

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL BAJO LINEAMIENTOS DE BUENAS
PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN LOS BANCOS DE
GERMOPLASMA DE *Persea americana* Y *Musa spp* EN CORPOICA,
CENTRO DE INVESTIGACIÓN-PALMIRA**



JOHANA MARINA VALENCIA ALEGRÍA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
POPAYÁN
2015**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL BAJO LINEAMIENTOS DE BUENAS
PRÁCTICAS AGRICOLAS (BPA) EN LOS BANCOS DE
GERMOPLASMA DE *Persea americana* Y *Musa spp* EN CORPOICA,
CENTRO DE INVESTIGACIÓN-PALMIRA**

JOHANA MARINA VALENCIA ALEGRÍA

**Informe final de trabajo de grado en la modalidad práctica profesional
empresarial, como requisito parcial para optar al título de Ingeniería
Ambiental**

Director

**Ing. Luis Jorge González Muñoz
Docente Dpto. Hidráulica
F.I.C.**

Codirector:

**Ing. A. Msc. Álvaro Caicedo Arana
Lider de Bancos de Germoplasma Vegetal
Corpoica C.I. Palmira**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
POPAYÁN
2015**

Nota de aceptación:

Firma del director:

Firma del jurado:

Firma del jurado:

Popayán, 13 de Abril de 2015

Dedicatoria

Dedico este trabajo de pasantía a Dios, a la virgen, a mis padres y a mi familia. A Dios y a la virgen por acompañarme en todo momento y en especial, por brindarme sabiduría y fortaleza para enfrentar los momentos más difíciles. A mis padres por su inmensa confianza en mí, por su apoyo incondicional, valioso esfuerzo y dedicación; por haber permitido que pudiera alcanzar el cumplimiento de una de mis metas y sueños, porque me han acompañado en los momentos más difíciles y buenos de mi vida, porque gracias a ellos y mi hermana aprendí que aunque en la vida se presenten obstáculos, siempre hay que seguir adelante y así algún día poder contribuir como profesional en el bienestar de mi familia y de la sociedad. A mi familia por estar tan pendientes de mí y ser el motivo por la cual lucho a diario.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por permitirme culminar con éxito el esfuerzo durante todos estos años de estudio y conocimientos, porque Él fue el motor para seguir adelante y afrontar cada momento de mi vida. Porque gracias a Él me sentía acompañada y protegida.

A mis padres:

Por ser lo más importante que tengo en mi vida, por todo su esfuerzo, apoyo y sacrificio, lo que hizo posible que uno de mis sueños fuera realidad. Para ellos todo mi amor, respeto y gratitud.

A mis familiares:

Que estuvieron tan pendientes de mí, por su valiosa ayuda, por cada una de sus oraciones. Gracias por sus palabras de aliento y confianza en mí.

A mis amigos:

Por su compañía, su cariño, su colaboración en los momentos más difíciles y por compartir conmigo una bonita amistad.

A mi director de trabajo de grado Ingeniero Luis Jorge González por su enseñanza, confianza y apoyo, gracias por todo.

A mi codirector de trabajo de grado Ingeniero Álvaro Caicedo Arana por su enseñanza y su interés en el desarrollo del presente trabajo.

En general al personal de Bancos de Germoplasma- Frutales del C.I. Palmira por su colaboración, su apoyo y calidez humana.

A la Universidad del Cauca, docentes y profesores que aportaron para el cumplimiento de mis metas y aprendizaje como estudiante y persona.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO	11
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	14
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	14
4.1.1 Información general:.....	14
4.2 LOCALIZACIÓN	14
4.2.1 Descripción del entorno.....	14
4.2.2 Descripción interna.....	15
5. MARCO TEORICO	16
5.1 GENERALIDADES DE MUSÁCEAS (<i>Musa spp</i>)	16
5.2 GENERALIDADES DEL AGUACATE (<i>Persea americana</i>)	16
5.3 ALGUNAS DEFINICIONES	17
5.4 DIAGNÓSTICO DE IMPACTOS AMBIENTALES	18
5.4.1 Valoración de significancia de aspectos ambientales.....	18
5.5 VARIABLES AMBIENTALES CON BASE A LA APLICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN BANCOS DE GERMOPLASMA	18
5.5.1 Calidad del suelo	19
5.5.1.1 Parámetros fisicoquímicos del suelo:	19
5.5.2 Calidad del agua de riego.....	22
5.5.2.1 Parámetros químicos del agua:.....	23
5.5.2.2 Parámetros microbiológicos del agua:	27
5.5.3Clima	27
5.5.4 Bioseguridad de los trabajadores	29
5.5.4.1 Sistema Globalmente Armonizado (SGA)	29
5.5.4.2 Separación de residuos según la Norma GTC 24 (2009)	30

5.6 BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) DE AGUACATE Y MUSÁCEAS	32
5.6.1 BPA en Aguacate	33
5.6.2 BPA en Musáceas	35
6. METODOLOGÍA	37
6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	37
6.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	38
6.2.1 Calidad de suelo	38
6.2.1.1 Caracterización físico-química del suelo	39
6.2.2.1 Caracterización química	40
6.2.2.2 Caracterización microbiológica	40
6.2.2.3 Índice de Calidad del Agua (ICA)	40
6.2.3 Clima	41
6.2.3.1 Balance hídrico	41
6.2.4 Bioseguridad de los trabajadores y Norma GTC 24 (2009)	42
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	43
7.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	43
7.1.1 Calidad del suelo	43
7.1.1.1 Análisis de la calidad del suelo sobre el cual crece el germoplasma de aguacate	43
7.1.1.2 Análisis de la calidad del suelo del banco de germoplasma de musáceas	46
7.1.2 Análisis de calidad del agua para riego del pozo	54
7.1.3 Análisis climático de la zona de estudio	62
7.1.4 Bioseguridad de los trabajadores y Norma GTC 24 (2009)	68
8. CONCLUSIONES	73
9. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
11. ANEXOS	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Determinación química de muestra de suelo del banco de germoplasma de aguacate.	43
Tabla 2. Determinación química de la muestra de suelo del banco de germoplasma de musáceas.	46
Tabla 3. Determinación (análisis químico) de muestras de agua del pozo o aljibe del área de frutales.	55
Tabla 4. Criterios para la caracterización de la calidad del agua de riego del pozo del área de frutales.	56
Tabla 5. Determinación analítica (análisis microbiológico), proveniente del agua del pozo o aljibe, en el área de frutales.	59
Tabla 6. Índice de Calidad del Agua de acuerdo a los resultados (ICA-NSF).....	60
Tabla 7. Clasificación del Índice de Calidad del Agua ICA propuesto por Brown ...	62
Tabla 8. Determinación de la capacidad de almacenamiento de agua en suelos del banco de germoplasma de musáceas y aguacate.....	65
Tabla 9. Balance hídrico multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.....	66
Tabla 10. Indicaciones de peligro de los principales agroquímicos y niveles de toxicidad.....	70

LISTA DE FIGURAS

Pág.	
	Figura 1. Localización geográfica del municipio de Palmira (Valle del Cauca) 14
	Figura 2. Plano del C.I. Palmira, CORPOICA, por lotes, áreas de estudio, y zonas de muestreo del suelo para los bancos de germoplasma de musáceas (campo) y aguacate (materos).....37
	Figura 3. Distribución del banco de germoplasma de aguacate.38
	Figura 4. Distribución del banco de germoplasma de musáceas plantados en campo.39
	Figura 5. Disponibilidad de elementos químicos en función del pH en suelos orgánicos444
	Figura 6. Disponibilidad de elementos químicos en función del pH49
	Figura 7. Niveles de microelementos, fósforo y azufre en el suelo durante los años 2012-2014.....533
	Figura 8. Niveles de macroelementos en el suelo durante los años 2012-2014... ..544
	Figura 9. Porcentaje de materia orgánica en el suelo durante los años 2012-2014544
	Figura 10. Cercanía de la bodega de almacenamiento de insumos agrícolas y el aljibe611
	Figura 11. Humedad relativa media multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.6363
	Figura 12. Temperaturas medias multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.64
	Figura 13. Precipitación media multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.655
	Figura 14. Balance hídrico, estación IDEAM C.I. Palmira677
	Figura 15. Vista general de la clasificación y ubicación de insumos agrícolas.68
	Figura 16. Localización de las hojas de seguridad y elementos de protección personal en la bodega de insumos agrícolas de frutales.69
	Figura 17. Pictogramas e indicaciones de peligro.....71
	Figura 18. Recipientes para la clasificación de residuos generados en la zona de frutales de de CORPOICA del C.I. Palmira.....722

INTRODUCCIÓN

Colombia es una de las cinco naciones megadiversas del mundo, con una superficie continental de 114.17 millones de hectáreas que corresponde al 0,77% del área terrestre mundial y alberga aproximadamente el 10% de las especies vegetales y animales conocidas (Dávalos *et al.*, 2003). Actualmente la biodiversidad ha sufrido cambios debido al mal uso de los recursos naturales por la sobrepoblación en la mayoría de regiones del planeta, la reforestación que conlleva efectos del cambio climático global, cada día más devastadores lo que implica que la humanidad se enfrente a una rápida desaparición de especies animales y vegetales; en especial por la importancia de la conservación y colección de los atributos de poblaciones genéticas (Sánchez, 2002).

La conservación del germoplasma vegetal es objeto de preocupación y al mismo tiempo resulta indispensable en la preservación del patrimonio de nuestra biodiversidad y así alcanzar un desarrollo sostenible, relativo a la pobreza, salud y el ambiente. Para ello es necesario que haya un buen manejo de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2014).

Las BPA ofrecen un marco de recomendaciones sobre operaciones que se deben implementar, permite una adopción uniforme y que garantice el logro de objetivos definidos referidos a la inocuidad de los alimentos y a la sostenibilidad (ICA, 2005). Estas contribuyen a que la agricultura sea más llevadera con el ambiente, en el cual se desarrollen los recursos genéticos vegetales y al mismo tiempo reducir los impactos ambientales que se puedan generar durante la conservación de estos.

El propósito de este trabajo es contribuir a la implementación de las BPA, que permitan reducir el impacto ambiental por prácticas agronómicas y fitosanitarias en la conservación de los Bancos de Germoplasma de *Musa* spp (Musáceas). Y *Persea americana* (Aguacate).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde finales de los años ochenta, las políticas ambientales y especialmente las de control de la contaminación industrial, han venido enfocándose en el tema de la producción más limpia, una estrategia de gestión que propone abordar la problemática ambiental a partir de un enfoque preventivo. Es decir, generar un producto o servicio final que sea “amigable” con el ambiente, a través de procesos que incorporen prácticas de minimización ambiental en las diferentes etapas que componen el proceso productivo (OSSA, 2009).

La falta de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la conservación de los Bancos de Germoplasma es una problemática a nivel mundial, debido a las exigencias de los mercados que cada vez buscan productos inocuos de alta calidad (Garzón, 2009). La no implementación de BPA conlleva a problemas de seguridad alimentaria, baja competitividad y productividad, deterioro de los recursos naturales y pobreza rural debido a los bajos precios de estos productos en el mercado.

Es así como el uso inadecuado de diferentes agroquímicos, pueden alterar la fauna y flora, trayendo consigo impactos negativos al ambiente. Ésta problemática no es ajena a nuestro país, es por ello que en el Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, se requiere la implementación de las BPA con el fin de alcanzar un nivel adecuado de producción que permita responder a las exigencias económicas y de calidad del mercado.

Mediante un diagnóstico se pretende visualizar el estado en el que se encuentra la organización en la zona de frutales en relación con el medio ambiente, identificando sus fortalezas, debilidades, y como sus actividades en los Bancos de Germoplasma son susceptibles a la generación de impactos ambientales. Además de la producción sostenible para el ambiente a través de la caracterización y conservación de germoplasma vegetal, con la aplicación de BPA se pretende contribuir a la seguridad de los trabajadores (Izquierdo, Rodríguez y Duran, 2007).

1.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

En el Centro de Investigación Palmira, de CORPOICA, los Bancos de Germoplasma Vegetal, se ven afectados por diferentes variables ambientales, así como por el manejo fitosanitario y agronómico en general, propiciando problemas en el crecimiento y desarrollo de las plantas conservadas en materos (*aguacate-Persea americana*) y las establecidas en campo (*musáceas-Musa spp*), por ausencia de un conjunto de principios y normas técnicas que tienden a reducir los riesgos físicos, químicos y biológicos en la producción.

2. JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento ex situ brinda un seguro cuando las plantas desaparecen en su ambiente natural, como en el caso de *Persea americana*, tiene la ventaja de proporcionar un suministro oportuno de materiales para el investigador y de hacer reposición de las variedades que han desaparecido (Ashmore, 1997). Además las condiciones del suelo van a ser muy diferentes a cuando se encuentra en campo como es el caso de *Musa* spp.

Debido al cambio climático y el calentamiento global se han convertido en las principales fuentes de peligro para la pérdida de estos recursos filogenéticos, lo que ocasiona alteración en los ecosistemas de la microfauna y la biota del suelo (Heywood y Duloo, 2005).

Las BPA conducen a que la agricultura sea ambientalmente sostenible en el cual se desarrollen los recursos genéticos vegetales, evitando la contaminación del agua, ya sea superficial o subterránea; la contaminación y erosión de los suelos y la de la atmósfera. Las BPA son consideradas por parte de los agricultores como objeto de cumplir con las leyes sanitarias y laborales vigentes en el país, destacando la seguridad y bienestar de los trabajadores.

Uno de los compromisos de las BPA es el uso eficiente del agua, relacionado con las cantidad y calidad, requerida en las diferentes labores durante la producción agrícola, la disminución de pérdidas, la protección de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, es uno de los aspectos ambientales más importantes siendo esta la principal fuente de vida para la supervivencia de las plantas (ICA, 2005).

En búsqueda de reducir los impactos ambientales que se puedan generar en la conservación de los recursos genéticos vegetales en la zona de frutales del centro de investigación Palmira y a su alrededor, este trabajo pretende contribuir a la ejecución de las BPA a fin de mantener las especies y mejorar las condiciones de producción, teniendo en cuenta que no está implementado un sistema de manejo adecuado de suelos y agua y las especies son susceptibles a cambios ambientales. Mientras con la estandarización de las BPA se permiten una sostenibilidad a largo plazo que conlleva a una producción sostenible ecológica y económicamente rentable.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar variables ambientales fundamentales en relación con el manejo y conservación de los Bancos de Germoplasma de aguacate y musáceas, generado por prácticas agronómicas y fitosanitarias sobre los recursos genéticos vegetales en el Centro de Investigación Palmira de CORPOICA.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar mediante un análisis físico-químico la calidad de variables ambientales como el suelo y el agua en que se encuentran los Bancos de Germoplasma y el pozo del cual se toma el agua para riego respectivamente.
- Caracterizar las principales variables climáticas que tienen mayor influencia sobre los bancos de germoplasma, utilizando los registros de la estación meteorológica de del IDEAM localizada en el C.I. Palmira.
- Establecer mediante el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de las Naciones Unidas la clasificación y comunicación de peligros químicos en la bodega de almacenamiento de agrotóxicos, y seguimiento en la aplicación de estos en los Bancos de Germoplasma, como parte de las Buenas Prácticas Agrícolas.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

4.1.1 Información general:

RAZÓN SOCIAL	: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- CORPOICA C.I. Palmira
NIT	: 800194600-3
TELEFONO	: 2758162/66
DIRECCION	: Diagonal a la carrera 36 A con calle 23
ACTIVIDAD ECONÓMICA	: Centro de investigación
LINEAS DE PRODUCCION	: Sector agropecuario del Valle del Cauca y del país en general

4.2 LOCALIZACIÓN

4.2.1 Descripción del entorno

La empresa se encuentra en el municipio de Palmira, se ubica en la región sur del Departamento del Valle del Cauca, sobre las coordenadas 3°31'48" de latitud norte y 76°81'13" de longitud oeste de Greenwich, a una altitud de 1.001 m.s.n.m. (Figura 1).

Figura 1. Localización geográfica del municipio de Palmira (Valle del Cauca)



Fuente: Google maps-Valle del cauca.

4.2.2 Descripción interna

El centro de Investigación Palmira de CORPOICA, está localizada en un sector urbano. Está rodeada al norte con la Universidad Nacional y la penitenciaría nacional de Palmira, al oeste con el barrio residencial Olímpico y al sur con el CIAT (Centro Internacional de agricultura tropical).

5. MARCO TEORICO

5.1 GENERALIDADES DE MUSÁCEAS (*Musaspp*)

Uno de los cultivos tropicales de gran importancia alimenticia a nivel mundial son los bananos y los plátanos, que se caracterizan por la diversidad de cultivares producidos en diversos países. Los bananos y plátanos se pueden clasificar según la lógica taxonómica en: Orden: Zingiberales, Familia: Musáceas, Género: Musa, Sección: Musa Acuminata, Musa Balbisiana. Éstos al pertenecer a la familia de las Musáceas, se encuentran entre las monocotiledóneas más altas (Nadal, 2006).

Una de las características en las musáceas es la altura y circunferencia basal del seudotallo que varían conforme la genética y generación del cultivar, entre otros. Las condiciones ambientales pueden ser otro factor que interviene en la altura y circunferencia basal del seudotallo. Al igual, que la altura del seudotallo, el tamaño y la emisión de hojas de las musáceas pueden variar de un cultivar a otro.

Por lo general, las musáceas pueden llegar a emerger de 30 a 60 hojas por cada brote de hijo. El conjunto de hojas, incluyendo las hojas de los hijos, forman el índice de área foliar. Las musáceas se han establecido en un amplio gradiente de condiciones agroecológicas.

La temperatura óptima para banano oscila entre 26 a 28°C y la máxima oscila entre 35 a 37°C (Scotet *al.*, 2006). Sin embargo, se debe considerar que temperaturas de 30 a 37°C pueden provocar un calentamiento en la hoja del banano. Referente a la precipitación, en literatura revisada se ha encontrado que 2000 mm de agua bien distribuidos durante el año es suficiente para que prospere el cultivo de banano. Sin embargo el requerimiento mínimo puede estar cerca de los 500 mm anuales (Pérez E, 2012).

5.2 GENERALIDADES DEL AGUACATE (*Persea americana*)

El aguacate es un frutal originario de México y Centro América. La especie pertenece a la clase de las Dicotiledóneas, subclase de las Dialipétalas, orden de las Ranales, familia de las Lauráceas, la cual comprende alrededor de 45 géneros y más de 1,000 especies. Del género *persea* se conocen 50 especies que tienen similitudes con el aguacate y se caracterizan porque casi todas estas especies tienen origen americano (Santos M, 2011).

El árbol de aguacate posee un crecimiento y desarrollo variado, en su hábitat natural puede existir hasta de 20 o 25 metros de altura. Su tallo es leñoso, posee un gran crecimiento vegetativo en árboles de 50 años de edad se han encontrado diámetros hasta 1,5m. Es una especie perenne de tallo aéreo, con características leñosas y follaje siempre verde, su raíz es bastante superficial, la madera se parte fácilmente (Santos M, 2011).

Las hojas son simples y enteras, de forma elípticamente alargadas y nervadura pinnada. Cuando es joven presenta un color rojizo y una epidermis pubescente; al llegar a la madurez estas hojas se tornan lisas, coriáceas y de un verde intenso y oscuro. Las ramas son abundantes, generalmente delgadas y frágiles, lo que permite que se rompan fácilmente con carga de fruta o por la acción del viento y lluvias esporádicas (Santos M, 2011).

Las raíces son superficiales dependiendo de la variedad, suelo y otras condiciones de producción. Se caracteriza por tener muy pocos pelos radicales y la absorción de agua y nutrientes se realiza principalmente en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios, esto determina la susceptibilidad que posee el árbol al exceso de humedad que induce a las asfixias y ataques de hongos que pudren los tejidos (Santos M, 2011).

5.3 ALGUNAS DEFINICIONES

La **Biodiversidad o diversidad biológica** es la variabilidad de organismos vivos de cualquier origen, incluidos entre otros los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales forman parte. Comprende la diversidad existente dentro de cada especie, entre las especies y entre los ecosistemas. Esta diversidad mantiene la capacidad de los sistemas de producción agropecuaria para responder a un amplio rango de ambientes físicos y económicos y ambientales (Suárez y Dokken, 2002).

Los **Recursos genéticos** son materiales de naturaleza biológica que contiene información genética de valor o utilidad real o potencial. En este recurso se encuentra el componente biológico indispensable para el desarrollo agrícola, es un apoyo para el sector, así como servirá de aporte a la solución de nuevos retos, como son: el cambio climático global, el uso eficiente del agua, la sostenibilidad y los biocombustibles, por lo tanto se requiere conocer su potencial, a través de procesos de valor agregado (Santaella *et al.*, 2006).

Germoplasma material genético que forma la base física de la herencia, la cual es transmitida de una generación a la siguiente, por medio de las células germinales (Santaella *et al.*, 2006).

El **Banco de germoplasma** es la colección de diversidad y variabilidad de una especie y taxa relacionados, manejada de acuerdo con un conjunto de normas y procedimientos técnicos estandarizados (Santaella *et al.*, 2006).

Accesión es el material colectado e introducido al banco de germoplasma, el cual tiene características genotípicas sobresalientes, significativo para el desarrollo de la planta, y por lo cual fue llevado de otro lugar e introducido en la planta.

Conservación corresponde al manejo, preservación y utilización adecuados de los Recursos Genéticos conocidos, de tal forma que estos rindan un beneficio sostenible para las generaciones presentes y futuras (Santaella *et al.*, 2006).

5.4 DIAGNÓSTICO DE IMPACTOS AMBIENTALES

Es el instrumento de evaluación ambiental, que se efectúa en un proyecto, industria o en cualquier actividad en el que un conjunto de variables naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado; éstas influyen en la vida del ser humano y en las generaciones futuras. Por ende, los impactos son determinados mediante sistemas de evaluación basados en muestreos y mediciones directas o bien por el uso de sistemas analógicos de comparación con eventos o entidades similares. Su objetivo es determinar las acciones correctivas necesarias para mitigar impactos adversos permitiendo dirigir las medidas adecuadas para la recuperación y conservación de la biodiversidad (Velázquez *et al.*, 2010).

5.4.1 Valoración de significancia de aspectos ambientales: Se considera que los cambios y efectos sobre el ambiente como resultado total o parcial de los aspectos ambientales pueden ser los siguientes (Pichs, 2010):

- Impactos sobre el suelo: Uso y contaminación de los suelos, erosión, deforestación.
- Impactos sobre los recursos hídricos: Contaminación de las aguas subterráneas y/o superficiales, acidificación, eutrofización.
- Otros impactos: Agotamiento de recursos naturales (fuentes de aguas subterráneas y/o superficiales), afectaciones y lesiones a los seres humanos, afectaciones a la microfauna, al paisaje, fauna y flora.
- Medio físico: Aguas Superficiales (Efectos sobre la calidad de aguas superficiales / parámetros hidráulicos de cuerpos de aguas superficiales), Suelos/ Geomorfología (Efectos sobre la calidad / integridad de suelos / geoformas), Biota (Afectación a la flora, fauna y/o procesos ecológicos)
- Medio socioeconómico : Hombre/población (Efectos sobre la salud y/o seguridad), Economía (Efectos económicos)

5.5 VARIABLES AMBIENTALES CON BASE A LA APLICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN BANCOS DE GERMOPLASMA

Las variables ambientales son factores o características del entorno, que pueden cambiar dependiendo de las situaciones en las que se encuentre, presentar formas, tipos o valores, diferentes en cada caso. Éstas proveen información para describir áreas o temas ambientales específicos y se utilizan para ilustrar y comunicar fenómenos complejos de manera sencilla, con inclusión de las tendencias en el tiempo (Ministerio de agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012).

Las variables ambientales de mayor importancia para la aplicación de las buenas prácticas agrícolas en bancos de germoplasma son: calidad del suelo, calidad del agua de riego, clima y bioseguridad de los trabajadores.

5.5.1 Calidad del suelo: El suelo es uno de los recursos naturales más importantes para la agricultura, además de ser un recurso natural no renovable, ya que de sus condiciones dependen las actividades agrícolas y el buen estado del hábitat natural para la diversidad de organismos que viven en ellos. Los aspectos de la calidad del suelo que se requieren balancear son la fertilidad, la conservación de la calidad ambiental y la salud humana.

