

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ABONO ORGÁNICO OBTENIDO DE
LOS RESIDUOS VEGETALES DE LA PLAZA DE MERCADO DEL MUNICIPIO
DE SAN GIL EN EL CULTIVO DE MANDARINA ARRAYANA**

**MARIA CONSUELO VELASQUEZ VILLAR
MARLY VIVIANA VELÁSQUE VILLAR
SEPTIEMBRE 2016**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS.
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
CALDAS-MANIZALES**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ABONO ORGÁNICO OBTENIDO DE
LOS RESIDUOS VEGETALES DE LA PLAZA DE MERCADO DEL MUNICIPIO
DE SAN GIL EN EL CULTIVO DE MANDARINA ARRAYANA**

**MARIA CONSUELO VELÁSQUEZ VILLAR
MARLY VIVIANA VELÁSQUEZ VILLAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magister
en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Director del trabajo:
Yasel José Costa Salas
Ingeniero Industrial
Magister en Matemática aplicada
Doctor en Ingeniería Industrial**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS.
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
LINEA DE BIOSISTEMAS INTEGRADOS
CALDAS-MANIZALES**



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Maestría en
Desarrollo Sostenible
y Medio Ambiente
INVESTIGACIÓN I



CIMAD
Centro de Investigaciones en
Medio Ambiente y Desarrollo

Página de aceptación

Página de dedicatoria

En primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, por ser mi apoyo y mi fortaleza.

En segundo lugar a mi familia que han sido parte integral de este proceso de aprendizaje y apoyo incondicional en mi vida profesional.

Gracias a todos.

Marly Viviana Velásquez Villar.

A mi Papa Benito Velásquez León Q.E.P.D, por creer en mí, a mis hijos Juan Sebastián y Juan Esteban, el motor de mi vida y la razón de mi existencia.

María Consuelo Velásquez Villar

Página de agradecimientos

Agradecemos a Dios por darnos fuerza, salud y sabiduría para poder avanzar día a día hacia nuestro sueño sin decaer o perder la esperanza.

Al Doctor Yasel José Costa Salas por ser la guía en este proceso de investigación y aprendizaje.

Al Doctor Jhon Fredy Betancur por su amabilidad, apoyo y disposición durante la realización de este proyecto de investigación.

A cada uno de los profesores de la Universidad de Manizales, por su entrega, por el conocimiento impartido y el apoyo durante todo nuestro proceso de aprendizaje.

En general, a todos aquellos que se hicieron partícipes de este gran logro, les damos mil gracias. Dios los bendiga

Tabla De Contenido

INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
1.1. Título.....	14
1.2. Planteamiento del problema	14
1.2.1. Contexto internacional	14
1.2.2. Contexto nacional.....	15
1.2.3. Contexto local	16
1.2.3.1. Principales problemas encontrados.....	19
1.2.3.2. Características de la población afectada por la problemática	19
1.3. Justificación.....	21
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos.....	22
1.5. Pregunta de investigación	22
2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Abonos orgánicos.....	23
2.1.1. Definición.....	23
2.1.2. Tipos de abonos.....	23
2.1.3. Ventajas de los abonos orgánicos.....	24
2.2. Savia-Acelerador de la descomposición de la materia orgánica, recuperador y activador de suelos	26
2.3. Establecimiento de cítricos.....	26
2.3.1. Definición e importancia	26
2.3.2. Condiciones de clima y suelos	27
2.3.3. Sistema de siembra.....	27
2.3.4. Fertilización.....	27
2.4. Antecedentes investigativos.....	28
2.4.1. Uso de residuos sólidos urbanos.....	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Ubicación	33
3.2. Tamaño de muestra	35
3.2.1. Estrategia de selección	36
3.3. Diseño experimental	37

