



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
TUXTLA GUTIÉRREZ

REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

“Caracterización Bioquímica y Física de los suelos de cultivo de  
papa (*Solanum tuberosum*) de la comunidad **El Duraznal**,  
municipio de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.”

PRESENTA: Pérez Gómez José de Jesús

09270031

ASESOR INTERNO: Dra. Patricia Guadalupe Sánchez Iturbe

REVISORES

Dr. Reiner Rincón Rosales

IBQ. Javier Ramírez Díaz

ASESOR EXTERNO: Ing. Jesús Carmona de la Torre

Ing. Sergio Gómez Urbina

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Noviembre 2013

## ÍNDICE

CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN -----	5
CAPITULO II.- JUSTIFICACIÓN -----	6
CAPITULO III.- OBJETIVO GENERAL -----	6
3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS -----	6
CAPITULO IV.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO -----	7
4.1 HISTORIA DEL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR (ECOSUR) ---	7
4.2 PRINCIPIOS DIRECTRICES -----	8
4.3 MISIÓN -----	9
4.4 LOCALIZACIÓN DE ECOSUR -----	9
4.5 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD EL DURAZNAL -----	10
4.5.1 ANTECEDENTES DE LA COMUNIDAD -----	10
4.5.2 INFORMACIÓN ACTUAL DE EL DURAZNAL -----	11
4.6 LOCALIZACIÓN DE LA COMUNIDAD EL DURAZNAL -----	11
CAPITULO V.- PROBLEMAS A RESOLVER -----	12
CAPITULO VI.- ALCANCES Y LIMITACIONES -----	12
CAPITULO VII.- FUNDAMENTO TEÓRICO -----	13
7.1 FERTILIZANTE: IMPORTANCIA E IMPACTO -----	13
7.2 IMPORTANCIA DEL ABONO ORGÁNICO -----	13
7.2.1 BENEFICIOS DEL ABONO ORGÁNICO -----	13
7.3 DESCRIPCIÓN DE LA PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ) -----	14
7.3.1 TAXONOMIA -----	14
7.3.2 BIOLOGIA DE LA PAPA -----	14
7.3.3 CICLO DE VIDA EN PAPA -----	14
7.3.3.1 CICLO DE VIDA ASEJUAL -----	14
7.3.3.2 CICLO DE VIDA SEXUAL -----	15
7.3.4 HÁBITAT -----	15
7.3.5 DISTRIBUCIÓN -----	15
7.3.6 IMPORTANCIA DE LA PAPA -----	16
7.3.6.1 IMPORTANCIA ECONOMICA -----	16
7.3.6.2 IMPORTANCIA NUTRITIVA -----	16
7.3.7 ASPECTO BOTANICOS -----	16
7.3.8 ESQUEMA BOTANICO -----	17
7.4 DESARROLLO VEGETATIVO DE LA PAPA -----	17
7.5 EXIGENCIAS ENDAFOCLÍMICAS -----	18
7.5.1 EXIGENCIAS DEL CLIMA -----	18
7.5.2 RIEGO -----	18
7.6 SIEMBRA -----	18
7.7 FERTILIZACIÓN -----	18

7.8 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS -----	19
7.8.1 pH -----	19
7.8.2 DENSIDAD APARENTE -----	21
7.8.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA -----	22
7.8.4 TEXTURA -----	22
7.8.5 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES -----	23
7.8.6 PRESENCIA DE FÓSFORO Y POTASIO EN EL SUELO ---	24
7.8.7 CICLO DEL CARBONO -----	25
7.8.8 CICLO DEL NITRÓGENO -----	26
<b>CAPITULO VIII.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS</b>	
<b>ACTIVIDADES REALIZADAS -----</b>	<b>27</b>
8.1 MATERIAL Y EQUIPO -----	29
8.1.1 MATERIAL USADO PARA LA TOMA DE MUESTRA ----	29
8.1.2 MATERIAL USADO EN EL LABORATORIO -----	29
8.2 PROCEDIMIENTO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	
DEL SUELO -----	31
8.2.1 DETERMINACIÓN DE pH -----	31
8.2.2 DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA -----	32
8.2.3 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO -----	32
8.2.4 DETERMINACIÓN DE TEXTURA -----	33
8.2.5 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO -----	35
<b>CAPITULO IX.- RESULTADOS -----</b>	<b>36</b>
9.1 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS -----	36
<b>CAPITULO X.- DISCUSIÓN -----</b>	<b>36</b>
10.1 MATERIA ORGÁNICA -----	36
10.2 DENSIDAD APARENTE -----	37
10.3 pH -----	37
10.4 TEXTURA -----	37
10.5 FÓSFORO -----	38
10.6 NITRÓGENO -----	38
<b>CAPITULO XI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO XII.- ANEXOS -----</b>	<b>40</b>
11.1 CÁLCULOS -----	40
11.1.1 MATERIA ORGÁNICA -----	40
11.1.2 DENSIDAD APARENTE -----	40
11.1.3 TEXTURA -----	41
11.1.4 FÓSFORO -----	42
11.1.5 NITRÓGENO -----	42
<b>BIBLIOGRAFÍA -----</b>	<b>43</b>

## INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1.- Mapa de localización de ECOSUR -----	9
Figura 2.- Mapa de localización de la comunidad El Duraznal -----	11
Cuadro 1.- Taxonomía de la papa -----	14
Figura 3.- Esquema botánico de la papa -----	17
Figura 4.- Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH -----	21
Cuadro 2.- Tamaño de partículas y características de las Fracciones de arena, limo y arcilla en la clasificación USDA -----	23
Figura 5.- Ciclo del carbono -----	25
Figura 6.- Ciclo de nitrógeno -----	26
Figura 7.- Limpieza de la superficie del terreno -----	27
Figura 8.- Muestreo de suelo con pala -----	28
Figura 9.- Muestreo con barreno -----	28
Figura 10.- Mezclado y almacenado de la muestra -----	29
Cuadro 3.- Tabla de clasificación del suelo según su pH -----	31
Figura 11.- Triángulo de textura -----	34
Cuadro 4.- Tabla de resultados -----	36
Cuadro 5.- Tabla de clasificaciones de suelos según su contenido De materia orgánica -----	36
Cuadro 6.- Clasificación de suelos según su contenido de Fósforo -----	38
Cuadro 7.- Clasificación de suelos según su contenido de Nitrógeno -----	38

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

Tras la evolución de la agricultura durante las últimas cinco décadas, y la generación de conocimientos sobre distintas formas de cultivo, se puede esbozar dos posiciones extremas; una donde la producción agrícola está fundamentada en la preparación física del terreno hasta dejarlo finamente pulverizado, en el cual el manejo del cultivo se basa en aplicaciones de fertilizantes y pesticidas químicos (Temple, Soasco, Friedman, 1994), y la otra donde se cultiva sin necesidad de alterar el suelo y prácticamente sin efectuar aplicaciones de agroquímicos, permitiendo que las plantas crezcan con la mínima intervención humana (Furuoka, 1978).

En medio de estas posiciones extremas es posible diferenciar una gran cantidad de sistemas alternativos de producción agrícola, que combinan diferentes niveles de preparación física del terreno y aplicación de agroquímicos. Los productos agroquímicos son sustancias que deben ser manejadas responsablemente. Ello implica la obediencia irrestricta por parte del trabajador en relación a seguir pautas establecidas en leyes, normas y técnicas durante toda la gestión de manejo que se realiza con los productos, involucrando transporte, almacenamiento, aplicación, disposición de envases vacíos, de residuos no usados y productos vencidos, así como el uso de elementos de protección personal. De esta forma se asegura la salud del trabajador, la salud del consumidor y el equilibrio del medio ambiente.

Una de las observaciones que hizo Hernández (2009) de manera tradicional en el campo, fue que los envases de los agroquímicos a fines, han sido utilizados como contenedores de fertilizantes líquidos o de algún tipo de plaguicida, son reutilizados por los agricultores llegándose a presentar en ocasiones problemas de intoxicación.

El uso de los fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se esperan en la actualidad, por lo que hacer un uso adecuado de ellos es importante para una agricultura sostenible.

Los suelos contienen todos los elementos esenciales que la planta requiere para su desarrollo y reproducción, sin embargo, en la mayoría de los casos, no en las cantidades suficientes para obtener rendimientos altos y de buena calidad, por lo que es indispensable agregar los nutrimentos por medio de fertilizantes (Reyes, 2003).

Sin el uso de fertilizantes, dice Reyes (2003); los rendimientos serán cada vez más bajos debido al empobrecimiento paulatino del suelo por la extracción de los nutrimentos en la cosechas. Un suelo infértil produce menos, tiene menor cubierta vegetal y está más expuesto a la erosión. El uso adecuado del fertilizante requiere conocer sus características, su efecto en las plantas y el suelo, las de aplicación y cómo se deriva y se prepara una dosis de fertilización con base en los fertilizantes disponibles.

## **CAPITULO II**

### **JUSTIFICACIÓN**

El motivo de la elaboración de este trabajo se debe a que existe una gran desinformación sobre el uso de los fertilizantes por parte de los que acuden a ellos para mejorar su cultivo y por consiguiente su producción.

El uso excesivo de gallinaza, fertilizantes y abonos químicos en los cultivos de papa en la comunidad de El Duraznal, pueden ser factores de riesgo para la población consumidora. La transmisión de enfermedades virales, como la influenza aviar, o residuos de coccidiostáticos y larvicidas, pueden repercutir en la salud y economía de los consumidores. Otro factor puede ser la presencia de antibióticos provenientes de la producción industrial de huevo y pollo, que pasan al hombre. Todo lo anterior, ha provocado alteraciones en la salud de los habitantes y por ende en su economía.

La sustitución urgente de abonos inorgánicos y gallinaza por abonos orgánicos, o la posible inhibición de los abonos de ser que el suelo no lo necesite, es necesaria para devolver la fertilidad al suelo y otorgar mejores condiciones de vida a los habitantes.

Por lo anterior se realiza el siguiente estudio cualitativo y cuantitativo de los nutrientes que actúan sobre los suelos de cultivo en la comunidad El Duraznal.

## **CAPITULO III**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los análisis físicos y bioquímicos del suelo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) de una de las 16 comunidades indígenas tzotziles del Túnel, municipio de San Cristóbal de Las Casas.

Objetivos específicos

- Realizar toma de muestras de suelos en El Duraznal, para su posterior análisis en los Laboratorios Institucionales de ECOSUR.
- Establecer los porcentajes de las características de fertilidad del suelo agrícola de papa en las parcelas de la comunidad.
- Proponer soluciones para disminuir el uso de abonos químicos y gallinaza.

## CAPITULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO

#### 4.1 HISTORIA DEL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR (ECOSUR)

El Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste

El 1973, los intereses confluentes de tres instituciones para el desarrollo de capacidades científicas enfocadas a la problemática de las áreas tropicales del país, llevaron a la organización del Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES). Por otro lado, el gobierno del estado de Chiapas, encabezado por el doctor Manuel Velasco Suárez, buscaba establecer un centro para el análisis de problemas del bienestar humano y del desarrollo productivo de las regiones marginadas de Chiapas, considerando en particular la dinámica social y cultural de las comunidades indígenas. Este interés se manifestaba en el contenido de un programa, auspiciado por las Naciones Unidas, para el desarrollo de los Altos de Chiapas, una de las principales regiones indígenas del país que desde entonces refleja el rezago de sus condiciones de vida. El desarrollo energético de la región, con la construcción de importantes proyectos hidroeléctricos en el río Grijalva y la apertura de campos petroleros, planteaba una nueva dinámica social de migración y empleo que requería un análisis sobre su impacto en la población. Fue entonces cuando se realizó el primer congreso indígena en San Cristóbal y se inició la formación de importantes organizaciones rurales en los Altos de Chiapas. Al mismo tiempo, el decreto de bienes comunales lacandones en la selva tropical de Montes Azules (Selva Lacandona) planteaba la necesidad de realizar estudios para su conservación y manejo, lo que llevaría en 1978 al decreto para la creación de la Reserva de la Biosfera de Montes Azules.