Un suelo sano no es sólo la base de la producción de alimentos, sino que tiene otras funciones, por ejemplo, que el suelo es fundamental para la calidad de las aguas subterráneas, superficiales y la salud del ecosistema; además toma el doble de carbono del que se encuentra en la atmósfera, contribuyendo ambientalmente en la interacción entre los diferentes tipos de organismos, microorganismos en el suelo, agua y aire (FAO, 2013).

La materia orgánica contribuye a la calidad del suelo, depende no solo de la calidad de ésta sino también de la actividad de la fauna edáfica y de las condiciones medioambientales, en particular la temperatura y humedad, las cuales condicionan los procesos de mineralización y humificación mediante sus efectos sobre la actividad microbiana del suelo.

5.5.1.1 Parámetros fisicoquímicos del suelo: Algunos de los parámetros fisicoquímicos de gran interés en el suelo son:

Textura al tacto. Determina el tipo de suelo arenoso, arcilloso, limoso o franco, que proporciona la capacidad que para retener el agua, la velocidad con la que el agua penetra en el suelo o se infiltra en él. El flujo o movilidad de los nutrientes depende mucho de la actividad microbiana que inciden en la descomposición de la materia orgánica, asimismo de condiciones de pH que son de gran interés ambiental en el ecosistema del suelo.

El suelo al no contener una textura adecuada se dificulta el proceso de mineralización de tal forma que afecta la fauna microbiana.

Además de la textura, la **materia orgánica** (MO) determina mayor actividad biológica y presencia de microfauna, ayudando a retener mayor cantidad de agua. La materia orgánica es un elemento clave al incrementar la calidad del suelo, debido a que ésta se descompone por ciertos procesos naturales generando materia inorgánica, es decir se mineraliza proporcionando nutrientes indispensables para la planta y por ende influye en la fertilidad del suelo (Otiniano A., *et al* 2006).

La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo (Otiniano A., *et al* 2006). Por otro lado tiene la función de fijar los contaminantes orgánicos como los pesticidas o minerales como los metales pesados o el aluminio, facilitando la absorción de éstas sustancias peligrosas. Los pesticidas ácidos tienen muy poca adsorción, por lo tanto se concentran en la solución suelo y en las fases gaseosas, así lo anteriorestablece mayor importancia en la determinación del análisis del suelo(Otiniano A., *et al* 2006).

El pH. Es una medida de la concentración de iones hidronio (H_3O^+) en la disolución. Mide la acidez o alcalinidad de una determinada disolución. Se define como $pH = -\text{Log}(H^+)$. Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. Su medición se realiza fácilmente con un pHmetro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que, por coloración, indican el pH (Groupunitek, 2014).

Aporta información de importancia debido a que las plantas solo pueden absorber los minerales disueltos en el agua y la variación del pH modifica el grado de solubilidad de los minerales. Por ello es esencial determinar el pH ya que interviene en la disponibilidad de los nutrientes requeridos por la planta. Además el pH determina concentraciones de iones tóxicos presentes en el suelo como Al^{3+} y Mn^{2+} que en un alto contenido pueden afectar el desarrollo de la planta (Ibañez J, 2007).

Los macroelementos se caracterizan por la cantidad en la que se encuentran disponibles en el suelo e indispensables para el análisis de suelo, estos son:

Fósforo disponible. Es una medida de la capacidad que tiene el suelo para suministrar fósforo a la solución del éste. Generalmente la concentración de fósforo en la solución del suelo es muy baja. Lo importante del análisis de fósforo en el suelo es que ayuda a predecir los requerimientos de los fertilizantes fosfatados de los cultivos (Smart fertilización inteligente, 2014).

Calcio intercambiable. Es un catión de gran importancia con relación al crecimiento de la planta. Al incrementar su contenido mejora la estructura del suelo y asegura una buena aireación e infiltración en el suelo.El calcio junto con el magnesio, además del sodio y potasio, son los que predominan en el agua de drenaje y los principales cationes básicos, en los sitios de intercambio catiónico. El calcio promueve la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes. A la vez, mejora la estructura del suelo y la retención del agua (Barbosa H, 2011).

El **Magnesio intercambiable** retenido por la materia orgánica o las arcillas con propiedades de intercambio iónico, es considerado disponible para las plantas. La disponibilidad de magnesio para las plantas depende de la proporción calcio/magnesio. Si esta proporción es demasiado alta, el magnesio puede no estar disponible para las plantas y da lugar a una deficiencia de este metal. De forma similar, niveles excesivos de potasio o sodio pueden causar deficiencia de magnesio (Stanley, 2007).

Potasio intercambiable. Las plantas obtiene el potasio en forma de catión K^+ , el cual es absorbido por las raíces en la matriz del suelo o en forma disuelta, como ion intercambiable, de la solución del suelo. Cuando las plantas presentan una deficiencia de este nutriente muestran principalmente un desorden en el balance hídrico; las hojas presentan puntas secas o con los márgenes doblados, y en algunas ocasiones son más susceptibles a que la raíz se pudra (Gliessman S, 2002).

Sodio intercambiable. Al incrementar su contenido contribuye al proceso de alcalinización. Interviene en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y que contiene cantidades apreciables de sales solubles. Cuando el suelo contiene un alto contenido de sodio es suficiente para afectar adversamente las propiedades físicas y la permeabilidad (Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2000).

Los microelementos son aquellos elementos químicos presentes en el agua de riego o en el agua de suelo en concentraciones inferiores a diferencia de los macroelementos. Algunas de estos elementos son esenciales para el crecimiento de las plantas y otras en cantidades excesivas reducen el crecimiento produciendo acumulaciones indeseables en los tejidos y llegan a alterar irreversiblemente el metabolismo vegetal.

Las plantas solo necesita estos microelementos a niveles muy bajos, ya que a niveles altos se consideran tóxicos para las plantas. Par el análisis de suelo es fundamental tener en cuenta los siguientes macroelementos:

Hierro disponible. Favorece el tipo de contaminación química-biológica en el suelo. Es un metal pesado más extenso y abundante en la superficie terrestre. Debido a la facilidad con la cual reacciona, es raro encontrarlo en forma de hierro puro. El hierro se encuentra en la naturaleza en forma de minerales, compuestos principalmente por los óxidos.

Cobre disponible. Experimenta la hiperacumulación en algunas especies de las plantas, es decir la capacidad que tienen algunas plantas para concentrar metales en sus tejidos a niveles muy por encima de los normales sin presentar síntomas de toxicidad. Estas plantas hiperacumuladoras han desarrollado mecanismos internos de tolerancia a la toxicidad por metales (Stanley, 2007).

El **azufre** depende de la actividad de microorganismos en el suelo, para la calidad de la planta.

Metales como **manganeso**, cobre se acumulan preferentemente en la raíz y siempre en concentraciones superiores a las del suelo. El **zinc** aparece como un gradiente desde el suelo a las hojas aunque con proporciones muy semejantes al suelo (Ramos y Marquéz, 2002)

Si el suelo es ligeramente pobre en **boro**, esa puede ser la razón de la esterilidad. Los efectos de la deficiencia de boro en el suelo pueden ser exacerbados por la nubosidad, la escasa iluminación y la alta humedad. Estas condiciones reducen la tasa de transpiración y están asociadas con la absorción de boro del suelo (FAO).

Si el boro, el cobre y el zinc están presentes en el suelo, pueden presentar toxicidad a bajos pH.

Acidez intercambiable (AI, AI+H). Corresponde a la acidez resultante del desplazamiento con una disolución de sal neutra no tamponada como por ejemplo disolución de KCl. En un suelo las especies que contribuyen a la acidez intercambiable son aquellas especies ácidas que ocupan posiciones de intercambio en la fase sólida del suelo, y que por tanto pueden ser desplazadas cuando se valoran con una disolución de catión a concentración suficientemente alta (Domènech y Peral, 2006).

Conductividad eléctrica (C.E). La conductividad eléctrica es diferente para cada tipo de suelo. Se define como la capacidad de un medio o espacio físico de permitir el paso de la corriente eléctrica. Para conocer la conductividad eléctrica de un suelo, es necesario ponerlo en suspensión acuosa y medirla con un conductímetro (De La Rosa, Teutli y Ramírez, 2007).

Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE). Es una medida de la cantidad de cargas negativas del suelo en *meq/100g*, corresponde al número total de posiciones intercambiables. Debe considerarse como una constante condicional, ya que puede variar con las condiciones del suelo, como el pH (Stanley, 2007).

La magnitud de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo relevante, para muchas de sus propiedades, pues determina la retención y al mismo tiempo la accesibilidad de nutrientes para la vegetación, contribuye a la capacidad tamponante del suelo (Domènech y Peral, 2006).

5.5.2 Calidad del agua de riego:La calidad de agua para irrigación está determinada por el contenido de sales, en cuanto a la cantidad y el tipo de sales que la constituyen. El agua de riego puede llegar a crear o corregir suelos salinos

o alcalinos. La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para los cultivos, es decir la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua; lo que puede generar deshidratación afectando el crecimiento de la planta, además de que dependiendo la clase de sales disueltas alteran y modifican el desarrollo de la estructura del suelo, reduciendo su infiltración (Pérez, 2011).

En los países en vía de desarrollo, muchas veces el agua utilizada para riego representa el 95% del total de usos del agua, y juega un papel esencial en la producción y seguridad de los alimentos (Lenntech, 2014).

El agua es un factor clave en todas las actividades que se realizan en la agricultura. Debido a que esta demanda grandes cantidades de agua en la realización de sus actividades es necesario que el agua sea de buena calidad, determinante para la producción, mantenimiento de la productividad del suelo de manera sostenible y protección del ambiente. Para ello la utilización del agua subterránea es de gran importancia para satisfacer las necesidades en el desarrollo sostenible en los bancos de germoplasma (Ortiz y Martínez, 2000; Chaparro, 2004).

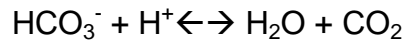
El agua subterránea (pozo profundo) es una de las principales medidas para la extracción de agua que satisface la demanda para riego. El pozo profundo es percibido como menos vulnerable a la contaminación debido a la capacidad de filtración natural del suelo de la subsuperficie y de la distancia que los microorganismos tendrían que recorrer para alcanzar la fuente subterránea. Sin embargo, los pozos en áreas rurales son susceptibles a la contaminación debido a la poca profundidad, escaso mantenimiento y pueden estar cerca de áreas con cargas de heces humanas o de animales (Valenzuela *et al.*, 2009).

La contaminación del agua puede ocurrir naturalmente o como resultado de las actividades antropogénicas. Algunos de los contaminantes que pueden estar en mayor cantidad son los residuos de los animales, las sales en el agua de irrigación y todos los diferentes compuestos químicos, aplicados a los cultivos.

La presencia de ciertas bacterias son indicadores de contaminación microbiológica por material fecal o materia orgánica. Ciertos patógenos pueden afectar los cultivos regados, deteriorando su crecimiento y desarrollo y el riesgo de la salud pública por la ingesta de alimentos (USEPA, 2004). Los microorganismos más usados como indicadores de calidad sanitaria son los coliformes totales y coliformes fecales. Entre mayor sea la concentración de patógenos en el agua mayor es la probabilidad de enfermedades en humanos (Silva *et al.*, 2004).

5.5.2.1 Parámetros químicos del agua: La calidad del agua de riego se determina por los siguientes parámetros químicos:

Acidez (pH): Según los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola la solución de riego debe tener un pH óptimo de 4,5-9,0 de acuerdo al **Decreto 1594 de 1984**. 13Depende principalmente de la concentración del ión bicarbonato presente en el agua de riego. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



De esta forma, el ión bicarbonato actúa de tampón amortiguando los cambios de pH del agua de riego, y cuando su concentración es elevada, se precisa mayor cantidad de ácido para su neutralización y ajuste del pH al valor deseado.

- **Iones que afectan la calidad de agua de riego**

En las aguas usadas para riego predominan los cationes calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), y sodio (Na^+) y los aniones carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^-), fosfatos (PO_4^{3-}) y microelementos como hierro y boro (García, 2012).

Calcio (Ca^{2+}): Juega un importante papel en la vida de las plantas, ya que interviene en el crecimiento de las raíces, proporciona una mayor consistencia en los tejidos y participa en la actividad enzimática. La deficiencia de calcio puede provocar clorosis y detiene el crecimiento de las raíces. Con el boro forma complejos de boratos cálcicos poco solubles.

Magnesio (Mg^{2+}): Forma parte de la clorofila, por lo que interviene en la formación de hidratos de carbono, aumenta la resistencia de la planta a un medio adverso y facilita la fijación del nitrógeno atmosférico. Cuando falta este elemento hay un amarilleo de las hojas y las hace menos resistentes.

Potasio (K^+): Regula las funciones enzimáticas de las plantas e interviene en la fotosíntesis. Su deficiencia se manifiesta en la planta por un retraso en el crecimiento y origina una reducción de la cosecha en cuanto a cantidad, calidad y conservación. Si la planta absorbe mucho potasio origina deficiencias de magnesio y calcio.

Sodio (Na^+): Tiene la característica de que puede sustituir al ión Calcio y magnesio en el complejo arcillo-húmico y el terreno puede perder su estructura, haciéndose impermeable, llegando a quedar como una pasta.

Carbonatos (CO_3^{2-}): Se presentan en algunas aguas, dado que los carbonatos de calcio y magnesio son relativamente insolubles, es probable que los cationes que se asocian a las masas de agua que tienen un alto contenido de carbonatos sean los de sodio y quizá una pequeña cantidad de potasio (Palacios *et al.*, 2010).

Alto contenido de carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) y bicarbonato (HCO_3^-) aumenta el índice de RAS (sobre $>3\text{-}4\text{meq/L}$ o $>180\text{-}240\text{mg/Lmeq/L}$).

Bicarbonatos (HCO_3^-): Abundan en las aguas naturales. No existen en la naturaleza, excepto en solución. Los bicarbonatos de sodio y potasio pueden existir en forma de sales sólidas. El bicarbonato de calcio y magnesio solo existen en solución. Los iones de bicarbonato de la solución del suelo precipitan el calcio a medida que el suelo se seca. Este proceso remueve el calcio de la arcilla y deja el sodio en su lugar. De esta manera un suelo en el que predomina calcio tiene la capacidad de convertirse en un suelo sódico mediante el uso del agua de riego con un alto contenido de bicarbonato (Palacios *et al.*, 2010).

Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$): Abunda en la naturaleza. El sulfato contribuye al contenido total de sales. Cuando se riega con aguas con alto contenidos en sulfatos, hay limitaciones en el desarrollo radicular y en la producción, que se agrava con la utilización de abonos ricos en sulfatos. El límite de tolerancia admitido es de 0.3 g/L .

Cloruros (Cl^-): El cloro existe en forma de cloruros en todas las aguas naturales. Cuando alcanza altas concentraciones es tóxico para algunas plantas, ya que las concentraciones superiores a $0,5\text{g/L}$ se consideran peligrosos en la mayoría de los suelos. Todos los cloros son solubles y aumentan el contenido de salinidad en los suelos. La presencia de cloruros favorece la clorosis, afectando la condición fisiológica de las hojas de las plantas cambiando su coloración de un verde pálido a amarillo, esto también se debe a la deficiencia de nutrientes como hierro, magnesio y nitrógeno y puede degenerar en necrosis de los bordes de la hoja.

Fosfatos ($\text{PO}_4^{=}$): Interviene en los procesos de crecimiento y de síntesis de los componentes de las plantas. Su deficiencia ocasiona un desarrollo débil de la planta, siendo las alteraciones por exceso no suelen darse en la práctica aunque puede presentar deficiencias de hierro en la planta.

Hierro (Fe): Es un elemento traza esencial para el crecimiento de las plantas. En ocasiones en que se presentan altas concentraciones de este elemento tienden a producir diversos efectos como acumulaciones en los tejidos, reducciones en el crecimiento, quemazones y muerte de las plantas (García, 2012).

Boro (B): Esencial para las plantas requerido en cantidades muy pequeñas (< 5 ppm en el suelo) (García, 2012), el cual en exceso puede llegar a ser muy tóxico para las plantas sobrepasando su concentración a 2 mg/L . Es necesario manejar con cuidado la aplicación de aguas de riego ricas en este elemento (García, 2012). Este efecto pernicioso se acentúa en el riego por aspersión, puesto que ataca directamente a las hojas. Sin embargo es esencial para el desarrollo de las plantas, ya que ayuda a la formación de la pared celular.

- **El origen de las sales disueltas en el agua de riego**

La principal fuente natural de las sales minerales en el agua es la erosión de las rocas y minerales. Otras fuentes secundarias incluyen la deposición atmosférica de sales oceánicas (sales en el agua de lluvia), el agua salina de las aguas subterráneas y el aumento en la entrada de agua de mar en los acuíferos de las aguas subterráneas. Productos químicos de fertilizantes, que lixivian a las fuentes de agua, también pueden afectar a la calidad del agua de riego.

El contenido de sales en el agua se expresa a través de la conductividad eléctrica (C.E), sólidos totales disueltos (TDS), dureza y relación de adsorción de sodio (RAS), algunas definiciones son:

Conductividad eléctrica (C.E): Se refiere a la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua. Expresa la concentración total de sales solubles contenidas en el agua. Cuanto más elevada sea la conductividad mayor será el contenido en sales (Olías *et al.*, 2005).

En un análisis de agua al sumar el contenido de los aniones y cationes se tendría una idea aproximada del contenido total de sales disueltas. Aguas de menos de $1,2 \text{ mS/cm}$ o $1200 \text{ }\mu\text{S/cm}$ no suelen plantear ningún problema, por el contrario aguas con una conductividad por encima de $2,5 \text{ mS/cm}$ o $2500 \text{ }\mu\text{S/cm}$ no son aconsejables para riego (Olías *et al.*, 2005).

Sólidos totales disueltos (TDS): es la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de calidad del agua. Los TDS se clasifican como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. La elevada concentración de TDS proporciona al agua turbidez, y en los seres humanos puede experimentar irritación gastrointestinal. La concentración de sales en la mayoría de las aguas de riego es menor de 100 mg/L pero las aguas subterráneas pueden tener valores de TDS mayores (García, 2012).

Dureza: Un índice que se suele encontrar en los estudios de aguas es el grado de dureza, que se refiere al contenido de calcio y magnesio en aquellas. En general, las aguas muy duras son poco recomendables en suelos fuertes y compactos.

Relación de adsorción de sodio (RAS): Es el parámetro que indica la cantidad de sodio en el agua de riego, en relación con el calcio y el magnesio. El calcio y el magnesio tienden a contrarrestar el efecto negativo de sodio. Altos niveles de SAR podrían resultar en un daño de la estructura del suelo y en problemas de infiltración de agua. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire.

5.5.2.2 Parámetros microbiológicos del agua: Es indispensable en la determinación del análisis de la calidad del agua de riego por ser indicadores ambientales; estos son:

Coliformes totales: Son un grupo de microorganismos que se encuentran comúnmente en el suelo, aguas sobre la superficie y en las plantas, que tienen ciertas características bioquímicas en común y que son de mucha importancia como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos. Usualmente estas bacterias son arrastradas por la lluvia sobre el suelo a través de escorrentía que se infiltran llegando finalmente a los sistemas de agua subterránea (División de Salud Pública de Carolina del Norte, 2009).

Las coliformes fecales son microorganismos considerados como termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas muy elevadas. Este subgrupo se diferencia de las coliformes totales por la característica de crecer y reproducirse a temperaturas superiores. La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. También pueden reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua.

Como subgrupo principal de las coliformes fecales, se comprende principalmente *Escherichiacoli*.

EscherichiaColi: Es una bacteria de origen fecal. Este tipo de bacteria se encuentra en grandes cantidades en los intestinos de las personas y los animales de sangre caliente y es el verdadero índice de contaminación fecal. La presencia de estos organismos indica que alguna fuente hídrica está contaminada con excremento o un alto riesgo de organismos que pueden causar enfermedades (División de Salud Pública de Carolina del Norte, 2009).

La temperatura óptima de crecimiento del microorganismo se encuentra en un intervalo de 10 a 40 °C. Su pH de crecimiento es de 7,0 a 7,5 con un pH mínimo de 4,0 y un pH máximo de 8,5 (División de Salud Pública de Carolina del Norte, 2009).

Las bacterias entéricas son otro grupo de microorganismos que habitan generalmente en el intestino de los animales y dentro del cual pertenecen las *Salmonellas*, las *Escherichias* y *Campylobacte*, que compiten con la microflora del suelo por los nutrientes disponibles, lo cual puede ser un factor importante en su reducción (Gamboa *et. al*, 2007).

5.5.3Clima: La variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima es el principal factor que explica la variabilidad de la

producción agrícola, además del crecimiento y conservación de los bancos de germoplasma vegetal, lo que a su vez constituye uno de los factores principales de la falta de seguridad alimentaria y afectación y un gran impacto sobre la producción agrícola (Altieri y Nicholls, 2009).

El riego constituye una estrategia en el manejo de riesgos climáticos, que para tanto para el aguacate y para musáceas, las bajas temperaturas, pueden dañar las hojas y frutos y en casos extremos el árbol. Las altas temperaturas acompañadas de baja humedad durante la floración y formación del fruto, pueden disminuir la producción (Restrepo *et al.*, 2012).

Las variables climatológicas de importancia en bancos de germoplasma de aguacate y musáceas son:

- **Temperatura**

La temperatura afecta la tasa de desarrollo de la planta a través de sus distintas fases, la producción de hojas, tallos y otros componentes. Todos los procesos fisiológicos de la planta ocurren más rápidamente a medida que la temperatura aumenta entre una temperatura base y una temperatura óptima. Con temperaturas altas el cultivo necesitará más insumos (nutrientes, agua, radiación solar) para poder mantener su nivel de metabolismo. Para evitar pérdidas importantes de rendimiento a medida que aumente la temperatura, el manejo del cultivo deberá ser cada día más preciso; se pueden obtener buenos rendimientos compensando el efecto de las altas temperaturas con un óptimo suministro de agua y de nutrientes (FAO, 2013).

- **Humedad relativa (HR)**

Es la relación entre el contenido de vapor de agua del aire y la cantidad de vapor de agua que el aire puede retener a esa temperatura. Un ejemplo claro es que cuando la humedad relativa es 100%, el aire está saturado con vapor de agua, a ese nivel el vapor de agua se condensa para formar llovizna, niebla y nubes. La humedad relativa puede cambiar mediante fluctuaciones en la temperatura. Por ejemplo una reducción en la temperatura en la mañana o en la noche, puede llevar la humedad relativa al 100%, permitiendo formar gotas de agua y caer como rocío. Cuando ocurre esta condensación a esa temperatura se llama punto de rocío (Gliessman S, 2002).

- **Precipitación**

Es un fenómeno meteorológico que ocurre como producto de la condensación del vapor de agua generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación. En este punto las gotas de agua aumentan su tamaño de tal manera que caen por

la fuerza de gravedad. La precipitación puede presentarse en forma de lluvia, llovizna, granizo y granizo.

Una precipitación pluvial irregular o insuficiente puede ser una seria limitación para la producción agrícola, causando bajos rendimientos del cultivo. Esto es especialmente cierto en tierras secas, donde los niveles de productividad son generalmente muy bajos. En la mayoría de los casos, se puede hacer mucho para mejorar la eficiencia del uso de la precipitación. La Agricultura de conservación es una manera de mejorar el manejo de la humedad del suelo (Benites y Castellanos, 2003).

5.5.4 Bioseguridad de los trabajadores: La bioseguridad es la calidad de que la vida sea libre de daño, riesgo o peligro. Abarca la gestión de riesgos asociados a los alimentos y sostenibilidad de la agricultura, incluso los riesgos ambientales pertinentes (incluida la biodiversidad) especialmente en la afectación al ser humano (Zamudio, 2007).

La bioseguridad es un requisito fundamental para conseguir los objetivos establecidos en el marco estratégico para la FAO (Zamudio, 2007).

Uno de los sistemas que promueven el buen manejo y clasificación de sustancias químicas es el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), especialmente en los riesgos ambientales que se podrían evitar tanto para el entorno es decir en BG como para el individuo.

