Los datos numéricos que se muestran en el Cuadro N°8, corresponden a los valores finales de los análisis aplicados, y para manejar dichos valores se utilizaron valores promedios que se ubican final del cuadro de resultados.

Cuadro 8. Resultados de los análisis físicos, químicos y bioquímicos mediante la Respiración de suelos por el método SIR (Respiración por Sustrato Inducido).

		Análisis físicos			Análisis químicos						BQ
Muestra	DA Kg/ha	Text.	C. E dS/m	pH	C.I.C Cmol/kg	N total %N	M. O %C	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	(SIR) mg CO <sub>2</sub> /kg
M1	1,260,000	Franco - arenoso	0.230	6.4	44.3	0.57	1.80	5.6	96.7	114.7	122.66
M2	1,260,000	Franco - arenoso	0.308	6.3	49.8	0.59	1.93	23.5	179.2	121.0	98.06
PROMEDIOS	-	-	0,269	6.4	47.05	0.58	1.86	14.55	137.95	117.85	110.36

En el cuadro 8, se presentan los resultados obtenidos del análisis físico y químicos realizado a las muestras de suelo de la parcela cuyo propietario es el Sr. Manuel Gómez Celestino en donde se cultiva fresa (*Fragaria vesca*) de la comunidad del Duraznal (Municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas). El pH obtenido fue de 6.4 que de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 se considera como suelos moderadamente ácidos, sin embargo de acuerdo a Proexant (2002) se encuentra dentro del rango óptimo para cultivar fresa, ya que este autor señala que el rango de pH para este cultivo varía entre 6.0-7.0.

Se ha comentado que los mayores rendimientos de fresa se obtienen cuando el pH del suelo es de 6.5 (Proexant, 2002). Por otro lado se observó que la conductividad eléctrica (CE) fue de 0.269 mmhos/cm. Este resultado permite apreciar que el valor de CE, es muy bajo con respecto a lo señalado por la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, ya que lo ideal de una CE, debe oscilar por arriba de 1.0 mmhos/cm, incluso se ha indicado que valores menores a 1 puede limitar el flujo de iones tales como;  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+1}$ , y Na. Durante el crecimiento del cultivo de fresa es importante el intercambio iónico en los nutrientes, se ha señalado que un aporte de sales incrementa significativamente en el crecimiento de la planta.

En cuanto a la textura (Text) del suelo analizado se observó el tipo Franco-Arenoso, este tipo de suelo que de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 es el ideal para cultivar fresa como lo señala Aguilar (2006) y con aceptación del cultivo al tipo arenoso. Sin embargo Agrocadena (2007) el tipo de suelo recomendado para cultivar fresa es de clase arenoso, por lo que el resultado de la textura no es problema para cultivar fresa y su fácil adaptación de la planta al tipo de suelo.

El contenido de materia orgánica (M.O) obtenida fue de 1.86% que de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 se considera como clase media, sin embargo, de acuerdo a Proexant (2002) se encuentra levemente debajo del rango óptimo para cultivar fresa, ya que dicho autor señala el rango de M.O para este cultivo que varía entre 2-3%. Por lo que el cultivo de fresa se ve ligeramente limitado en cuanto al contenido de M.O y generando rendimientos moderadamente bajos en la producción de fresa.

Para la C.I.C fue de 47.05 Cmol/kg que de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 se considera como suelos de clase muy alta. Este resultado permite apreciar que el valor de C.I.C sea un indicativo de las propiedades que tiene nuestro suelo, en relación a los cationes que favorecen al cultivo de fresa para adsorber, retener y disponer bases intercambiables en cualquier momento que la planta los necesite para llevar a cabo diversas funciones metabólicas para su desarrollo.



Además de estar ligado con los valores reportados de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{K}^{+1}$ . Y en relación al texto anterior, el contenido de potasio (K) fue de 137 mg/kg (240.03 kg/ha), que de acuerdo a este resultado se puede apreciar que el valor de K, es muy alta, respecto a lo señalado en la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. En base a lo reportado por Alcívar (1994) y Maldonado y Hernández (1995) se encuentra levemente por debajo del valor óptimo para cultivar fresa, ya que dichos autores señalan que el valor ideal de K para este cultivo es de 250 kg/ha, por lo que al encontrarse cerca de este valor los rendimientos de fresa serán aun favorables, sin limitar a la planta con este nutrimento para llevar acabo las múltiples funciones metabólicas y funciones fisiológicas que la fresa necesita.

El resultado obtenido para calcio (Ca) fue de 117.85 mg/kg (205.05 kg/ha) en base a lo especificado en la norma oficial mexicana NOM-021.SEMARNAT-2000 se considera el suelo como muy alto en este nutrimento. Y comparando este resultado con lo que reportan Maldonado y Hernández (1995) que ubican el valor optimó de Ca de 240 kg/ha para poder cultivar fresa, por lo que el resultado se encuentra ligeramente por debajo del valor que señalan dichos autores. Siendo así que los rendimientos para la fresa serán positivos sin verse limitada la planta en este nutrimento.

El nitrógeno total (N) fue de 0.58% (1002,24 kg/ha) siendo así que este resultado nos permite apreciar que el valor del N, es muy alto con respecto a lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 ya que lo ideal de N oscila en un rango de 0.10-0.15%. En contraparte a lo reportado por Maldonado y Hernández (1995) y Alcivar (1994) se encuentra muy por arriba del rango reportado por dichos autores de 200kg/ha (20g/m<sup>2</sup>), ya que dichas excesos en las concentraciones provocarían alteraciones en la planta principalmente el fruto. A comparación de Estrada (2011) no señala un rango en específico, pero si recalca de la función que tiene en la planta y de tener cuidado en las dosis suministradas al cultivo, ya que es una planta que asimila muy fácilmente este nutrimento.