Otro interés para la fundación del CIES surgió en el departamento de Ecología Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México (UNAM). Este departamento promovía la investigación entomológica de las enfermedades tropicales, en particular la oncocercosis, leishmaniasis y malaria, y buscaba establecer una colaboración con el Centro de Estudios de Oftalmología Tropical, con base en San Cristóbal y enfocado a la problemática de tracoma en la región, así como con las universidades de Yucatán y de Tabasco.

Por último, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) iniciaba un programa de descentralización de la investigación científica que planteaba la organización de programas de investigación en biología tropical. La fundación previa del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, del Centro de Investigaciones Biológicas en La Paz, Baja California Sur, y del Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos en Jalapa, Veracruz, hacía con ese Centro localizado en Chiapas, una estructura que complementaría la cobertura de las principales regiones biológicas de México.

La suma de esfuerzos a partir de estos tres intereses llevó a la formulación de una propuesta para organizar un centro de investigaciones enfocado a los problemas del sureste de México y localizado en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Es así que en 1973, a través de un convenio tripartita, se dio forma a un programa preliminar orientado a definir la viabilidad de este centro de investigación científica.

El Departamento de Ecología Humana de la UNAM se encargó del desarrollo de los trabajos de formación del Centro y definió tres programas indicativos para la etapa preliminar de desarrollo institucional: entomología económica, entomología médica y seroepidemiología. Su desarrollo estuvo a cargo de cinco investigadores comisionados por la Facultad de Medicina y el Instituto de Biología de la UNAM y fue dirigido por el doctor Fernando Beltrán Hernández. Este grupo inició un programa de capacitación subprofesional de técnicos y asistentes de investigación que llevó a la organización de un amplio grupo de apoyo. Con éste se iniciaron las labores de investigación en San Cristóbal de las Casas, instalando el Centro en una casona de la zona histórica de la ciudad.

El trabajo de este grupo de investigación dentro del ámbito de la entomología dio forma a los primeros programas de investigación. A su vez, la participación del gobierno del estado de Chiapas y la del CONACYT llevaron a la definición de objetivos amplios de análisis de los limitantes del desarrollo económico y social de la región y de la conservación de la biodiversidad, y dieron forma a un programa multidisciplinario de investigación.

Esta etapa formativa concluye en 1974 con el decreto presidencial que crea el CIES, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de diciembre de ese año. Este resultado se logró gracias al interés y apoyo de las tres instituciones involucradas, encabezadas entonces por el doctor Manuel Velasco Suárez, gobernador constitucional del estado de Chiapas, el licenciado Gerardo Bueno Zirión, Director General del CONACYT y el doctor Guillermo Soberón Acevedo, rector de la UNAM. Con base en el compromiso de estas instituciones se inició la operación formal del centro y se facilitaron los recursos financieros necesarios hasta 1976, año en que comienza su operación autónoma con recursos de la federación.

Se debe destacar la amplitud de los objetivos que fueron plasmados en el decreto de creación del CIES. Su orientación multidisciplinaria incluía el desarrollo de investigación básica y aplicada, y la formación de recursos humanos a nivel posgrado dentro de las ciencias naturales y sociales, marcando la misión del centro en el contexto regional e imprimiéndole un carácter particular dentro del proceso de formación de centros de investigación científica y tecnológica en el campo de la ecología, orientada a la solución de problemas del Sureste de México y en particular del estado de Chiapas y estudiar los diversos aspectos de la integración del hombre con su ambiente, dentro de las áreas de las ciencias de la salud, agropecuarias, silvícolas y socioeconómicas.

La amplitud de estos objetivos llevó la formulación de un ambicioso programa para el desarrollo de proyectos. Este programa planteó la formación de las áreas de biomedicina, producción agropecuaria, biología tropical y estudios socioeconómicos.

#### **4.2 PRINCIPIOS DIRECTRICES**

- La convicción de que la investigación es esencial para construir las bases del conocimiento y capacidad requeridas para lograr un desarrollo equitativo y sustentable en beneficio de las poblaciones marginadas de la frontera sur.
- La necesidad de enfatizar en el proceso de desarrollo, la conservación de los sistemas culturales, recursos naturales y riqueza biológica como patrimonio humano y compromiso con las generaciones futuras.



- La excelencia académica, como un mecanismo que promueve la calidad y relevancia de las contribuciones de la investigación para la innovación y para la formación de recursos humanos.
- Una visión regional de los retos del desarrollo sustentable, comprometida con el desarrollo conjunto de los países de América Central y el Caribe.
- Un compromiso con la generación de capacidades técnicas en el ámbito local y regional, buscando fortalecer la educación superior, el desarrollo productivo y social, y los procesos de descentralización para el desarrollo.

### 4.3 MISIÓN

El Colegio de la Frontera Sur es un centro público de investigación científica, que busca contribuir al desarrollo sustentable de la frontera sur de México, Centroamérica y el Caribe a través de la generación de conocimientos, la formación de recursos humanos y la vinculación desde las ciencias sociales y naturales.

### 4.4 LOCALIZACIÓN DE ECOSUR

**Dirección:** Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio María Auxiliadora, 29290, San Cristóbal de Las Casas.

**Teléfono:** (967) 674 9000

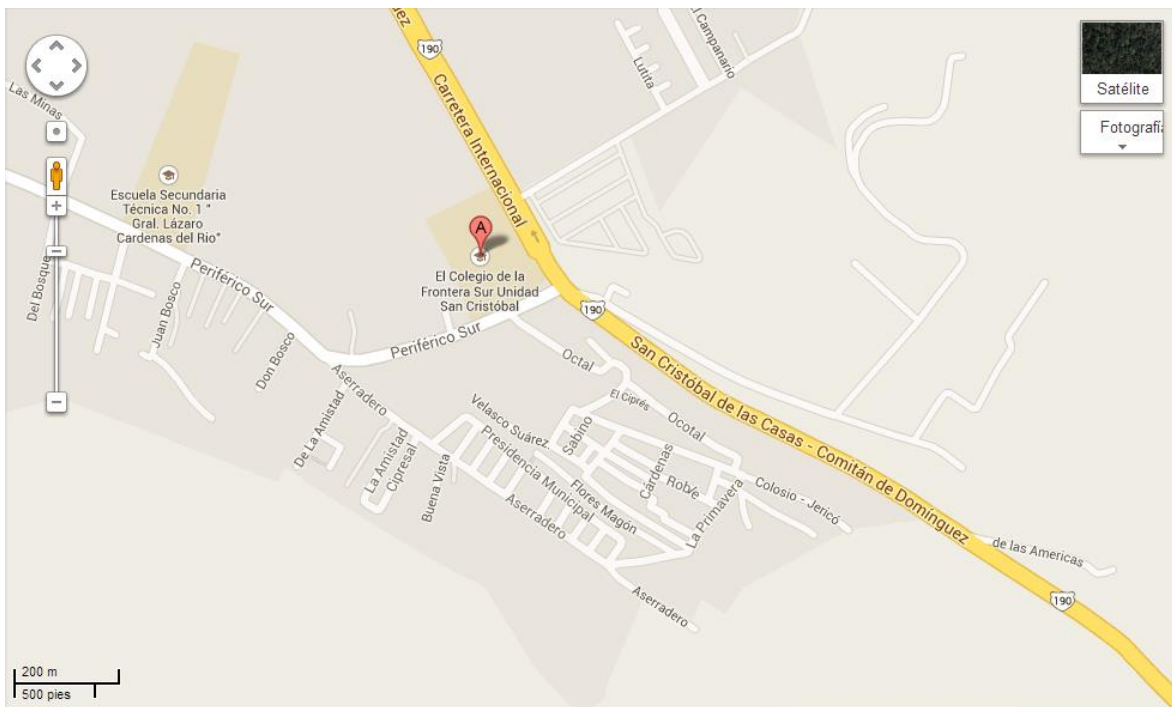


Figura 1.- Mapa de localización de ECOSUR

## 4.5 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD “EL DURAZNAL”

La región de Los Altos es una larga cadena de montañas que nace en Guatemala y penetra, con dirección SE-NW, al territorio de México por el estado de Chiapas. En la parte más alta de la región, las altitudes rebasan los 1500 msnm. El clima es templado, con temperaturas medias mensuales que oscilan entre los 12° y 18° C, y con heladas de noviembre a febrero. La temporada de lluvias (1,200 mm al año) se inicia en abril y concluye en octubre, con la precipitación (250 mm) en septiembre.

Este territorio, con una superficie aproximada de 2,500 km<sup>2</sup>, está ocupado por comunidades indígenas, de ascendencia maya, fundamentalmente de los grupos tzotzil y tzeltal. Sin embargo, el centro económico, político y cultural de la región lo constituye una ciudad mestiza: San Cristóbal de las Casas, que concentra y comercializa casi la totalidad de los productos agrícolas que salen de las comunidades indígenas. El eje de la actividad agrícola indígena es el cultivo de maíz (*Zea mays*), en combinación con frijol (*Phaseolus coccineus*, *Ph. Vulgaris*), papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*) o chilacayote (*Cucurbitafiscifolia*). Los tzotziles, a diferencia de los tzeltales, crían ovinos y cultivan hortalizas; por ejemplo, repollo, rábano, coliflor, etc. (LEISA, 2002)

### 4.5.1 Antecedentes de la comunidad

El Duraznal es una comunidad tzotzil que pertenece al municipio de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Dicha comunidad está formada por personas que fueron expulsadas de sus lugares de origen (Chamula y Zinacantán) por motivos religiosos. Los primeros pobladores llegaron a El Duraznal en 1988, atraídos por la disponibilidad de tierras y de aguas residuales para el uso agrícola. En este contexto, se analizó desde la dimensión de género, los cambios en la percepción y prácticas o conductas que surgieron con la conversión religiosa, así como la influencia que ha tenido la religión en la construcción de significados en torno a la salud-enfermedad. (Ballinas, 2008)

Al inicio en la zona se producía prácticamente pura hortaliza; la misma que sembraban en Chamula. Trabajaron hortalizas por espacio de 15 años y no había frutales en ese tiempo. De este modo, hubo una temporada allá por 1998 en que, con el apoyo del gobierno a través de la Secretaría de Desarrollo Rural (SDR), la hortaliza con más producción era la papa. Después un grupo originario de Zinacantán se fue especializando en la floricultura y la gente nativa de aquí fue tomando confianza, fueron viendo, fueron aprendiendo y cambiando (Venegas, 2010).

La saturación del mercado y la caída del precio de la papa en 1999, obligó a los productores a buscar opciones, y para el año 2000 muchos quedaron endeudados con el banco. (Venegas, 2010)

#### 4.5.2 Información actual de El Duraznal, municipio de San Cristóbal de las Casas

El Duraznal consta de 42 hectáreas que se dividen en una parte alta y una parte baja. La parte alta denominada El Duraznal y la parte baja como El Ocotal. Tiene 108 habitantes: 55 (50.93%) son hombres y 53 (49.07%) son mujeres, la población mayor de 18 años es de 46 personas. El Duraznal cuenta con 23 viviendas, de las cuales ninguna es rentada (Ballinas, 2008).

La población económicamente activa en la localidad de El Duraznal es de 37 personas (34.26% de la población total), las que están ocupadas se reparten por sectores de la siguiente forma:

- Sector primario: 37 personas (100%). Agricultura, explotación forestal, ganadería, minería, pesca, entre otros. Sobresaliendo el cultivo de papa.
- Sector secundario: 0 personas (0%). Construcción, electricidad, gas y agua, industria manufacturera, entre otros.
- Sector terciario: 0 personas (0%). Comercio, servicios, transportes.