5.5.4.1 Sistema Globalmente Armonizado (SGA): El (SGA) ofrece la alternativa de poner en común un sistema de clasificación y etiquetado que en conjunto con las hojas de seguridad facilite la comprensión de los peligros de las sustancias químicas, aportando información técnica y comunicación de peligros relacionada con la clasificación pertinente a la salud, el medio ambiente y los peligros físicos. Es una iniciativa no vinculante con alcance internacional, promovida por la Organización de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente – ONU, adaptada en el 2002 (Méndez, 2014).

El empleo de productos químicos para mejorar la calidad de vida es una práctica difundida en todo el mundo. Sin embargo, a pesar de que estos productos pueden ser beneficiosos, también pueden presentar adversos para los seres humanos o el medio ambiente. Por esta razón, muchos países y organizaciones han desarrollado a través de los años leyes o reglamentos que requieren la transmisión de información necesaria, mediante etiquetas y hojas de seguridad (HDS) a los usuarios de los productos químicos.

La información permite a los usuarios de estos productos la identificación de los mismos y de sus peligros, así como la adopción de las medidas de seguridad apropiadas para su utilización (ONU, 2013).

Los criterios de clasificación son los siguientes:

- Peligro ambiental: ambiente acuático.
- Peligro físico: explosivos, inflamables, gas comprimido y corrosivos.
- Peligro para la salud: tóxicos, corrosión cutánea, irritantes y peligro por aspiración.

El proceso de clasificación de sustancias químicas se realiza mediante la identificación de los datos que implican la existencia de efectos significativos del producto químico sobre la salud o el medio ambiente. Una vez obtenidos, se establecerá una relación de peligros asociados a la sustancia se clasificará como peligroso o no, determinando su grado de peligrosidad de acuerdo con los criterios convenidos (Méndez, 2014).

- **Comunicación de peligro**

Se incorporan los principios de armonización y normalización de los instrumentos de notificación de riesgos, palabras de advertencia (atención y peligro), pictogramas e indicación de peligro (criterios de clasificación) y contenido de las hojas de datos de seguridad de los productos químicos (ONU, 2013).

La hoja de seguridad debe contener información sobre la sustancia (composición, peligro físico, químico y toxicológico), información sobre medidas de protección y prevención a lo largo de todo el proceso productivo y aquellas medidas a tomar en caso de accidente (derrames o incendios). Estas, deben estar disponibles en el caso de preparación de una mezcla de diferentes productos que contengan cualquier sustancia peligrosa como componente (ONU, 2013).

- **Categorías toxicológicas**

Las categorías toxicológicas se clasifican en los siguientes colores, característicos del nivel de toxicidad de productos químicos:

- Rojo: Ia Extremadamente peligroso-Muy tóxico
Ib Muy peligroso-Tóxico
- Amarillo: II Moderadamente peligroso –Nocivo
- Azul: III Ligeramente peligroso-Cuidado
- Verde: IV Sin peligro en el uso-Precaución

5.5.4.2 Separación de residuos según la Norma GTC 24 (2009)

Es una norma técnica Colombiana de Gestión ambiental de residuos sólidos y una guía para la separación en la fuente.

La separación en la fuente permite:

- Un manejo integral de los residuos sólidos, obteniendo así una mejor calidad de los residuos optimizando su aprovechamiento o disposición final.
- La separación garantiza la calidad de los residuos aprovechables y facilita su identificación mediante colores y símbolos. Una vez realizada esta separación se sugiere llevar a cabo una recolección selectiva de los residuos seleccionados.
- Recuperar material para reincorporar al ciclo económico y productivo en forma eficiente por medio de la reutilización, reciclaje, incineración con fines de generación de energía, compostaje.
- Obtener un mejor resultado ambiental en las diferentes fuentes de generación: comercial, institucional y de servicios.

Los beneficios de la separación de residuos sólidos son:

- Reducción de contaminación (quema, lavado, reutilización).
- Cumplimiento con la normatividad ambiental (GTC 24)-Dto. 2269-1993.
- Hábitos saludables (prevención).
- Eficiente aprovechamiento del producto.
- Empleo para la región.

Generadores: persona que produce residuos sólidos derivados como: comerciales, institucionales y de servicios.

Gestión Integral de residuos: conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, comercialización y disposición final.

Los recipientes, contenedores dependen de las características y tipos de residuos, frecuencia y espacio disponible para ellos. Lo importante es que sean impermeables, livianos para que se facilite su transporte y que se reduzca el impacto sobre el ambiente y la salud del ser humano.

La simbología y los diferentes colores permiten la identificación de materiales y residuos para la separación de estos. Como son:

- Color verde: residuos biodegradables (materia orgánica, envolturas, colillas de cigarrillo y papel higiénico).
- Color azul: residuos reciclables (envases no retornables, desechos y bolsas plásticas).
- Color gris: residuos reciclables (papel y cartón limpio, seco y no arrugado).

- Color rojo: residuos peligrosos (insumos agrícolas, reactivos, contenedores presurizados y aceites usados)

5.6 BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) DE AGUACATE Y MUSÁCEAS

En Colombia la implementación de las BPA garantizan que los productos de consumo humano, cumplan los requisitos mínimos de inocuidad de los alimentos, seguridad de los trabajadores y sostenibilidad ambiental, contribuyendo a proteger la salud de los consumidores y garantizar el comercio de la fruta (Cano, Arias y Tobón, 2004).

Las BPA presentan ventajas como mejora en las condiciones tanto físicas, económicas y humanas, registro de todas las labores que se realizan, mejoras en las condiciones de vida de las personas, utilización de todos los recursos existentes para disminuir costos, utilización racional y oportuna de los pesticidas, dar un buen uso y protección a los recursos naturales como son el suelo, agua entre otros.

Con la implementación de BPA se busca que los productores estén en condiciones de competir favorablemente en los mercados Nacionales e Internacionales, ofreciendo frutas de muy buena calidad y presentación, lo que garantiza sostenibilidad en el mercado (Cano, Arias y Tobón, 2004).

Teniendo en cuenta la diversidad de productos y de prácticas agrícolas, las medidas que se recomiendan deberán ser adaptadas de acuerdo con las condiciones particulares de cada unidad de producción, para que sean más efectivas de reducir el riesgo de contaminación química, física y biológica (Jiménez *et al.*, 2009).

Los problemas de contaminación ambiental, la degradación del suelo, junto a los problemas de salud de los trabajadores agrícolas, hacen que se tengan que cambiar, para beneficios de todos, ciertos hábitos o costumbres de trabajo en el campo (Ureña, 2009).

El manejo de agroquímicos por parte de quienes lo manipulan, debe realizarse teniendo siempre en cuenta la seguridad de las personas que están constantemente cerca de ellos. Se recomienda (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009):

- Usar guantes que ofrezcan protección adecuada contra el producto químico que se está utilizando.
- La ropa debe ser lo más confortable y adecuada minimizando el contacto con la piel (Jiménez *et al.*; 2009).
- Utilizar tapa boca o máscara respiradora que filtre los vapores de ciertas sustancias tóxicas, si lo indica la etiqueta del producto.

- Tener siempre a disposición del operario todos los elementos de protección personal como overol, botas, careta o gafas y gorra árabe.

5.6.1 BPA en Aguacate

- **Manejo del sustrato del suelo**

Las técnicas en BG que se empleen deben minimizar la erosión del suelo. Las técnicas de labranza promueven la aireación del suelo y con ella la descomposición de la materia orgánica. Para reducir los riesgos de degradación del suelo por erosión se aplica materia orgánica, abonos verdes, riego, etc. (Jiménez *et al.*, 2009).

- **Desinfección del suelo**

En el caso de tener que fumigar el suelo, el productor debe estar en condiciones de justificar por qué realiza esta labor, para lo cual debe registrar las aplicaciones considerando localización, fecha, producto comercial, etc. El productor debe conocer las implicaciones y peligros de la fumigación del suelo. Sin embargo el uso de variedades resistentes, uso del vapor, agua hirviendo, esterilización, etc, son otras alternativas que no afectan tanto a los operadores como al ambiente (Jiménez *et al.*, 2009).

- **Empleo de fertilizantes**

Se debe desarrollar un plan de cuidados para evitar la pérdida de nutrientes del suelo. La aplicación de fertilizantes se debe basar en los análisis del suelo del BG. Este análisis se debe basar en las ofertas de nutrientes (suelo y agua) y las demandas (curvas de extracción de nutrientes para cada recurso genético vegetal). Los datos deben ser calibrados en función de las condiciones del suelo y clima y luego definir el plan de fertilización; todo esto para determinar la cantidad de nutrientes, las fuentes y el momento de aplicación de fertilizantes para obtener mayor eficiencia (Jiménez *et al.*, 2009).

Los nutrientes como el nitrógeno, sufren transformaciones en el suelo, lo que determina su disponibilidad en cada recurso genético vegetal y su capacidad de almacenamiento. Esta característica es importante ya que se puede perder fácilmente por medio de escorrentías o como gas en el aire.

Todo fertilizante adquirido debe estar acompañado de su etiqueta que demuestre el contenido de nutrientes, y al igual que en la desinfección del suelo se deben registrar todas las aplicaciones de fertilizantes foliares y al suelo (Jiménez *et al.*; 2009).

- **Almacenamiento de fertilizantes**

Las instalaciones de almacenamiento deben contar con áreas separadas para plaguicidas y fertilizantes. Ambas deben estar fuera del alcance de factores climáticos. También deben estar localizados a 15 m de distancia de otras instalaciones o viviendas y que no presente menor riesgo de contaminación de fuentes hídricas (Jiménez *et al*; 2009).

Para el almacenamiento de fertilizantes deberán ser capaces de retener cualquier derrame que se produzca. Las paredes, techos y pisos deberán ser de material impermeable. Además que ningún alimento ni semillas se podrá ingresar en estas instalaciones (Jiménez *et al*; 2009).

- **Manejo de riego**

Para un buen uso del agua se debe calcular la necesidad de agua teniendo en consideración la necesidad real de los BGV y variables como la precipitación, la evapotranspiración y condiciones del suelo.

El mal empleo del agua puede causar problemas en la calidad del producto, maduración adelantada y que por ende puede influenciar la incidencia de plagas y/o enfermedades, que condicionará la caída del fruto entre otras (Jiménez *et al*; 2009).

El agua es un recurso que mundialmente se está escaseando, así que es imprescindible unas BPA porque evitara los problemas anteriores y un mal uso del recurso hídrico (Jiménez *et al*; 2009).

Los pasos que se requieren para la programación de riego son:

- Determinar las características de retención de suelo para incorporarlas al análisis del balance de agua y expresarla en mm o Litros/ha.
- Conocer la profundidad de enraizamiento, y las aptitudes del sistema de riego para hacer llegar el agua a esta profundidad.
- Calcular el balance de agua para mantener el nivel de humedad almacenada en el suelo.
- Verificar los niveles de humedad con ayuda de tensiómetros u otros medios de medición.

Para el método de riego se debe fomentar en el uso del sistema práctico y distribución del agua. El sistema de riego por gravedad es el más práctico y económico que existe, porque otros sistemas no son factibles debido al alto costo y factores de seguridad (Jiménez *et al*; 2009).

Debido a la tendencia de escasez de agua dulce a nivel mundial se debe considerar un plan de manejo de agua para optimizar su uso. El operario se encargará de tomar un registro de la cantidad de agua aplicado al BG, metros cúbicos, horas, para permitir una estimación del total de agua que es consumida para determinado BGV).

También se deberá realizar un análisis microbiológico de agua en el canal de riego que alimenta las plantas, de igual forma si existe un pozo que sea utilizado para este fin, por lo que son susceptibles a ser contaminados (Jiménez *et al*; 2009). Debido a que la mala calidad del agua puede ser fuente directa de contaminación o producción de enfermedades, es de importancia que se le dé un uso adecuado (Jiménez *et al*; 2009).

5.6.2BPA en Musáceas

- **Manejo del agua**

El agua en el BG de Musáceas se utiliza para varios fines: preparación de mezclas con agroquímicos, lavados de utensilios, aseo personal y de las instalaciones del BG. En él por lo general no se usa agua para riego, a menos que se presente un verano excesivo (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009).

Es importante hacer un análisis microbiológico del estado del agua que se va a utilizar, para evitar contaminación del BG con microorganismos patógenos, principalmente de origen fecal o con sustancias indeseables, tales como jabones, detergentes, metales pesados o residuos de agroquímicos (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009).

- **Manejo del suelo**

- Utilizar suelos libres de plagas que afecten el BG de Musáceas.
- Los suelos para el BG de Musáceas deben ser sueltos, profundos con buen drenaje, buen contenido de materia orgánica y buena retención de humedad.
- Las recomendaciones nutricionales y de fertilización se deben hacer con base en los análisis de suelos y la correcta interpretación para evitar aportes, excesos o defectos (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009).
- Las inundaciones son perjudiciales en el BG de Musáceas, destruyendo un alto porcentaje de raíces funcionales; por lo tanto es necesario hacer una buena selección del terreno y diseñar un adecuado sistema de drenaje que permita evacuar el agua subterránea y superficial (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009).
- Establecer coberturas muertas (mulch), para evitar la pérdida de suelos por escorrentía (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009).

- La preparación del suelo se debe hacer adecuadamente, usando implementos agrícolas que no alteren la estructura del suelo como arados de cincel y subsoladores, impidiendo la erosión, pérdida del suelo, fertilidad y capacidad productiva del terreno (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009).

- **Manejo de agroquímicos**

En los BG de Musáceas se debe prestar especial atención a los agroquímicos utilizados en el control de insectos, enfermedades y malezas, buscando que su uso no afecte la salud de las personas que elaboran en éste (Moreno, Candanoza, y Olarte, 2009).

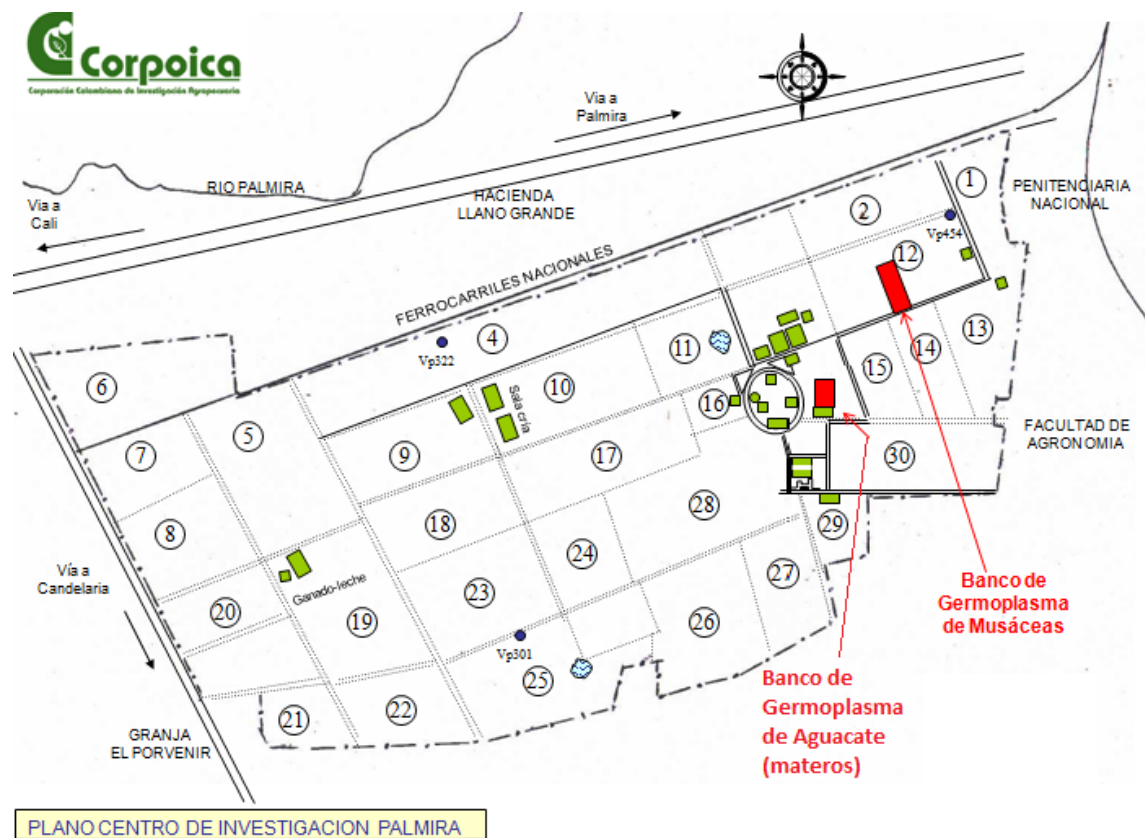
- Los productos deben estar siempre en sus envases originales y su etiqueta debe permanecer intacta y legible, a fin de no cometer errores en el momento de su aplicación.
- Todos los productos que tengan prohibición de uso en Colombia se deben eliminar del inventario y retirar de la bodega de plaguicidas.
- Las bodegas de almacenamiento de plaguicidas deben permanecer siempre cerradas y el acceso restringido a personas no autorizadas.
- Verificar fecha de vencimiento al momento de la compra.
- El manejo de agroquímicos debe ser racional, protegiendo las fuentes de agua, recursos fauna y flora y la salud de las personas que se involucren en la actividad.
- Los trabajadores encargados de la aplicación de plaguicidas deben recibir capacitaciones, como mínimo una vez por año en el manejo adecuado de estas sustancias.

6. METODOLOGÍA

6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente estudio se desarrolló en los bancos de germoplasma de aguacate y musáceas de CORPOICA C.I. Palmira, ubicados en el departamento del Valle del Cauca, a 1001 m.s.n.m, con una temperatura promedio anual de 24°C, precipitación media anual de 1197,71 mm, humedad relativa de 76%. Las coordenadas geográficas del banco de germoplasma del musáceas son: 3°31'48" de latitud norte y 76°19'13" de longitud oeste; así mismo, las coordenadas del banco de aguacate son: 3°30'45,3" de latitud norte y 76°18'53,2" de longitud oeste (Figura 2).

Figura 2. Plano del C.I. Palmira, CORPOICA, por lotes, áreas de estudio, y zonas de muestreo del suelo para los bancos de germoplasma de musáceas (campo) y aguacate (materos).



Fuente: Centro de Investigación Palmira

6.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Para los BGV *Persea americana* y *Musa spp*, se evaluaron variables ambientales, relacionadas con la calidad del suelo (textura, pH, acidez intercambiable, M.O. macroelementos, microelementos, CE y CICE), calidad del agua de riego (pH, cationes, aniones, minerales, contenido de sales y análisis microbiológico), clima (temperatura, precipitación y humedad relativa), bioseguridad de los trabajadores (SGA), y la Norma GTC 24, 2009 (separación y clasificación de residuos sólidos), que permitieron diagnosticar el estado ambiental de los BGV. Con base en los anteriores indicadores, se estableció un protocolo de manejo para BPA en función de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, las características químicas y microbiológicas del agua de riego, de los registros climatológicos del C.I. Palmira, del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) y la Norma GTC 24.

6.2.1 Calidad de suelo: El suelo de los BGV de aguacate y musáceas fue analizado en el laboratorio de suelos, aguas y tejido vegetal de CORPOICA, C.I. Tibaitatá. Para la toma y envío de la muestra de suelo, se aplicó la guía para la toma de muestra de suelo establecida por el laboratorio del C.I. Tibaitatá (CORPOICA, 2014).

El banco de germoplasma de aguacate se encuentra en materos de arcilla de 24 litros de capacidad. Cada matero contiene un árbol injertado de cada accesión o introducción del BGV. El banco se encuentra cubierto por polisombra con el 50% de filtración de luz solar. La muestra de suelo fue tomada a partir de 20 submuestras tomadas al azar, equivalente al 10% del número total de muestras, para un peso de 1,0 Kg suelo. El área que ocupa el BGV de aguacate es de 450 m² (Figura 3).

Figura 3. Distribución del banco de germoplasma de aguacate.



Fuente: Elaboración propia

El banco de germoplasma de musáceas se encuentra en campo, en el lote 12 del C.I. Palmira, con una superficie de 1.4 hectáreas, rodeado por arboles de mango y frutales tropicales, y cultivo de maíz (Figura 4). La muestra de suelo fue tomada al azar, en zig-zag, a partir de 15 submuestras.

Figura 4. Distribución del banco de germoplasma de musáceas plantados en campo.



Fuente: Elaboración propia

La información de laboratorio fue analizada con base en los criterios establecidos para la calidad del suelo, discutidos en la sección de resultados.

6.2.1.1 Caracterización físico-química del suelo: Tanto para musáceas como para aguacate, la caracterización física y química se determinó a partir de las variables que reporta el laboratorio de suelos y aguas de CORPOICA. Estos parámetros permitieron establecer el estado en que se encuentra el suelo a través de la textura al tacto, materia orgánica oxidable (M.O), pH, y los macroelementos: fósforo disponible (P), calcio intercambiable (Ca), magnesio intercambiable (Mg), potasio intercambiable (K), sodio intercambiable (Na) y azufre (S); así como los microelementos: hierro disponible (Fe), cobre disponible (Cu), manganeso disponible (Mn), zinc disponible (Zn), boro disponible (B), acidez intercambiable (Al, Al+H), y por ultimo conductividad eléctrica (C.E), y capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE).

6.2.2 Calidad del agua de riego: El agua utilizada para riego proveniente de un pozo o aljibe, tiene una profundidad de 8,50 m, con una lámina de agua de 3,26 m, revestido en tubería de PVC. Está ubicado al lado de la bodega de frutales, para uso exclusivo de riego. El agua es tomada a través de motobomba de 13 HP, y conducida hasta los lotes de los BGV de musáceas y aguacate por manguera de

polietileno. El banco de aguacate es regado mediante sistema de riego localizado por goteo, mientras que las musáceas son regadas por sistema de aspersion.

Las muestras de agua del pozo fueron tomadas a partir del momento en que el bombeo se suspendió, observando que el agua estuviera totalmente en reposo por aproximadamente 10 minutos. Se tomaron dos muestras simples por separado, en recipientes plásticos de polietileno de 500 mL para análisis químico completo y otro de 250 mL para análisis microbiológico, a una profundidad de 1,5 m a partir del espejo de agua. Como protocolo para la toma de muestra, se utilizó la guía de CORPOICA, (2014). Estas muestras fueron enviadas al laboratorio del C.I. Tiabitatá para su respectivo análisis químico y microbiológico.

La información de laboratorio fue analizada con base en los criterios establecidos para la calidad del agua, discutidos en la sección de resultados.

6.2.2.1 Caracterización química: Los parámetros utilizados por el laboratorio de suelos y aguas del CI Tibaitatá, son: pH, contenido de cationes: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^{+}) y sodio (Na^{+}). El contenido de aniones: cloruros (Cl^{-}), fosfatos (PO_4^{3-}), sulfatos (SO_4^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^{-}) y carbonatos (CO_3^{2-}), así como el contenido de minerales: hierro (Fe) y boro (B).

Otros parámetros que determinan el contenido de sales en el agua se expresa a través de la conductividad eléctrica (C.E), sólidos totales disueltos (TDS), dureza y relación de adsorción de sodio (RAS).

6.2.2.2 Caracterización microbiológica: El análisis microbiológico se determinó a partir de los siguientes parámetros: Escherichiacoli y Coliformes totales.

6.2.2.3 Índice de Calidad del Agua (ICA): El índice de calidad del agua se determinó a partir de los estudios realizados por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF), de los Estados Unidos utilizando el método multiplicativo. La muestra fue enviada al laboratorio ambiental de la Corporación Regional del Cauca (CRC Popayán), para análisis fisicoquímico: Oxígeno Disuelto (OD), coliformes fecales, pH, Demanda biológica de oxígeno (DBO_5), nitratos (NO_3^{-2}), fosfatos (PO_4^{3-}), desviación de la temperatura, turbidez y Sólidos Totales (ST).

El Índice de Calidad del Agua multiplicativo (ICA_m) o promedio aritmético ponderado se describe de la siguiente forma:

$$\text{ICA}_m = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} = (I_1^{W_1})(I_2^{W_2})(I_3^{W_3}) \dots (I_n^{W_n})$$

Donde:

i: parámetro de calidad del agua

I_i : calificación (0-100) o subíndice de cada variable o determinante de calidad

w: peso relativo o factor de ponderación para el subíndice i.