El contenido de fósforo (P) fue de 14.55 mg/kg, de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 se considera al suelo como clase alta, por lo que reporta Maldonado y Hernández (1995) y Alcivar (1994) se encuentra por arriba del rango óptimo para cultivar fresa, ya que dichos autores señalan el rango de P para este cultivo que es de 10 g/m<sup>2</sup> (100 kg/ha). Debido a esto los rendimientos del cultivo se verán afectados ya que es el responsable del desarrollo radical y floración de la planta.

La respiración de suelos por el método de respiración por sustrato inducido (SIR) fue de 110.36 mg CO<sub>2</sub>/kg. Este resultado permite apreciar que el valor de la respiración, es alta, con respecto a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 no se reporta un valor para este ensayo, pero de acuerdo a Kaeder (1992) se encuentra muy por arriba del rango optimo para este cultivo ya que el rango varía entre 20-40 mg CO<sub>2</sub>/kg, y este resultado excede tres veces este valor.

Considerando lo que reporta Madigan (2005) nuestro resultado se pudiera ver afectado por algunos factores como; Agua, composición del suelo, fertilización y la forma de trabajo a los cultivos. El agua si es un punto principal no reflejado en la cantidad que es suministrada al cultivo, el verdadero problema es la procedencia y la composición química y microbiológica que presenta favoreciendo en la actividad microbiana para subsistir. La composición del suelo reflejada en los análisis físicos y químicos; quede acuerdo a los parámetros cuantificados la mayor parte de ellos no representan problema para una favorable actividad microbiana aun teniendo la cantidad de M.O, salvo el caso de nitrógeno (N) y fósforo (P) ya que presentan concentraciones altas en el suelo, por lo que no se ve limitada para la actividad microbiana en llevar acabo las funciones metabólicas. La fertilización ligada con la forma de trabajo es muy importante, al haber una fertilización desmedida que es adicionada al suelo proporciona más nutrimentos y coadyuva a la actividad microbiana en asimilar dichos componentes necesarios para ciertas funciones metabólicas primordiales en la subsistencia microbiana necesarias para llevar acabo la respiración del suelo.

Por lo que el resultado de la respiración de suelos por el método SIR (respiración por sustrato inducido) y al no poder comparar los resultados con otros cultivos que evaluaran la respiración bajo este mismo método en la misma zona de estudio o bajo las mismas condiciones de trabajo para cultivos se genera información preliminar sobre la actividad microbiana presente en esta zona.

Finalmente con la información obtenida en este trabajo genera información fundamental referente a la calidad del suelo que presenta la comunidad del Duraznal, caracterizando el suelo que es destinada para cultivar fresa como de buena calidad en base a los parámetros físicos y químicos sin representar dichos resultados un problema de asimilación de nutrimentos, adaptación o daños a la planta de fresa, con excepción de N y P cuyos excedentes alterarían a la fresa primordialmente al fruto ocasionando alteraciones en cuanto a su calidad, rendimientos y de posibilitar problemas a la salud al consumidor.

Por lo que de acuerdo a estos valores reportados y a las condiciones que se presentan los análisis posibilita la adaptación de otros cultivos ya sean de tipo hortícola, frutícola o floricultura para aprovechar las condiciones de la parcela del Sr. Manuel Gómez Celestino.

## **5.1 Agua**

Los resultados proporcionados por el Laboratorio de análisis instrumental de los Laboratorios Institucionales de ECOSUR unidad San Cristóbal, de las muestras tomadas al canal que se destina para abastecer agua destinada para el riego de la zona del Duraznal se presentan en el cuadro N°8 valores finales del análisis de las aguas residuales, y en el cuadro N°9 los valores finales de la calidad del agua potable de la comunidad El Duraznal.

Cuadro 9. Resultado de la calidad de aguas residuales generadas en la ciudad de San Cristóbal y de zonas provenientes de las comunidades de la zona sur de San Cristóbal.

Análisis fisicoquímicos	Valor obtenido de laboratorio	Metales pesados	Valor obtenido de laboratorio	Minerales	Valor obtenido de laboratorio
<b>Nitrato</b>	0,4 mg/L	Cobre (Cu)	Menor de 0,2 mg/L	Sodio (Na)	39,9272 mg/L
<b>Amonio</b>	0,01 mg/L				
<b>Nitrógeno total</b>	<0,5 mg/L	Cromo (Cr)	Menor de 0.2 mg/L	Potasio (K)	9.0336 mg/L
<b>Fósforo total</b>	11,35 mg/L				
<b>DQO</b>	60 mg/L	Níquel (Ni)	Menor de 0.2 mg/L	Magnesio (Mg)	25.5518 mg/L
<b>Color</b>	18 UNITS				
<b>Cloruros</b>	4,2 mg/L	Plomo (Pb)	Menor de 0.1 mg/L	Calcio (Ca)	64.1398 mg/L
<b>Dureza</b>	220 mg CaCO <sub>3</sub> /L				
<b>Solidos suspendidos totales</b>	6 mg/L	Zinc (Zn)	Menor de 0.2 mg/L	----	----
<b>Turbidez</b>	7 FAU	----	----	----	----
<b>Coliformes totales</b>	5 420,000 UFC/100ml	----	----	----	----
<b>Grasas y aceites</b>	----	----	----	----	----
<b>Coliformes fecales</b>	16, 800, 000 UFC/100 ml	----	----	----	----

Fuente: Ing. Jesús Carmona de la Torre-2013.

Cuadro 10. Resultado de la calidad del agua potable de la comunidad del Duraznal

Parámetro	Valor obtenido de laboratorio
<b>Dureza</b>	<b>210 mg CaCO<sub>3</sub>/L</b>
<b>Coliformes totales</b>	<b>0 UFC</b>
<b>Coliformes fecales</b>	<b>0 UFC</b>

Los resultados obtenidos del análisis químico realizadas a las muestras de agua que permiten observar la cantidad de nutrimentos presentes, además de su calidad enfocada si es apta o no para el uso agrícola presentan en el cuadro N° 9.