Nivel de ingresos de la localidad de El Duraznal

- 0 salarios mínimos (sin ingresos): 24 personas (68.57%)
- Menos de 1 salario mínimo: 9 (25.71%)
- De 1 a 2 salarios mínimos: 9 (5.7%)

#### 4.6 LOCALIZACIÓN



Figura 2.- Mapa de localización de la comunidad de El Duraznal

## **CAPITULO V**

### **PROBLEMAS A RESOLVER**

En la comunidad El Duraznal, municipio de San Cristóbal de Las Casas, existe una gran desinformación sobre el uso de los fertilizantes, abonos químicos e insecticidas que usan en el cultivo de papa.

En el caso de los fertilizantes, su uso es necesario como aporte de nutrientes necesarios para las plantas o como enmendante de suelos. En principio, las actividades agrarias no tienen por qué perjudicar al suelo, pero llega un momento que, a causa de la rotación de cultivos, el suelo se degrada y pierde los nutrientes contenidos en el mismo. Como suele decirse, se empobrece.

Antiguamente el aporte común de nutrientes se realizaba por medio de abonos orgánicos tradicionales: estiércol, composta, vermicomposta, etc., pero la tendencia actual es que los fertilizantes químicos los sustituyan, siendo en muchos casos contraproducente (REYES, 2003).

Éste uso se inició por recomendación de vecinos o, en muchos casos, de padres a hijos y por eso, es algo muy importante para los productores el uso de estos químicos sin usar las dosis adecuadas (*comentario hecho por Juan Gómez, habitante de la comunidad*).

En la mayoría de los casos, los ingresos no alcanzan el salario mínimo y el gasto constante en fertilizantes supone un mayor gasto para el productor. Es por eso también, que urge una sustitución de abonos químicos a los abonos orgánicos para que, de esta manera, se regrese la fertilidad del suelo que en muchos casos ya es mínima.

## **CAPITULO VI**

### **ALCANCES Y LIMITACIONES**

Los alcances fueron que se nos apoyó con los servicios de ECOSUR en los siguientes aspectos:

- Transporte del Colegio de la Frontera Sur a la comunidad El Duraznal en los días y la hora solicitados por los productores.
- Servicio de los Laboratorios Institucionales para el análisis de las muestras tomadas en la comunidad El Duraznal.
- Apoyo por parte del personal de los Laboratorios Institucionales de ECOSUR: Q.A. Miguel Ángel López Anaya y al técnico Manuel Gutiérrez

Las limitaciones que se presentaron en este trabajo fueron 2 y son las siguientes:

- Para la toma de muestras se dependía completamente del tiempo de los productores, es por eso, que la segunda toma de muestras para el análisis bioquímico, nunca se realizó.
- Otra de las limitaciones existentes fue la ausencia del reactivo Cloruro de Bario y por falta de tiempo de espera y de presupuesto, fue imposible hacer su pedido.

## **CAPITULO VII**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **7.1 FERTILIZANTE: IMPORTANCIA E IMPACTO**

El empleo de fertilizantes es necesario en la agricultura moderna, como aporte de nutrientes a la planta o enmendante de suelos dice Reyes (2003), pero un uso abusivo y excesivo de los mismos puede provocar situaciones indeseadas en el medio ambiente como la salinización o la eutrofización de las colindantes.

#### **7.2 IMPORTANCIA DEL ABONO ORGÁNICO**

El abonar orgánicamente produce beneficios al agricultor, al producto, y al medio ambiente. Los abonos orgánicos benefician el suelo haciéndolo más rico en nutrientes, y los nutrientes se desprenden hacia las plantas en forma estable y con dosificación natural incrementando su vida útil.

Así mismo, al aplicar productos orgánicos, los beneficios son para el suelo aportando nutrientes como materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, bacterias benéficas, etc., logrando así el aprovechamiento natural por el vegetal a cultivar y nutriendo el suelo con millones de microorganismos.

Esta acción también permite que el aire y la humedad entren al suelo, aportando una mayor actividad microbiana para beneficio de la planta y evitando que el suelo se compacte.

##### **7.2.1 BENEFICIOS DEL ABONO ORGÁNICO**

- Mayor infiltración de agua.
- Menor evaporación de agua.
- Mayor volumen de agua disponible para los cultivos.
- Menor erosión por viento.
- Más actividad biológica.
- Mayor producción de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Menor compactación del suelo.

## 7.3 DESCRIPCIÓN DE LA PAPA

### 7.3.1 TAXONOMIA DE LA PAPA

Clasificación científica	
Reino	Plantae
Familia	Solanáceas
Género	Solanum
Especie	Tuberosum
Nombre común	Papa
Nombre científico	<i>Solanum Tuberosum</i>

Cuadro No.1.- Taxonomía de la papa.

### 7.3.2 BIOLOGÍA DE LA PAPA

El número básico de cromosomas en el género *Solanum* es doce ( $X=12$ ). En las papas silvestres y cultivadas, existen diferentes números de ploidía, pueden ser  $2n=2x=24$ ,  $2n=3x=36$ ,  $2n=4x=48$ ,  $2n=5x=60$ ,  $2n=6x=72$ . El más importante y de gran significación en la evolución de las especies de la papa es el nivel tetraploide, que cubren un amplio rango de distribución desde la parte meridional de EE.UU. a la región austral y sur de Chile. El nivel de ploidía se determina contando el número de cromosomas en las células somáticas y/o células sexuales. Otro método rápido y directo es por citometría de flujo que cuantifica la cantidad de ADN nuclear, sin embargo necesita de un aparato llamado citómetro de flujo.

### 7.3.3 CICLO DE VIDA EN PAPA

Hay una generación diploide, que consiste en una serie de divisiones mitóticas, seguido por meiosis. Continúa con una serie de divisiones haploides, seguido de la fusión de dos núcleos haploides (gametos), para dar un diploide. Es convencional llamar a la fase haploide gametofito y la diploide esporofito.

#### 7.3.3.1 CICLO DE VIDA ASEJUAL

**Reproducción vegetativa de la papa:** Asegura la conservación clonal del genotipo, una nueva planta se forma a partir de tubérculos, brotes o yemas dando lugar a clones genéticamente idénticos a la planta original, reproducción que se realiza por mitosis. La propagación asexual ha sido una gran ventaja para los mejoradores de papa puesto que se puede fácilmente obtener un genotipo seleccionado y multiplicarlo. Otro uso práctico de la propagación asexual es el cultivo de tejidos y el cultivo de meristemas para la erradicación de algunos patógenos.

### **7.3.3.2 CICLO DE VIDA SEXUAL**

**Reproducción sexual de la papa:** Permite que el material genético de dos individuos se combinen y se formen nuevas combinaciones alélicas, requiere de la participación de órganos reproductivos femeninos (pistilos) y masculinos (anteras) y por el proceso de polinización se formen bayas con semillas y cada una de estas constituye un nuevo individuo. Esta fase comprende dos aspectos: Meiosis y fertilización.

El más importante acontecimiento de la reproducción sexual es la creación de variación genética, nuevos genotipos con atributos genéticos de ambos padres pueden estar combinados en las semillas formadas. El uso práctico de la reproducción sexual es la que constituye una de las formas para la conservación de germoplasma, especialmente silvestre, otro uso es para la producción de semilla verdadera de papa.

### **7.3.4 HÁBITAT**

Las papas silvestres crecen en ambientes muy diversos, ubicados entre las cadenas montañosas del sur-oeste de los EE.UU. y el sur de Chile y Argentina, pasando por México y América Central. Pueden vegetar en las altas montañas (en alturas de hasta 4100 msn), en valles, quebradas, selvas o costas, y en suelos pedregosos, arenosos, volcánicos o ricos en materia orgánica. Crecen tanto en los ambientes de elevada humedad de las áreas tropicales y subtropicales como en zonas desérticas en las que el agua sólo proviene de nieblas costeras.

### **7.3.5 DISTRIBUCION**

La papa es originaria del Perú y era alimento importante de los incas quienes desarrollaron técnicas avanzadas para almacenarlas. En el siglo IV los conquistadores españoles la llevaron a Europa.

Su exitosa colonización en medios muy distintos ha determinado la existencia de una gran variedad de forma que pueden adquirir las especies silvestres. Las hay con apariencia muy semejante a la cultivada; pueden tener hojas compuestas por varios folíolos u hojas simples; pueden ser arrosetadas (con hojas muy juntas, como los pétalos de una rosa) y con un tallo mínimo, o medir más de un metro de altura. Las flores pueden presentarse en racimos o ser solitarias; sus colores varían del blanco, crema o celeste.

La mayoría de las especies produce tubérculos con el interior blanco, crema o amarillo, pero también se los encuentra rojos, violetas o púrpuras, con la cáscara o piel de color crema, amarillo, naranja o castaño, pigmentada con rojo o púrpura en toda su extensión o en la zona de los nudos donde nacen los brotes, llamados comúnmente ojos.

### **7.3.6 IMPORTANCIA DE LA PAPA**

#### **7.3.6.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA**

La papa es el cultivo que más contribuye a explicar el Valor Bruto de la Producción Agrícola (VBPA) del Perú. Además, es importante económicamente porque genera trabajo. Gran parte de las papa que se producen en el país provienen de variedades mejoradas, pero las variedades nativas aún mantienen su importancia por su alto consumo entre la población indígena de la sierra. La población de las grandes ciudades consume principalmente variedades mejoradas.

#### **7.3.6.2 IMPORTANCIA NUTRITIVA**

Es importante destacar el valor nutricional de la papa toda vez que se siga avanzando en la provisión de un tubérculo sano y seguro; esto es adecuadamente conservado para evitar la presencia de solanina y chaconina y que no se encuentre contaminado por algún agente químico y biológico.

A través del consumo de papa hay una importante contribución, de proteínas, minerales como el hierro y el fósforo, y de otras vitaminas como las de complejo B, de gran importancia en la nutrición del ser humano. La papa cruda es muy tóxica por la solanina la cual se pierde al momento de la cocción al igual que se pierde cierta parte de la vitamina C.

### **7.3.7 ASPECTOS BOTÁNICOS**

La papa es una planta herbácea anual; las raíces son muy ramificadas, finas y largas, dependiendo del desarrollo, según sean las características del suelo que esté o no mullido. El tallo grueso, anguloso, siendo al principio erguidos y con el tiempo, se van extendiendo hacia el suelo. Con una altura que varía entre 0,5 m y 1m, se origina en las yemas del tubérculo. Son de color verde pardo debido a los pigmentos antociánicos asociados a la clorofila (Pinot, 2000).

Las hojas son imparinnadas. Consta de nueve o más folíolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejado se encuentra del nudo de inserción. El fruto es una baya redonda de color verde, que se vuelve amarilla al madurar. Los tubérculos son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias y son de forma y color variados. Son los órganos comestibles de la papa. Las inflorescencias, son cimosas, están situadas en la extremidad del tallo. Las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, entre otros colores (Pinot, 2000).



### 7.3.8 ESQUEMA BOTÁNICO



Figura 3.- Esquema botánico de la papa (*Solanum tuberosum*).