3.4.	Materiales empleados e instrumentos de captura de información	37
3.5.	Trabajo de Campo	38
3.5.1.	Clasificación y recolección.....	38
3.5.2.	Aplicación de aceleradores.....	39
3.5.3.	Identificación de agricultores y georeferenciación de parcelas	40
3.5.4.	Protocolo muestras de suelos.....	41
3.5.5.	Aplicación de abono.....	42
3.6.	Análisis estadístico de la información	42
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1.	Resultados de análisis de suelo para los seis predios	43
4.2.	Análisis físico químico del abono.....	43
4.3.	Interpretación de análisis de suelo vs análisis del abono orgánico	44
4.4.	Recolección de información sobre la variable cantidad de fruto.....	50
4.5.	Recolección de información sobre la variable diámetro de la copa.....	52
4.6.	Resultados estadístico de la información	54
4.6.1.1.	Prueba de hipótesis para las variables bajo estudio	56
4.6.1.1.1.	<i>Prueba “U” de Mann-Whitney para datos que no corresponden a distribuciones normales</i>	56
4.6.1.1.2.	<i>Prueba t-student para datos que corresponden a distribuciones normales</i>	58
5.	CONCLUSIONES	60
6.	RECOMENDACIONES	61
7.	BIBLIOGRAFÍA	62
	ANEXOS	67

Lista de tablas

Tabla 1. Departamentos de Mayor producción ecológica en Colombia.....	16
Tabla 2. Disposición final de residuos sólidos mensual en el relleno Sanitario el Cucharo provenientes de los Municipios de Santander	17
Tabla 3. Población por género y edades de San Gil en el año 2010.....	20
Tabla 4. Composición química de algunos abonos orgánicos.....	29
Tabla 5. Producción de cítricos en el Municipio de San Gil	34
Tabla 6. Hectáreas de la muestra	34
Tabla 7. Veredas productoras de Mandarina Arrayana	35
Tabla 8. Muestra Piloto	36
Tabla 9. Formato N.1 Clasificación de residuos orgánicos en Kg de la plaza de mercado de San Gil	38
Tabla 10. División de Residuos orgánicos	38
Tabla 11. Contenido de la Savia.....	39
Tabla 12. Formato N.3 Datos del agricultor	40
Tabla 13. Muestra definida.....	41
Tabla 14. Análisis físico químico de suelo de los predios.....	43
Tabla 15. Análisis Físico Químico Abono orgánico	44
Tabla 16. Niveles adecuados en el suelo para cítricos	45
Tabla 17. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 1	45
Tabla 18. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 2.....	46
Tabla 19. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 3	47
Tabla 20. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 4.....	48
Tabla 21. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 5.....	49
Tabla 22. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 6.....	50
Tabla 23. Peso total de fruto experimental Vs peso total de fruto testigo (Control)	50
Tabla 24. Porcentaje de producción por árbol.....	52
Tabla 25. Diámetro de la copa.....	53
Tabla 26. Estadísticos de muestras relacionadas	54
Tabla 27. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (Grupo 1-6) peso fruto	55
Tabla 28. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (Grupo 1-6) diámetro de la copa.....	55
Tabla 29. Prueba "U" de Mann-Whitney para diferencia de medias con un nivel de significancia del 5%.....	57
Tabla 30. Estadísticos de contraste.....	58
Tabla 31. Resultado prueba T student	59

Lista de figuras

Figura 1. Método del experimento	31
Figura 2. Abono apilado	39
Figura 3. Abono tapado y con filtros.....	40
Figura 4. Vereda Guarigua alto	41
Figura 5. Peso total de futo experimental Vs Testigo.....	51
Figura 6. Porcentaje de aumento del diámetro de la copa de los arboles	53

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la eficiencia del abono compostado en el cultivo de Mandarina Arrayana considerando las variables peso total de frutos por árbol y diámetro de la copa de cada árbol. El abono fue producido a partir de los residuos orgánicos generados en la plaza de mercado del Municipio de San Gil. Se realizaron 3 aplicaciones del producto en dosis de 1kg a 3kg por planta, con intervalo de tiempo de 2 meses, en seis parcelas de 99 plantas, dividido en un grupo control y uno experimental. El aumento en la variable peso total de frutos por árbol fue en promedio 6,16% en los seis predios. Para la variable diámetro de la copa el aumento promedio en los seis predios fue de 21%. A través de la prueba “U” de Mann-Whitney y la prueba T- student se concluyó que el grupo experimental obtuvo mejores resultados que el grupo de control y por lo tanto el abono mejora significativamente las variables estudiadas.