No solo tomando en consideración las disposiciones oficiales mexicanas también considerando las disposiciones que dictamina la organización mundial de la salud (OMS) sobre las cantidades máximas permisibles para la calidad del agua potable.

Además de considerar algunos resultados del análisis de aguas como Ca, K, NT y PT en relación con los análisis físico-químicos hechos al suelo de la comunidad del Duraznal.

Para calcio (Ca) fue de 64.13 mg/L esto permite apreciar la relación con el resultado obtenido en el análisis químico de suelos, abasteciendo al suelo de este nutrimento y acumulándose en el suelo para que la planta disponga en el momento que lo necesite. Pero la norma oficial mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 establece el límite permisible (LMP) para algunos componentes incluyendo Ca que es de 75 mg/L, comparando dicho resultado se encuentra, muy debajo del LMP. En el caso de potasio (K) fue de 9.0336 mg/L no se encuentra algún LMP para este componente en la norma mexicana.

El valor de sodio (Na) fue de 39.9272 mg/L, no hay un LMP para este nutrimento, pero los excedentes de Na en el agua ocasionarían esterilidad, y resistencia por parte de microorganismos al proceso de desinfección del agua, que inclusive conlleva al crecimiento microbiano.

Para el nitrógeno total (NT) fue de 0.4 mg/L en relación al resultado del análisis de suelos, se aporta muy poco nitrógeno por parte del agua, pero existiendo otros factores alternos que ocasionen incrementos en este nutrimento.

El fósforo total (PT) fue de 11.35 mg/L este resultado permite apreciar con los resultados generados del análisis de laboratorio hechos al suelo, el aporte en mínimas cantidades, pero que al igual existe factores alternos que se encuentren alterando el resultado.

En cuanto a metales pesados cuantificados; el cobre 0.2 mg/L se ubica muy por debajo del LMP junto con cromo 0.2 mg/L se encuentra muy por debajo, níquel 0.2 mg/L muy por debajo a lo establecido, plomo 0.1 mg/L muy por debajo del valor y aunque para zinc fue de 0.2 mg/L pero no especifica un valor para este nutrimento, por lo que los resultados son significativos aun encontrándose por debajo del LMP funcionando como una fuente de abastecimiento de nutrimentos al suelo, que los cultivos asimilan con facilidad.

Con base a estos resultados se puede observar las cantidades de los compuestos químicos, minerales y metales pesados presentes en el agua, aunque la OMS establece en sus especificaciones oficiales que la calidad del agua destinada para uso agrícola debe contener 0 coliformes fecales (CF) y 0 Coliformes totales (CT), comparado con el estudio de aguas y por el tipo de aguas, no se consideraría como agua de calidad para uso agrícola ni para consumo humano, es decir, NO APTA.

## 5.2 Análisis bromatológicos

Cuadro 11. Resultados de ensayo bromatológico de la fresa (*Fragaria vesca*) de la comunidad del Duraznal

Parámetro	Resultado	
Humedad g/100g	91,6149	
Cenizas g/100g	0,3341	
Proteína cruda g/100g	0,6264	
Fibra cruda g/100g	0,8997	
Grasa g/100g	0,1875	
Carbohidratos g/100g	6,3374	
Valor energético	Kcalorias	Kjoule
	29,5424	123,6052

Fuente: Laboratorio de bromatología-laboratorios instituciones de ECOSUR unidad San Cristóbal.

En el cuadro N° 11 se presentan los resultados finales de los análisis bromatológicos realizados a la fresa, muestra de fruto procedente de la parcela de la comunidad del Duraznal, dichos resultados se sustentaran la calidad del fruto cultivada en esta comunidad.

EL valor energético fue de 29.5424 Kcal, este resultado permite observar que el valor del análisis se encuentra, ligeramente por debajo a lo que señala Nunes (2007), cuyo valor idóneo oscila en el rango de 32.0-34.0 Kcal por cada 100g de muestra. Por lo que el aporte de energía de la fresa no representaría un problema para el consumidor, pero si para su valor nutrimental.

El porcentaje de cenizas fue de 0,1875 g/100g que de acuerdo a lo establecido por Nunes (2007) el valor de Cenizas se encuentra, ligeramente debajo del valor ideal señalado por dicho autor. El autor señala que el rango de cenizas para la fresa es de 0.4 g/100g.

El contenido de fibra del análisis fue de 0,8997g/100g. Este resultado permite apreciar que el valor de Fibra es muy bajo con respecto a lo señalado por Nunes (2007), ya que lo ideal debe oscilar en 2.0 g o ligeramente por debajo del valor y tener frutos de calidad aceptable.

Para la proteína cruda fue de 0,6264 g/100g de acuerdo a lo señalado por Nunes (2007) y Alcántara (2009) encuentra ligeramente por el rango ideal de proteína presente en la fresa, ya que el rango idóneo para las cantidades de proteína adecuada oscila en un rango de 0.7-0.8%, por lo que en este parámetro aun no representa problema alguno.

Respecto a los carbohidratos fue de 6.3374 g/100g que de acuerdo a lo que Alcántara (2009) señala las concentraciones de carbohidratos ideales para fresa debe oscilar en 8.0%, por lo que el valor de carbohidratos se encuentra por ligeramente por debajo del valor establecido por este autor, siendo así que la cantidad de estos componente afectan a la fresa en cuanto a su calidad, reflejada en el sabor.

Las cantidades de grasas presentes en la fresa fue de 0.1875 g/100g siendo representativo este parámetro, y sin reportar por Nunes (2007) y Alcántara (2009) algún valor ideal en la fresa.

Para la Humedad fue de 91.8149 g/100g sin reportar algún valor ideal Nunes (2007) y Alcántara (2009), se encuentra el fruto con una cantidad de agua presente muy elevada, por lo que es representativa.