### 7.4 DESARROLLO VEGETATIVO DE LA PAPA

Según autores, el desarrollo de la planta de papa puede dividirse en cuatro principales etapas:

1. Etapa vegetativa.
  2. Tuberización.
  3. Desarrollo de tubérculos.
  4. Maduración.
  - 5.
1. **Etapa vegetativa.** Inicia con el rompimiento de la latencia de la semilla y termina con el inicio de la formación de tubérculos, lo que varía de 15 a 30 días, dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas donde se establezca el cultivo.
  2. **Tuberización.** Inicia cuando los estolones aparecen. La duración de esta etapa varía de 10 a 14 días.
  3. **Desarrollo de tubérculos.** Se caracteriza especialmente por la acumulación de carbohidratos (en forma de almidón), con un incremento constante en el tamaño y peso de los tubérculos, bajo condiciones óptimas de humedad. Esta etapa puede durar de 60 a 90 días.
  4. **Maduración.** Empieza con la caída del follaje, donde las hojas viejas se tornan amarillas hasta llegar, gradualmente, a un color café, al madurar.

## **7.5 EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS**

### **7.5.1 EXIGENCIAS DE CLIMA**

Se trata de una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su temperatura más favorables para su cultivo las que están en torno a 13° C y 18° C. Al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 7° C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas. El frío excesivo perjudica especialmente a la papa, ya que los tubérculos queda pequeños y sin desarrollar. Si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades (SAGARPA).

### **7.5.2 RIEGO**

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el período desde la aparición de las flores hasta la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de mildiu, por tanto esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta (SAGARPA).

## **7.6 SIEMBRA**

El agricultor para sembrar, puede elegir entre hacerlo con las papa más pequeñas de la campaña anterior, o adquirir papas de siembra. Estas papas están etiquetadas y precintadas y en ellas se han reconocido las condiciones de sanidad, vigor vegetativo y pureza varietal (SIVIOM).

La época de plantación varía de unas zonas a otras, esta decisión se basa en el estado de humedad del suelo y en su contenido de agua. La profundidad de siembra deberá estar en torno a los 7-8 cm. Lo ideal es plantar tubérculos enteros, de tamaño superior a los 30 gramos (SAGARPA).

## **7.7 FERTILIZACIÓN**

Un modelo básico de nutrición y fertilización de la papa consiste, primeramente, en el “Diagnóstico de las necesidades de fertilización al suelo”, con lo que es posible definir un programa de fertilización de fondo previo a la siembra (SIOVM).

De acuerdo con resultados de investigación con la variedad Alpha, la demanda nutricional es de 5, 0.68 y 8.6 kilogramos por tonelada (kg/t) de tubérculo, para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

La papa responde muy bien a las aportaciones orgánicas. Por otra parte, un estercolado mejora las condiciones físicas del suelo, lo que beneficia el desarrollo del tubérculo.

Para una producción de 30.000 kg, un buen abonado puede ser, por hectárea cultivada, de 150 unidades de N, 40 unidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 21 unidades de K<sub>2</sub>O.

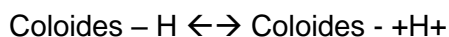
- Las funciones del fósforo en la planta son: adelantar la madurez, aumentar la riqueza en fécula de la papa y favorecer el desarrollo radicular.
- El potasio, favorece la formación de azúcares, la asimilación clorofílica y facilita la migración de la fécula de los órganos verdes a los tubérculos.
- Nitrógeno, es el factor determinante en el rendimiento del cultivo, ya que favorece el desarrollo de la parte aérea y la formación y engrosamiento de los tubérculos. Generalmente se aporta de una sola vez en el momento de la plantación, durante la preparación del suelo o sobre el caballón.
- Otros elementos: boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), molibdeno (Mo) y cinc (Zn). Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta.

## 7.8 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO

### 7.8.1 pH

La determinación del pH del suelo es una de las pruebas más importantes que pueden hacerse para diagnosticar problemas del crecimiento de las plantas. Por ejemplo, algunas plantas enfermas tienen un color verde claro que puede ser ocasionado por diversos factores; 1) Si el pH del suelo es tan bajo como 5.5 o menos, es probable que la enfermedad no se deba a una deficiencia de hierro, ya que los compuestos de hierro son solubles en condiciones ácidas. 2) Si el pH del suelo es de 8, se debe considerar seriamente la posibilidad de la deficiencia de hierro, ya que los compuestos de hierro son muy insolubles en suelos con pH 8 (Romero, Trinidad, García, Ferrera, 2000).

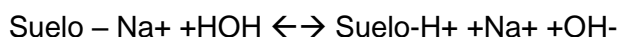
El pH del suelo se determina en fase acuosa o solución salina. La fase acuosa y los coloides ionizables del suelo intervienen, conjuntamente, para determinar el pH del suelo. La asociación de los grupos ácidos ionizables, existentes en los coloides del suelo, daría lugar a una liberación de los iones H<sup>+</sup>, que pasarán a la solución salina. Los iones H<sup>+</sup> de la solución salina, contrarrestan esta disociación según el equilibrio siguiente:



Los grupos que liberan H<sup>+</sup> son principalmente los siguientes:

- a) Los grupos –COOH de la materia orgánica del suelo.
- b) Los grupos –SiOH libres de la arcillas.
- c) Los iones de aluminio y otros cationes metálicos hidrolizables.

Por otra parte, cuando las posiciones de cambio iónico estén saturadas por bases, el suelo tendrá un carácter alcalino, debido a la hidrólisis que den lugar a iones (OH), ya que los coloides del suelo son ácido débiles:



El pH de la solución de suelos es importante para la agricultura ya que a él van a estar sometidas las plantas, las cuales tienen un pH específico para su desarrollo. Cuando la capacidad de intercambio está satisfecha en su mayor parte por iones H<sup>+</sup>, el pH del suelo es ácido, y viceversa, para saturar la capacidad de cambio de iones H<sup>+</sup>, es preciso mantener en la solución salina un pH ácido. A medida que se sustituye H<sup>+</sup> por Na<sup>+</sup> en las posiciones de intercambio, el pH es mayor (Romero *et al.*, 2000).

La acidez se presenta en dos formas fundamentales:

1. **ACTIVA:** En el cual el ión H<sup>+</sup> actúa directamente sobre el sistema radicular y en la dinámica de los elementos nutritivos en el suelo.
2. **POTENCIAL:** La cual depende del porcentaje de saturación de bases en el suelo y se mide con la solución extractora con el KCl 1N. La acidez activa ó el pH es la concentración de H<sup>+</sup> (libres) que contienen en el extracto del suelo. Se expresa como algoritmos negativo de la concentración de los H<sup>+</sup>.

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^+]$$

En la práctica se utilizan varias relaciones suelo agua para la determinación del pH bien sea en peso ó volumen. En muchos laboratorios se suele utilizar una relación suelo-agua (1:2; peso/volumen), sin embargo esta relación no es muy apropiada ya que dista mucho de la realidad, que vive en el sistema radicular de las plantas.

El método de lectura, generalmente es el potenciómetro, mide una diferencia de potencial en minivoltios entre un electrodo de referencia, y un electrodo entre un electrodo de referencia, y un electrodo de vidrio inmersos en la muestra.

Generalmente se utiliza el electrodo de combinado que lee directamente el pH (Juárez *et al.*, 2009).

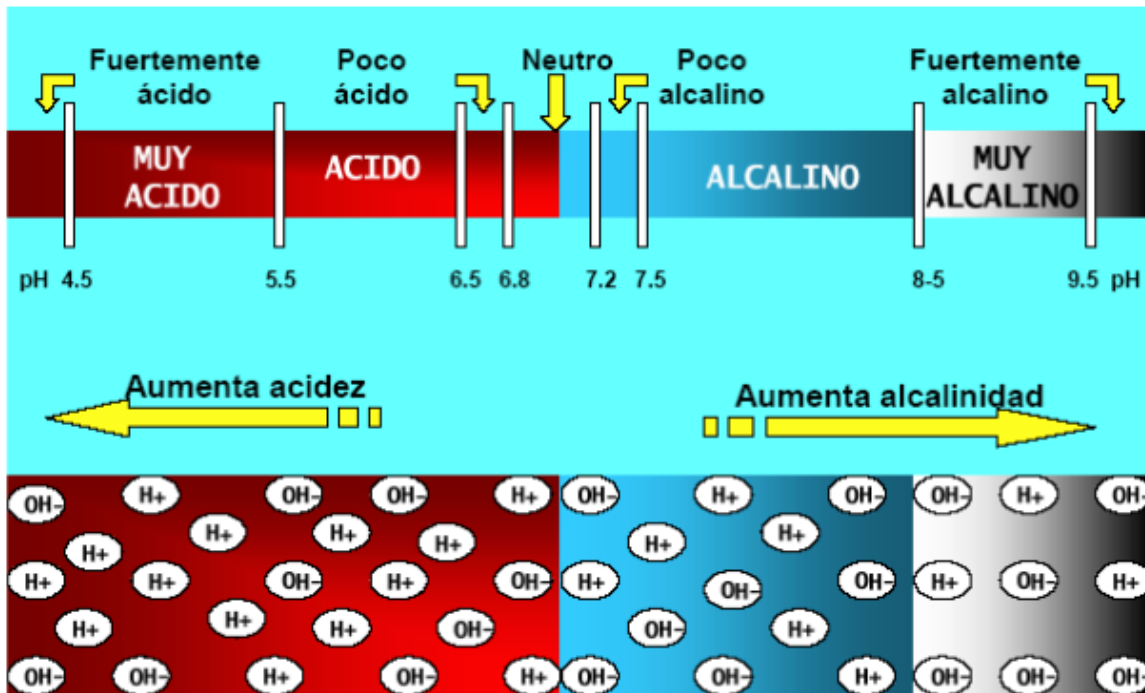


Figura 4.- Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH (SIMIOV).

### 7.8.2 DENSIDAD APARENTE

La organización de las partículas individuales del suelo en unidades mayores hace que el suelo sea poroso, lo que permite establecer dos tipos de densidades, la densidad de las partículas (minerales y orgánicas) o densidad real y la del suelo en su conjunto o densidad de volumen o aparente (Rubio, 2010).

La densidad de volumen o densidad aparente, se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso (Pinot, 2000).

Los factores que le afectan son principalmente tres: la textura, la estructura y la presencia de materia orgánica. Suelos con texturas arenosas tienden a tener densidades mayores que los suelos más finos, al mismo tiempo en suelos bien estructurados los valores son menores.

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de ciertas cosas importantes características del suelo, a saber: porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración.

En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena penetración de raíces, todo lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de los árboles.

Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene mala aireación, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamiento, y que las raíces tienen dificultades para elongarse y penetrar hasta donde encuentren agua y nutrientes. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de los árboles es impedido o retardado consistentemente (Campbell, 2005)

### **7.8.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

Es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. También es definida como la propiedad natural característica de cada cuerpo que representa la facilidad con la que los electrones (y huecos en caso de los conductores) pueden pasar por él. Varía con la temperatura. Es una de las características más importantes de los materiales (Doerge *et al.*, 1998).

Las sales solubles en el suelo determinan la presencia en solución de una serie de combinaciones de los cationes: calcio, magnesio, sodio, potasio, y de los aniones: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc. El valor de la conductividad está relacionado con la suma de los cationes (o aniones) y en general tienen correlación con los sólidos totales disueltos (Juárez *et al.*, 2009).

El agua que contiene sales disueltas del tipo que normalmente se encuentran en el suelo, conduce la corriente eléctrica, aproximadamente en proporción a la cantidad disuelta. Por lo tanto, la medida de la conductividad nos dará la concentración total de los constituyentes ionizados. La determinación de la conductividad eléctrica de una solución, se realiza midiendo la resistencia eléctrica entre dos electrodos paralelos sumergidos en la solución. Debido a que la conductividad de soluciones acuosas aumenta con la temperatura, se deberá referir siempre a 25° C (Juárez, Franco, Jaens, Ascencio, 2009).