6.2.3 Clima: Se tomaron registros climáticos de temperatura: alta, media y baja; precipitación, y humedad relativa. Los datos climatológicos provienen de la estación meteorológica del IDEAM, localizada en el C.I. Palmira, reportados entre el año 2005 y 2013. Se interpretó el comportamiento de cada variable del clima en función del tiempo mediante análisis descriptivos.

6.2.3.1 Balance hídrico: A partir del conocimiento textural del suelo (laboratorio de suelos), tanto para musáceas como para aguacate, con base en las condiciones meteorológicas durante el periodo de estudio, se determinó el balance hídrico. Se analizó, a través del tiempo, el exceso o déficit de humedad en el suelo y la evapotranspiración.

Para el balance hídrico se empleó el método de Thornthwaite (1957), con base en la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo. Se determinó inicialmente la capacidad de campo (CC), el punto de marchitez permanente (PMP), la densidad aparente (Da) y la profundidad radical (PR), para cada una de las especies evaluadas (musáceas y aguacate).

La CC se determinó por el método gravimétrico empleado por Israelson y West (1922), con base en la siguiente expresión

$$CC = \frac{PSH - PSS}{PSS} * 100$$

Donde:

PSH: Peso del suelo húmedo

PSS: Peso del suelo seco

El PMP teóricamente se asume que es más o menos la mitad de la capacidad de campo, por lo tanto:

$$\frac{CC}{1,82} = PMP$$

La densidad aparente se determinó mediante el método de cilindros, basándose en la metodología de Uhland (1949):

$$\frac{PSS}{Volumen} = Da$$

La PR para musáceas se tomó de acuerdo a lo expresado por Doorenbos y Kassam (1979), con un valor de 60 cm y para aguacate se asumió con base a la profundidad que tiene el matero de 40 cm.

Por último la capacidad de almacenamiento (CA) se determinó utilizando la siguiente expresión dada por Castaño *et al.*, (2011):

$$CA = \frac{CC - PMP}{100} * Da * PR$$

Donde:

Da: Densidad aparente

PR: Profundidad radical

6.2.4 Bioseguridad de los trabajadores y Norma GTC 24 (2009): Dentro de las prácticas de manejo agrícola, se hizo énfasis en el conocimiento que los operarios deben tener, como son las medidas de bioseguridad. El manejo y tiempo de exposición a los diferentes productos e insumos agrícolas, usados en los BGV, tales como fertilizantes y plaguicidas con alto grado de toxicidad, así como el uso adecuado de los elementos de protección personal, fueron actividades de capacitación que se desarrollaron para evitar riesgos laborales.

Para detectar problemas ambientales y riesgos a la salud por la manipulación de los diferentes productos se realizó una revisión de todos los insumos agrícolas ubicados en la bodega de almacenamiento y sus respectivas hojas de seguridad, su grado de toxicidad y peligros asociados a los que se exponen los operarios en sus actividades diarias.

Con base en el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de las Naciones Unidas, se clasificó y organizó los insumos agrícolas de acuerdo a su nivel de peligrosidad, en: físicos (explosivos, inflamables, comburentes y gases comprimidos), peligrosos para la salud humana (tóxicos, corrosivos, irritantes y peligro por aspiración) y peligrosos para el ambiente (acuático); con sus respectivos pictogramas de mayor significancia. Los insumos agrícolas fueron reubicados, según: matriz de almacenamiento (nivel de peligrosidad del SGA), líquidos o sólidos, tipo de plaguicidas.

Los insumos agrícolas también se organizaron de acuerdo a la categoría toxicológica correspondiente a cada producto desde el más alto nivel de toxicidad hasta el mínimo nivel.

Finalmente con base a la Norma GTC 24 (2009), se procedió a realizar un manejo integral que comprende la separación y clasificación de los residuos sólidos (verde: ordinarios, rojo: peligroso, gris: papel y cartón y azul: plástico), dependiendo de la fuente de generación (institucional y de servicios).

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

7.1.1 Calidad del suelo

7.1.1.1 Análisis de la calidad del suelo sobre el cual crece el germoplasma de aguacate: El suelo del banco de aguacate varía sensiblemente debido a que este se encuentra en materos de arcilla con 24 litros de volumen, en un sustrato modificado. Los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos del sustrato sobre el cual crece el aguacate se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Determinación química de muestra de suelo del banco de germoplasma de aguacate.

Determinación analítica	Unidad	Valor	Interpretación
Textura al tacto	-	ArL	ARCILLO-LIMOSO
pH	-	6,43	LIGERAMENTE ÁCIDO
Conductividad eléctrica	dS/m	1,00	NO SALINO
Materia orgánica (MO)	%	6,66	ALTO
Fósforo disponible (P)	mg/Kg	603,37	ALTO
Azufre disponible (S)	mg/Kg	51,77	ALTO
Acidez intercambiable (Al+H)	cmol/Kg	0,00	-
Aluminio intercambiable (Al)	cmol/Kg	0,00	-
Calcio intercambiable (Ca)	cmol/Kg	5,17	MEDIO
Magnesio intercambiable (Mg)	cmol/Kg	4,19	ALTO
Potasio intercambiable (K)	cmol/Kg	1,08	ALTO
Sodio intercambiable (Na)	cmol/Kg	0,28	NORMAL
Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE).	cmol/Kg	10,72	MEDIO
Hierro disponible (Fe) Olsen	mg/Kg	71,50	ALTO
Manganeso disponible (Mn) Olsen	mg/Kg	3,40	BAJO

Zinc disponible (Zn)	mg/Kg	18,30	ALTO
Cobre disponible (Cu) Olsen	mg/Kg	9,70	ALTO
Boro disponible (B)	mg/Kg	1,83	ALTO

Fuente: Laboratorio de suelos, aguas de CORPOICA, C.I. Tibaitatá

- **Parámetros físicos**

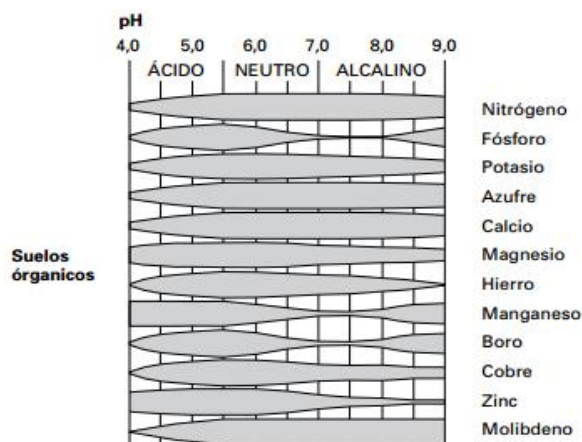
Latextura al tacto del sustrato, analizada en laboratorio, se clasifica como ArL. De acuerdo con el USDA (1999) y al cálculo en la determinación de la **densidad aparente (Da)** es la ideal para este tipo de suelo, siendo ésta de $0,51 \text{ g/cm}^3$, menor a $1,40 \text{ g/cm}^3$. En este caso la porosidad es del 80,75% influyendo en mayor infiltración del agua y aire; crecimiento; penetración y desarrollo de raíces.

- **Parámetros químicos**

Este tipo de sustrato al estar compuesto por cascarilla de arroz, cascarilla de arroz quemada, biocane, arena y tierra, contiene un alto nivel de M.O. de 6,66%, permitiendo así mismo mayor permeabilidad y retención del agua, además de ser fuente de alimento de la biota del suelo y microorganismos.

El pH es ligeramente ácido de 6,43; se encuentra en el rango 6,0-6,5, por lo cual se considera adecuado con base en la quinta aproximación del ICA (Cuesta M, 2014). Según los indicadores de la calidad ambiental, las cantidades de N, P y K son altas y de forma asimilable por la planta. A un pH ligeramente ácido deja a microelementos como el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el boro (B), el cobre (Cu) y el zinc (Zn) en forma poco asimilable, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Disponibilidad de elementos químicos en función del pH en suelos orgánicos



Fuente: (Donahue *et al.*, 1971)

La **conductividad eléctrica** de la muestra de sustrato presenta un valor de 1,0 dS/m, indicando un sustrato poco salino o sin riesgo de salinidad (FAO, 1988).

La **capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE)** del suelo en el cual crece el aguacate fue medio de 10,72 *cmol/Kg*. La CICE indica el potencial que tiene el sustrato para retener e intercambiar nutrientes, mediante la capacidad de retener cationes. Con base a lo anterior este sustrato puede retener moderadamente bases, en especial calcio, magnesio, potasio y sodio.

EICa se encuentra en un valor medio (5,17 *mg/kg*). Este valor se puede interpretar conforme al aporte de Bisonó y Hernández (2008) que establecen que entre Ca y B existe una relación mutualista, de tal modo que la presencia de este último facilita la absorción del Ca, por ende, según los resultados éste, es asimilado por la planta aunque sea poco móvil. Con base al criterio de dichos autores esta relación es adecuada. Por otro lado Torrán, (2007), indica las ventajas de su presencia en el desarrollo radical de la planta. Sirve como elemento constitutivo de la estructura vegetal y desempeña importantes funciones fisiológicas en el metabolismo (Bisonó y Hernández 2014).

La **relación Ca/Mg** (1,2) al ser analizada se observa que con base a los criterios establecidos e interpretados por Torrez y Chinchilla (2006), es baja la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo por el bajo contenido de calcio en comparación con el contenido de magnesio.

La **relación Ca+Mg/K** (8,7) se encuentra en un nivel de disponibilidad menor a 10. De acuerdo con Khalajabadi (2012) esto es debido al bajo contenido de potasio en comparación con cationes como Ca y Mg.

La **relación Mg/K** (3,9), indica que se presenta antagonismo del Mg con el K, es decir, que con base a los resultados hay un porcentaje alto de Mg en comparación con el K y éste hace que se inhiba la absorción de K.

EIMg, K y Na se encuentran en gran proporción, es decir altos excepto el Na correspondiente a un valor normal (4,19 *cmol/kg*, 1,08 *cmol/kg* y 0,28 *cmol/kg* respectivamente). Estos indican buena calidad del suelo. Bisonó y Hernández (2014) aporta la idea de que Mg es vital por participar en la molécula de clorofila en las hojas. Además este macroelemento es muy móvil e importante en diferentes procesos del metabolismo de la planta (Bisonó y Hernández, 2014).

En general el sustrato en el cual crece el aguacate contiene un alto nivel de macroelementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta como el azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), y fósforo (P). Salazar G, (2002), establece que en condiciones normales en el floema de la planta existe una alta movilidad de estos macroelementos a excepción de Ca, permitiendo que

los nutrientes se trasloquen con mayor facilidad desde los tejidos más viejos a los más jóvenes durante el desarrollo de la planta o durante condiciones de estrés.

Según Bisonó y Hernández (2008), la planta de aguacate exige durante los primeros años **P** para la formación de raíz. A medida que el árbol envejece la dosis debe reducirse. Sin embargo los altos niveles de P en el suelo y la edad (>12 años), no es benéfico para la planta. De acuerdo al criterio de Bisonó y Hernández (2008), no es adecuado. Por lo anterior, se considera necesario el trasplante de estas plantas a campo.

EIS presenta un valor de 51,71 *mg/kg* , es decir alto. Este valor puede estar relacionado con los aportes de abonos sulfatados (SO_4^{2-}) como fuente de azufre.

El Mn, se evidencia deficiencia en la muestra analizada. Salazar G, (2002), indica que en bajas cantidades presenta baja movilidad en el floema, influyendo en una baja concentración en los tejidos jóvenes.

El Fe, Cu y Zn, son considerados metales pesados. En los resultados de laboratorio se encuentran en grandes cantidades 71,50 *mg/kg*; 9,70 *mg/kg*; 18,30 *mg/kg* respectivamente. Estos pueden resultar ser muy tóxicos para los seres vivos, organismos del suelo, plantas y animales (Spain *et al.*, 2003). Algunos autores como Salazar *et al.*, (2008) menciona que el movimiento del Zn a través del perfil del suelo es lento.

7.1.1.2 Análisis de la calidad del suelo del banco de germoplasma de musáceas: Así como se realizó el diagnóstico del banco de germoplasma de aguacate en materos, de igual manera se determinó mediante un análisis físico-químico la calidad y condiciones en que se encuentra el tipo de suelo del lote de musáceas mediante los resultados obtenidos del laboratorio. Estos parámetros se discuten a continuación.

Tabla 2. Determinación química de la muestra de suelo del banco de germoplasma de musáceas.

Determinación analítica	Unidad	Valor	Interpretación
Textura al tacto	-	FL	FRANCO-LIMOSO
pH	-	6,73	NEUTRO
Conductividad eléctrica	dS/m	0,24	NO SALINO
Materia orgánica (MO)	%	1,92	BAJO
Fósforo disponible (P)	mg/Kg	56,34	ALTO
Azufre disponible (S)	mg/Kg	10,15	MEDIO

Acidez intercambiable (Al+H)	cmol/Kg	0,00	-
Aluminio intercambiable (Al)	cmol/Kg	0,00	-
Calcio intercambiable (Ca)	cmol/Kg	7,79	ALTO
Magnesio intercambiable (Mg)	cmol/Kg	5,55	ALTO
Potasio intercambiable (K)	cmol/Kg	0,27	MEDIO
Sodio intercambiable (Na)	cmol/Kg	0,14	NORMAL
Capacidad de intercambio catiónico (CICE).	cmol/Kg	13,75	MEDIO
Hierro disponible (Fe) Olsen	mg/Kg	71,10	ALTO
Manganeso disponible (Mn) Olsen	mg/Kg	2,00	BAJO
Zinc disponible (Zn)	mg/Kg	2,50	MEDIO
Cobre disponible (Cu) Olsen	mg/Kg	8,00	ALTO
Boro disponible (B)	mg/Kg	0,40	ALTO

Fuente: Laboratorio de suelos, aguas de CORPOICA, C.I. Tibaitatá

- **Parámetros físicos**

La textura del suelo, evaluada al tacto, se caracterizó por ser franco-limoso (FL), que de acuerdo con Aranzazu H *et al.*, (2002), es textura equilibrada que permite el buen desempeño del cultivo. La capacidad de retención de humedad y difusión de gases, en este tipo de suelo, son condiciones apropiadas para el desarrollo vegetativo y productivo de musáceas, favorecido por el buen drenaje interno y externo. La textura FL facilita el desarrollo radical de las plantas, provee un mejor movimiento del agua en el suelo, afectando positivamente la humedad en la zona de raíces para la planta.

Sin embargo, según análisis de suelos anteriores, años 2012 y 2013 (Anexo 1 y Anexo 2) la textura fue de tipo FAr y FL, respectivamente. Basados en el conocimiento que se tiene de los suelos del C.I. Palmira, el lote 12 se ha caracterizado por ser de tipo FAr. Estas variaciones en la clasificación textural pueden estar sesgadas por el método utilizado: textura al tacto. Por el contrario, los análisis de textura por el método de bouyoucos son más confiables y eficientes, determinando los porcentajes de arena, limo y arcillas presentes en la muestra de suelo.

Otra metodología que permite relacionar lo anterior, es la **Densidad aparente (Da)** del suelo, que considera el peso y volumen de la muestra, explicando indirectamente la porosidad de ésta. Para el caso de musáceas, la Da determinada fue de $1,49 \text{ g/cm}^3$, a partir de cinco muestras de suelo aleatorizadas. Lo anterior indica que la porosidad es del 44% equivalente a un suelo FAr con base en las clases texturales y Da, según USDA (1999).

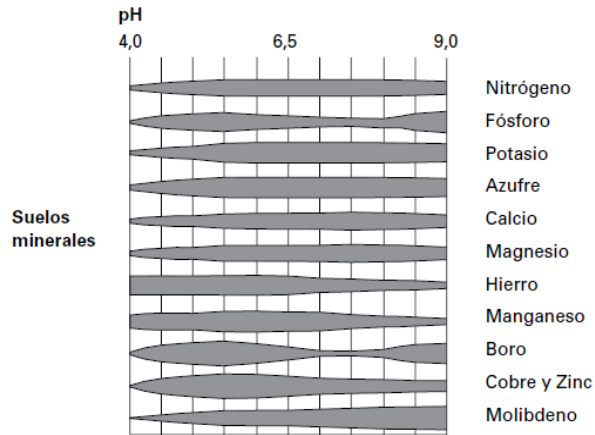
- **Parámetros químicos**

Son de gran importancia ambiental para el ecosistema del suelo, directamente asociado con el rango de pH. El valor óptimo oscila entre 4,5 - 8,0 (Fedepacol, 2005). En general las musáceas, en especial los tipo plátano, toleran la acidez del suelo (Fedepacol, 2005). Con relación a los suelos del C.I. Palmira, banco de musáceas, no se presentó ningún tipo de incidencia de acidez y aluminio intercambiable, soportado por lo valores encontrados en los resultados.

El pH es un factor químico evaluado, el cual fue de 6,73 considerado neutro según la escala de valores para pH del laboratorio de suelos. En la Figura 6 se ilustran los nutrientes de mayor disponibilidad por su alta solubilidad a este pH de acuerdo a Donahue *et al.*, (1971), para un suelo mineral. Elementos como potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S), zinc (Zn), calcio (Ca) y manganeso (Mn); son de alta solubilidad siguiendo el criterio anterior. Adicional a lo anterior, se observa poca disponibilidad y solubilidad de hierro (Fe), boro (B) y fósforo (P), a pesar de sus altos contenidos, situación que está relacionada con el valor de pH del suelo.

El pH se ha mantenido durante estos años desde ligeramente ácido hasta llegar a neutro, condición ideal que permite lograr beneficios por la disponibilidad para la planta, acompañados de mayor solubilidad, principalmente para potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe) y el cobre (Cu). La disponibilidad de los micro y macro elementos depende de las características en donde se encuentren, como el pH anteriormente mencionado es neutro, éstos tienden a estar en mayor disponibilidad. Con respecto a la textura franco-arcillosa retienen más metales por adsorción.

Figura 6. Disponibilidad de elementos químicos en función del pH



Fuente: (Donahue *et al.*, 1971)

La materia orgánica (M.O.), encontrada fue de (1,92%), considerado como bajo para las condiciones climáticas de la zona (altitud, temperatura). Se encuentra en el rango característico de una región de clima cálido siendo de 2% a 4% el contenido normal de MO (ICA, 1992). La materia orgánica desde el año 2012 ha sido baja (2,32%), pero en el año 2013 incrementó tomando un valor de 3,98% y finalmente en este año bajó aún más su porcentaje en el suelo (1,92%), lo que quiere decir que disminuyó 2,06% desde el año anterior (ver Figura 9). El contenido de MO es de interés sobre todo porque juega un papel importante en la fertilidad del suelo y el papel prominente de N como nutriente esencial para las plantas, aunque su contenido se encuentre bajo.

Es de entender que de acuerdo con la información que presenta el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1988), el contenido de M.O. de los suelos de Colombia, se tienen altos contenidos de ella en zonas altas con climas fríos y suelos con propiedades ándicas. Munévar (1991) sostiene que a temperaturas mayores a los 25°C en condiciones aeróbicas no hay acumulación importante de materia orgánica. Belalcázar, (1991), expresa que la mayoría de las áreas cultivadas con plátano en Colombia muestran un contenido bastante bajo de materia orgánica.

El nitrógeno (N) en el suelo, a partir de la mineralización en función del clima y la altitud de la zona es menor a 10%, (Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo, 2000). Con base en lo anterior, el contenido de nitrógeno encontrado en este tipo de suelo es muy pobre. La descomposición de la MO en este caso es favorable al considerar que la tasa de descomposición del material orgánico del CI Palmira es proporcional a su contenido de nitrógeno. Con el fin de realizar interpretaciones acerca del contenido de M.O. en el suelo de musáceas, Jaramillo J, (2002), considera que la MO se mineraliza en un 5% por año.

El fósforo (P) tuvo un alto contenido en el suelo, 56,34 mg/kg, esto se debe a que según Belalcázar (1991), el P es extraído en cantidades pequeñas a través del floema de la planta. La baja movilidad hace que no sea arrastrado hacia horizontes más profundos, lo cual permite hacer un buen uso de sus reservas. El P no es fácil de asimilar por la planta, a pesar de su alto contenido en el suelo (ver Figura 6). Así mismo, la Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo, (2000), establece que ésta característica, hace que no se encuentre en formas disponibles para la planta.

Por otro lado, Aranzázu H *et al.*, (2002) expresa que el P permite un buen desarrollo de raíces, fuertes y abundantes, además participa en la formación y maduración de los frutos, y es indispensable para mantener la vida útil de musáceas.

El potasio (K), siendo fundamental en las musáceas, es considerado uno de los nutrimentos más importantes porque contribuye a la formación de pseudotallos fuertes y vigorosos (Aranzázu H *et al.*, 2002). Según el resultado del laboratorio puede verse afectado el desarrollo de la planta si sus niveles disminuyen por debajo del nivel medio encontrado. Según el análisis se encontró un valor medio de 0,27 *cmol/kg*. El K se mantuvo alto durante los años de 2012 y 2013, pero en el 2014 bajó su contenido en el suelo por lo que podría disminuir la producción y calidad del fruto (ver Figura 7). Belalcázar, (1991), indica que es importante el requerimiento de este macroelemento para un buen balance, principalmente en el contenido de N, P y Mg.

El sodio (Na) encontrado fue de 0,14 *cmol/kg* con un porcentaje de saturación del 1%, es decir normal, no contribuye a que se presente salinidad en el suelo. Se pudo establecer que a través de la **conductividad eléctrica (CE)** en el resultado de 0,24 dS/m, se corrobora la ausencia de sales. Por lo anterior, se puede establecer que no hay restricciones para el cultivo de musáceas y efectos sobre la planta debido a que su valor es menor a 0,75 dS/m (FAO, 1985). La conductividad eléctrica del suelo no presenta salinidad, contribuyendo así a disminuir la movilización y el efecto de los metales en el suelo (Galán y Romero, 2008).

El azufre (S), según los resultados el contenido asimilado por la planta es medio (10,15 mg/kg). Es importante considerar que este elemento influye básicamente en la constitución de proteínas (cistina, cisteína, melionina), encargadas de expresar el fenotipo (Corrales *et al.*, 2014). Así mismo, es destacable que este elemento ayuda a mejorar la absorción del N (CORPOICA, 1998).

El calcio (Ca) y el **magnesio (Mg)**, encontrados fueron altos, comparativamente con los reportados en **potasio (K)**, con valores de 7,79; 5,55 y 0,27 *cmol/kg* respectivamente. El suelo de musáceas es rico en Ca con un 57%. Es considerado como uno de los elementos poco móviles dentro de la planta, y de

baja solubilidad en el suelo (Guerrero, 1995). Las investigaciones han demostrado que la absorción de Mg por parte de las raíces se ve inhibida por parte de otros cationes principalmente por Ca y K y viceversa (CORPOICA, 1998).

El resultado de la relación Ca/Mg (1,4) según Khalajabadi, (2012) permite que no se vea afectada la producción en el suelo de musáceas. En la relación Ca+Mg/K (49,0), el resultado es aceptable para un buen suministro de potasio para las plantas basándose en la sociedad colombiana de la ciencia del suelo, (2000), sin embargo, Khalajabadi, (2012), expresa que se debe evitar que esta relación aumente, puesto que la disponibilidad de K es muy baja, lo que podría ser insuficiente para suplir los requerimientos de la planta.

La relación Mg/K (20,4), no es adecuada porque presenta un antagonismo del Mg con el K, es decir, que hay un porcentaje alto de Mg en comparación con el K y éste hace que se inhiba la absorción de K.

La relación del Ca y el pH es estrecha, pues a un pH neutro, la solubilidad de este elemento es superior que a pH en otros rangos, según lo expresado por (Guerrero, 1995). Otros aspectos de importancia de este elemento en el suelo lo menciona Barbosa (2011) al promover la descomposición de la MO y liberación de nutrientes.