## VI. CONCLUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos y en las condiciones en que se realizó este trabajo, se puede concluir lo siguiente:

1. Los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos hechos al suelo de la parcela donde se cultiva fresa (*Fragaria vesca*), se logró identificar el tipo de textura de suelo, el valor del pH el valor de la CE, cantidades de N, P, K, Ca y C.I.C además de la cantidad de materia orgánica (M.O) disponible en el suelo. La cuantificación de estos parámetros fue importante en el estudio para lograr saber las cantidades presentes en el suelo en relación a la demanda que tiene la planta de fresa para llevar a cabo sus múltiples funciones metabólicas. Siendo así que el suelo se considera como apto o de buena calidad para cultivar fresa (*Fragaria vesca*) en la parcela de la comunidad del Duraznal.
2. Para el caso de nitrógeno fue de 0.58% y fósforo fue de 14.55 mg/kg cuyas cantidades presentes en el suelo exceden del valor ideal para cultivar fresa y por lo investigado, problema que se puede deber al uso de fertilizantes químicos o abonos orgánicos, también por el tipo de agua usada para riego de los cultivos aportando pequeñas concentraciones de nitrógeno de <0.5 mg/L y de fósforo de 11.35 mg/L al suelo.
3. La respiración de suelos fue de 110.36 mg CO<sub>2</sub>/Kg cantidad de CO<sub>2</sub> liberado por ciertos microorganismos presentes en el suelo, y debido a la composición nutrimental que presenta nuestro suelo favorece a los microorganismos a su propagación logrando una actividad microbiana elevada, además de estar relacionada con la fertilización, el manejo del suelo antes de la cosecha y del tipo de agua destinada para riego, siendo el agua un factor importante, ya que su composición en cuanto a la microbiología es de; coliformes totales de 5 420,000 UFC/100ml y de coliformes fecales de 16, 800, 000 UFC/100 ml.



4. El análisis de aguas demuestra la calidad del agua destinada para el riego del cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) en esta comunidad, por lo que el agua NO ES APTA para el uso agrícola, afectando la estructura química, física y biológica del suelo.
5. El análisis bromatológico muestra la composición química de la fresa cosechada en esta comunidad denotando su baja calidad del fruto, pudiéndose deber a las cantidades de nitrógeno y fósforo presentes en el suelo y en relación a localidad del agua con que se riega los cultivos.
6. Sin embargo en base a los resultados de laboratorio hechos al suelo, al agua y al fruto (análisis bromatológico) se observa la falta de experiencia que tienen los productores para poder manejar adecuadamente un cultivo en especial el de fresa (*Fragaria vesca*) manejado bajo condiciones de invernadero, incluyendo que aún no puede ser considerado como un sector fresero debido a que no se sabe con exactitud los rendimientos obtenidos de fresa por parcela.
7. Y finalmente el impacto que tienen los productos derivados de esta zona agrícola que abastecen el mercado local, desfavorecida por la calidad de sus productos, el mal manejo de los cultivos y de su falta de experiencia, además de generar daños a la salud del consumidor debido a las condiciones que operan los productores.

## VII. RECOMENDACIONES

- En base a este estudio se recomendaría cultivar otros productos de tipo hortícola, frutícola o floricultura que se adecuen a la cantidad de nutrientes presentes de nuestro suelo.
- En base a los resultados de nitrógeno (N) sería conveniente realizar pruebas y observar la forma en que se encuentra disponible el N para la planta; ya sea en forma de nitratos o nitritos.
- Es necesario seguir impartiendo talleres en cuanto a la forma de trabajo en la agricultura, y sobre todo en el manejo del cultivo de fresa bajo condiciones de invernadero.
- Además de considerarse estudiar otros parámetros por ejemplo: Crecimiento de la planta a través del tiempo, parámetros de rendimiento por planta por parcela.
- Ampliar el estudio a otras parcelas, en búsqueda de los factores que se encuentren interviniendo en los resultados de nitrógeno y fósforo, para la mejora de la calidad de producción de los diversos cultivos cosechados en especial el de fresa (*Fragaria vesca*) en la comunidad del Duraznal y en otras comunidad para generar más información sobre estas comunidades de la zona sur de San Cristóbal.

## VIII. REFERENCIAS

1. Aguilar Norman (2006). *Cultivo de fresa*. Agro Books, Librería Agraria; 5-6.
2. Agrocadena (2007), Ministerio de la agricultura y ganadería. *Instructivo técnico de la fresa*. Dirección nacional de cítricos y otros frutales; pp 24.
3. Altamirano Hernández Rosa C. (2004). *El cultivo de la fresa para el ciclo otoño-invierno en California Estados Unidos de norte América*. Universidad de Guadalajara- Centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias, división de ciencias agronómicas. Las Aguas, Zapopan Jalisco.
4. Alcántara González María de L. (2009). *Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo pos-cosecha y el transporte simulado*. Universidad de Guanajuato. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España; pp 9-74.
5. Ballinas Aquino María Luisa (2008), *Agua ¿Bendita? Significados de la Calidad de Vida y Religión en la comunidad de "El Duraznal"*, ECOSUR.
6. Bernier Villarroel René (2004). Análisis de suelos-metodología e interpretación. Centro Regional de investigaciones de Remehue. País Chile. Pp; 1-2.
7. Branzanti (1989). *La fresa*. Madrid, Mundi Prensa; pp 386.
8. Bielinski M. Santos y Henner A. Obregón (2012). *Prácticas Culturales para la Producción comercial de Fresas en Florida*. University of Florida IFAS extensión. USA.
9. Bonet Gigante Julio (2010), *Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en Fragaria Diploide para la mejora del cultivo de fresa*; 3-10.