.

.

ABSTRACT

In this research was assessed the efficiency of composted manure to grow Mandarinaarrayana through the variables total weight of fruits per tree and crown diameter of each tree. The fertilizer was produced from organic waste generated at the marketplace of San Gil's municipality. 3 applications of the product were performed in doses of 1kg to 3kg per plant, with time interval of 2 months in six plots of 99 plants, divided by one control group and an experimental one. The increase in the variable total weight of fruit per tree was 6% in the six plots. As for the variable of crown diameter of each tree the average increase in the six plots was 21%. Applying the "U" Mann-Whitney test and T-student it was concluded that the experimental group obtained better results than the control group and therefore the fertilizer improves significantly the variables that were studied

INTRODUCCIÓN

Con el transcurrir del tiempo las comunidades han entrado en una era de desarrollo sostenible, un término que hace referencia al abordaje holístico del bienestar humano, que incluye progreso económico, progreso social y sustentabilidad ambiental (Sachs, 2013). Este último término conlleva a una serie de estrategias que el ser humano debe abordar con el objetivo de prolongar la vida del planeta y con ello asegurar las generaciones futuras, es el caso del aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU).

Ahora bien, en pleno siglo XXI la problemática generada por los RSU está siendo manejada a través de la implementación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), la cual contiene una serie de procesos, iniciando por la separación en la fuente (orgánico, reciclaje e inservible), seguido de la transformación de los que permiten este proceso y finalmente contempla la disposición final de los que no se pueden reciclar.

Siguiendo el enfoque anterior, bajo la actividad de separación en la fuente, las naciones han buscado alternativas que permitan a través del reciclaje la transformación en materia prima, este es el caso de los residuos sólidos orgánicos los cuales representan el 52,3% de los residuos sólidos generados en Colombia (Rivera, 2009).

Una de las alternativas de solución frente al tema de los residuos orgánicos urbanos (ROU) es el compostaje, el cual presenta como producto final biofertilizantes y acondicionadores de suelos; este proceso se define como descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando la estructura molecular de los mismos. De acuerdo al tiempo de degradación, se da el grado de madurez al realizar biotransformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa, cuando todas las moléculas de dióxido de carbono se descomponen en su totalidad. Estos residuos inorgánicos inertes o minerales se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas causando beneficios ambientales, sociales, económicos y de salubridad al entorno (Jaramillo y Zapata, 2008).

En este sentido el Municipio de San Gil presenta una problemática ambiental, dado que el 98,7% de los residuos sólidos generados en el Municipio son dispuestos en el relleno sanitario el Cucharó, lo cual ha contribuido a la degradación del medio ambiente, la proliferación de vectores y plagas en el sector.

De acuerdo al Plan de Gestión integral de Residuos Sólidos del Municipio de San Gil (2015), el 46% de los residuos generados en el Municipio corresponden a residuos orgánicos, el 35% a residuos reciclables y el 19% a residuos inertes. Es decir, el 81% de los residuos podrían tener un aprovechamiento de acuerdo a las características que presenta.

Bajo la premisa anterior, el Municipio de San Gil (dentro del centro histórico) presenta acumulaciones de grandes volúmenes de residuos sólidos generadas en el mercado cubierto. Según datos suministrados por la empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo ACUASAN

E.I.C.E – E.S.P, estos volúmenes representan el 12% de los RSU que se recoge en el municipio mensualmente.

Por otra parte, San Gil es un municipio con vocación agrícola, donde unos de sus principales cultivos son los cítricos (mandarina, limón y naranja) dado las características climatológicas de la región y las condiciones de suelo del mismo. Según datos del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (2003), el Municipio cuenta con 132 hectáreas sembradas en este cultivo de cítricos, de las cuales 118 corresponden a mandarina arrayana.