El Magnesio (Mg), por otro lado, está presente en gran cantidad (5,55 cmol/kg), con un porcentaje de saturación del 40%. Aunque es bien conocida la importancia del Mg en la estructura de la clorofila de las plantas de musáceas, Belalcázar (1991), enuncia que la mayoría de los suelos plataneros son aptos para el cultivo debido a que poseen contenidos de Mg aprovechable.

La Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) obtenida en el resultado del laboratorio fue de 13,75 cmol/kg. Este valor influye en la permeabilidad del suelo, que depende de las condiciones del pH y textura, pues de acuerdo a esta última, la retención e intercambio de cationes por partículas del suelo puede retener una cantidad media de cationes.

El hierro (Fe) en el suelo indica que es alto (71,10 mg/Kg). A pesar de la abundancia de este microelemento, la disponibilidad para la planta es muy baja por su poca solubilidad que está estrechamente relacionada con el pH neutro hallado. Es posible que los altos niveles de Fe encontrados se deban al uso de fertilizantes como sulfato ferroso heptahidratado que contiene Hierro (II) en 19%, Sulfato 7-hidrato $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y sulfato de zinc más usados en la aplicación de lote de musáceas. Lo anterior sugiere revisar el plan de abonamiento de mantenimiento nutricional para este banco.

El manganeso (Mn) reportado es pobre, 2,0 mg/Kg. Posiblemente la causa sea el bajo contenido de materia orgánica que contribuye a su incremento y por la adición de bajas dosis de sulfato de manganeso aplicado, el cual aporta 28% de este elemento. El manganeso presenta un valor bajo durante los tres años, con un nivel alto durante el año 2013.

El cobre (Cu) y boro (B) con valores obtenidos de 8,0 y 0,4 mg/kg respectivamente, son altos. Se debe tener en cuenta que el suelo debe contener valores adecuados de estos micro elementos. El rango óptimo es estrecho y puede llegar a ser un indicador de contaminación, ya que estos elementos se vuelven tóxicos para la planta en altos niveles (Prieto *et al.*, 2009).

El zinc (Zn) contenido es de 2,50 mg/kg es considerado apropiado, porque la textura y pH favorece la disponibilidad del microelemento. Sin embargo el alto contenido de P encontrado en la muestra analizada inhibe la absorción de este elemento (CORPOICA, 1998). El zinc presentó un valor medio y no muestra gran variabilidad en los últimos tres años.

En la Figura 7, 8 y 9 se muestran los niveles de los microelementos, macroelementos y contenido de materia orgánica durante los años 2012 al 2014, de acuerdo a los resultados obtenidos de análisis químico del suelo de la muestra tomada en campo de musáceas. En dichas figuras se puede apreciar los rangos establecidos para niveles altos, medios y bajos de cada macro y micro elemento.

Los resultados durante los años 2012, 2013 y 2014 difieren principalmente en el nivel de azufre, boro, potasio y materia orgánica.

El azufre(S) se mantuvo en un nivel bajo durante los años 2012 y 2013 y en este año subió su nivel llegando a medio. Lo anterior obedece al plan de abonamiento que se viene realizando con base en fertilizantes sulfatados, como sulfato de amonio 21-0-0-24 (S), sulfato de potasio 0-0-52-18(S) y micro elementos sulfatados. También Belalcázar, (1991) enseña que la planta absorbe la mayoría del azufre en forma de sulfatos (SO_4^{2-}) que por lo general estos representan menos del 10% del azufre total del suelo y pueden estar en solución.

El boro(B) durante los años 2012 y 2013 se ha mantenido medio y en éste año se incrementó su valor, llegando a un nivel alto permitiendo un adecuado crecimiento de la planta. Sin embargo se debe tener en cuenta el riesgo por el alto nivel de toxicidad en grandes cantidades que son perjudiciales para la planta.

Un diagnóstico general de todos los elementos indica que los valores de Mg, Ca, Fe y Cu se han mantenido altos durante este periodo de tiempo (ver 7 y 8). El contenido de Ca es muy irregular. Se debe tener en cuenta que el Fe se encuentra en un alto contenido, con el tiempo ha venido disminuyendo su cantidad en el suelo. Mientras que el contenido de Cu, pasa lo contrario, con el tiempo éste

incrementa su contenido. Galán y Romero, (2008), destacan la importancia de algunos metales pesados como el Fe, Mn, Cu y Zn en la producción y desarrollo de la planta. El contenido de éstos se mantienen altos específicamente hierro y cobre (ver Figura 7). A pesar de su alto contenido, la movilidad de los elementos trazas es muy baja, por lo cual estos se acumulan en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados en pequeñas cantidades hacia horizontes inferiores, además del pH del suelo al ser neutro los efectos tóxicos son mínimos.

Dependiendo de las características, volumen y toxicidad del elemento en cantidades contaminantes, los organismos que lo pueblen podrán descomponer, absorber y degradar los contaminantes.

Figura 7. Niveles de microelementos, fósforo y azufre en el suelo durante los años 2012-2014.

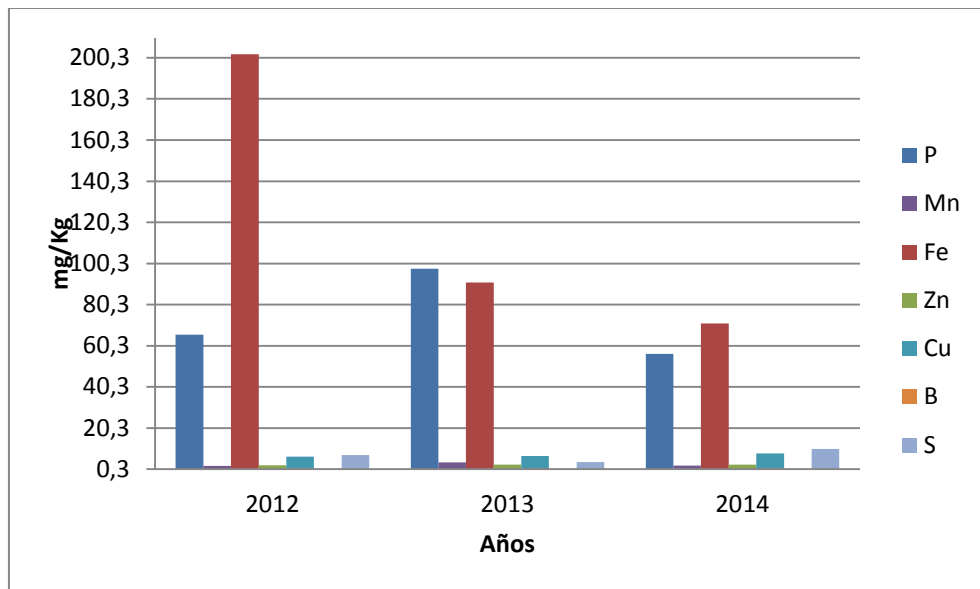


Figura 8. Niveles de macroelementos en el suelo durante los años 2012-2014.

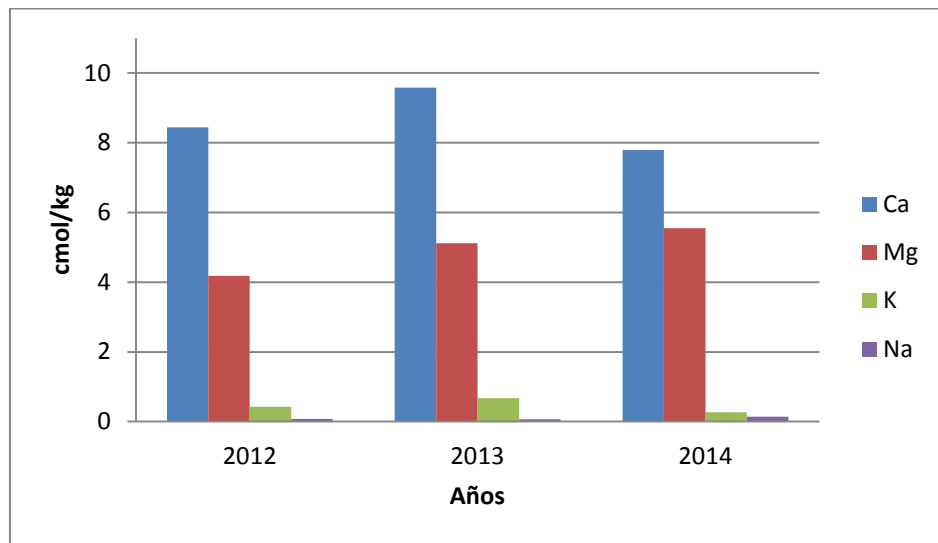
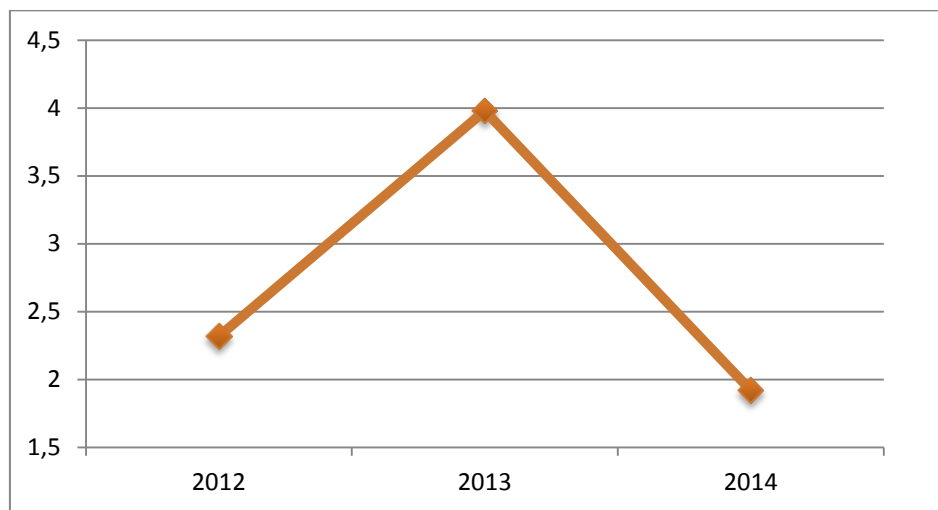


Figura 9. Porcentaje de materia orgánica en el suelo durante los años 2012-2014



7.1.2 Análisis de calidad del agua para riego del pozo

- **Caracterización química**

En la Tabla 3, se presentan los resultados del análisis químico completo del agua de riego. En la Tabla 4a y 4b se muestran los criterios establecidos por diferentes autores, para la caracterización de la calidad del agua de riego.

Tabla 3. Determinación (análisis químico) de muestras de agua del pozo o aljibe del área de frutales.

Determinación analítica	Unidad	Valor
pH	-	7,19
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	0,78
Sólidos totales disueltos (TDS)	mg/L	375,00
Boro (B)	mg/L	0,03
Calcio (Ca²⁺)	meq/L	3,46
Magnesio (Mg²⁺)	meq/L	3,15
Potasio (K⁺)	meq/L	0,13
Sodio (Na⁺)	meq/L	0,99
Carbonatos (CO₃²⁻)	meq/L	0,00
Bicarbonatos (HCO₃⁻)	meq/L	5,71
Cloruros (Cl⁻)	meq/L	1,00
Sulfatos (SO₄²⁻)	meq/L	3,67
Fosfatos (PO₄³⁻)	mg/L	0,74
Hierro (Fe)	mg/L	0,01
Dureza	mg/L	331,17
Relación de adsorción de sodio (RAS)	mg/L	0,55

Fuente: Laboratorio de suelos, aguas de CORPOICA, C.I. Tibaitatá

Tabla 4. Criterios para la caracterización de la calidad del agua de riego del pozo del área de frutales.

Parámetro	Valor	Unidad	FAO (1985)	FAO (1988)	Ayers y Wetscot (1985)	Salazar G (2002)	Sociedad Colombiana de suelo (2000)	Pérez (2011)	Interpretación
pH	7,19	-	-	6,5-8,4	-	-	-	-	Normal
Conductividad eléctrica (CE)	0,78	dS/m	0-2	-	-	-	-	-	No salino
Sólidos totales disueltos (TDS)	375,00	meq/L	-	-	<450	-	-	-	Rango usual
Boro (B)	0,03	mg/L	-	-	-	<0,3	-	<1	Buena
Calcio (Ca ²⁺)	3,46	meq/L	0-20	-	-	-	-	-	Muy bajo
Magnesio (Mg ²⁺)	3,15	meq/L	0-5	-	-	-	-	-	Bueno
Potasio	0,13	meq/L	0-0,2	-	-	-	-	-	Bajo
Sodio	0,99	meq/L	<3	-	-	-	-	-	Muy bajo
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	0,00	meq/L	0-0,1	-	-	-	-	-	Rango usual
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	5,71	meq/L	0-10	-	-	-	1,5-8,5	-	Rango usual – ligero a moderado

Parámetro	Valor	Unidad	FAO (1985)	FAO (2013)	Lavie (2010)	EPA	Salazar G (2002)	Escuela de Ingeniería de Antioquia (2006)	Interpretación
Cloruros (Cl ⁻)	1,00	meq/L	-	-	-	-	1,0-5,0	-	Condicionada
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	3,67	meq/L	0-20	-	-	-	-	-	Rango usual- Muy bajo
Nitratos (NO ₃ ²⁻)	9,24	mg/L	-	< 10	-	-	-	-	Bueno
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	0,74	mg/L	-	-	>0,7	-	-	-	Mala calidad
Hierro (Fe)	0,01	mg/L	<5	-	-	5,0	-	-	Muy bajo
Dureza	331,17	mg/L	-	-	-	-	-	< 300	Muy dura
Relación de adsorción de sodio (RAS)	0,55	mg/L	0-15	-	-	-	-	-	Rango usual

Fuente: Elaboración propia

pH, según análisis de laboratorio, el agua del pozo es de pH neutro. De acuerdo con la FAO (1985) y García (2012), el análisis de laboratorio registra un rango normal de pH entre 6,5 y 8,4, de tal manera que favorece la calidad del agua para riego.

Sólidos Disueltos Totales (SDT), por lo general en la mayoría de las aguas de riego, suelen tener valores menores a 100 mg/L (García, 2012). En este caso por ser agua subterránea, la concentración es mayor, con un valor de 375 mg/L , que corresponde al rango normal $<450 \text{ mg/L}$, según Ayers y Watscott (1985). Lo anterior indica que no hay riesgos de salinidad. Al haber un bajo contenido de sales inorgánicas se produce que una disminución de los SDT.

Conductividad Eléctrica, presenta $0,78 \text{ dS/m}$. Según FAO (1988) se clasifica como no salino y los efectos de salinidad son insignificantes sin riesgos para musáceas porque este banco se encuentra en campo, no obstante, la conservación del banco de aguacate en materos es sensible a la presencia de sales en el agua de riego.

Relación de adsorción de sodio (RAS), su valor indica que no hay problema de sodificación, es decir que no hay exceso de sodio sobre el calcio y el magnesio, por ende la concentración de sodio es baja en el agua de riego. La RAS ($0,55 \text{ mg/L}$) se encuentra en el rango usual adoptado por la FAO (1985).

El análisis de los niveles de aniones: **bicarbonatos (HCO_3^-)**, **carbonatos (CO_3^{2-})**, **cloruros (Cl^-)**, **sulfatos (SO_4^{2-})** y **fosfatos (PO_4^{3-})**, contribuyen a la salinidad del agua. Estos son evaluados con los aportes de Palacios *et al.*, (2010), quien analiza la importancia de los aniones y su efecto sobre las propiedades físicas del suelo.

Según el resultado la concentración de HCO_3^- presente en la muestra de agua del pozo, se establece que existe un nivel de peligrosidad moderado de acuerdo a lo expresado por la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (2000) y la FAO (1985). Por otro lado los resultados indican la inexistencia de CO_3^{2-} en el agua del pozo, favoreciendo el sistema de riego, el suelo y las plantas.

Aguacate presenta alta sensibilidad a la salinidad, proveniente del suelo o del agua de riego y a iones específicos: Na^+ , Cl^- y B (Salazar G, 2002). En este caso no se ve afectado por Na^+ y B, sin embargo el Cl^- reporta 1 meq/L que puede ser indicio de salinidad (Tabla 4b), muy cercano al criterio dado por Salazar G (2002).

Al analizar los contenidos de SO_4^{2-} , Pérez L, (2011) expresa que otro índice de riesgo por salinidad es el contenido de sulfatos (SO_4^{2-}) presentes en el agua de riego. Con base en resultados obtenidos, el contenido de SO_4^{2-} es bajo, de $3,67 \text{ meq/L}$. Lo anterior implica que no hay toxicidad por sulfatos, ni ningún tipo de afectación a los diferentes BGV.

Con base al resultado obtenido de fosfatos (PO_4^{3-}) de $0,74 \text{ mg/L}$, aunque su valor sea aproximado al límite permisible, el agua se clasifica de mala calidad por su alto contenido de fosfatos basándose en criterios internacionales, (Tabla 4b). Para

Lavie *et al.*, 2010, los fosfatos (PO_4^{3-}) son sustancias solubles que las plantas necesitan para su desarrollo; sin embargo en cantidades excesivas en el agua induce al crecimiento de algas y otros organismos provocando procesos de polución y eutrofización. Estos conllevan al deterioro de la calidad del agua. Debido a la poca incidencia de luz solar es posible que no se produzca eutrofización. En general es posible que ésta contaminación se deba al uso de fertilizantes (Lavie *et al.*, 2010) de las actividades agrícolas en bancos de germoplasma vegetal.

Para cationes como calcio (Ca^{2+}), obtenidos en los análisis de laboratorio, se obtuvo un valor de $3,46 \text{ meq/L}$, que corresponde al rango usual adoptado por la FAO (1985). Por otro lado los cationes de mayor importancia como magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+) y potasio (K^+), determinan las propiedades físicas y químicas del suelo (Palacios, Lourdes R y Barajas, 2010), sumadas a la del calcio. El Ca^{2+} es muy común en aguas naturales, no así en pozos o aljibes. Martínez Suller, (2014) considera a este nutriente como secundario en los cultivos, debido a su función principal en el crecimiento y nutrición de la planta.

El contenido de Mg^{2+} de $3,15 \text{ meq/L}$ con base a la norma de riego usual de la FAO (1985), se encuentra dentro del rango (Tabla 4a). Martínez Suller (2014) no considera que sea peligroso dado al valor medio que contiene el agua.

El contenido de Na^+ y K^+ con $0,99 \text{ meq/L}$ y $0,13 \text{ meq/L}$ respectivamente, son bajos (Tabla 3) de acuerdo a la resolución 1207 de 2014, la FAO (1985). Palacios *et al.*, (2010) adiciona que el ión potasio puede llegar a desplazar al sodio.

El contenido de boro (B), es de baja concentración, menor a $0,3 \text{ mg/L}$, que de acuerdo con Salazar G (2002), se puede clasificar como adecuado para riego de aguacate, de igual manera la concentración de B es apto para riego en el lote de musáceas según los criterios establecidos por la FAO (1985). Pérez (2011) expresa que cuando la concentración del boro menor a 1 mg/L se encuentra en un punto favorable para el desarrollo de la planta.

Es importante, señalar que no todos los elementos trazas son tóxicos, de hecho, algunos de ellos son esenciales para el crecimiento de las plantas (Fe, Cu, Mo, Zn). El contenido del metal pesado, hierro (Fe), se encuentra muy bajo, no excede los límites para el uso agrícola de acuerdo a las normas de la EPA. Ambientalmente no se vería afectado el ecosistema del agua, ni del suelo, por lo tanto no es tóxico en ambos medios ni en las plantas, sobre todo en suelos bien aireados como el sustrato de la planta de aguacate.

En suelos aireados normalmente predomina el Fe (III). Bajo estas condiciones es necesario que se produzca el proceso de reducción el Fe (III) pase a Fe (II),

llevándolo a un nivel no tóxico, el cual es realizado por una enzima reductasa, que se encuentra en la membrana plasmática de la raíz (Cerdán, 2003).

El grado de dureza que presenta el agua del pozo (331,17 mg/L) corresponde a un rango de agua muy dura según la Escuela de Ingeniería de Antioquia (2006), para la evaluación de la calidad del agua. Generalmente el origen de la muestra de agua determina su dureza. Es probable que con el aumento de temperatura de la atmosfera incremente la temperatura del agua ocasionando así incrustaciones en tuberías por donde es conducida. Este tipo de dureza refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las cuales ha estado en contacto.

- **Caracterización microbiológicas del agua**

Según Foster e Hirata (1991), consideran que un acuífero de 5 a 20 metros de profundidad, el índice de vulnerabilidad en aspectos microbiológicos se encuentra en una categoría alta, indicando contaminación. De acuerdo a las características del pozo se considera que este acuífero es altamente vulnerable. La poca profundidad del pozo permite que el agua lluvia percolea través del suelo almacenándose, llevando consigo residuos microbiológicos, procedentes de heces fecales de origen animal (actividad ganadera y animales domésticos).

En Colombia, el decreto 1594 de 1984 estipula los criterios de calidad admisibles para uso agrícola en la determinación de coliformes totales como concentración máxima 5000 NMP/100 mL y para coliformes fecales 1000 NMP/100 mL (Romero R, 2013). Con relación a los resultados obtenidos, estos microorganismos exceden el límite permisible, determinando así presencia de *Escherichiacoliy* coliformes totales. Lo anterior indica contaminación microbiana en el agua establecida para riego, y posiblemente en los alimentos.

A fin de verificar lo anterior, la Tabla 5 muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico de laboratorio. Aunque el agua de riego no requiere una pureza como la que se va a consumir directamente (agua potable), si existen criterios que se deben tener para lograr una sanidad en los alimentos, en especial cuando son regados con aguas de dudosa naturaleza.

Tabla 5. Determinación analítica (análisis microbiológico), proveniente del agua del pozo o aljibe, en el área de frutales.

Determinación analítica	Unidad	Valor
<i>E. Coli</i>	ufc/100mL	1,150
Coliformes totales	ufc/100mL	9,800

Fuente: Laboratorio de suelos, aguas de CORPOICA, C.I. Tibaitatá

El riego por aspersión predispone mayor contaminación que otros sistemas de riego. El plátano, banano y bananitos son los alimentos más vulnerables, en especial los dos últimos que no siempre pasan por procesos de cocción. Esto conduce a que los trabajadores estén expuestos al riesgo de infección por bacterias, mediante ingesta, lo cual puede ser altamente peligroso en la salud de las personas, ocasionando graves enfermedades.

Los materos en los cuales crece el aguacate no se ven afectados debido que estos no se cosechan para consumo humano y el método de riego utilizado es mediante goteo.

- **Índice de Calidad del Agua (ICA)**

En la Tabla 6 se muestran los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF multiplicativo) de las variables identificadas de mayor importancia, indicando el grado de contaminación del agua. En la Estación N°1 se encuentran los resultados de cada uno de los parámetros analizados en el laboratorio ambiental de la Corporación Regional del Cauca (CRC Popayán), siendo estos: el Oxígeno Disuelto (OD); que para su respectivo cálculo en la determinación del ICA se encontró el porcentaje de saturación, pH, Demanda biológica de oxígeno (DBO₅), nitratos (NO₃⁻²), desviación de la temperatura; se determinó a partir de la diferencia de las temperaturas, turbidez. Se asumió que el valor de coliformes fecales es aproximado al valor de la determinación analítica de *E. coli* y también el resultado de sólidos totales (ST) como los sólidos disueltos totales (SDT) analizado por el laboratorio de suelos, aguas y tejido vegetal de Tibaitatá, además del valor de fosfatos (PO₄³⁻).

Tabla 6. Índice de Calidad del Agua de acuerdo a los resultados (ICA-NSF).

	ΔT (°C)	pH	OD (% satura- ción)	Turb. (UNT)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻² (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	ST (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100m L)
Estación Nº. 1	2,5	7,19	84,7	14,7	0,74	9,24	0,5	375	1,150
Subíndice	73	89,0 5	89,82	69,48	55,34	53,65	93,7	49,5	21,78
Peso relativo	0,10	0,12	0,17	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,15
ICA	1,54	1,71	2,14	1,40	1,49	1,49	1,57	1,37	1,59

Fuente: Elaboración propia

ΔT : Variación de temperatura

Turb: Turbiedad

ST: Sólidos totales

La **demanda biológica de oxígeno (DBO₅)** presente en el agua del pozo corresponde a 0,5 mg/L, lo cual indica que el agua no se encuentra contaminada, así mismo en relación con el **oxígeno disuelto (OD)** encontrado es de 6,10 mg/L que de acuerdo al estándar de calidad es bueno, perteneciente a un tipo de agua fría.