10. Cásseres E (1966), Frutales de Clima Templado. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica; pp 87- 92.
11. Castellanos J. Z. Uvalle Bueno J. X. Santelises Aguilar (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. 2da edición, Colección INCAPA, pp-67.
12. Chiriboga G. Fernando C (2008). *Medida de la respiración del suelo y determinación de biomasa de zonas de pastos activos y pastos abandonados*. Loja, Ecuador; pp 19.
13. Chiqui Chiqui Flor A. Lema Cumbe Marcia L. (2010). "Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria spp*) variedad oso grande bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca. País Ecuador. Pp-22-25.
14. Dale A y Luby J (1990). *The strawberry into the 21<sup>st</sup> century*. Timber press. Portland, Oregon-USA.
15. Estrada Nolasco Celia (2011). *Caracterización Fisiológica y productiva de las variedades mexicanas de fresa (Fragaria x ananasca) para el subtropico*. Edo. México; pp 20-24.
16. Favela Chávez Esteban, Preciado Rangel y Benavides Mendoza Adalberto (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro. México; 15-30.

17. Hancock JF (1999), Strawberry, CABI publishing, Oxon, UK: pp25-46.
18. Huerta Alejandro (2013). Cultivo de fresa. AGRODEM-Formación Agrícola de México. México.
19. Hummer KE, Nathewet P, Yanagi T (2009), Decaploidy in *Fragaria iturupensis* (Rosaceae); American Journal of botany 96 (3): pp-.
20. Icamex (2006) SAGARPA. *Guía Técnica para el Cultivo de Fresa*. Edo. de México; pp1-6.
21. INEGI-Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2007-2013). Panorama Agropecuario en México censo agropecuario 2007-2013. México.
22. Ingeniería agrícola (2008), *La frutilla-manejo básica del cultivo*; pp.
23. Jenkinson D (1992), La materia orgánica del suelo: evolución en: wild A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Madrid. Mundi Prensa.
24. Kader Adel A (1992). *Bioteconología y tecnología de Postcosecha: una Revisión general*. Univ. Calif. Curso de invernadero INCAPA, País desconocido; pp 2.
25. Medina Mínguez, J.J, Márquez Domínguez, J.A., López Aranda, J.M., López Medina, J., Pérez, A.G., Sanz, C. et al (2008). *El Cultivo de fresa en Huelva. Nuevas tecnologías. Revolución tecnológica*. ED: Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca.
26. Martínez Quezada Álvaro y colaboradores (2010). *Unión de Productores Agropecuarios Ranchería El Duraznal*. Sociedad de Producción Rural de R.I. (Empresa frutícola productora de Durazno). UNACH Facultad de

Ciencias Sociales.

27. Martínez Téllez Jaime J y León Gallegos Héctor M (2004). Producción de fresa en invernadero. Facultad de ciencias agro-tecnología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Torreón, Coahuila, México.
28. Maldonado, Alcivar (1994), Hernández, T. (1995). La fertilización en el cultivo de fresa. Madrid, España. 40-48.
29. Madigan Michel T. Martinko John M. y Parker Jack (2005). *Biología de los Microorganismos*. 10ª. Edición; pp 626.
30. Mora Delgado J. R (2006), “*Actividad microbiana: un indicador integral de la calidad del suelo*”. UNAM. País México; pp1-6.
31. Montoya O (2007). *Manual de técnicas de análisis de suelos*. Tema 4 Análisis físicos y químicos en suelos; pp 1-21.
32. Norma oficial mexicana NOM-021-recnat-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
33. Organización Mundial de la Salud (OMS). “Reglamento de Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables”, aprobado por Resolución Suprema del 17 de Diciembre de 1946. Parámetros de calidad y límites permisibles para la calidad del agua. Año 2004.
34. Plan Rector-Sistema Nacional de Fresa (2005) Inca Rural, Tec. De Monterrey y SAGARPA 2da. Fase Diagnóstico inicial base de referencia, estructura estratégica, México, 2005;

35. Proexant (2002). *Manual de la frutilla*. Quito (Ecuador); pp 119.
36. Rousseau-Gueutin M, Gastón A, Aïnouche A, Aïnouche ML, Olbricht K, Staudt d G, Richard L, Denoyes R B (2009), Tracking the evolutionary history of poliploidy in *Fragaria L.* (strawberry) 3 new insight from phylagenetic analyses of low-copy nuclear genes. *Molecular phylogenetics and evolution* 51: pp-.
37. SAGARPA (2005). Inca Rural-Tec. De Monterrey y *Plan Rector-Sistema Nacional de Fresa 2da. Fase Diagnóstico inicial base de referencia, estructura estratégica*, México, 2005.
38. Sánchez M. Manuel (2007). La medida de respiración de suelo como herramienta docente de edafología. *Revista iberoamericana para la investigación y el desarrollo*. Universidad de Granada. España.
39. Torres Duggan Martin (2009). Ciclo del fósforo. Tecnoagro SRL y Comité de fertilidad y nutrición vegetal. Asociación argentina de la ciencia del suelo (AACs). España. [En Línea]: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/05/13/118178>.
40. Tonelli Betina (2010). Cultivo de frutilla- *catedra de horticultura*. Facultad de ciencias agropecuarias-universidad nacional de entre ríos. Argentina.
41. Thomson T. M y Troeh F.R (1988). *Suelos y su fertilidad*. 4ta edición. editorial REVERTE. España; pp-152.
42. University of California "UCDavis" (2005). *Postharvest Technology, Fresa (frutilla)*, [http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Fresa\\_Frutilla/](http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Fresa_Frutilla/) [En Línea].

43. Norma oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 (2013). Universidad Autónoma de Nuevo León. Secretaría de desarrollo sustentable/ coordinación del Sistema de manejo ambiental. Uso eficiente del agua. Límites permisibles para la calidad del agua. Monterrey N.L.
44. Nunes Damaceno Marlene (2007). Caracterización y procesado de kiwi y fresa cultivados por diferentes sistemas. Universidad de Santiago de Compostela. Tesis doctoral.
45. Verdugo González W. L (2011). Introducción de dos variedades de fresa (fragaria vesca) y técnica de fertirrigación empleando cuatro bio-fertilizantes líquidos en pablo sexto morona Santiago. Universidad Técnica de Ambato- Facultad de ingeniería agronómica. Centro de estudios de posgrado. Ambato-Ecuador.
46. Vargas M C L (2012). "Caracterización físico-química de suelos en plantaciones de *Pinus radiata* en Acosa Parroquia Lasso, Cantón latanga, provincia de Cotopaxi. Escuela superior politécnica de Chimborazo. País Ecuador. Pp-13.
47. Zúñiga D. (2007). *Agro-cadena de fresa*, Ministerio de agricultura y ganadería. Dirección regional central accidental, Grecia, Alajuela.