Las exigencias del agricultor en el Municipio de San Gil frente al cultivo de Mandarina Arrayana van anidadas al aumento de producción por hectárea. Si bien es cierto existen tecnologías para producir altos rendimientos por unidad de área, la población rural del Municipio pertenece a estratos 1 y 2. Por lo anterior se requieren alternativas cuya inversión para el agricultor sea factible. Desde este punto de vista, desarrollar investigación en función de la eficiencia de abonos en términos de rendimientos y desarrollo foliar a partir de los residuos orgánicos urbanos es una alternativa viable y sostenible.

Por lo anterior, esta investigación tiene como propósito general contribuir a la gestión de los residuos orgánicos de la plaza de mercado del Municipio de San Gil, a través de la producción de fertilizantes que mejoren el cultivo de Mandarina Arrayana en la región.

Referente a los resultados, a través de este trabajo de investigación se pudo observar que la aplicación de abono orgánico producido a través de residuos orgánicos en los seis predios presenta mejores resultados en los grupos experimentales (variable rendimiento y variable diámetro) que en los grupos control. De igual forma, la prueba “U” de Mann-Whitney y la prueba de T student pudieron concluir que el abono orgánico mejoró los rendimientos del cultivo de Mandarina Arrayana y el diámetro de la copa de la Planta.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Título

Evaluación de la eficiencia del abono orgánico obtenido de los residuos vegetales de la plaza de mercado del municipio de San Gil en el cultivo de Mandarina Arrayana.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Contexto internacional

El incremento de la población Mundial ha traído consigo el crecimiento de los residuos sólidos urbanos (RSU), un problema que en pleno siglo XXI está generando grandes inconvenientes en el medio ambiente, así lo demuestra un reciente estudio del World Bank (2012), bajo el título de “What a waste”, en donde se afirma que en el año 2025 los RSU se duplicaran. El informe estima que la generación de residuos sólidos mundial pasará de 3,5 millones de toneladas por día en 2010 a más de 6 millones de toneladas por día cuando se cumpla el primer cuarto de siglo.

De acuerdo a datos del World Bank (2012) las naciones que mayor cantidad de Residuos sólidos generan por persona día son los estados más desarrollados del mundo, de allí resalta Kuwait y gran parte de los países del Caribe: Guyana, Sri Lanka y Nueva Zelanda. Por otra parte, Ghana, Nepal, Uruguay, Mozambique e Irán son, por este orden, los países en los que menos residuos se generan.

Además, el presupuesto que se invierte a nivel mundial en los servicios de disposición, tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos en el mundo se aproxima a los 100.000 millones de dólares anuales, de los cuales 43.000 millones corresponden a Norteamérica, 42.000 millones a la Unión Europea y sólo 6.000 millones a Suramérica (Skinner, 2000). De esta forma el Banco Mundial (2012) señala que los países de bajos ingresos continúan destinando la mayor parte de sus presupuestos a la recolección de residuos y muy poco a la eliminación. Por el contrario, en los países de altos ingresos, el principal gasto se destina a la eliminación, según afirma el informe “What a Waste” de 2012.

Por otra parte, respecto a los sistemas de aprovechamiento la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura FAO (2015) estima que una de las formas más eficaces de utilizar alimentos desperdiciados es el reciclaje a través del compostaje. Transformando los desperdicios en compost se puede devolver valiosos nutrientes al suelo mientras se reducen y reutilizan los residuos orgánicos. El compost es importante porque mejora la salud del suelo en general y su resiliencia ante las crisis, como la sequía, incluyendo la adaptación al cambio climático.

Según el Informe de la Organización de las Naciones Unidas ONU “El estado de los recursos de suelos en el mundo” (2015) la erosión se lleva de 25 a 40 000 millones de

toneladas de la capa arable del suelo cada año, lo que reduce significativamente los rendimientos de los cultivos y la capacidad del suelo para almacenar y completar el ciclo del carbono, los nutrientes y el agua, de igual forma el informe concluye que las pérdidas anuales en la producción de cereales en el mundo debido a la erosión son aproximadamente de 7,6 millones de toneladas, lo que podría con llevar a una reducción de producción de más de 253 millones de toneladas en 2050. Esta pérdida de rendimiento sería equivalente a eliminar 1,5 millones de kilómetros cuadrados de tierras agrícolas, o aproximadamente toda la tierra cultivable en la India.