Para el cálculo de la concentración de **saturación del oxígeno disuelto (ODS)**, en agua expuesta a presión normal de 760 mm Hg se calculó mediante la metodología propuesta por Brown. Para corregir el valor de la ODS se utilizó la altura de 1.001 m.s.n.m de la zona de estudio para determinar la presión barométrica. Con base a la temperatura del agua de 26,5 °C se determinó la concentración del oxígeno disuelto de 8,2 mg/L y la presión de vapor de 25 mm a partir de la tabla de saturación de oxígeno disuelto en el agua (Romero R, 2013).

Finalmente se corrigió la ODS, determinando así el porcentaje de saturación del 84,7%.

La concentración de **nitratos (NO₃⁻²)** fue de 9,24 mg/L, el cual se encuentra por debajo del límite permisible. Según la FAO (2013), el contenido de NO₃⁻² debe ser menor a 10 mg/L, lo cual es bueno. Sin embargo se debe tener en cuenta la susceptibilidad de contaminación del pozo anteriormente mencionado, principalmente por actividades agrícolas debido al uso de fertilizantes y agroquímicos almacenados en bodega cercana al pozo (Figura 10).






Figura 10. Cercanía de la bodega de almacenamiento de insumos agrícolas y el aljibe



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se obtuvo que el índice de calidad del agua del pozo fué de 59,9, calculado con los datos de la Tabla 6. La clasificación del ICA, propuesto por Brown, Tabla 7, determina que según el Índice de Calidad del Agua es de regular calidad para consumo humano, pero de acuerdo a los valores del ICA en relación con usos del agua establecidos por Guzmán y Merino, (1992) el agua para riego en la industria agrícola no requiere tratamiento.

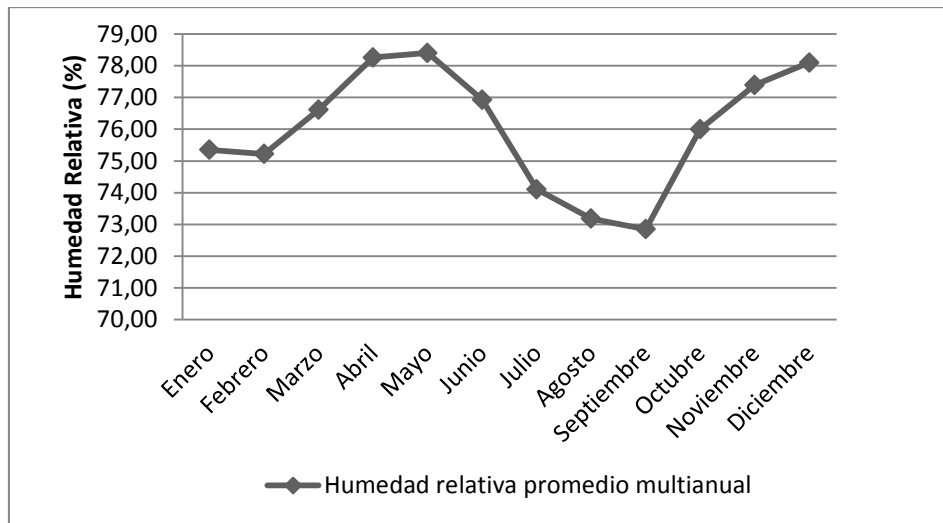
Tabla 7. Clasificación del Índice de Calidad del Agua ICA propuesto por Brown

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

7.1.3 Análisis climático de la zona de estudio: El análisis climático se inicia a partir de los registros promediados de algunas variables climatológicas de los últimos nueve años. Los registros de humedad relativa (HR%) media, se ven reflejados en la Figura 11. Se observa como ha sido el comportamiento en un periodo de nueve años. Los meses de mayo y diciembre reportaron la mayor HR% con un valor promedio anual de 78,41%. Mientras que los meses con HR% baja fueron julio, agosto y septiembre, con 72,85% media anual (Anexo 3e).

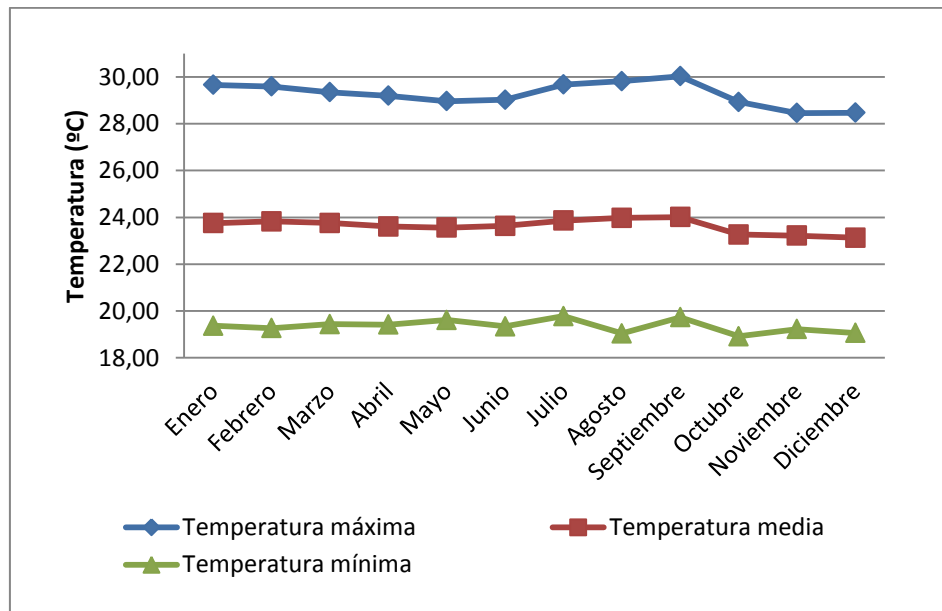
Figura 11. Humedad relativa media multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.



Respecto a lo anterior, la zona de estudio se caracteriza por tener humedad relativa media anual del 76%. En las mismas condiciones de humedad, existe una relación estrecha con la temperatura, determinando así una sensación térmica en el microclima del banco de germoplasma de aguacate, que excede al valor de la temperatura del aire (24°C), pero al estar cubierto por una polisombra del 50% de filtración de luz solar, la temperatura desciende y por lo tanto la sensación térmica disminuye.

En los Anexos 3a 3b y 3c, se muestran los promedios mensuales de las temperaturas mínimas, medias y máximas respectivamente durante el periodo comprendido entre el año 2005 al 2013, elaboradas a partir de los datos tomados de la estación meteorológica. En la Figura 12, se puede observar el comportamiento de la temperatura media multianual para cada uno de los meses en el municipio de Palmira.

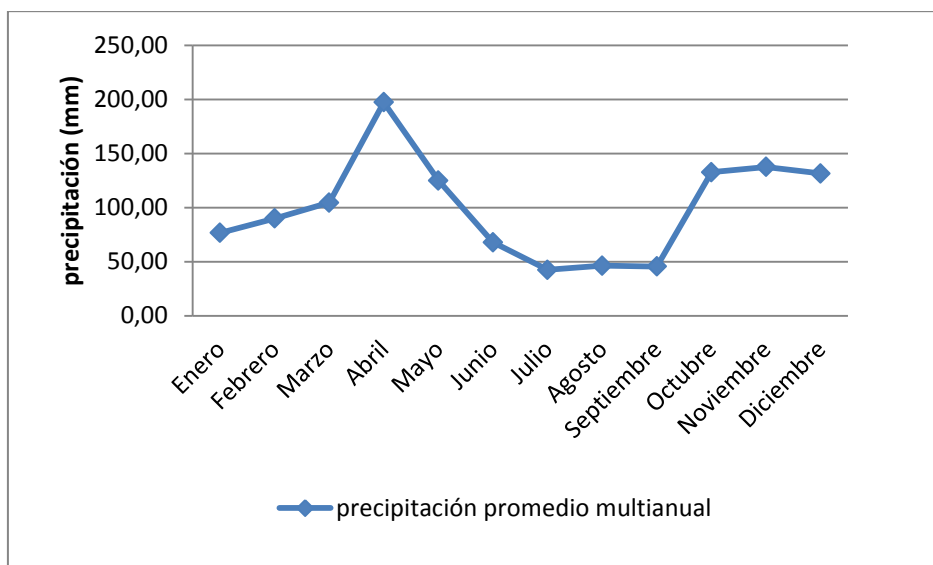
Figura 12. Temperaturas medias multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.



La temperatura promedio máxima fué de 29,26°C, registrada entre los meses de julio a septiembre, época que coincide con bajas precipitaciones, un descenso en la humedad relativa. La temperatura promedio mínima de 19,35°C registrada entre los meses de octubre, agosto, diciembre y febrero; y por último la temperatura media de 24°C, registrada a mediados del mes de septiembre.

En la Figura 13, se ilustra cómo ha sido el comportamiento de la precipitación durante todo el año en el periodo de tiempo mencionado anteriormente, donde las precipitaciones más severas han sido durante los meses de abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre. El año en que hubo una temporada de invierno fuerte fue en el año 2010 con un total de precipitación de 1538 mm.

Figura 13. Precipitación media multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.



-

- **Balance hídrico**

El balance hídrico se realizó con base al método empleado por Thornthwaite (1957). Para ello se tuvo en cuenta datos promedios de temperatura media y precipitación del Anexo 3b y 3d, respectivamente. En el Anexo 4 se encuentra la determinación del porcentaje de capacidad de campo, el promedio del punto de marchitez permanente, la densidad aparente del suelo y capacidad de almacenamiento de agua en el suelo de musáceas y de aguacate. Determinados los parámetros anteriores, los valores se muestran en la Tabla 8, lo cual es de gran ayuda para calcular el balance hídrico en su respectiva ubicación geográfica.

Tabla 8. Determinación de la capacidad de almacenamiento de agua en suelos del banco de germoplasma de musáceas y aguacate.

	Capacidad de campo (%)	Punto de marchitez permanente (%)	Profundidad radicular (cm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Capacidad de almacenamiento (mm)
Franco-arcilloso	31,59	20,30	60	1,49	100,99
Arcillo-limoso	53,33	29,4	40	0,51	48,82

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de campo (CC) en el suelo de musáceas representa aproximadamente un 32% de humedad contenida en el suelo, siendo esto óptimo de acuerdo con Dorenbos y Kassam (1979). Para el sustrato (aguacate) indica que hay un 53,33% de agua retenida.

El punto de marchitez permanente (PMP) más alto fue de 29,4%, pertenece al tipo de suelo arcillo limoso (ArL) para aguacate. Lo anterior, expresa la baja capacidad de soportar niveles de agotamiento por encima del 30%. No obstante, estas plantas se mantienen en riego continuo por goteo.

La densidad aparente (Da) es un indicador de la porosidad del suelo. De acuerdo a los resultados obtenidos, el suelo de musáceas tiene mayor Da, pero es menos poroso que el sustrato sobre el cual crece el aguacate, lo que implica que el agua drena mucho más lento en su interior que en el sustrato, donde la fuerza de gravedad actúa con mayor facilidad.

La Capacidad de Almacenamiento (CA) del suelo de musáceas es de 100,99 mm, lo cual indica un nivel óptimo de agua, facilitando el transporte de los nutrientes a través de las raíces de las plantas. Sin embargo el sustrato retiene menos agua.

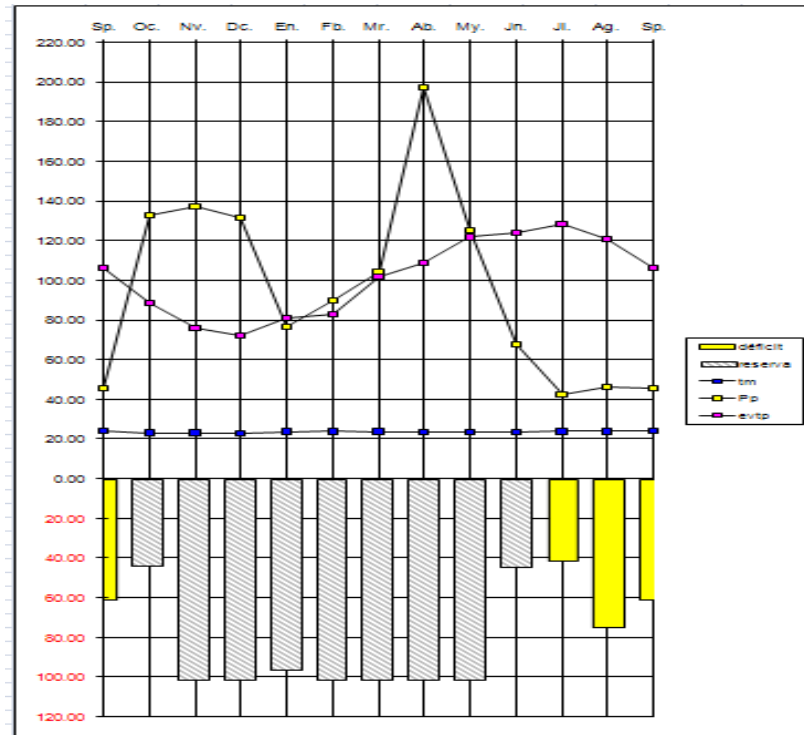
En la Tabla 9 se encuentran los resultados de todos los valores de evapotranspiración, humedad, déficit y el exceso de agua. Estos valores se obtienen a determinadas condiciones meteorológicas y en la Figura 14 con base a estos datos, a través de un gráfico se representa el balance hídrico.

Tabla 9. Balance hídrico multianual (2005-2013) para cada uno de los meses.

	Sp.	Oc.	Nv.	Dc.	En.	Fb.	Mr.	Ab.	My.	Jn.	Jl.	Ag.
tm	24.01	23.27	23.22	23.13	23.75	23.83	23.76	23.61	23.56	23.64	23.86	23.98
i	10.76	10.26	10.23	10.17	10.58	10.63	10.59	10.49	10.45	10.51	10.65	10.74
evt	102.22	93.42	92.84	91.81	99.07	100.03	99.19	97.40	96.81	97.75	100.40	101.86
ajuste	1.04	0.95	0.82	0.79	0.82	0.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19
evtp	106.31	88.75	76.13	72.53	81.24	83.03	102.17	109.09	121.98	124.15	128.51	121.21
Pp	45.6	132.7	137.6	131.5	76.7	89.9	104.6	197.4	125.1	67.9	42.4	46.3
humedad	-60.73	43.92	61.45	58.99	-4.53	6.86	2.42	88.34	3.11	-56.26	-86.09	-74.87
reserva	0.00	43.92	100.99	100.99	96.46	100.99	100.99	100.99	100.99	44.73	0.00	0.00
evtr	45.58	88.75	76.13	72.53	81.24	83.03	102.17	109.09	121.98	124.15	87.15	46.34
déficit	60.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.35	74.87
exceso	0.00	0.00	4.39	58.99	0.00	2.34	2.42	88.34	3.11	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Balance hídrico, estación IDEAM C.I. Palmira



Fuente: Elaboración propia

Se observa que la evapotranspiración es mucho mayor durante los meses de junio a agosto, principalmente en el mes de julio. Lo anterior indica que en el mes de julio es el tiempo en el que ocurre con mayor frecuencia la combinación de procesos en los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

Se observa que durante los meses de julio a septiembre, ocurre un déficit hídrico acompañado de un descenso de la humedad del suelo, limitando la absorción de agua realizada cada vez con mayor dificultad. El mes de enero también se ve afectado aunque en este tiempo es muy leve. El mayor déficit que se presenta es en el mes de agosto, producto del balance de 74,87 mm promedio anual (9 años) de agua, seguido del mes de septiembre con 60,73 mm.

En la misma Figura 13, se observa un exceso de agua durante los meses de febrero a mayo, noviembre y diciembre. La mayor cantidad de agua se precipita en el mes de abril tiempo en el que coincide con la época de invierno (datos promedios anuales para 9 años de registros). Esto puede traer consecuencias por posibles encharcamientos que se presenten en el lote de musáceas debido a que es un suelo FAr y se ve afectado por deficientes drenajes, limitando el desarrollo de las plantas.

En la planta de aguacate el exceso de agua es perjudicial por ser susceptible a enfermedades como *Phytophthora*. Sin embargo el sustrato que lo contiene posee textura diferente al banco de musáceas (campo), con mayor porosidad y alto contenido de materia orgánica, que permite el flujo del agua mediante infiltración y percolación.

En musáceas la escasez de humedad causa maduración prematura de las plantas y frutos mal desarrollados y formados (Montaldo, 1982), por lo que musáceas es exigente en agua. El mes de julio, fue el mes en el que la humedad en el suelo fué menor.

7.1.4 Bioseguridad de los trabajadores y Norma GTC 24 (2009):En la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) los operarios identificaron mediante pictogramas y palabras de advertencia; un tipo de comunicación que establece y determina la existencia de algún riesgo y peligro que puede afectar tanto la salud como del ambiente.

En la Figura 15 se muestran los insumos agrícolas que fueron clasificados y ubicados estratégicamente (fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticida y coadyuvantes); de acuerdo a la matriz de almacenamiento referida en el Anexo 5a y su categoría toxicológica.

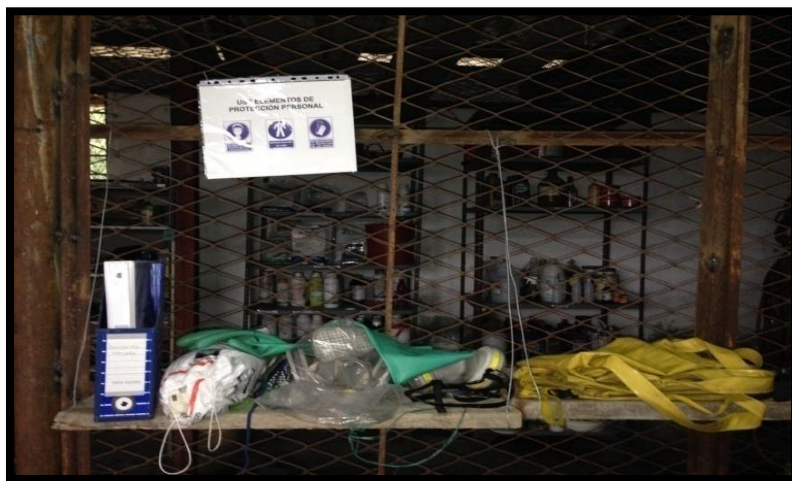
Figura 15. Vista general de la clasificación y ubicación de insumos agrícolas.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16 se puede observar los elementos de protección personal (petos impermeables, guantes de neopreno y mascara de filtro para vías respiratorias) organizados y disponibles para su uso adecuado.

Figura 16. Localización de las hojas de seguridad y elementos de protección personal en la bodega de insumos agrícolas de frutales.



Fuente: Elaboración propia

Se observa también en la bodega de almacenamiento, el fácil acceso de las hojas de seguridad para cada producto químico en caso de emergencia. La información suministrada comprende principalmente la identificación del producto, peligros, composición, almacenamiento, propiedades fisicoquímicas e información toxicológica y medidas en caso de derrame accidental, entre otras.

En el Anexo 5b, se encuentra el inventario de los insumos agrícolas, con su respectivo pictograma y el nivel de peligrosidad. Este se identifica con una X, que subrayada determina mayor importancia en la seguridad y bienestar de los trabajadores, así como del entorno y el ambiente.

Por medio de esa clasificación se obtuvo que la mayoría de los fertilizantes utilizados en los bancos de germoplasma de musáceas y aguacate, según el SGA, se clasifican como irritantes (coljap zinc, nutrimon 13-3-43, boro, nutrimer zinc 0-0-3 (Zn), sulfato de potasio 0-0-52-18(S), sulfato de manganeso, sulfato ferroso heptahidratado, cal dolmítica 35%). Cuando se hace uso de estos tipos de fertilizantes algunos principalmente el sulfato de potasio 0-0-52-18(S) y la cal dolmítica 35%, generan nubes de polvo que contienen material muy fino, afectando principalmente ojos, piel y tracto respiratorio.

De acuerdo a lo anterior, las personas que se encuentran expuestas a estos tipos de sólidos o materiales en suspensión en el aire, se vuelven nocivas para la salud de los trabajadores. Para ello se recomendó el uso adecuado de los elementos de protección personal antes de manipular cualquier tipo de sustancia sólida, principalmente el uso de máscara de filtro para vías respiratorias.

Otros productos químicos considerados de mayor importancia por su alto nivel de toxicidad son los insecticidas como furadan 3 SC y confidor SC 350. El furadan de acuerdo a su categoría de toxicidad es extremadamente tóxico, pertenece a la categoría toxicológica (I), el cual está compuesto por uno de los componentes más tóxicos, carbofuran de 330 g/L. Este último integra un grupo sustituto de insecticidas persistentes como el DDT (diclorodifeniltricloroetano). Su grado de peligrosidad es tan alto que su aplicación en los BGV indirectamente puede ser letal para animales como las aves.

El confidor contiene imidacloprid de 350 g/L, pertenece a la categoría toxicológica (III). Contiene una toxicidad relativamente baja para los seres humanos. Es importante saber que estos dos productos químicos no se aplican en los BGV estudiados, por lo cual no generaría un impacto ambiental en el entorno de éstos.

En la aplicación de algunos agroquímicos para el BGV de aguacate son muy comúnmente usados los fungicidas, insecticidas y coadyuvantes (ver Tabla 10). El nivel de toxicidad de estos agroquímicos varía desde un nivel de toxicidad bajo a alto (Tabla 10).

Tabla 10.Indicaciones de peligro de los principales agroquímicos y niveles de toxicidad

Agroquímico	Indicaciones de peligro	Nivel de toxicidad
Aplicación en aguacate		
Insecticidas: Regent (Fipronil), Lorsban 4EC (Clorpirifos), Polo 250 (Diafenthiuron)	*Tóxico; líquido comburente y explosivo; toxicidad aguda.	*II Nocivo *II Nocivo *III cuidado
Fungicidas: Mertect 500SC (Thiabendazole); Score 250 (Difenoconazol), Zellus (Benomyl)	Explosivo, tóxico y peligroso para el ambiente acuático; toxicidad aguda, irritación cutánea y peligro para el ambiente acuático.	*IV Precaución *III Cuidado *III Cuidado
Coadyuvante: Carrier (Ac. Carboxílicos insaturados)	Tóxico.	*IV Precaución
Aplicación en Musáceas		
Fertilizante: Sulfato ferroso heptahidratado	Irritación cutánea, tóxico y corrosión cutánea.	
Fertilizante: Sulfato de manganeso	Corrosión cutánea, Irritación cutánea y peligro por aspiración.	
Fertilizante: Sulfato de zinc	Toxicidad aguda e irritación cutánea.	

Fertilizante foliar: Urea 46-0-0	Toxicidad aguda, irritación cutánea, aspiración inflamable.	peligro y líquido
---	---	-------------------

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla anterior, se puede observar que en la aplicación de agroquímicos para el BGV de musáceas son muy comúnmente usados fertilizantes foliares y fertilizantes. Dichos insumos no revisten alta peligrosidad como si ocurre con los insecticidas químicos expuestos anteriormente.

En la Figura 17 se muestran los pictogramas e indicaciones de peligro de los agroquímicos anteriormente mencionados de mayor significancia en el uso de la aplicación para aguacate y musáceas conforme al SGA.

Figura 17. Pictogramas e indicaciones de peligro



Fuente: <http://quimicasthai.wordpress.com/2010/11/10/sga-ya-esta-de-camino>

Para el proceso de separación de residuos sólidos se utilizó la Norma GTC 24 (2009), la cual establece los colores representativos para la clasificación de los residuos y materiales según sus características y tipos. Para ello se dispuso de cuatro recipientes para la segregación de los residuos sólidos con su respectivo color (Figura 18). Esto permite la identificación de los materiales y residuos que se generan en esta zona del centro de investigación a fin de concientizar a las personas sobre la importancia de realizar el mecanismo de reciclaje y darle manejo adecuado a los residuos que ya no sean necesarios. Éstos se clasifican como ordinarios; papel y cartón; plásticos y residuos peligrosos; con sus respectivos colores verde, gris, azul y rojo.