## IX. ANEXOS

### 9.1 Cálculos de los parámetros cuantificados

#### Densidad aparente

Para calcular la densidad aparente se utilizó lo siguiente:

Muestra	Peso/ probeta	probeta/suelo	Peso/suelo	volumen	D.A g/ml	Profundidad
Muestra-M1	27.1	33.4	6.3	10.0	0.63	20
Muestra-M2	27.1	32.4	5.3	10.0	0.53	20

Lo que se obtiene es una diferencia, restando el peso de la probeta vacía con el peso de la probeta que contiene suelo:

$$1^{\circ} \text{ muestra} = 27.1 \text{ g} - 33.4 \text{ g} = \mathbf{6.30 \text{ g}}$$

$$2^{\circ} \text{ muestra} = 27.1 \text{ g} - 32.4 \text{ g} = \mathbf{5.3 \text{ g}}$$

Atraves de la fórmula de densidad, se procede a calcular lo siguiente:

$$(\text{Muestra} - \text{M1})\rho = \frac{6.3 \text{ g}}{10 \text{ ml}} = \mathbf{0.63 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} \quad (\text{Muestra} - \text{M2})\rho = \frac{5.3 \text{ g}}{10 \text{ ml}} = \mathbf{0.53 \frac{\text{g}}{\text{ml}}}$$

El realizar conversiones de unidades (kg/ha) para el informe final.

$$\left(\frac{630 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) \left(\frac{10\,000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}}\right) (0.20 \text{ m}) = \mathbf{1,260,000 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}} \quad (\text{Muestra} - \text{M1})$$

$$\left(\frac{530 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) \left(\frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}}\right) (0.20 \text{ m}) = \mathbf{1,060,000 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}} \quad (\text{Muestra} - \text{M2})$$

#### Textura por el método Bouyoucos

Con base a las 2 lecturas registradas y la temperatura:

Muestra	Lectura 1	Temperatura	Lectura 2
Muestra-M1	17	20°C	7
Muestra-M2	14	20°C	6

De acuerdo a lo establecido en la norma 021-RECNAT-2000, los cálculos serán mediante una corrección en las lecturas hechas por el hidrómetro, agregando 0.36 por cada grado centígrado arriba de 19.5°C restando la misma cantidad por cada grado debajo de dicha temperatura de acuerdo a una tabla de conversión por temperatura. La lectura a los 40 segundos multiplicada por es igual a porcentaje de arcilla más limo. Restando de 100 se obtiene el porcentaje de arena. La lectura obtenida a 2 horas multiplicada por 2 es igual al porcentaje de arcilla. El porcentaje de limo se obtiene por diferencia. Con los porcentajes de Limo, Arena y Arcilla se determina la textura correspondiente con el triángulo de texturas.

Para la primera muestra, las 2 lecturas y la temperatura registrada se proceden a realizar los siguientes cálculos.

Muestra-M1	17	20°C	7
------------	----	------	---

Sumando el factor de Corrección, y el resultado se multiplica por 2:

$$(17 + 0.18) = (17.18)(2)$$

Dicho resultado se obtiene el porcentaje de Arcilla + Limo

$$(Ec. 1) \quad 34.36\% = \text{Arcilla} + \text{Limo}$$

Partiendo del 100% se resta el porcentaje obtenido de Arcilla+ Limo, y se obtiene % Arena

$$100\% - 34.36\% = 65.6\% \text{ Arena}$$

Aplicando el mismo proceso de sumar el factor de corrección y multiplicarlo por 2, para así obtener el porcentaje de Arcilla:

$$(7 + 0.18) = (7.18)(2)$$

$$14.4\% = \text{Arcilla}$$

Partiendo de la primera ecuación, y despejando el %Limo:

$$(Ec. 1) \quad 34.36\% = \text{Arcilla} + \text{Limo}$$

$$34.36\% = 14.36\% + \text{Limo}$$

Ecuación despejada:

$$\% \text{ Limo} = 34.36\% - \% \text{ Arcilla}$$

Y aplicando la formula y así obtener % Limo:

$$\% \text{ Limo} = 34.36\% - 14.36\%$$

$$\% \text{ Limo} = 20\%$$

Para el segundo caso se obtuvo los siguientes resultados.

$$71.6\% \text{ Arena}$$

$$12.6\% \text{ Arcilla}$$

$$\% \text{ Limo} = 16\%$$

De acuerdo a los % Arena, %Arcilla y % Limo obtenidos mediante el cálculo para ambas muestras, y con el apoyo del triángulo de Texturas (**Figura 2**) se podrá determinar la clase de suelo perteneciente al cultivo en esta zona de estudio.

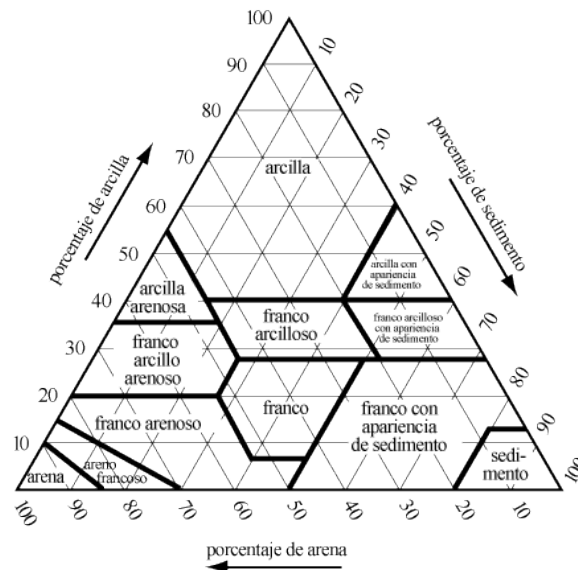


Figura 25. Triángulo para determinar textura de suelos (%Arena, %Arcilla y %Limo).