De igual forma, la acidez del suelo es un grave obstáculo para la producción de alimentos en todo el mundo. Las capas arables más ácidas en el mundo se encuentran en zonas de América del Sur que han sufrido la deforestación y la agricultura intensiva, así lo afirma la Organización de las Naciones Unidas (2015).

1.2.2. Contexto nacional

Según cifras del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para el año 2002 Colombia producía 27300 toneladas diaria de RSU de lo cual el 52,3% eran residuos orgánicos, el 18,3% papel y cartón, el 14,2% plásticos y caucho, el 4,6% vidrio y cerámica, el 3,8% textiles, el 1,6% metales y el 5,2% otros. Por otra parte, en Colombia el 40% de los residuos sólidos municipales tiene un manejo adecuado, el 50% es manejado de forma indebida y el 10% es recuperado gracias al reciclaje.

Por otro lado, con relación a los sistemas de disposición final de residuos sólidos utilizados, el 79% de los municipios del país disponen sus residuos en sitios adecuados, tales como rellenos sanitarios y plantas integrales. La disposición de este tipo de residuos corresponde a 25.091 toneladas por día, mientras que el 21% restante continúan disponiendo 1446 toneladas diarias en sitios inadecuados como botaderos a cielo abierto, enterramientos, cuerpo de agua y quemas (Calero, 2014).

Otro punto para resaltar es el marco general en el cual se encuentra soportada la Política Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos (de Colombia) emitida en 1998, y bajo los lineamiento de la Constitución Nacional, la Ley 99 de 1993 y la Ley 142 de 1994 las cuales establecieron tres objetivos específicos que determinan el horizonte de las actividades de la gestión en residuos:

- Minimizar la cantidad de residuos que se generan,
- Aumentar el aprovechamiento racional de los residuos sólidos y,
- Mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

De esta forma Colombia, a través del desarrollo de instrumentos regulatorios, ha venido priorizando el fortalecimiento, aprovechamiento y valorización de residuos con potencial de recuperación, con el objetivo de minimizar la generación asociada a la producción y al consumo responsable.

Dentro del concepto de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos se encuentra el termino compost, el cual se refiere a la transformación de residuos en abono orgánico. Este criterio está ligado a la agricultura orgánica o ecológica, la cual a nivel nacional es una alternativa favorable para contrarrestar los efectos negativos del uso de fertilizantes químicos.

Tal y como se hace referencia en Perfetti et al. (2013), de las 22,1 millones de hectáreas con vocación para uso agrícola, Colombia sólo utiliza 5,3 millones, es decir solamente se emplea el 24,1% del potencial. Así mismo, según datos registrados en el Instituto Colombiano Agropecuario ICA (2013) para el 2012 Colombia tenía un área total en producción ecológica de 40.936 hectáreas, siendo los departamentos de mayor producción los que se observan en la Tabla No.1.

Tabla 1. *Departamentos de Mayor producción ecológica en Colombia*

Departamento	Producción
Cundinamarca	6.905 ha. (Hortalizas, frutales, caña panelera)
Caldas	2.032 ha. (Café, caña, frutales, hortalizas)
Cauca	1,063 ha. (Café, cacao)
Cesar	4.651 ha. (Café, frutales)
Magdalena	8.380 ha. (Aceite palma, café)
Santander	5.825 ha. (Café, caña, cacao, frutales)
Valle del Cauca	3.011 ha. (Caña azúcar, café, cacao, frutales, pastos, plátano)

Fuente: Tomado de ICA (2013).

Finalmente, el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (2013) a través de la Política Nacional Para La Gestión Integral Ambiental Del Suelo (Gias) define que solo 8,5 millones de hectáreas presentan condiciones óptimas para producir, por otra parte, Colombia no cuenta con suelos de clase agrológica 1 y los de clases 2, 3 y 4 alcanzan las 17.073.144 hectáreas equivalentes al 15 % del territorio continental.