### **7.8.4 TEXTURA**

La textura de un suelo expresa las proporciones, en peso, de las partículas inorgánicas contenidas en las distintas clases de tamaño inferiores a 2 mm. Al ser las partículas de forma irregular debemos adoptar un criterio de definición del “tamaño”, el siguiente: diámetro de la esfera cuya densidad y velocidad de sedimentación en un fluido dado, es igual al de la partícula.

Para una clasificación de los suelos según la textura se agrupan los tamaños en fracciones. En todas las clasificaciones se establece una división en tres grupos: arena, limo y arcilla y subdivisiones dentro de esos grupos. Las diferencias entre las clasificaciones aparecen al fijar los límites de separación de los grupos y subgrupos (Juárez *et al.*, 2009).

Fracción	Diámetro (mm)	Características de la Fracción
Arena	<2.0 – 0.04	Áspera al tacto, ni plástica ni pegajosa al humedecerse. Suave y sedoso al tacto como el polvo de talco mojado.
Limo	<0.05 – 0.002	Ni plástica, ni pegajosa al humedecerse Suave al tacto. Plástica y pegajosa cuando se humedece. Propiedades coloidales.
Arcilla	<0.002	

Cuadro No. 2.- Tamaño de las partículas y características de las fracciones de arena, limo y arcilla en la clasificación USDA.

### 7.8.5 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES

La capacidad de intercambio catiónico es una medida importante de la fertilidad a la productividad potencial de los suelos.

Gracias a su estructura química, las partículas de arcilla y la materia orgánica del suelo tienen carga negativa neta. Esto significa que los cationes (iones con carga eléctrica positiva) son atraídos y retenidos sobre la superficie de estos materiales del suelo. Los cationes de la solución del suelo están en equilibrio dinámico con los cationes absorbidos sobre la superficie de la arcilla y la materia orgánica (NOM-021-RECNAT-2000).

La CIC es una medida de la cantidad de cationes que pueden ser absorbidos o retenidos por un suelo.

Los suelos contienen cantidades variables y clases diferentes de arcilla y materia orgánica, de modo que la CIC total varía ampliamente. La materia orgánica tiene una CIC alta, por lo que los suelos con un alto contenido de materia orgánica presentan por lo general una CIC mayor que la de los suelos con una bajo contenido de materia orgánica.

Los cationes que revisten mayor importancia en lo que se refiera a las plantas son el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) e hidrógeno ( $\text{H}^+$ ).

Los primeros cuatro cationes son nutrientes de las plantas y son importantes para el crecimiento vegetal. Los dos últimos tienen un efecto marcado sobre las características físicas y químicas del suelo.

Los suelos minerales con una CIC alta tienden a ser más fértiles que los que poseen una CIC baja. La probabilidad de que los nutrientes se pierdan por lixiviación es baja, por lo que el suelo posee una mayor capacidad para almacenarlos y suministrarlos a los cultivos (NOM-021-RECNAT-2000).

### 7.8.6 PRESENCIA DE FÓSFORO Y POTASIO EN EL SUELO

**Fósforo:** La fertilidad de un suelo en lo que al fósforo se refiere, se definiría como la capacidad del suelo de suministrar a los cultivos las cantidades que precisa, y en los momentos puntuales en los que es necesaria su absorción.

Las características físicas y químicas del suelo determinan la capacidad y ritmo al que el suelo es capaz de reponer el fósforo que las plantas van tomando de la solución. En este proceso influyen, fundamentalmente, la textura, el pH, la caliza activa y la materia orgánica.

En definitiva, la fertilidad del suelo en fósforo es la cantidad de fósforo asimilable presente y, entendemos por asimilable, la fracción extraíble con ácidos débiles a una concentración definida. En los laboratorios agronómicos se utilizan el método Olsen, que emplea como extractante el bicarbonato sódico, muy adecuado para los suelos básicos, y el método Bray, válido para condiciones ácidas.

**Potasio:** Es un elemento relativamente abundante en la naturaleza. Es junto a N y P, de los más utilizados como fertilizantes inorgánicos. El potasio se encuentra en los suelos como componente de la roca madre en forma de silicatos, en el interior de la arcilla, fijado al complejo arcillo-húmico y en la disolución del suelo. Únicamente el que está en la disolución de suelo, es el asimilable por las plantas.

El potasio en el suelo se clasifica generalmente en cuatro formas:

- Potasio estructural/potasio de reserva
- Potasio fijado
- Potasio intercambiable
- Potasio en la solución de suelo

La base para esta clasificación es la disponibilidad para la absorción de potasio por parte de la planta. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones ambientales, la disponibilidad de potasio puede variar.

**Potasio mineral:** Se encuentra en la estructura cristalina. En procesos lentos de meteorización, estos se liberan cantidades pequeñas de potasio a la solución del suelo. Las plantas no pueden utilizar el potasio en esta forma.

**Potasio fijado:** Es el potasio que está atrapado en el espacio interior de las arcillas en el suelo tienen la capacidad de fijar potasio. A través de cambios en la humedad del suelo, el potasio fijado se libera lentamente al suelo. El potasio fijado no es disponible para las plantas.

**Potasio intercambiable:** Una forma disponible del potasio en el suelo, que las plantas pueden extraer fácilmente. Esta fracción de potasio está absorbida en la superficie de las partículas de arcilla y materia orgánica en el suelo.



Potasio en la solución del suelo: El potasio disuelto en la solución del suelo está inmediatamente disponible para las plantas. Sin embargo, las cantidades presentes en la solución del suelo son muy pequeñas. Al disminuir la concentración de potasio intercambiable, éste se moverá desde zonas más distantes del sistema radicular hasta establecer nuevamente el equilibrio.

### 7.8.7 CICLO DEL CARBONO

El carbono (C), es uno de los principales componentes de los seres vivos, componente básico fundamental para la vida, está presente en la atmósfera, en la vida vegetal y animal, en la materia orgánica no viva, en los combustibles fósiles, en las rocas y también, está disuelto en los océanos, aproximadamente 50% del peso seco de la materia orgánica es carbono. En el medio, su ciclo está estrechamente ligado al flujo de energía, debido a que las principales reservas de energía de los organismos, son compuestos de carbono reducido, que han derivado de la fijación de bióxido de carbono atmosférico ya sea por medio de la fotosíntesis, o con mucha menor frecuencia, de la quimiosíntesis.

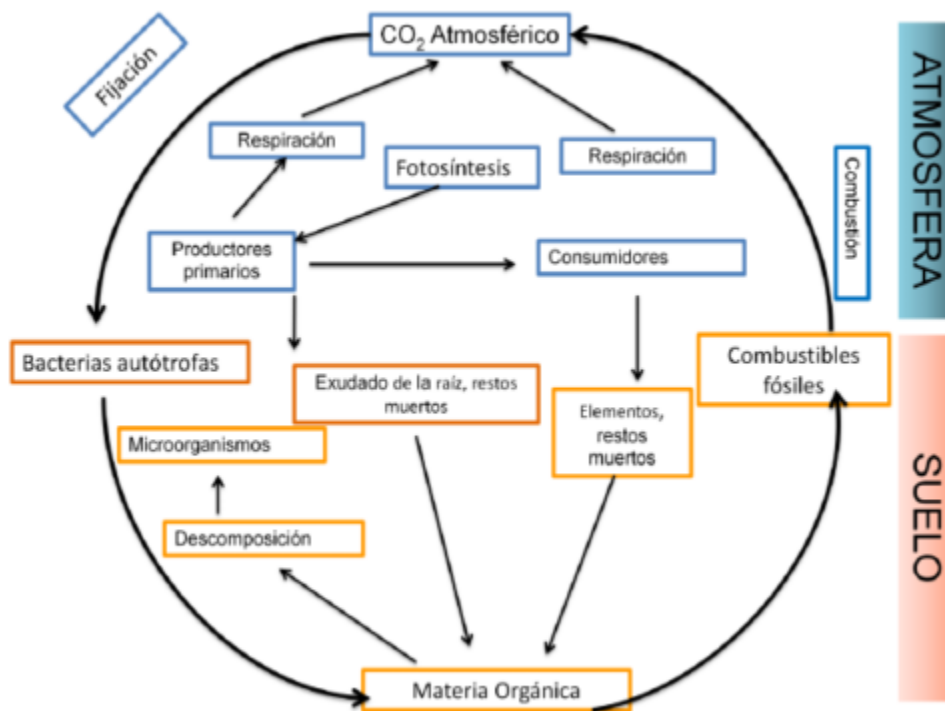


Figura 5.- Ciclo del carbono

El carbono, elemento esencial para el crecimiento de las plantas, se obtiene de la atmósfera por medio de la fotosíntesis. Sin embargo, cuando las plantas mueren, sus tejidos ricos en carbono, vuelven al suelo y son descompuestos por los organismos vivos.

### 7.8.8 CICLO DEL NITRÓGENO

La conversión y circulación del nitrógeno (N) en la biosfera es el segundo proceso más importante después de las transformaciones del carbono. Los dos ciclos están relacionados por la presencia de N en las moléculas orgánicas, en particular de las proteínas. Por lo tanto, el nitrógeno es un componente indispensable, aunque no es el más importante, de todas las células: constituye del 1 al 10% del peso en plantas y hasta el 20 o 30% en animales.

El tercer proceso fundamental en la naturaleza que es llevado a cabo por células vivas a parte, de la fotosíntesis y la respiración es la fijación del N. A su vez, este gran proceso forma parte del ciclo de reacciones, conocido como Ciclo del Nitrógeno (Figura 5).

Actualmente, se sabe que el N es un constituyente esencial de las proteínas y de todos los seres vivos, tanto animales como plantas. Es probable que el N sea el elemento que limita, en mayor medida el crecimiento de las plantas. A este elemento se le considera como un macro nutriente ya que sin él, puede limitar la actividad biológica en los ecosistemas agrícolas y naturales dependiendo en sí, de las condiciones ambientales en las que se encuentran (Conn, Paul, George, Roy, 1996).

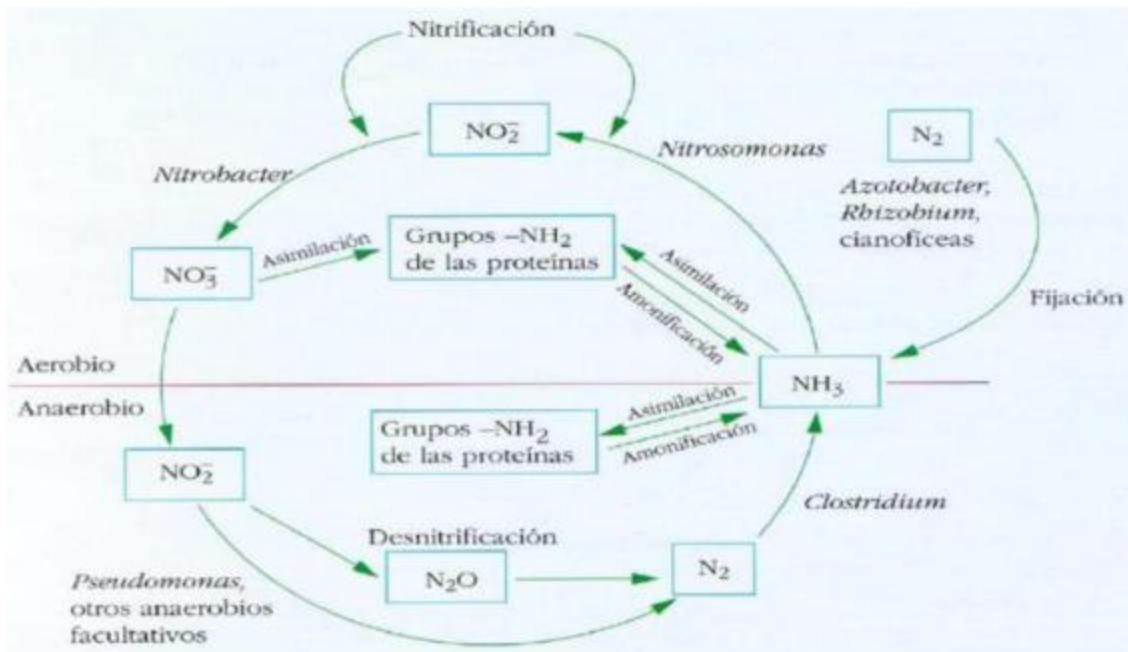


Figura 6.- Ciclo del Nitrógeno

## CAPITULO VIII

### PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Siendo que, los Laboratorios Institucionales de ECOSUR se rigen bajo normas mexicanas (NOM), todos los siguientes análisis se realizaron bajo la **NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.**

Se llevará a cabo, la toma de muestras, en las parcelas de papa de la comunidad El Duraznal y, para su posterior análisis, en los Laboratorios Institucionales de ECOSUR.