## Conductividad eléctrica

Las lecturas registradas en el laboratorio se obtienen en las unidades  $\mu\text{S}$  (microsiemens), pero para el informe de resultados es necesario la conversión de estas lecturas a decisiemens ( $\text{Ds}\cdot\text{m}^{-1}$ ).

Muestra	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{mS}/\text{cm}$	$\text{dS}/\text{cm}$
Blanco	5.00	0.01	0.005
Testigo	14.00	0.01	0.014
Muestra-M1	230.00	0.23	0.230
Muestra-M2	308.00	0.31	0.308

## Fósforo por el método Olsen

Partiendo dicho análisis con la lectura de la curva de calibración en el espectrofotómetro con una absorbancia 882 nanómetros.

Concentración	lectura 2
0	0
0.1	0.071
0.2	0.141
0.4	0.253
0.6	0.412
0.8	0.538
1.0	0.688

Posteriormente obteniendo las lecturas de las muestras y su registro, se procede a realizar el análisis estadístico con la ayuda de la herramienta Excel, mediante una regresión lineal simple.

Muestra	Lectura
Blanco	0.005
Testigo	0.007
Muestra-M1	0.020
Muestra-M2	0.081

Por lo que es necesario graficar para obtener dichos valores para el tratamiento de los datos en la entrega final de resultados de este método.

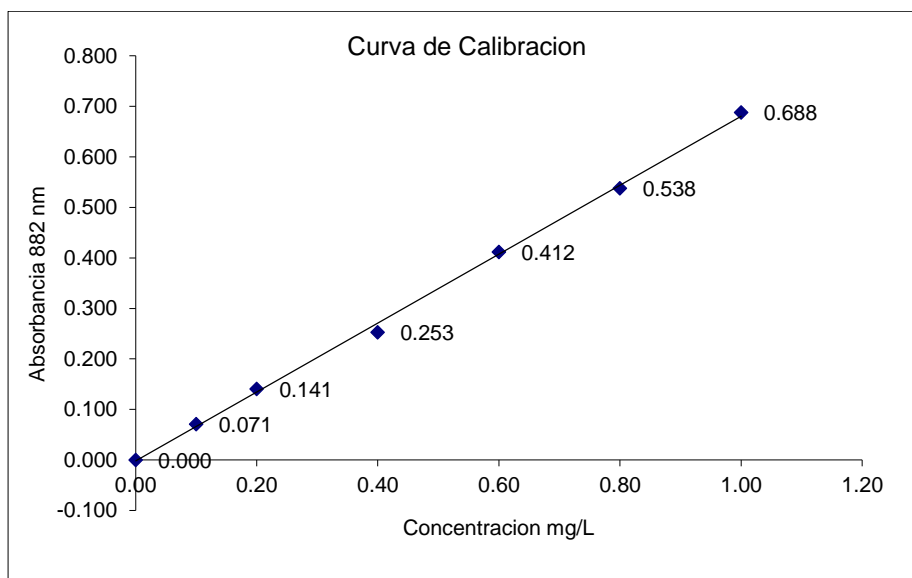


Figura 26. Gráfica de la curva de calibración de fósforo (absorbancia vs concentración mg/l).

Con base a la gráfica y l ayuda de la herramienta Excel, aplica una regresión lineal simple con el fin de obtener los datos de la ecuación, que servirán como base de cálculo, obteniendo la siguiente ecuación de la recta y el coeficiente de relación:

$$y = 0.6818x - 0.0015$$

$$R^2 = 0.9987$$

Para obtener los valores de ppm se aplica la siguiente formula:

$$ppm = (X)(D.M)(D.V)$$

DONDE:

X= despeje de la ecuación de la recta

D.M= Dilución de la muestra

D.V= volumen del diluyente

Datos utilizados para lograr saber las ppm de las muestras observándose los valores siguientes:

Cuadro 12. Valores de Fósforo en ppm en el tratamiento final de los resultados.

Muestra	BCO muestra	ABS/muestra	Corrección con bco muestra	A	B	X	Extracto	g	D. M	Vol.	Alícuota	D.V.	P mg/kg
Blanco	0.002	0.0360	0.034	-0.0015	0.6818	0.0516	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	10.3
Testigo	0.002	0.01	0.005	-0.0015	0.6818	0.0090	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	1.8
Muestra-M1	0.002	0.02	0.018	-0.0015	0.6818	0.0281	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	5.6
Muestra-M2	0.002	0.08	0.079	-0.0015	0.6818	0.1176	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	23.5
Blanco-r	0.002	0.0360	0.034	-0.0015	0.6818	0.0516	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	10.3
Testigo-r	0.002	0.01	0.005	-0.0015	0.6818	0.0090	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	1.8
Muestra-M1 r	0.002	0.04	0.033	-0.0015	0.6818	0.0501	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	10.0
Muestra-M2 r	0.002	0.07	0.063	-0.0015	0.6818	0.0941	50.0	2.5	20	50.0	5.0	10.0	18.8

## Nitrógeno total

En base a los ml gastados por parte de la solución titulante, se registra lo siguiente:

MUESTRA	ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Blanco	0.90
Testigo	4.50
Muestra-M1	10.55
Muestra-M2	10.89

De acuerdo a estos registros, se procede a calcular el contenido de Nitrógeno total con la siguiente fórmula:

$$\%N_{total} = \left( \frac{(Vm - Vb) * N * 14}{P} \right) * 10$$

Donde:

Vm= ml gastados del titulante gastado para la muestra

Vb= ml gastados del titulante para el blanco

N= normalidad del titulante

14= factor de conversión del Nitrógeno

P= peso de la muestra en gramos

10= factor de conversión a porcentaje

Para el tratamiento de valores se toma en cuenta denotado en la tabla de abajo, para llegar a calcular el % Nitrógeno total en cada una de las muestras:

muestra	ml gastados bco	ml gastados muestra	muestra g	Normalidad titulante	% Nitrógeno total
Blanco	0.42	0.42	0.2500	0.01	0.00
Testigo	0.42	4.50	0.2500	0.01	0.23
Muestra-M1	0.42	10.55	0.2500	0.01	0.57
Muestra-M2	0.42	10.89	0.2500	0.01	0.59

### Capacidades de Intercambio de Cationes (C.I.C)

Registro de los ml gastados de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.19N en la titulación de las muestras:

MUESTRA	ml HCL
Blanco	0.60
Testigo	1.90
Muestra-M1	2.60
Muestra-M2	2.90

Para calcular la CIC, se utiliza la siguiente formula:

$$CIC = \frac{(M - BCO) * N * S}{4}$$

Donde:

M= ml gastados para la titulación de la muestra

BCO= ml gastados para la titulación del blanco

N= normalidad del titulante

S= factor de ml de la parte sedimentada de la muestra (50 ml)

4= factor de conversión la muestra

Aplicando la formula, se procede a calcular C.I.C, y con base a lo establecido en la norma las unidades serán expresadas en Cmol (+) Kg<sup>-1</sup>. El cual se detalla de la siguiente manera:

Muestra	ml gastados bco	ml gastados muestra	Sobrenadante	C.I.C Cmol/kg
Blanco	0.18	0.25	50	1.2
Testigo	0.18	1.90	50	31.5
Muestra-M1	0.18	2.60	50	44.3
Muestra-M"	0.18	2.90	50	49.8

### Materia Orgánica por el método Walkley y Black

Se parte de los ml gastados por la solución titulante en cada una de las muestras, registrando lo siguiente:

MUESTRA	MI GASTADOS
Blanco	10,60
Testigo	9,25
Muestra-M1	5,75
Muestra-M2	5,40

Para poder saber el resultado en porcentaje se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Corgánico} = \left( \frac{B - T}{g} \right) (N)(0.39) mcf$$



Donde:

B=ml gastados del titulante sulfato ferroso al Blanco

T= ml gastados del titulante sulfato ferroso a la muestra

g= gramos de la muestra

N= Normalidad del titulante

Mcf= factor de conversión de humedad

### Calcio (Ca) y Potasio (K)

De acuerdo para obtener los porcentajes de K, se partió de la una regresión lineal a partir de los datos de la curva de calibración, las lecturas tomadas son a partir de 766 nm tomadas en el Flamometro.

Curva de Calibración	
Concentración	Lectura
2	048
6	124
12	208
16	256
20	314

En cuanto a las muestras se obtuvo lo siguiente:

Muestra	Lectura
Blanco	008
Testigo	032
Muestra-M1	291
Muestra-M2	155

Para el informe de resultados se toma las lecturas de las muestras para obtener los resultados finales de K (Potasio).

La misma temática para Ca, las lecturas de curva de calibración y de las muestras, son utilizadas para obtener los valores finales.

Curva de Calibración	
Concentración	Lectura
2	015
4	031
6	049
10	081
14	112
20	157

Para las muestras se obtuvo lo siguiente:

Muestra	Lectura
Blanco	001
Testigo	000
Muestra-M1	091
Muestra-M2	096

### Respiración de suelos por Sustrato Inducido (SIR)

Como anteriormente se había comentado se comenzó con el cálculo de porcentaje de humedad del suelo (H%) y posteriormente el cálculo de capacidad campo al 60% (CC60%).

#### Calculo de Porcentaje de humedad (H%).

$$H\% = \frac{100(P_h - P_s)}{(P_s - P_v)}$$

Donde:

**Ph**= Peso de la muestra húmeda

**Ps**= Peso seco a 105°C

**Pv**= Peso de la vasija vacía

#### Calculo de Capacidad de campo al 60% (CC60%)

$$CC\% = \frac{V_1}{(V_1 - V_2) * \left(5 \text{ ml} \frac{H_2O}{100} \text{ g suelo}\right)} 100$$

„Donde:

**V1**= Volumen inicial (Volumen ocupado en gramos)

**V2**= Volumen final

Para la capacidad al 60 % se aplica la siguiente formula:

$$CC\ 60\% = \frac{CC\%}{100}$$

### Cantidad de agua a agregar para el método SIR

$$ml\ H_2O = (g\ de\ suelo)(CC\ 60\% - H\%)/(H\% + 100)$$

Por lo tanto se observa los valores utilizados para el tratamiento de los resultados de %CO<sub>2</sub>.

Cuadro 13. Valores de la Respiración de Suelos por el método SIR (Respiración por Sustrato Inducido) en el tratamiento final de los resultados

Muestra	lectura (ml)	Blanco (ml)	Pm=(P-muestra*100)/(100*CC 60%)				pm	t (hora)	N (Normalidad)	%CO <sub>2</sub>
			peso muestra (g)	100	100	CC 60%				
Muestra-M1	22.40	33.17	20	100	100	90.77	0.22033712	3	0.005	110.3642219
Muestra-M2	24.00	33.17	20	100	100	90.77	0.22033712	3	0.005	93.96842291
Muestra-M1	20.00	33.17	20	100	100	90.77	0.22033712	3	0.005	134.9579204
Muestra-M2	23.20	33.17	20	100	100	90.77	0.22033712	3	0.005	102.1663224

De los valores obtenidos de % CO<sub>2</sub> desprendido denotados en la tabla de valores, se obtuvieron promedios finales de las muestras.

Muestra	%CO <sub>2</sub> (Desprendido)
Muestra-M1	110.3642219
Muestra- M1-r	134.9579204
<b>Promedio</b>	<b>122.6610712</b>
Muestra	%CO <sub>2</sub> (Desprendido)
Muestra-M2	93.96842291
Muestra-M2-r	102.1663224
<b>Promedio</b>	<b>98.06737266</b>