1.2.3. Contexto local

Actualmente el Municipio de San Gil en materia de Gestión de Residuos Sólidos (GRS), cuenta con una cobertura del servicio de recolección de basuras del 100% en la cabecera municipal. De los cuales el 98,7% es dispuesto en el relleno sanitario “El Cucharo”, aprobado mediante resolución N. 0588 de junio 30 de 2005.

El relleno sanitario se encuentra ubicado en la vereda “El Cucharo” del Municipio de San Gil, donde recibe 1.462,9 toneladas mensuales de residuos sólidos urbanos como se puede observar en la Tabla No.2; 1.100 toneladas corresponden al Municipio, 285,2 toneladas al servicio que le presta a 12 municipios, 9,240 toneladas del Parque Nacional del Chicamocha- Panachi y 68,465 toneladas de ECOSANGIL.

La tarifa por cada tonelada recibida de residuos sólidos urbanos es de \$29.600 pesos. Los residuos sólidos urbanos que se reciben vienen sin clasificar y es llevada a fosas que están

recubiertas con una geomembrana y posteriormente tapada con tierra, trabajo que se realiza con el uso de retroexcavadoras y bibrocompactadores.

Tabla 2. Disposición final de residuos sólidos mensual en el relleno Sanitario el Cucharó provenientes de los Municipios de Santander

Disposición Final de Residuos Sólidos Mensual			
Municipio	Tonelada dispuesta	Vr. Unitario (Pesos)	Total a pagar (Pesos)
Charalá	79,570	29.600	2.355.272
Curití	53,055	29.600	1.570.428
Guapota	2,795	29.600	82.732
Guavata	9,880	29.600	292.448
La Paz	9,975	29.600	295.260
Paramo	18,890	29.600	559.144
Pinchote	18,44	29.600	545.824
Simacota	26,260	29.600	777.296
Valle	30,135	29.600	891.996
Cabrera	3,490	29.600	103.304
Panachi	9,240	29.600	273.504
Chipata	8,245	29.600	244.052
Contratación	24,525	29.600	725.940
San Gil	1100	29.600	32.560.000
Ecosangil	68,465	29.600	2.026.564
Total mensual	1462,965		43.303.764
Total recaudo anual	17555,58		519.645.168

Fuente: Información Suministrada por la empresa de Servicios Públicos de San Gil ACUASAN E.I.C.E – E.S.P

Igualmente, en el municipio existen dos plantas de tratamiento para los residuos sólidos, pero actualmente ninguna se encuentra en funcionamiento. Sin embargo no existen buenas prácticas de separación en la fuente y al relleno sanitario va toda clase de material.

Por otra parte, uno de los principales generadores de residuos sólidos en el municipio de San Gil es el mercado cubierto, representa el 12% de los Residuos Sólidos Urbanos que se recoge en el municipio mensualmente (Información suministrada por la empresa de servicios públicos ACUASAN E.I.C.E – E.S.P).

El proceso de recolección en la plaza de mercado se realiza de forma inadecuada, a continuación se presenta la descripción:

Un trabajador efectúa la recolección tres veces al día, pasando por cada puesto de trabajo llevando un recipiente de gran tamaño en donde arroja los residuos sólidos (no existe ninguna clasificación por parte de la administración), luego los conduce a un depósito ubicado en la misma plaza de mercado. De esta forma se da el transporte de los residuos, es

de resaltar, que el recipiente en donde se transportan los residuos no contiene una tapa que impida que los usuarios inhalen los olores.

Finalmente en las horas de la noche el compactador llega al mercado cubierto y recoge el residuo acumulado durante la jornada. Según datos de la Gerencia del Mercado Cubierto del Municipio de San Gil, actualmente la plaza de mercado, genera un promedio mensual de 94 toneladas de residuos sólidos, que son dispuestos en el relleno sanitario del municipio.