Figura 18. Recipientes para la clasificación de residuos generados en la zona de frutales de de CORPOICA del C.I. Palmira.



Fuente: Elaboración propia

8. CONCLUSIONES

- La materia orgánica se considera baja en el suelo FrAr (lote de musáceas) afectando el movimiento de los nutrientes principales requeridos por la planta, presentando niveles medios a bajos de potasio y nitrógeno; además de que este tipo de suelo al ser muy pesado y fuerte influye en la baja permeabilidad del agua, lo cual es de gran importancia en el ambiente pues dificulta el desarrollo de las plantas del banco de germoplasma de musáceas.
- El fósforo es otro macroelemento importante, de interés ambiental, que a pesar de su alto contenido en el suelo del lote de musáceas tiende a ser poco móvil e insoluble, dificultando así la absorción a través de la planta.
- Uno de los aspectos a considerar es la presencia de metales pesados como Fe, Cu, Mn, B y Zn encontrados en niveles altos en el suelo de aguacate, a excepción del Mn, lo cual puede originar toxicidades en el ecosistema en el que se desarrolla la planta por la bioacumulación progresiva a través de sus tejidos, principalmente porque este tipo de situación se manifiesta en suelos ácidos. Similar situación se observa en el suelo de musáceas a excepción del Mn y Zn, sin embargo los efectos tóxicos a un pH neutro son mínimos.
- El agua de riego, con base a la concentración de aniones, contiene un potencial alto de salinización. No presenta amenaza de contaminación por hierro o boro.
- Según los resultados del análisis microbiológico, el agua del pozo se encuentra contaminada por agentes microbianos, debido a la presencia de coliformes totales y *E.coli*, indicadores de importancia en la contaminación del agua y de los alimentos.
- El ICA del pozo que se obtuvo al realizar el cálculo multiplicativo, se clasificó de regular calidad para consumo humano. De acuerdo al análisis fisicoquímico determinado en el agua de riego y los valores del ICA en relación con usos del agua establecidos, la industria agrícola no requiere tratamiento, lo cual es apta para su uso.
- El análisis de agua presenta inconsistencias importantes, atendiendo a que la suma de cationes dista significativamente de la suma de aniones, y por lo tanto de la medición de la conductividad eléctrica.
- De acuerdo a los registros de los datos climáticos promediados para los nueve años de estudio, la temperatura en la zona varía entre 19,35°C a 29,26°C, por lo cual se considera que esta temperatura es óptima y requerida para *Mussasp* y para *Perseaamericana*. Esta zona se caracteriza por tener una humedad relativa media multianual alta del 76% y una precipitación media anual de 1197,71 mm.
- Al promediar los nueve años de estudio, según el balance hídrico determinó que existe un exceso de agua en el suelo de los BGV durante los meses de febrero a mayo, noviembre y diciembre. La evapotranspiración se presentómás alta en los meses de junio a septiembre, principalmente en el

mes de julio, indicando un déficit para éste y los dos siguientes meses (agosto y septiembre).

- La aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) ofrece la alternativa de poner en común un sistema de clasificación y etiquetado que en conjunto con las hojas de seguridad facilitó la comprensión de los peligros de las sustancias químicas y la organización de los insumos agrícolas y elementos de protección personal.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el análisis textural del suelo sea realizado por métodos cuantitativos de mayor precisión para arcillas, arenas y limos, mediante el método de Bouyoucos.
- Se requiere un adecuado plan de abonamiento conforme a los análisis de suelos que deben ser tomados cada año para monitorear el comportamiento de cada elemento y las interacciones entre ellos.
- Realizar seguimientos periódicos en la variación del comportamiento de cada uno de los contenidos de metales pesados: Fe, Cu, Mn, B y Zn, además de metales pesados tóxicos como Pb, Cd, Ar y Hg, de gran interés ambiental en el agro-ecosistema.
- Para darle mayor confiabilidad al estudio es necesario realizar muestreos mensuales durante el primer año de riego para caracterizar el contenido de sales, en especial por los efectos sobre la planta de aguacate.
- Hacer podas en los materos de aguacate con el fin de que la incidencia de luz solar sea mucho mayor y evite que la humedad relativa en este microclima aumente; debido a que este tipo de plantas son muy vulnerables a la enfermedad pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*.
- Es importante programar los riegos basados en el balance hídrico con fin de hacer un uso eficiente del agua de riego.
- Se recomienda reubicar el almacenamiento de agroquímicos en una instalación que se encuentre a una distancia apropiada de la fuente hídrica, para prevenir posibles riesgos de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

ALTIERI, Miguel A y Nicholls, Clara I. Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. En: Leisa revista de agroecología. Marzo, 2009.p. 1-4.

ARANZAZU H, Fabio., VALENCIA M, Jorge Alberto., ARCILA P, María Isabel., CASTRILLÓN A, Consuelo., BOLAÑOS B, Martha Marina., CASTELLANOS C, Pedro A., PÉREZ C, Juan Carlos., RODRIGUEZ M, José Luis. El cultivo del plátano. Manual técnico. Corpoica, regional 9-Pronatta. 2002.

ASHMORE, 1997., Citado por VALENCIA RAMIREZ, Rubén., LOBO, Mario y LIGARRETO, Gustavo A. Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. En: CorpoicaCienc.Tecnol. Agropecu. Vol. 11, No.1 (2010), p. 85 - 94.

AYERS y WTSCOT, 1985, Citado por GARCÍA O, Álvaro, 2012. Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. [En línea]. [8 diciembre de 2014]. Disponible en: ([http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf))

BARBOSA A, Hector F. Remediación de suelos. La Paz, Estado de México, agosto, 2011, p. 1-134.

BELALCÁZAR C, Sylvio L. ICA. El cultivo de plátano en el trópico-Manual de asistencia técnica No. 50. Comité departamental de cafeteros en el Quindío, 1991. p. 1-250.

BENITES, José R y CASTELLANOS, Antonio. En: Leisa revista de Agroecología. Septiembre, 2003. Vol.19. No. 2.

BISONÓ PÉREZ, Sixto MI y HERNÁNDEZ B, José R. Guía tecnológica sobre el cultivo del aguacate. Santo Domingo, D.N. Junio, 2008.

BISONO PÉREZ, Sixto MI y HERNÁNDEZ B, José R. Técnica tecnológica sobre el cultivo del Aguacate. [En línea]. [24 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.agrobeta.com/agrobetablog/2014/04/necesidades-nutricionales-del-aguacate/>)

BROWN citado por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), 2014. [En línea]. [13 diciembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>)

CORPOICA. El cultivo de los plátanos en llanos orientales. Manual instruccional No.1. Villavicencio, 1998.

CORPOICA. Centro de Investigación Palmira. [En línea]. [2 agosto de 2014]. Disponible en: (<http://www.CORPOICA.org.co:8086/media/8749/palmira.pdf>)

CORPOICA. Guía para la toma de muestra de agua para uso agropecuario. Bogotá D.C: Vinculación de conocimiento y tecnología, 2014. p.1-11.

CORPOICA. Guía para la toma de muestras de suelo. [En línea]. [27 agosto de 2014]. Disponible en: (http://www.corpoica.org.co/sitioweb/servicios/documentos/guia_para_la_toma_de_muestras_de_suelos_corpoica-fedegan.pdf)

CANO S, Carlos G., ARIAS L, Andrés F y TOBÓN T, Leonidas. Ministerio de agricultura y desarrollo rural dirección de desarrollo tecnológico y protección sanitaria plan nacional para la implementación de buenas prácticas agrícolas. [En línea]. [18 agosto de 2014]. Disponible en: (http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200762595916_ProgramaNacionaldeBPAMADR.pdf)

CASTAÑO P, Ángela M., ARISTIZABAL L, Manuel y GONZÁLEZ O, Héctor. Requerimientos hídricos del plátano dominico hartón (*musa AABsimmonds*) en la región Santágueda, Palestina, Caldas.agron. 2011, Vol 19 No.1. p.57 - 67, ISSN 0568-3076

CERDÁN S, María del Mar. Estabilidad de los isómeros de FeEDDHA y FeEDDHMA en diferentes medios nutritivos. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante. Facultad de ciencias, 2003, p. 1-272.

CORRALES MALDONADO, CG., VARGAS ARISPURO, I., VALLEJO CHOHE, S y MARTÍNEZ TÉLLEZ, MA. Deficiencia de azufre en suelos cultivables y su efecto en la productividad. Vol.16 No.1. (2014) p. 38-44.

CUESTA M, Pablo A y VILLANEDA V, Edgar. El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. [En línea]. [24 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/CAPITULOONO.pdf>)

DÁVALOS *et al.*, 2003, Citado por VALENCIA RAMIREZ, Ruben., LOBO, Mario y LIGARRETO, Gustavo A. Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. En:Cienc. Tecnol. Agropecu. Vol.11, No.1 (2010), p. 85-94.

Departamento de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. [En línea]. [11 noviembre de 2014]. Disponible en: (http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf):

DE LA ROSA, David A., TEUTLI, Ma. Maura Margarita y RAMÍREZ I, Marta E. Electrorremediación de suelos contaminados, una revisión técnica para su aplicación en campo. En: Revista internacional de contaminación ambiental. Septiembre, 2007, Vol.23. ISSN 0188-4999.

División de Salud Pública de Carolina del Norte. Hoja informativa sobre el agua de los pozos. [En línea]. [20 octubre de 2014]. Disponible en: (http://epi.publichealth.nc.gov/oe/docs/Las_Bacterias_Coliformes_WellWaterFactSt.pdf)

DOMÈNECH, Xavier y PERAL, José. Química ambiental de sistemas terrestres. España. 2006. ISBN 84-291-8906-2.

DOORENBOS y KASSAM (1979) Citado por Ruiz *et al.*, (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. AGAVE tequilana Weber Var. Azul. [En línea]. [25 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Costa%20Sur/RegionCostaSurReqAgroecologicos.pdf>)

DONAHUE, R.L., SHICKLUNA, J.C. y ROBERTSON (1971), Citado por GUERRERO R, Ricardo. Fertilización de cultivos en clima medio. Universidad Nacional de Colombia. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. Barranquilla, Colombia, S.A. Segunda edición, 1995. ISBN: 958-95295-2-6. p. 1-220.

Escuela de Ingeniería de Antioquia. Evaluación de la calidad del agua. Medellín, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Water quality for agriculture. 1985. [En línea]. [23 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/T0234E00.HTM>)

FAO. Salt-Affected Soils and their Management. 1988. [En línea]. [11 diciembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.fao.org/docrep/x5871e/x5871e00.htm>)

FAO. Contaminación agrícola de los recursos hídricos: introducción. 2013. [En línea]. [11 diciembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s03.htm#TopOfPage>)

FAO. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la producción de caña y panela. [En línea]. [2 agosto de 2014]. Disponible en: (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1525s/a1525s07.pdf>)

FAO. Factores ambientales. Departamento de Agricultura. [En línea]. [18 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s08.htm>)

FAO. La agricultura y los cambios climáticos: la función de la FAO. [En línea]. [22 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://www.fao.org/noticias/1997/971201-s.htm>)

FEDEPLACOL. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA. La cadena de plátano en Colombia. Una mirada Global de su estructura y dinámica 1991-2005. Bogotá, 2005.

FOSTER E HIRATA (1991), Citado por SANCHA, AM. Evaluación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas con compuestos orgánicos volátiles. Santiago de Chile, 2002.

GALÁN H, Emilio y ROMERO B, Antonio. Contaminación de suelos por metales pesados. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. 2008, p.48-60. ISSN: 1885-7264.

GAMBOA, F., GÓMEZ, R., CÁRDENAS, M y CAMPOS, C. Comportamiento de coliformes fecales como indicadores bacterianos de contaminación fecal en diferentes mezclas de biosólido y estériles utilizados para la restauración ecológica de la cantera soratama. En: Revista de la Facultad de Ciencias. Vol 12. (Ene-jun. 2007). p. 111-120.

GARCÍA O. Álvaro. Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. [En línea]. [8 diciembre de 2014]. Disponible en: ([http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf))

GARZÓN, Tafur. La inocuidad de alimentos y el comercio internacional. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol.22, No. 3 (2009), p. 330-338.

GLIESSMAN, Stephen R. Agroecología, Procesos ecológicos en agricultura sostenible (EUA). Costa rica, 2002. ISBN 1-57504-043-3.

Group unitek. RWL Water. Parámetros fisico-químicos del agua.). [En línea]. [23 octubre de 2014]. Disponible en: (http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id_lib_tecnica=6)

GUERRERO R, Ricardo. Fertilización de cultivos en clima medio. Universidad Nacional de Colombia. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. Barranquilla, Colombia, S.A. Segunda edición, 1995. p. 1-220. ISBN: 958-95295-2-6.

GUZMÁN y MERINO (1992), Citado por MONTOYA *et al.*, 1997. Índice de Calidad del Agua ICA-NSF. Valores del ICA y relación con usos del Agua.

HEYWOOD y DULOO, 2005, Citado por VALENCIA RAMIREZ, Rubén; LOBO, Mario y LIGARRETO, Gustavo A. Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. En:Cienc. Tecnol. Agropecu. Vol.11 No.1 (2010), p. 85-94.

IBAÑEZ, Juan José. Biodisponibilidad de los nutrientes por las plantas, pH del suelo y el complejo de cambio absorbente. [En línea]. [17 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/09/65262>)

IBAÑEZ, Juan José. pH del suelo. [En línea]. [8 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>)

ICA (1992), Citado por Sociedad colombiana de ciencia del suelo. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera edición. Bogotá: 2000, Sociedad Colombiana de la ciencia de suelo. ISBN: 958-95299-1-7.

ICA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Buenas prácticas agrícolas. Sistema de aseguramiento de la inocuidad de los alimentos. Produmedios. Bogotá D.C: 2005, p. 1-17.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana 24. Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente. Tercera actualización. Bogotá D.C: 2009.
IGAC (1988), Citado por Sociedad colombiana de ciencia del suelo. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera edición. Bogotá: 2000, Sociedad Colombiana de la ciencia de suelo. ISBN: 958-95299-1-7.

ISRAELSEN y WEST. Capacidad de retencion de agua disponible. [En línea]. [13 diciembre de 2014]. Disponible en:(<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-edioambiente/contenidos/tema-9/CAPACIDAD-DE-RETENCION-DE-AGUA-DISPONIBLE.pdf>)

IZQUIERDO, Juan., RODRIGUEZ F, Marcos y DURAN, Marcela. FAO. Buenas prácticas agrícolas para la agricultura familiar-Plan Departamental de Seguridad Alimentaria (MANA). Antioquia, 2007. [En línea]. [4 agosto de 2014]. Disponible en: (<http://www.fao.org.co/manualbpa.pdf>)

JARAMILLO J, Daniel F. Introducción a la ciencia del suelo-Universidad Nacional de Colombia. [En línea]. [8 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>)

JIMÉNEZ, Salvador., MERCEDES, Leandro., PERALTA G, Raul., CASTILLO V, Carlos A., MONTES DE OCA, Daniel., BÁEZ, Henry., ROSARIO, Alba., FERRER, Pedro., TAVÁREZ, Josefina., PÉREZ Q, Francelyn., GUTIÉRREZ, Carmen., PÉREZ M, Luis. Guía de buenas prácticas agrícolas, (BPA) en la producción de aguacate. [En línea]. [20 agosto de 2014]. Disponible en: (<http://www.cnmsf.gob.do/Portals/0/docs/Guias%20y%20Manuales%20de%20BP/Guia%20BPA%20Aguacate.pdf>)

KHALAJABADI, SiavoshSadeghian. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica L.*) en la etapa de almácigo. Trabajo de investigación. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, 2012. p. 1-171.

LAVIE, Emilie; MORÁBITO, José A., SALATINO, Santa E., BERMEJILLO, Adriana., FILIPPINI, María F. Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. En: Rev. FCA UNCuyo. Tomo 42. No. 1 (2010), p. 169-184.

Lenntech-Wáter treatmentsolutions. Calidad de agua para irrigación. [En línea]. [19 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/calidad/irrigacion-calidad-agua.htm>)

MARTINEZ SULLER, Luis. Estudio de la calidad agronómica del agua de riego de las Islas Baleares. [En línea]. [23 noviembre de 2014]. Disponible en: (http://dgrechid.caib.es/www/doc/AIGUES_SUBTERRANIES_1.pdf)

MÉNDEZ, Carlos Alberto. Evaluación de la implementación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) en una empresa del sector químico en Colombia. Bogotá: 2014. p. 1-97.

Ministerio de agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Indicadores ambientales.[En línea]. [18 agosto de 2014]. Disponible en: (http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2010/ae_2010_11_metodologia.pdf)

MONTALDO, (1982) Citado por Ruiz *et al.*, (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. AGAVE tequilana Weber Var. Azul. [En línea]. [25 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Costa%20Sur/RegionCostaSurReqAgroecologicos.pdf>)

MORENO M, Jorge; CANDANOZA C, Julio y OLARTE G, Fauner. Buenas practicas agrícolas en el cultivo de plátano de exportación en la región de Urabá. Medellín: 2009. ISBN 978-958-99167-1-1.

MUNÉVAR (1991), Citado por Sociedad colombiana de ciencia del suelo. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera edición. Bogotá: 2000, Sociedad Colombiana de la ciencia de suelo. ISBN: 958-95299-1-7.

NADAL MEDINA, María del Rocío. Determinación de distancias genéticas entre accesiones de plátano (*Musa spp.*) de diferente grupo genómico mediante marcadores RAPD. Universidad de Colima. Tecomán, Colima. Enero, 2006. p. 7-40.

OLÍAS, M., CERÓN, J.C y FERNANDEZ, I. Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS). Geogaceta, 2005.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA) .Nueva york y Ginebra, 2013.p. 3-237.

Organización de las Naciones Unidas (OMS).Analysis of Wastewater for Use in Agriculture a Laboratory Manual of Parasitological and Bacteriological Techniques.[En línea]. [11 diciembre de 2014]. Disponible en: (http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/labmanual.pdf?ua=1)

ORTIZ y MARTÍNEZ, 2000; CHAPARRO, 2004 Citado por HERNANDEZ, José., ESPINOZA, Yusmary., MALPICA, Lesly., DE JESUS, Manuel. Calidad del agua de riego y parámetros microbiológicos y químicos del suelo de la zona agrícola de Barbacoas, estado Aragua. En: Rev. Fac. Agron. Vol. 37 (2011). p. 1-10.

OSSA B, A. Eficiencia energética en industrias HACEB S.A. [En línea].[3 agosto de 2014].Disponible en: (http://www.bdigital.unal.edu.co/861/1/1035415078_2009.pdf)

OTINIANO., Alberto, FLORIAN., Liliana, SEVILLANO., Raúl, AMEZ., Segundo. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. En: Scielo-IDESIA. Vol.24. (Ene-Abr, 2006).p.49-61.

PALACIOS, Abdón., RODRIGUEZ, María de Lourdes y BARAJAS, Gerardo. Tratamiento electrostático del agua para riego. [En línea]. [22 octubre de 2014].Disponible en: (http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/06/01/tratamiento_electr_ostatico_esp_del_agua_para_riego.pdf)

PÉREZ L, Juan M. Manual para determinar la calidad del agua para riego agrícola. Facultad de ciencias agrícolas. Xalapa-Enriquez, 2011. p. 12-16.

PÉREZ VALDIVIA, Erwid. Respuesta de nueve cultivares de musáceas en la etapa vegetativa a cuatro niveles de sombra agroforestal. Turrialba, Costa Rica, 2012.p. 4-80.

PICHS H, Luis A. Guía para la identificación y evaluación (valoración de la significancia) de los aspectos ambientales en el ámbito del diseño e implementación de un Sistema de Gestión Ambiental. [En línea]. [16 agosto de 2014]. Disponible en: (<https://docs.google.com/document/d/1OAW-7lqblol2lXY5bfYWc80HqJFo3AvoNvbKpjDYfYM/edit?hl=es#bookmark=id.a16cd4f1936b>)

PRIETO M., Judith, GONZÁLEZ R., César A, ROMÁN G., Alma D, PRIETO G., Francisco. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. México, Universidad Autónoma de Yucatán. Tropical and Subtropical Agroecosystems, Vol. 10 No.1 (2009), p. 29-44.

RAMOS, Pedro y MARQUÉZ, Ma. Del Carmen. Avances en calidad ambiental. Universidad de Salamanca. Salamanca, 2002. ISBN 84-7800-811-X.

RESOLUCIÓN 1207 de 2014. Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. [En línea]. [25 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=59135>)

RESTREPO, Juan Camilo., SÁNCHEZ, Ricardo., GALLEGO, Juan Fernando., BELTRÁN, Teresita., SOTO, Carlos Alberto., SOLORZANO, Fernando José. ICA. Manejo fitosanitario del cultivo de aguacate Hass (*Persea americana* Mill). [En línea]. [22 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-ecfc-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/-nbsp;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-Aguacate.aspx>)

RODRIGUEZ, Yenny., BELTRÁN, Sonia., PICHIMATA, Angélica. Corpoica. Guía para la toma de muestra de suelo. Bogotá D.C: Vinculación de conocimiento y tecnología, 2014. p.1-11.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. Edición No. 1. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2013. p. 950-1029. ISBN: 9789588060132

SANTAELLA G, Juan A., BARRERO L, Deyanira., VEGA B, Arturo., DÍAZ M, Tito E., QUINTERO G, Ricardo. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, Corpoica- Ica. Manual de procedimientos técnicos administrativos y presupuestales para el

manejo de los bancos de germoplasma vegetal, animal y de microorganismos. Grupo Transferencia de Tecnología. Bogotá D.C:2006. p. 7-10.

SANTOS SANCHEZ, Mario Modesto. Universidad Nacional de agricultura. Caracterización molecular de la colección nacional de aguacate (*Persea americana* Mill) de la corporación colombiana de investigaciones (Corpoica) utilizando marcadores RAMs, Fase III. Honduras-Catacamas. Diciembre, 2011.

SALAZAR G., S, COSSIO V., L.E, GONZALEZ D., J.L. Corrección de la eficiencia crónica de zinc en aguacate 'Hass'. En:Chapingo. Serie horticultura. Vol.14 No.2. México: Nov 2008. p.153-159.

SALAZAR G, Samuel. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias. México D.F, 2002. ISBN: 968-5512-00-0.

SANCHEZ P, Germán. Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. Fundación Universidad Autónoma de Colombia. Vol.1. No.1. (2002).

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. [En línea]. [18 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>).

SCOT *et al.*, 2006 Citado por PÉREZ VALDIVIA, Erwid. Respuesta de nueve cultivares de musáceas en la etapa vegetativa a cuatro niveles de sombra agroforestal. Turrialba, Costa Rica, 2012.p. 4-80.

SILVA *et al.*, 2004 Citado por HERNANDEZ, José., ESPINOZA, Yusmary., MALPICA, Lesly., DE JESUS, Manuel. Calidad del agua de riego y parámetros microbiológicos y químicos del suelo de la zona agrícola de Barbacoas, estado Aragua. En: Rev. Fac. Agron. Vol.37. (2011). p. 1-10.

Smart Fertilizacion inteligente. El fosforo en el suelo y agua. [En línea]. [17 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://www.smart-fertilizer.com/articulos/fosforo>)

Sociedad colombiana de ciencia del suelo. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera edición. Bogotá: 2002, Sociedad Colombiana de la ciencia de suelo. ISBN: 958-95299-1-7.

SPAIN *et al* 2003 citado por PRIETO M, Judith., GONZALEZ R, César A., ROMÁN GUTIERREZ, Alma D., PRIETO G, Francisco. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. En: Tropical and Subtropical Agroecosystems. Vol.10. (2009). p. 29-44.

STANLEY E, Manahan. Introducción a la Química Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2007. ISBN 968-36-6707-4.

SUÁREZ, Avelino y DOKKEN, David. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Cambio climático y biodiversidad. Ginebra: 2002. ISBN: 92-9169-104-7.