1. pH (Método AS-02)
2. Determinación de textura
3. Contenido de fósforo
4. Contenido de nitrógeno
5. Conductividad eléctrica
6. Densidad aparente
7. Determinación de materia orgánica (Método AS-07)

Se hizo un muestreo en las parcelas de papa por el método de Zig-Zag. Se tomó muestras de varios puntos formando figura en zig.zag, uniendo 7 puntos, con una profundidad de 20 cm que posteriormente se mezcló para homogenizar la muestra y los resultados finales. A continuación una descripción del método utilizado.

1. Señalizar los puntos a muestrear.
2. Raspar aproximadamente 3 cm de superficie con el fin de eliminar residuos frescos de materia orgánica u otros contaminantes.



Figura 7. Limpieza de la superficie del terreno.

3. Tomar la muestra:

3.1 Con pala

3.1.1 Cavar un hueco en forma de "V" con el ancho de la pala y la profundidad de 20 cm.

3.1.2 Tomar una tajada de suelo de 2 a 3 cm de espesor de la pared del hueco y depositarla en una cubeta limpia.

3.1.3 Repetir esta operación para cada uno de los puntos del zig-zag.



3.1.1) Hueco en "V"; 3.1.2) Corte de muestra de suelo; 3.1.3) Deposito de muestra

Figura 8.- Muestreo de suelo con pala

3.2 Con barreno Holandes

3.2.1 Enterrar el barreno haciéndolo girar.

3.2.2 Depositar la muestra de suelo en una cubeta limpia

3.2.3 Repetir esta operación para cada uno de los puntos del zig-zag.



Figura 9.- a) Muestreo con barreno holandés; b) Deposito de muestra

4. Mezclar bien el suelo extraído.

5. Si la cantidad de muestra tomada es demasiado grande reduzca la porción hasta obtener 1 kilogramo de muestra.

6. Depositar la muestra en doble bolsa plástica y etiquetar.



Figura 10.- Mezclado y almacenado de la muestra.

Llevó un proceso de secado en una de los invernaderos de ECOSUR para su posterior tamizado.

Para la estandarización del tamaño de partícula, se utilizaron dos cribas; la primera, tamaño 10 y la segunda, tamaño 40.

En el análisis de las muestras, se realizaban repeticiones de cada muestra. Para obtener resultados confiables, a cada muestra problema se le realizó su muestra repetición.

## 8.1 MATERIAL Y EQUIPO

### 8.1.1 MATERIAL USADO PARA LA TOMA DE MUESTRA

1. Palas
2. Espátulas
3. Cubetas
4. Charolas
5. Marcador
6. Cinta adherible
7. Barreno holandés

### 8.1.2 MATERIAL USADO EN EL LABORATORIO

#### 8.1.2.1 densidad aparente

1. Probeta (10 ml)
2. Franela
3. Espátula
4. Balanza analítica 210 gr / precisión de 0,0001 gr BBL-31 Boeco

#### 8.1.2.2 Textura

1. Probeta (1000 ml)
2. Batidoras tipo fuente de sodas. Model: 2523-Oster.
3. Balanza analítica 210 gr / precisión de 0,0001 gr BBL-31 Boeco
4. Pizeta
5. Espátula
6. Densímetro de Bouyoucos
7. Termómetro
8. Vaso de precipitados (25 ml)

#### 8.1.2.3 materia orgánica

1. Balanza analítica 210 gr / precisión de 0,0001 gr BBL-31 Boeco
2. Matraz Erlenmeyer (500 ml)
3. Bureta (10 ml)
4. Campana de extracción de gases

#### 8.1.2.4 pH

1. Frascos de vidrio (50 ml)
2. Balanza analítica 210 gr / precisión de 0,0001 gr BBL-31 Boeco
3. Agitador magnético BIOMACHIN

#### 8.1.2.5 Fósforo

1. Balanza analítica 210 gr / precisión de 0,0001 gr BBL-31 Boeco
2. Frascos de plástico 50 ml
3. Papel filtro
4. Tubos de polietileno 200 ml
5. Agitador magnético BIOMACHIN
6. Tapones para tubos de ensayo
7. Matraces (50 ml)
8. Espectrofotómetro ESPECTRONIC 20 Digital
9. Celdas para espectrofotómetro
10. Micropipetas (10 ml)

#### 8.1.2.6 Nitrógeno

1. Balanza analítica 210 gr / precisión de 0,0001 gr BBL-31 Boeco
2. Matraces de destilación
3. Destilador con arrastre de vapor
4. Micropipetas de 5 ml
5. Matraces Erlenmeyer de 125 ml
6. Agitador magnético BIOMACHIN

### 8.1.2.7 Capacidad de intercambio de cationes

1. Tubos de polietileno 100 ml
2. Agitador magnético BIOMACHIN
3. Matraces de destilación
4. Matraces Erlenmeyer de 125 ml
5. Matraces Kjeldahl

### 8.1.2.8 Conductividad eléctrica

1. Balanza analítica 210 gr / precisión de 0,0001 gr BBL-31 Boeco
2. Tubos polietileno 200 ml
3. Celdas de polietileno 100 ml
4. Pizeta

## 8.2 PROCEDIMIENTO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO

Siendo que, los Laboratorios Institucionales de ECOSUR se rigen bajo normas mexicanas (NOM), todos los siguientes análisis se realizaron bajo la **NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.**

### 8.2.1 La determinación del pH del suelo medido en agua se realizará a través del método AS-02

1. Pesar 10 g de suelo en un frasco de vidrio o plástico de boca ancha.
2. Adicionar 20 ml de agua destilada al frasco conteniendo el suelo.
3. Con una varilla de vidrio, agitar manualmente la mezcla de suelo-agua a intervalos de 5 min, durante 30 min.
4. Dejar reposar durante 15 min.
5. Calibrar el medidor de pH con las soluciones reguladoras pH 4.00 y 7.00 ó 7.00 y 10.00 según el suelo, enjuagado con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.
6. Agite nuevamente la suspensión e introduzca el electrodo en la suspensión.
7. Registre el pH al momento en que la lectura se haya estabilizado.

Para la clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH se presenta el cuadro siguiente:

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1-6.5
Neutro	6.6-7.3
Medianamente alcalino	7.4-8.5
Fuertemente alcalino	>8.5

Cuadro 3.- Tabla de clasificación de suelos según su pH (NOM-021-RECNAT-2000).

### 8.2.2 El procedimiento para la determinación de materia orgánica del suelo se realizará a través del método AS-07, de Walkley y Black

1. Pesar 0.5 g de suelo seco y estandarizado por un tamiz de 0.5 mm y colocarlo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Elaborar un blanco del problema sin muestra, usándolo como testigo.
2. Adicionar exactamente 10 ml de dicromato de potasio 1 N girando el matraz cuidadosamente para que entre en contacto con todo el suelo.
3. Agregar cuidadosamente con una bureta 20 ml de ácido sulfúrico concentrado a la suspensión, girar nuevamente el matraz y agitar de esa forma durante un minuto.
4. Dejar reposar durante 30 min sobre una lámina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
5. Añadir 200 ml de agua destilada.
6. Añadir 5 ml de ácido fosfórico concentrado.
7. Adicionar de 5 a 10 gotas del indicador de difenilamina.
8. Titular con la disolución de sulfato ferroso gota a gota hasta un punto final verde claro.

Aplicar la siguiente fórmula:

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

Dónde:

B=Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (ml)

T=Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml)

N=Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras.

g = Peso de la muestra empelada (g)

mcf = factor de corrección

### 8.2.3 La determinación de nitrógeno inorgánico del suelo se realizará a través del método AS-08

1. Pesar 5 g de suelo y colocar en un bote de polietileno de 100 ml de capacidad o en un matraz Erlenmeyer de 125 ml.
2. Agregar 50 ml de solución de cloruro de potasio 2 N y agitar por 60 min en agitador de acción recíproca regulando a 180 rpm y centrifugar 5 min. Decantar o filtrar si es necesario.
3. Colocar 10 ml de solución de ácido bórico con indicador en un matraz Erlenmeyer de 125 ml y conectarlo en un tubo de salida del refrigerante, de modo que éste quede en contacto con el líquido.



4. Pipetear una alícuota de 10 a 20 ml del extracto del suelo y colocarlo en un matraz de destilación y agregar 0.2 g de óxido de magnesio calcinado y 0.2 de aleación de Devarda (Aluminio: 44%-46%, Cobre: 49%-51%, Zinc: 4%-6%).
5. Conectar el aparato de destilación y destilar hasta completar aproximadamente 30 ml en 3-4 min (6-7 ml min<sup>-1</sup>).
6. Titular la muestra y los blancos (se preparan de forma similar a las muestras) con ácido sulfúrico 0.005 N. En el punto final el color cambia de verde a rosa tenue.

Aplicar la siguiente muestra:

$$N \text{ (ppm)} = (M - B) \times N \times 14 \times (V_i/a) \times 1/p \times 1000$$

Dónde:

M y B= Son los mililitros de ácido sulfúrico usados en la titulación de muestra y el blanco, respectivamente.

N= La normalidad del ácido.

V<sub>i</sub>= Es el volumen del extractante.

a = La alícuota destilada.

p= El peso de la muestra en gramos.

#### **8.2.4 La determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos se realizará a través del método AS-09**

1. Pesar 50 g de muestra de suelo en una balanza analítica.
2. Agregar 25 ml de hexametáfosfato de sodio.
3. Agregar agua de la llave hasta la marca indicada en el recipiente (aprox. 1000 ml)
4. Agitar durante 15 min.
5. Colocar toda la muestra dentro de una probeta de 1000 ml y aforar.
6. Agitar y tomar la primera lectura con el densímetro de Bouyoucos.
7. Dejar reposar 2 horas desde la primera lectura.
8. Tomar la segunda lectura

Aplicar la siguiente fórmula:

$$\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla} = \frac{(1ra \text{ lectura} + (T1 - 20)0.36)}{\text{Peso del suelo}} \times 100$$

$$\% \text{ arcilla} = \frac{(2da \text{ lectura} + (T2 - 20)0.36)}{\text{Peso del suelo}} \times 100$$

$$\% \text{ arena} = 100 - (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla})$$

Para la determinación de la proporción de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla), se usó el método de Bouyoucos, determinada en base a la técnica del triángulo de textura de suelo modificado (figura 10).