En el año 2005 la empresa prestadora del servicio de aseo ACUASAN E.I.C.E – E.S.P, realizó una caracterización física de los residuos sólidos del mercado cubierto dando como resultado lo siguiente: el 1% inertes, el 2% reciclables y el 97% orgánicos. Esta información permite determinar que la plaza de mercado es una fuente generadora de residuos orgánicos, los cuales podrían ser aprovechados por el Municipio para proyectos que beneficien a la comunidad.

Otra afectación dada por los Residuos sólidos de la plaza de mercado de San Gil es la que se evidencia en el Rio Fonce, puesto que la casa de mercado se ubica en la margen derecha del mismo, donde se observa gran cantidad de residuos esparcidos en sus orillas. Esta problemática genera la producción de grandes cantidades de lixiviados, los cuales son conducidos de manera directa al cuerpo hídrico, generando una degradación de la calidad natural de las aguas del Rio.

En consecuencia los residuos generados por la plaza de mercado se convierten en un problema ambiental, por la proliferación de olores, vectores plagas transmisoras de enfermedades a la población y la permanente contaminación al Rio Fonce.

Por otra parte, el crecimiento del Municipio de San Gil durante la última década ha generado aumento en la demanda de productos de origen agrícola para el consumo humano, lo cual se refleja en 11.610 hectáreas sembradas en cultivos¹. De acuerdo al Sistema de Identificación y Clasificación de Potenciales Beneficiarios para programas sociales SISBEN, en el área rural se encuentran 8.414 personas en los niveles 1 y 2 identificados como medianos y pequeños agricultores, los cuales tienen a su cargo la producción de la mayor parte de los alimentos que se consumen en el Municipio.

Sumado a lo anterior, los pequeños y medianos productores deben afrontar el aumento permanente del precio de los insumos (fertilizantes químicos), que repercute en la rentabilidad de la actividad agrícola.

Así mismo, el uso de fertilizantes químicos en la región ha contribuido a la pérdida de los recursos naturales generando la contaminación de aguas subterráneas, desgaste de los suelos de tipo fértil, alteración de ecosistemas, aumento de plagas y enfermedades en las plantas y aumento de la erosión. Según Restrepo et al. (2000) la agricultura convencional aumentó la productividad con el uso de grandes dosis de fertilizantes inorgánicos que han

¹Información suministrada por la Secretaria de Agricultura del Municipio de San Gil.

causado contaminación química de la tierra y el agua. Este modelo ha traído consigo una deficiencia cada vez mayor de micronutrientes en el suelo y un descenso preocupante en el contenido de materia orgánica en los suelos, debido al uso intensivo de fertilizantes sintéticos, este descenso de los rendimientos y el aumento del costo de los insumos son factores que llevan a buscar un nuevo enfoque de los sistemas agrícolas más ligado al medio ambiente y a la sostenibilidad ecológica del sistema de producción.

En razón a lo anterior, es importante buscar una alternativa sostenible que baje costos de producción para el agricultor y permita dar solución al manejo de los residuos orgánicos producidos en la plaza de mercado del Municipio de San Gil.

1.2.3.1. Principales problemas encontrados

El no aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la plaza de Mercado del Municipio de San Gil y las problemáticas de la agricultura han generado una serie de dificultades ambientales, los cuales se mencionan a continuación:

- Aumento en el volumen de residuos sólidos provenientes del proceso de clasificación, selección y organización de los productos perecederos en la plaza de mercado cubierto del municipio de San Gil.
- Uso de grandes espacios para la acumulación de los residuos sólidos provenientes de la plaza de mercado cubierto en el relleno sanitario del municipio de San Gil.
- Contaminación hídrica y atmosférica en el sector aledaño a la plaza de mercado por la acumulación y el lixiviado de los residuos sólidos.
- Presencia de enfermedades gastrointestinales, micóticas y respiratorias por la proliferación de vectores (plagas) transmisores a la población del Municipio de San Gil.
- Falta de educación ambiental que permita concientizar a los comerciantes de la plaza de mercado de la separación en la fuente.
- Contaminación de la principal fuente hídrica del municipio de San Gil Rio Fonce por el vertimiento de los lixiviados generados en la descomposición de los residuos sólidos de la plaza de mercado.
- Degradación de los suelos por el uso de fertilizantes sintéticos.
- Aumento en los costos de producción de los cultivos.
- Pérdida de la biodiversidad en la región.