THORNTHWAITTE (1957) Citado RUIZ ÁLVAREZ, O., ARTEAGA RAMÍREZ, R., VÁZQUEZ PEÑA, MA., ONTIVEROS CAPURATA, RA., LÓPEZ LÓPEZ, R, 2012. [En línea]. [13 diciembre de 2014]. Disponible en: (<http://www.universidadyciencia.ujat.mx/sistema/documentos/volumenes/28-1-2012/714.pdf>)

TORREZ ARIAS, Gilberto y CHINCHILLA, Felipe. Manual de interpretación de análisis de suelos y foliares para la nutrición de limón, aguacate, cocotero y marañón. [En línea]. [25 noviembre de 2014]. Disponible en: (<http://es.scribd.com/doc/99704434/2006-IICA-Manual-de-Analisis-de-Suelos-y-Folirares-para-la-Nuticion-de-Limon-Aguacate-Cocotero-y-Maranon>)

TORRÁN, Eduardo A. Impacto de las plantaciones de *Eucalyptus grandis* sobre el contenido de humedad del suelo. Análisis de un caso en el Noreste de la Provincia de Entre Ríos. Tesis presentada para el grado de Magíster de Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concepción del Uruguay. Departamento de Ingeniería Civil. Diciembre, 2007, p. 1-123.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia- Aplicaciones en bancos de germoplasma. [En línea]. [2 agosto de 2014]. Disponible en: (http://datateca.unad.edu.co/contenidos/203024/203024/leccin_531_aplicaciones_en_bancos_de_germoplasma.html)

UHLAND Citado por HOSSNE GARCÍA, Américo José., CEDEÑO CAMPOS, Héctor José. Comparación de tres métodos para determinar densidad aparente y solidez entre suelos franco arenoso de sabana. [En línea]. [8 diciembre de 2014]. Disponible en: (<http://udoagricola.udo.edu.ve/V12N4UDOA/V12N4Hossne861.pdf>)

USEPA. Calidad sanitaria, microbiología. [En línea]. [20 octubre de 2014]. Disponible en: (http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_B.pdf)

UREÑA Z, José. Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de aguacate [En línea]. [20 agosto de 2014]. Disponible en: (<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00191.pdf>)

VALENZUELA, Mariela., MONDACA, María A., CLARET, Marcelino., PÉREZ, Claudio., LAGOS, Bernardo., PARRA, Oscar. Determinación del origen de la contaminación microbiológica del agua subterránea en una cuenca rural en Chile. En: Scielo. Vol.43. No.4 (May-Jun, 2009). p. 4-15.

VELÁZQUEZ, Javier., TEJERA, Rosario., HERNANDO, Ana., NUÑEZ, María V. Environmental diagnosis: Integrating biodiversity conservation in management of Natura 2000 forest spaces En: Journal for Nature Conservation. Vol.18 (2010), p. 309–317.

ZAMUDIO, Teodora. Bioseguridad en cultivos. [En línea]. [24 octubre de 2014]. Disponible en: (<http://biotech.bioetica.org/i9.htm>)

11. ANEXOS

Anexo A. Resultado análisis químico de suelo de musáceas del año 2012



RESULTADO ANÁLISIS LABORATORIO QUÍMICA DE SUELOS

USUARIO: ALVARO CAICEDO ARANA VEREDA: NO INDICA TIPO DE ANÁLISIS:
 DIRECCIÓN: C PALMIRA FINCA: NO INDICA
 DEPARTAMENTO: VALLE ALTURA (msnm): 1000 ESTADO: ESTABLECIDO
 MUNICIPIO: PALMIRA CULTIVO: MUSACEAS



IDENTIFICACIÓN MUESTRA	CÓDIGO MUESTRA	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA	pH	CE	Acidez			MO	P	S	Cationes extraerables				CICE	Elementos Menores				
						AlH	Al	Sat de Al				Ca	Mg	K	Na		B	Cu	Fe	Mn	Zn
					ds/m	cmol _c *kg ⁻¹	%	%	mg*kg ⁻¹	cmol _c *kg ⁻¹				mg*kg ⁻¹							
BANCO GEMOPLASMA DE MUSACEAS	2324	010-20	FAr	6,54	0,17	0,00	0,00	0,0%	2,32	65,7	7,2	8,44	4,18	0,43	0,08	13,14	0,33	6,50	202,0	1,90	2,20
INTERPRETACIÓN GENERAL			Frano-Arcilloso	UBRRAMENTE ACIDO	NO SALINO				BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	NORMAL	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO

RELACIONES CATIONICAS	VALOR	INTERPRETACIÓN GENERAL
Ca/Mg	2	deficiencia de Calcio
Ca/K	20	Adecuado
Mg/K	10	Adecuado
(Ca+Mg)/K	29	Adecuado

SATURACIÓN CATIONICA	VALOR	INTERPRETACIÓN GENERAL
sat de Ca (%)	64,3%	ALTO
sat de Mg (%)	31,8%	ALTO
sat de K (%)	3,3%	ALTO
sat de Na (%)	0,6%	NORMAL



METODOS DE ANÁLISIS DE SUELO	
TEXTURA: Método orgánico pH: Potenciométrico relación suelo-agua 1:2,5 MO: Materia orgánica método walkley & Black P: Fósforo por el método de Bray II S: Azufre disponible NTC 5404 Al+H: Acidez intercambiable NTC 5263 CE: Conductividad eléctrica NTC 5396	Cationes de cambio Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na): método de acetato de amonio 1N pH 7 CICE: Capacidad de intercambio cationico efectiva método NTC 5268. Elementos menores Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn): método de Olsen modificado B: Soro NTC 5404

FECHA DE ENTRADA 06/08/2012

FECHA DE SALIDA 06/09/2012

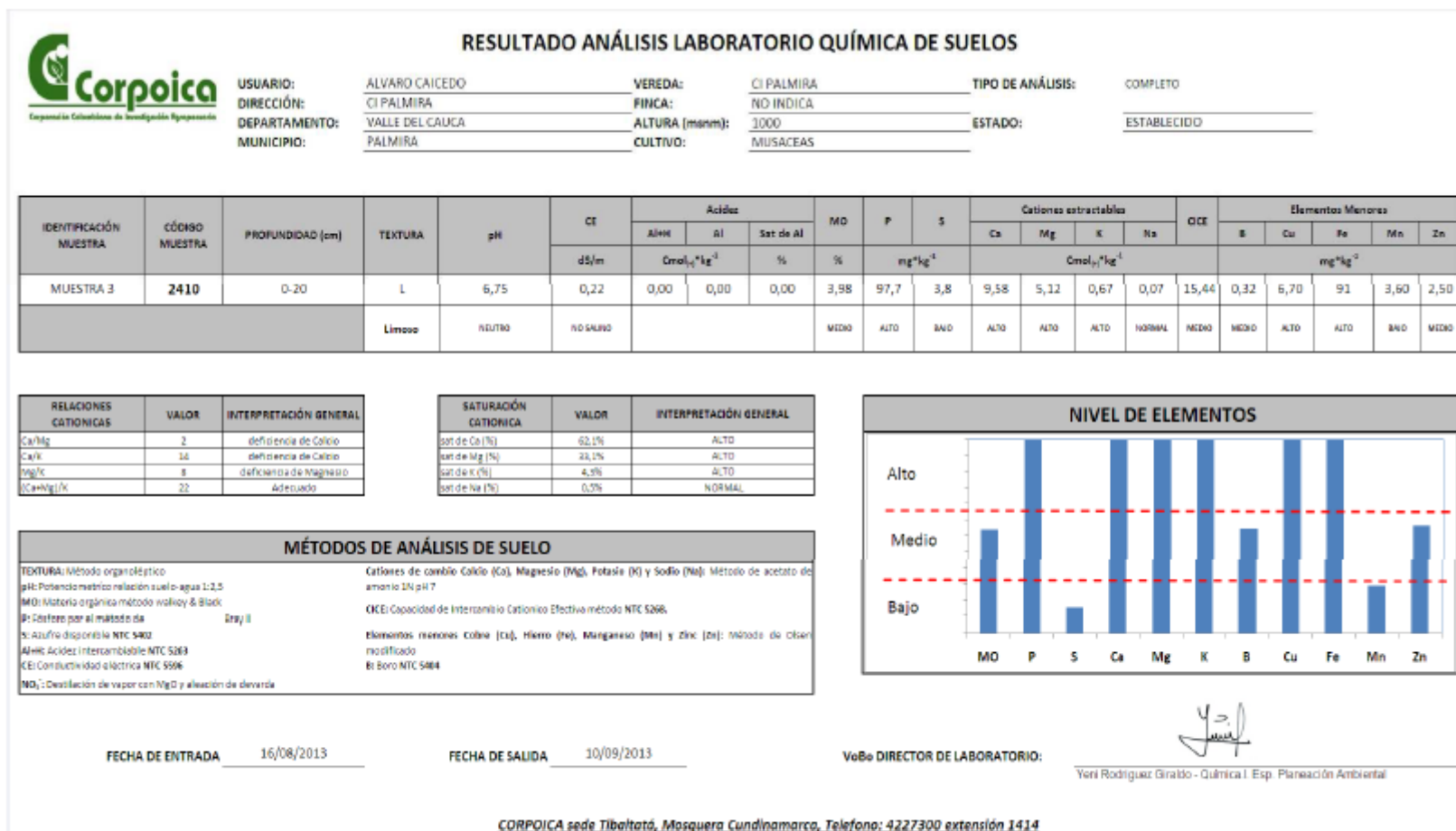
VoBo DIRECTOR DE LABORATORIO:

Yeni Rodriguez Giraldo - Q.I. Esp. Planeación Ambiental

CORPOICA sede Tibaitatá, Mosquera Cundinamarca, Telefono: 4227300 extensión 1414

Fuente: Laboratorio de suelos, aguas de CORPOICA, C.I. Tibaitatá

Anexo B. Resultado análisis químico de suelo de musáceas del año 2013



Fuente: Laboratorio de suelos, aguas de CORPOICA, C.I. Tibaitatá

Anexo C. Registro de datos meteorológicos (2005-2013)

En el Anexo C1, las casillas seleccionadas de los años 2009 y 2010 durante los meses de abril-mayo y enero-febrero respectivamente, no se registraron los datos correspondientes, debido a que los equipos para tomar las medidas de temperatura mínima estaban en mal estado.

Anexo C1. Promedio de temperatura mínima (°C)

Meses	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Temperatura min. promedio multianual	
Enero	19,60	18,80	19,42	18,92	19,54	-	18,91	19,37	19,81	19,37	
Febrero	20,54	19,30	18,45	18,81	18,82	-	19,25	19,53	19,44	19,27	
Marzo	19,93	18,86	19,60	18,84	19,59	20,55	18,63	19,42	19,58	19,44	
Abril	20,25	18,88	19,51	18,44	-	19,75	19,14	19,46	19,90	19,42	
Mayo	19,71	19,53	19,92	18,84	-	19,97	19,62	19,73	19,60	19,62	
Junio	19,82	18,85	19,14	19,16	19,23	19,13	19,70	19,24	19,75	19,34	
Julio	19,06	18,87	19,98	19,11	19,07	24,53	19,14	19,27	19	19,78	
Agosto	18,98	18,62	19,14	18,82	19,63	18,90	18,73	19,39	19,18	19,04	
Septiembre	19,33	18,63	19,17	25,21	19,50	18,82	18,85	18,63	19,42	19,73	
Octubre	19,02	18,36	18,26	18,94	19,60	19,10	18,50	19,10	19,40	18,92	
Noviembre	19,17	19,05	19,34	18,93	20,00	18,50	18,90	19,80	19,40	19,23	
Diciembre	18,91	19,02	18,87	19,30	18,00	18,90	19,60	19,60	19,30	19,06	
Temperatura media anual	19,53	18,91	19,23	19,44	19,30	19,82	19,08	19,38	19,48	19,35	Promedio de temperatura mínima

Fuente: Elaboración propia

Anexo C2. Promedio de temperatura media (°C)

Meses	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Promedio de Temperatura media	
Enero	23,75	23,18	24,51	23,16	23,28	24,87	23,42	23,08	24,53	23,75	
Febrero	24,47	23,97	24,05	22,97	24,08	25,20	23,20	23,14	23,40	23,83	
Marzo	23,96	23,24	23,70	22,80	23,86	25,51	22,87	23,74	24,18	23,76	
Abril	24,34	23,41	23,20	22,83	23,93	23,90	22,93	23,19	24,80	23,61	
Mayo	23,90	23,76	23,09	22,74	24,11	24,20	23,72	23,67	22,89	23,56	
Junio	23,79	23,29	23,46	22,87	23,73	23,61	23,81	24,07	24,1	23,64	
Julio	24,41	24,20	23,90	22,87	24,42	23,18	23,55	24,26	23,98	23,86	
Agosto	24,46	24,47	23,31	23,03	24,61	23,66	24,33	24,25	23,68	23,98	
Septiembre	24,36	24,17	23,81	23,46	25,14	22,98	23,74	24,34	24,12	24,01	
Octubre	22,98	23,92	22,39	23,05	24,40	23,30	22,60	23,40	23,40	23,27	
Noviembre	23,36	23,30	23,13	23,03	24,50	22,10	23,00	23,60	23,00	23,22	
Diciembre	22,90	23,37	22,27	23,04	24,30	22,40	22,90	23,80	23,20	23,13	
Temperatura media anual	23,89	23,69	23,40	22,99	24,20	23,74	23,34	23,71	23,77	23,64	Promedio de temperatura media

Fuente: Elaboración propia

Anexo C3. Promedio de temperatura máxima (°C)

Meses	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Promedio de temperatura máx. multianual	
Enero	29,77	28,96	31,48	28,72	28,69	30,90	29,20	28,70	30,50	29,66	
Febrero	30,50	29,83	30,72	28,41	29,58	31,10	28,60	28,80	28,80	29,59	
Marzo	29,46	28,86	29,25	28,49	29,46	31,40	28,33	29,14	29,74	29,35	
Abril	30,18	29,03	28,94	29,04	29,41	28,79	28,30	28,71	30,35	29,19	
Mayo	29,47	29,09	28,44	28,24	29,90	29,21	28,92	29,19	28,20	28,96	
Junio	29,23	28,84	29,06	28,19	28,97	28,26	29,02	29,90	29,76	29,03	
Julio	30,70	29,97	29,98	28,55	30,55	28,17	29,08	30,18	29,88	29,67	
Agosto	30,71	30,63	28,76	28,56	30,80	29,11	30,44	30,17	29,20	29,82	
Septiembre	30,61	30,33	29,59	29,01	31,33	28,37	29,75	30,87	30,42	30,03	
Octubre	28,52	29,59	28,21	28,54	30,50	28,70	27,90	29,00	29,40	28,93	
Noviembre	28,32	28,27	28,29	28,35	30,30	27,10	28,50	28,80	28,20	28,46	
Diciembre	28,73	28,79	27,40	28,30	29,80	27,30	28,00	29,40	28,50	28,47	
Temperatura media anual	29,68	29,35	29,18	28,53	29,94	29,03	28,84	29,41	29,41	29,26	Promedio de temperatura máxima

Fuente: Elaboración propia

Con base a los datos registrados suministrados por el C.I. Palmira, se elaboró la siguiente tabla con el fin de mostrar las precipitaciones mensuales durante cada año y el promedio multianual (durante nueve años).

Anexo C4.Promedio de precipitación (mm)

Meses	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Promedio de precipitación mensual	
Enero	34,40	150,00	50,90	89,20	100,90	5,00	68,00	185,00	7,00	76,71	
Febrero	52,40	141,90	23,00	144,50	62,00	71,00	152,00	82,20	80,00	89,89	
Marzo	94,40	152,90	98,50	92,20	205,60	24,60	145,10	60,50	67,50	104,59	
Abril	114,70	384,50	273,40	149,90	50,80	240,90	228,10	128,50	206,10	197,43	
Mayo	158,80	88,20	117,40	248,00	54,80	131,10	71,80	51,60	204,10	125,09	
Junio	34,40	126,00	29,20	113,50	63,40	120,10	72,50	41,10	10,80	67,89	
Julio	19,30	33,80	47,30	89,60	13,50	99,50	54,80	16,00	8,00	42,42	
Agosto	13,40	25,80	113,80	83,10	10,00	29,30	9,40	58,70	73,60	46,34	
Septiembre	58,30	10,30	47,30	24,10	18,50	102,90	78,30	13,70	56,80	45,58	
Octubre	120,20	75,30	150,40	70,00	85,10	117,60	193,00	167,90	214,50	132,67	
Noviembre	118,80	152,70	79,70	70,00	26,00	397,70	139,20	168,20	85,90	137,58	
Diciembre	121,60	152,40	179,00	94,20	159,60	198,30	142,80	35,80	100,00	131,52	
Precipitación total en el año	940,70	1493,80	1209,90	1268,30	850,20	1538,00	1355,00	1009,20	1114,30	99,81	Promedio de precipitación total
Promedio de precipitación multianual										1197,71	

Fuente: Elaboración propia

Anexo C5.Promedio de la humedad relativa (%)

Meses	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Promedio Humedad relativa mensual	
Enero	76,74	77,74	73,45	77,35	79,16	69,97	74,90	76,97	71,87	75,35	
Febrero	71,98	75,57	71,79	77,07	74,60	73,00	77,53	76,79	78,64	75,22	
Marzo	77,68	79,16	78,26	77,81	74,68	71,26	77,22	77,00	76,45	76,61	
Abril	78,03	77,77	80,57	79,10	74,67	79,60	79,23	77,83	77,57	78,26	
Mayo	79,35	77,87	80,77	81,55	74,19	78,06	78,26	76,19	80,35	78,41	
Junio	77,97	79,63	77,17	80,13	76,23	78,27	75,60	72,63	74,73	76,93	
Julio	72,61	74,26	74,23	77,77	70,68	79,03	75,10	71,61	71,68	74,11	
Agosto	71,48	73,06	76,97	76,19	70,29	77,00	71,03	69,61	73,03	73,18	
Septiembre	71,90	72,47	73,70	75,77	67,83	80,43	72,90	68,50	72,17	72,85	
Octubre	77,45	73,32	79,39	77,06	72,35	77,42	76,39	74,26	76,39	76,00	
Noviembre	76,10	79,10	77,50	77,17	71,73	81,53	79,03	76,30	78,10	77,40	
Diciembre	77,74	78,42	79,97	78,48	73,03	80,70	81,35	74,13	79,06	78,10	
Humedad relativa media anual	75,43	76,53	76,98	77,95	73,29	77,19	76,55	74,32	75,84	76,01	Promedio de la humedad relativa total

Fuente: Elaboración propia

Anexo D. Determinación de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y capacidad de almacenamiento del suelo

Anexo D1. Capacidad de campo (%)

Muestra	PCV (g)	PCSH (g)	PCSS (g)	PSH(g)	PSS (g)	%H	PROMEDIO %
A1	19,04	76,74	56,24	57,7	37,2	55,11	53,33
A2	18,39	57,81	44,4	39,42	26,01	51,56	
M1	29,05	53,1	47,25	24,05	18,2	32,14	31,59
M2	22,37	42,26	37,55	19,89	15,18	31,03	

Fuente: Elaboración propia

Donde:

A1: Sustrato 1 (aguacate)

A2: Sustrato 2 (aguacate)

M1: Suelo 1 (lote de musáceas)

M2: Suelo 2 (lote de musáceas)

PCV: Peso de la caja vacía

PCSH: Peso de la caja mas el suelo húmedo

PCSS: Peso de la caja mas el suelo seco

PSH: Peso del suelo húmedo

PSS: Peso del suelo seco

%H: Capacidad de campo o porcentaje de humedad gravimétrica

Anexo D2.Promedios del punto de marchitez permanente

Muestras	PMP %	PROMEDIO %
A1	30,75	29,4
A2	28,05	
M1	19,95	20,30
M2	20,64	

Fuente: Elaboración propia

Anexo D3. Densidad aparente (g/cm³)

Muestra	PSS	Diámetro (cm)	Radio (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Da (g/cm ³)	Promedio Da (g/cm ³)
A1	206,9	-	-	-	380,00	0,54	0,51
A2	178,67	-	-	-	380,00	0,47	
M1	140,93	5	2,5	5	98,17	1,44	1,49
M2	149,98	5	2,5	5,1	100,14	1,50	
M3	148,71	5	2,5	5	98,17	1,51	
M4	165,09	5	2,5	5	98,17	1,68	
M5	130,06	5	2,5	5	98,17	1,32	










Fuente: Elaboración propia

Anexo D4.Capacidad de almacenamiento del suelo

Suelo de los bancos de germoplasma	Capacidad de almacenamiento (mm)
Sustrato aguacate	48,82
Suelo musáceas	100,99

Fuente: Elaboración propia

Anexo E2. Sistema Global Armonizado de los insumos agrícolas

SUSTANCIAS / PICTOGRAMAS	Peligros físicos					Peligros para la salud humana			Peligro para el medio ambiente
	Explosivo	Líquido inflamable	Líquido comburente	Gas comprimido	Corrosión cutánea	Toxicidad aguda	Irritación cutánea	Peligro por aspiración	Peligroso para el ambiente acuático
									
1. BORO							<u>X</u>		
2. CAL DOLMITICA 35%						<u>X</u>			
3. COLJAP ZINC							<u>X</u>		
4. MAP 11-52-0						<u>X</u>			
5. NUTRIMON 13-3-43							<u>X</u>		
6. NUTRIMENOR MAGNESIO							<u>X</u>		X
7. NUTRIMENOR ZINC							<u>X</u>		X
8. NITROFER DE CALCIO		<u>X</u>	X			X			

9. SULFATO DE POTASIO (KSO ₄)					<u>X</u>	X	X		
10. SULFATO MANGANESO					X		<u>X</u>	X	
11. SULFATO ZINC						<u>X</u>	X		
12. SULFATO FERROSO Heptahidratado					X	X	<u>X</u>	X	
13. UREA 46-0-0		X				<u>X</u>		X	
14. ROUNDUP ACTIVO						X		X	<u>X</u>
15. SUCCES GF-120 0.02 CB						<u>X</u>			
16. FURADAN 3 SC						<u>X</u>			
17. POLO 250 SC						<u>X</u>			
18. MALTHION 57% EC	X	X			X	<u>X</u>			
19. REGENT SC						<u>X</u>			
20. OBERON SC 240						<u>X</u>			X
21. LORSBAN 4 EC	X		X			<u>X</u>		X	X
22. CYPERMON 200 E.C.						<u>X</u>			
23. VERTIMEC		X				<u>X</u>			X

1,8 E.C.									
24. CONFIDOR	X					X	<u>X</u>		
25. ESTOCADA 90SP			X			<u>X</u>			
26. LATIGO E.C	X					<u>X</u>		X	X
27. CARRIER						<u>X</u>			
28. SILWET L-77 Ag						<u>X</u>	X		X
29. MERTECT 500 SC	X					<u>X</u>			X
30. CARBENDAZI N VECOL 500 SC						<u>X</u>	X		
31. FERTILIZANT E FOLIAR HOJAS- contenido de N						<u>X</u>	X		
32. SCORE 250 EC						<u>X</u>	X		X
33. VITAVAX 300						<u>X</u>	X		X
34. RALLY 40 WP						<u>X</u>			
35. AMISTAR 5WG						<u>X</u>			
36. DITHANE M- 45 WpNt	X					<u>X</u>			
37. ANTRACOL						<u>X</u>			X
38. ALIETTE 80 WP						<u>X</u>	X		X

39. ZELLUS (polvo)						<u>X</u>			X
40. LORSBAN 2,5% DP (polvo)	X					<u>X</u>	X	X	X
41. HORMOAGRO (Ácido 1- Naftalenacético)			X		X	<u>X</u>	X		X
42. BASAMID GR (Desinfectante de suelo.polvo)	X	X				<u>X</u>	X		X
43. DIPEL(Agente microbiano)						<u>X</u>	X		X
44. MICROBIOL (Insecticida biológico)			X		X	<u>X</u>			X
45.ACONDICIONA DOR PVC-CPVC (Limpiador PVC- aerosol)	X	X		<u>X</u>		X	X		X
46. ACEITE 4 TIEMPOS HAVOLINE	X	<u>X</u>				X	X		X
47. ACEITE DE 2 TIEMPOS COEXITO	X	<u>X</u>				X	X		X

Fuente: Elaboración propia