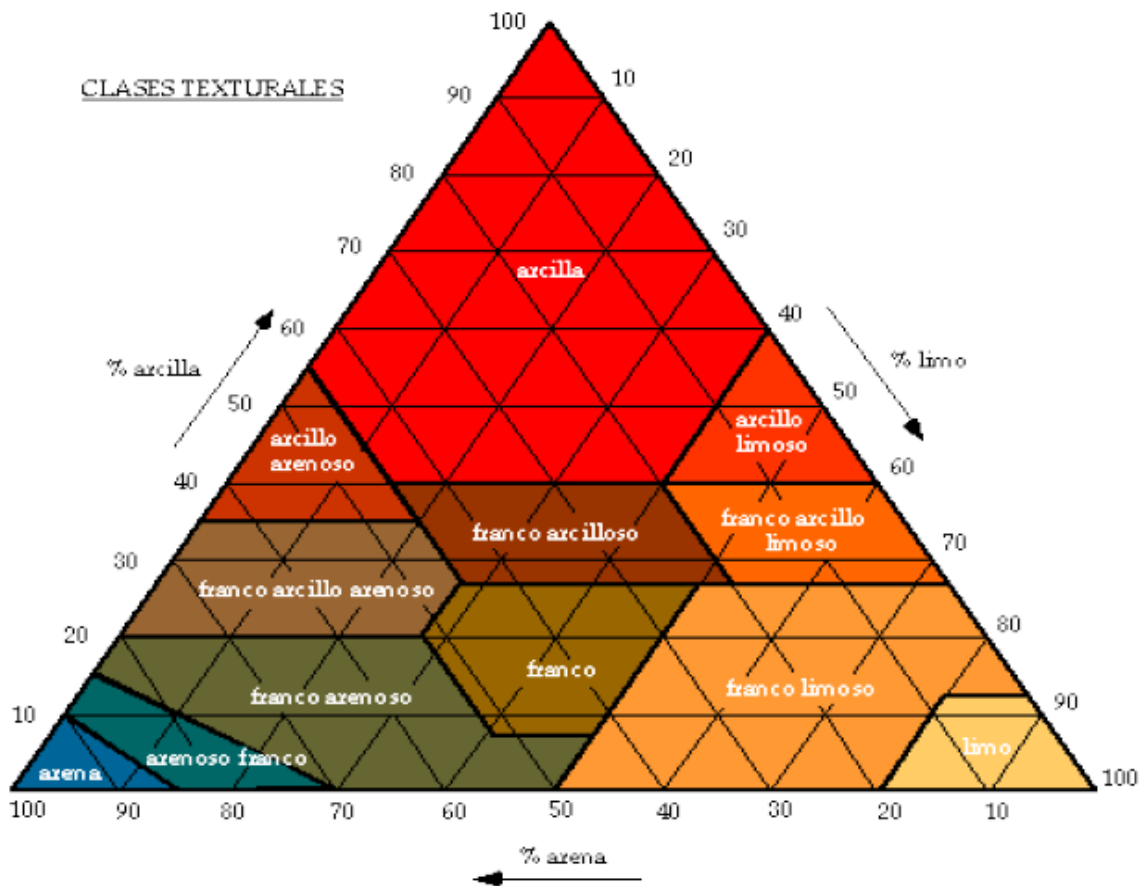


Figura 11.- Triángulo de textura (NOM-021-RECNAT-2000).

**8.2.5 La determinación del fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos se realizará a través del método AS-10, por el procedimiento de Olsen y colaboradores.**

1. Pesar 2.5 g de suelo previamente tamizado por malla de 2 mm y colocarlos en los tubos de polietileno.
2. Adicionar 50 ml de la solución extractora (bicarbonato de sodio) tapar y agitar la suspensión en agitador de acción recíproca durante 30 min a 180 rpm.
3. Filtrar inmediatamente a través de papel filtro Whatman No. 42 u otro de calidad similar.
4. Preparar blancos a partir de alícuotas de solución extractora y adicionando todos los reactivos como en las muestras.
5. Tomar una alícuota de 5 ml del filtrado y colocarla en un matraz aforado de 50 ml.
6. Agregar 5.0 ml de la solución reductora (ácido ascórbico), agitar y aforar. Leer después de 30 min pero antes de una hora, a una longitud de onda 882 nm.
7. Preparar una curva de calibración con patrones de 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 ppm de P.
8. Pipetear 0, 1, 2, 4, 6, 8 y 10 de una solución de 5 ppm de P a matraces aforados de 50 ml.
9. Adicionar un volumen de solución extractante de  $\text{NaHCO}_3$  0.5 M, igual a la alícuota empleada para medir en las muestras desconocidas.
10. Adicionar 5 ml de la solución reductora con ácido ascórbico, aforar.
11. Agitar nuevamente. Leer después de 30 min en las mismas condiciones que las muestras problemas.

Aplicar la siguiente fórmula:

$$P \text{ (mg Kg}^{-1} \text{ de suelo)} = \text{ml} \times V_i/p \times V_f/a$$

Dónde:

CC=  $\text{mg L}^{-1}$  de P en la solución.

$V_i$  = volumen de la solución extractora adicionada.

p= peso de la muestra de suelo seca al aire.

$V_f$ = volumen final de la solución colorimétrica a leer

a= alícuota de la muestra empleada para la cuantificación.

## CAPITULO IX

### RESULTADOS

#### 9.1 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO

A continuación, en la tabla no. 3, se muestran los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos de la caracterización de los suelos de cultivo de papa en la comunidad El Duraznal. Que corresponden en su mayoría a lo consultado en la bibliografía.

En cuanto a los análisis físicos (textura, pH, M.O., etc.) todos se discuten a continuación en el capítulo X, individualmente para detallar mejor los resultados obtenidos.

<b>Análisis</b>	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>
Densidad Aparente	1 680 000 kg/ha	2 100 000 kg/ha
Materia Orgánica	0.36 %	0.27 %
pH	6.35	6.39
Textura	Suelo Franco-Arcillosos	Suelo Arcilloso
Fósforo	44 ppm	35 ppm
Nitrógeno	224 ppm	194 ppm

Cuadro 4.- Tabla de resultados.

## CAPITULO X

### DISCUSIÓN

#### 10.1 MATERIA ORGÁNICA

Los valores de referencia para clasificar la concentración de la materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos se presenta en el cuadro siguiente:

<b>Clase</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>	
	<b>Suelos volcánicos</b>	<b>Suelos no volcánicos</b>
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 – 6.0	0.6 – 1.5
Medio	6.1 – 10.9	1.6 – 3.5
Alto	11.0 – 16.0	3.6 – 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

Cuadro 5.- Tabla de clasificación de suelos según su contenido de materia orgánica (NOM-021-RECNAT-2000).

La materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agropecuaria. Los suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas (Juárez, 2009).

Observando la tabla anterior (NOM-021-RECNAT-2000) y comparando con nuestros resultados obtenidos con el autor, se puede ver que el suelo de cultivo de papa en la comunidad El Duraznal tiene un contenido muy bajo (0,36% y 0,27%) de materia orgánica (Vázquez, 1997). Esto trae como consecuencia que el suelo este muy compactado, que exista poca retención de agua y poca respiración del suelo, además, coincide con los resultados de textura y densidad aparente, ya que presentan un suelo muy pesado y de textura arcillosa haciendo que la planta carezca de desarrollo radicular provocando tubérculos (papa) muy pequeños (Alemán, López, Martínez, Hernández, 2002).

## **10.2 DENSIDAD APARENTE**

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen ( $\text{g/cm}^3$ ). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Hakansson, 2010). Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo, sobre todo en los suelos con arcillas expandante (Taboada & Alvarez, 2008)

Los resultados de densidad aparente arrojan que es un suelo con un gran peso por unidad de volumen, esto es propio de los suelos arcillosos y con poca materia orgánica. Estas observaciones coinciden con los resultados de textura y los resultados de materia orgánica, también se sustenta con lo comentado por los autores anteriores.

## **10.3 pH**

Observando el cuadro 3 y el cuadro 2, se puede comparar nuestros resultados de pH. El pH que contiene el suelo de cultivo de papa de la comunidad El Duraznal, oscila entre 6.3 y 6.4; esto comparado con la tabla de clasificación de suelos por su pH, observamos que se encuentra en moderadamente ácido. Esto coincide con el tipo de suelo que existe en los altos de Chiapas, suelos rojos, característicos de tener un pH medianamente ácido (Cervantes, Novelo, Meza, 1991).

## **10.4 TEXTURA**

Las partículas suspendidas en el agua se asientan diferencialmente dependiendo de la cantidad de superficie por unidad de volumen. Las partículas de arcilla tienen una gran área superficial por unidad de volumen y se asientan lentamente. Mientras que las partículas de arena se asientan rápidamente debido a su baja superficie específica (Cano, 2010).

En cuanto a los análisis de textura, los resultados fueron suelos arcillosos, ya que presentan mayor porcentaje de arcilla en las muestras de acuerdo con Cano (2010).

Esto coincide con el tipo de suelos, rojo (Cervantes *et al.* 1991); el contenido de materia orgánica (Vázquez, 1997) ya que, en suelos arcillosos existe muy poca materia orgánica. También se ve relacionado con resultados de densidad aparente, que reveló un suelo con un gran peso por unidad de volumen (Taboada Y Álvarez, 2008).

## 10.5 FÓSFORO

Para garantizar la nutrición de los cultivos y asegurar sus rendimientos en cantidad y calidad se suelen emplear fertilizantes minerales. Las exigencias de sostenibilidad económica y de producción de mínimos impactos ambientales que actualmente condicionan la actividad agrícola obligan a que la aplicación de fertilizantes minerales se calcule y aplique con el máximo rigor científico y técnico (Báscones, 2003).

Estos resultados, desde el punto de vista agronómico (Báscones, 2003), junto con los de nitrógeno, son muy importantes porque revelarán si existe una sobre fertilización en los suelos de cultivo de papa de la comunidad El Duraznal y, un gasto muy importante en el bolsillo de los habitantes.

Los resultados de los análisis pueden interpretarse de forma aproximada con el siguiente cuadro:

Clase	Ppm de P
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 – 11
Alto	> 11

Cuadro 6.- Clasificación de suelos según su contenido de Fósforo (NOM-021-RECNAT-2000).

Comparando los resultados notamos algo muy importante. Debido al exceso de fertilización con 18-46-00, existe una gran concentración de fósforo en los suelos de cultivo de papa. Esto debe ser disminuido o eliminado por completo ya que puede significar un peligro para la salud. Según el autor Loayza (2009), la fertilidad del suelo está disminuyendo en algunas de estas áreas como resultados de los intentos por aumentar la producción sin prestar atención a la prevención de la erosión y al mantenimiento, o mejor, de la fertilidad del suelo; justo como sucede en la comunidad El Duraznal.

## 10.6 NITRÓGENO

Los resultados de los análisis de nitrógeno pueden interpretarse a modo del siguiente cuadro. Los datos que se presentan en él son referidos para aplicarse en estos casos.

Clase	N inorgánico en el suelo (ppm)
Muy bajo	0-10
Bajo	10-20
Medio	20-40
Alto	40-60
Muy alto	> 60

Cuadro 7.- Clasificación de suelos según su contenido de N (NOM-021-RECNAT-2000).

El nitrógeno incorporado al suelo se acumula fundamentalmente en forma orgánica. Las formas orgánicas no son asimilables directamente por las plantas, pero pueden llegar a serlo después de transformarse en nitrógeno mineral durante el proceso de mineralización (Báscones, 2003)

El contenido de nitrógeno mineral en el suelo de cultivo de papa de la comunidad El Duraznal, es muy alto y esto nos indica que existe una gran sobre fertilización, de acuerdo con Juárez (2009), por parte de los productores. Esto obliga a disminuir o eliminar completamente la fertilización por urea, ya que este compuesto contiene 46 % de nitrógeno (SAGARPA).

Existe una rotación de cultivos en estos suelos. No solo cultivan papa, sino que también, cultivan maíz y espinaca; ahora, para cada tipo de cultivo agregan porciones inexactas de urea, entonces, terminan agregando 2 veces más, fertilizantes muy nitrogenados por año, siendo que es recomendable 1 o 2 veces al año en dosis muy medidas para cubrir solo las necesidades de la planta (SAGARPA).

## **CAPITULO XI**

### **CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

Una vez hecha la discusión, y con la ayuda de nuestros asesores, se realizó realizar una conclusión de este trabajo. En los análisis, de suelos de cultivo de papa (*Solanum Tuberosum*) de la comunidad El Duraznal, se encontró lo que ya se esperaba y se tenía previsto: un exceso de fertilización con Nitrógeno y Fósforo debido a las cantidades, desmedidas y repetitivas, para la rotación de cultivo, de los siguientes fertilizantes: 18-46-00 y urea. También se encontró suelos clásicos de los Altos de Chiapas: rojos, moderadamente ácidos y arcillosos, esto dificultando la capacidad de desarrollo radicular de las plantas.

También, el poco aporte de materia orgánica que obtienen estos suelos, se ve reflejado en un suelo arcillo. Además, poca materia orgánica, hace deficiente la actividad microbiana y, también la actividad de bacterias fijadoras de CO<sub>2</sub> aprovechando al mínimo los nutrientes que un suelo tan pobre puede ofrecerles.

Las recomendaciones son disminuir la cantidad de fertilizantes químicos para, posteriormente, eliminarlos por completo ya que existe una nula orientación hacia los productores (Byron, 2010).

También se recomienda hacer uso del excremento de borrego como abono orgánico y, de esta manera, enriquecer al suelo y devolverle los nutrientes, que pierde de manera natural, al desarrollarse la planta (Byron, 2010).

## CAPITULO XI.- ANEXOS

### 11.1 CÁLCULOS

#### 11.1.1 MATERIA ORGANICA

PAPA PARCELA 1

$$\%C = \left( \frac{10,35 \text{ ml} - 9,20 \text{ ml}}{0,1 \text{ g}} \right) (0,1)(0,39)(1,0)$$

$$\%C = 0,44 \%$$

PAPA PARCELA 2

$$\%C = \left( \frac{10,35 \text{ ml} - 9,65 \text{ ml}}{0,1 \text{ g}} \right) (0,1) (0,39)(1,0)$$

$$\%C = 0,27 \%$$

#### 11.1.2 DENSIDAD APARENTE

PAPA PARCELA 1

$$35,4 \text{ g} - 27,1 \text{ g} = 8,1 \text{ g}$$

$$\delta = \frac{8,3 \text{ g}}{10 \text{ ml}} = 0,83 \text{ g/ml}$$

$$\frac{0,83 \text{ g}}{\text{ml}} / \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \left| \frac{1\ 000\ 000 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \right| = 830 \text{ kg/m}^3$$

$$\left( \frac{10\ 000 \text{ m}^2}{\text{ha}} \right) \left| 0,20 \text{ m} \left( \frac{830 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \right| = 1660\ 000 \text{ kg/ha}$$

PAPA PARCELA 2

$$37,6 \text{ g} - 27,1 \text{ g} = 10,5 \text{ g}$$

$$\delta = \frac{8,5 \text{ g}}{10 \text{ ml}} = 1,05 \text{ g/ml}$$

$$\frac{1,05 \text{ g}}{\text{ml}} / \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \left| \frac{1\ 000\ 000 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3} \right| = 1\ 050 \text{ kg/m}^3$$



$$\left( \frac{10\,000\text{ m}^2}{\text{ha}} \right) \left( 0,20\text{ m} \right) \left( \frac{1\,050\text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 2\,100\,000\text{ kg/ha}$$

### 11.1.3 TEXTURA

#### PAPA PARCELA 1

$$\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla} = \frac{(30 + (21\text{ }^\circ\text{C} - 20\text{ }^\circ\text{C})0,36)}{50\text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla} = 60,72\%$$

$$\% \text{ arcilla} = \frac{14 + (21\text{ }^\circ\text{C} - 20\text{ }^\circ\text{C})0,36}{50\text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ arcilla} = 28,72\%$$

$$\% \text{ limo} = 60,72\% - 28,72\%$$

$$\% \text{ limo} = 32\%$$

$$\% \text{ arena} = 100\% - 60,72\%$$

$$\% \text{ arena} = 39,28\%$$

#### PAPA PARCELA 2

$$\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla} = \frac{(40 + (21\text{ }^\circ\text{C} - 20\text{ }^\circ\text{C})0,36)}{50\text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla} = 80,72\%$$

$$\% \text{ arcilla} = \frac{30 + (21\text{ }^\circ\text{C} - 20\text{ }^\circ\text{C})0,36}{50\text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ arcilla} = 60\%$$

$$\% \text{ limo} = 80,72\% - 60\%$$

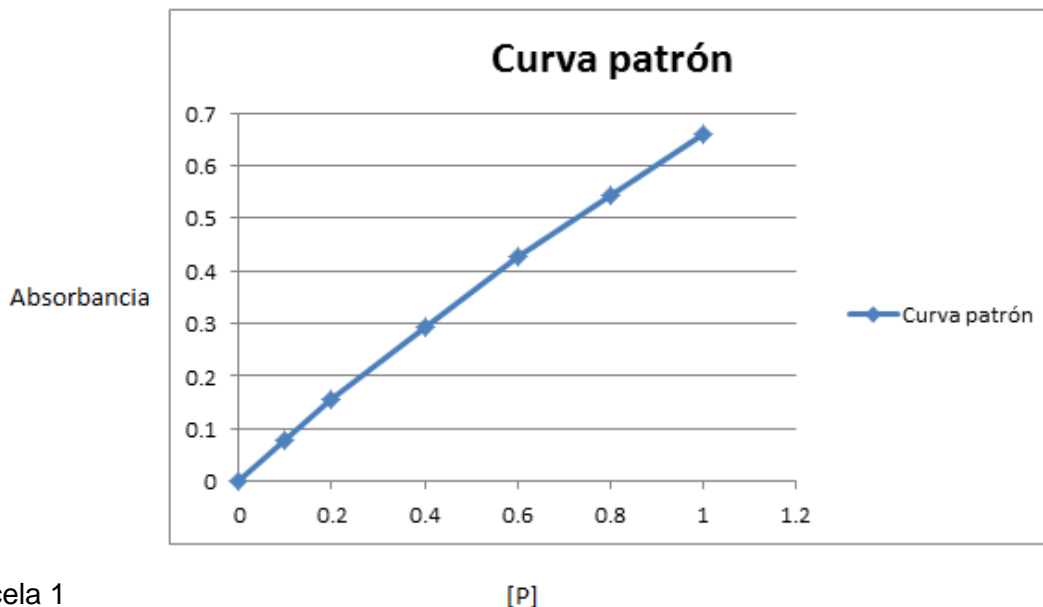
$$\% \text{ limo} = 20,72\%$$

$$\% \text{ arena} = 100\% - 80,72\%$$

$$\% \text{ arena} = 19,28\%$$

### 11.1.4 FÓSFORO

Para calcular los valores de fósforo se utilizó la siguiente gráfica y se hizo mediante el método gráfico.



Parcela 1

0,309 = 44 ppm

Parcela 2

0,229 = 35 ppm

### 11.1.5 NITRÓGENO

PAPA PARCELA 1

$$N \text{ (ppm)} = (8,77 \text{ ml} - 0,9 \text{ ml})(0,005 \text{ N})(14) \left( \frac{50 \text{ ml}}{50 \text{ ml}} \right) \left( \frac{1}{2,5 \text{ g}} \right)$$

N (ppm) = 244 ppm

PAPA PARCELA 2

$$N \text{ (ppm)} = (7,15 \text{ ml} - 0,9 \text{ ml})(0,005 \text{ N})(14) \left( \frac{50 \text{ ml}}{50 \text{ ml}} \right) \left( \frac{1}{2,5 \text{ g}} \right)$$

N (ppm) = 194 ppm

## BIBLIOGRAFÍA

ALEMÁN SANTILLA, TRINIDAD. LÓPEZ MÉNDEZ, JUAN. MARTÍNEZ VAZQUEZ, ÁNGEL. HERNÁNDEZ LÓPEZ, LORENZO. 2002 Retos de un sistema productivo indígena: Altos de Chiapas. México. LEISA. Vol. 18. No. 1, pp. 12-14.

BALLINAS AQUINO, M. L. 2008. Religión, salud y género en la comunidad de El Duraznal. México, pp. 141-167.

BÁSCONES MERINO, ELENA. 2003. Análisis de suelo y consejos de abonado. INEA. México

CANO GARCÍA, ADAN. 2010. Manual de Practicas de la Materia Edafología, pp. 33-39. México

CAMPBELL R. 2005. Ecología microbiana, México. Editorial Limusa, pp. 268

CERVANTES, EDITH.; NOVELO, LUCIANO.; MEZA, SALVADOR. 1991. La clasificación tzotzil de suelo en el paisaje cárstico de la subregión San Cristobal de las Casas, Chiapas, México. Terra. Vol.9 No. 1

CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL CULTIVO DE PAPA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. PERU. 2000.

CONN E. E., PAUL K. S., GEORGE B., ROY D. 1996. Universidad de California, Davis, Bioquímica Fundamental. Editorial Limusa, 4ª Edición, pp. 736.

DOERGE, T. KITCHEN, N.R. LUND, E.D. 1998 Guías para el Manejo del Suelo Adecuado a cada sitio. Colombia. LOGENIM S.A., pp. 1-7

FURUOKA M., 1978. The one Straw Revolution. Rodale Press. New York, pp. 181.

HERNANDEZ OSORIO. MIRANDA RUIZ RAÚL. 2009. Uso y manejo de agroquímicos en Sinaloa. México, pp. 2-5.

JUÁREZ MINERVA, FRANCO HERNÁNDEZ MARINA, JAENS CONTRERAS TERESA, ASCENCIO RASGADO VELIA PALMIRA. 2009. Manual de química ambiental. Instituto Politécnico Nacional. México.

KELLER, T.; HAKANSON, I. 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. Geoderma 154: 398-406.

NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 2002. Profepa. México.

MOSQUERA, BYRON. 2010. Manual para elaborar y aplicar abonos orgánicos y plaguicidas orgánicos. FONAG. Única Edición, pp. 3-23 Estados Unidos.

PINOT, R. H. 2000. Manual de Edafología. Ed. Computec. Chile.

POOL NOVELO, LUCIANO. CERVANTES TREJO, EDITH. MEZA DIAZ, SALVADOR. 1991. La clasificación tsotsil de los suelos en el paisaje artístico de la subregión de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. México. Terra vol 9. Num. 1, pp. 9-11.

REYES, F. 2003. Uso de fertilizantes. SAGARPA. México, pp. 1-2.

ROJAS, JULIETA. 2012. Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa.

ROMERO LIMA, Ma. DEL ROCIO. TRINIDAD SANTOS, ANTONIO. GARCÍA ESPINOSA, ROBERTO. FERRERA CERRATO, RONALD. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. México. AGROCIENCIA. Vol. 34. No. 3, pp. 261- 269.

RUBIO GUTIÉRREZ, A. M. 2010. La densidad aparente de los suelos forestales del Parque Natural los Alcornocales. Sevilla, España, pp. 18-30.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE ORGANISMOS VIVOS MODIFICADOS (SIOVM).  
CONABIO

SIFUENTES IBARRA, E.; MACÍAS CERVANTES, J.; APODACA SÁNCHEZ, M.A.; CORTEZ MONDACA, E. 2001. Predicción de la fenología de papa: Principios y aplicaciones prácticas. Colección RP. México, pp. 11-27.

TABOADA, M.A.; ALVAREZ, C.R. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

TEMPLE, S. R., SOMASCO, O. A., KIRK M. FRIEDMAN D. 1994. Conventional low-input and organic farming system compared. California agriculture, pp. 15-20.