1.2.3.2. Características de la población afectada por la problemática

La población afectada se ve representada por la totalidad del municipio la cual está representada en 44.561 habitantes según el Plan de desarrollo “POR EL SAN GIL QUE MERECEMOS (2012)”, en su mayoría la comunidad realiza la compra de productos perecederos como hortalizas, verduras, tubérculos, frutas, cárnicos entre otros en la plaza de mercado.

Esta población está representada en un 52% con población femenina con 23.218 de los habitantes y un 48% con población masculina con 21.343 habitantes según proyecciones DANE.

La distribución por género y edades de la población afectada se aprecia en la Tabla No.3, donde se evidencia que el mayor número de personas se concentra en el segmento de jóvenes entre 15 y 19 años con 4.259 habitantes, seguida por los adolescentes entre 10 y 14 con 3.881 y los menores segmentos en la población de adultos mayores entre los 70 y 74 años 1.033.

Tabla 3. Población por género y edades de San Gil en el año 2010

Edad En Años	Hombres		Mujeres		Total	% Población
	No.	%	No.	%		
0 – 4	1700	3.8%	1623	3.7%	3323	7.5%
5 – 9	1742	3.9%	1781	4%	3523	7.9%
10 – 14	1906	4.3%	1975	4.4%	3881	8.7%
15 – 19	2134	4.8%	2125	4.8%	4259	9.6%
20 – 24	1805	4%	1816	4.1%	3621	8.1%
25 – 29	1433	3.2%	1563	3.5%	2996	6.7%
30 – 34	1571	3.5%	1581	3.5%	3152	7%
35 – 39	1523	3.5%	1670	3.7%	3193	7.2%
40 – 44	1637	3.6%	1825	4%	3462	7.6%
45 – 49	1536	3.4%	1654	3.7%	3190	7.1%
50 – 54	1171	2.6%	1283	2.9%	2454	5.5%
55 – 59	906	2%	1069	2.4%	1975	4.4%
60 – 64	730	1.6%	915	2%	1645	3.6%
65 – 69	537	1.2%	740	1.7%	1277	2.9%
70 – 74	425	1%	608	1.3%	1033	2.3%
75 Y MÁS	587	1.3%	990	2.2%	1577	3.5%
Total	21343	48%	23218	52%	44561	100%

Fuente: Tomado de la página web DANE (2005-2020)

La plaza de mercado se ha convertido en un sitio de confluencia de turistas que encuentran solución a las necesidades alimenticias a precios asequibles, esta población flotante es de 7000 habitantes por día.

De igual forma, la ubicación de las instalaciones de la plaza de mercado corresponde al sector céntrico de la ciudad donde se encuentra una de las vías más congestionadas del municipio como es la Carrera 11.

1.3. Justificación

El manejo de los residuos sólidos a nivel mundial ha ocasionado impactos ambientales negativos e irreversibles, debido a la disposición incorrecta, al aumento progresivo de la población humana, al manejo incorrecto de la transformación industrial, agroalimentaria y a los hábitos de consumo del ser humano (Palacio, et al. n.d).

Esta problemática ambiental ha requerido de alternativas de solución como el Manejo Integrado de los Residuos Sólidos (MIRS), que permite la separación en la fuente clasificándolos en residuos reciclables, orgánicos e inertes o basura muerta. El reciclaje se ha convertido en una oportunidad de empleo para poblaciones vulnerables quienes tienen en esta actividad su sustento diario y contribuyen de forma muy positiva a mitigar un problema de acumulación de basuras, buscando un aprovechamiento posterior en procesos industriales cuya materia prima base es el plástico, vidrio o cartón etc.

Esta transformación también es utilizada en el procesamiento de residuos orgánicos, los cuales a través de procesos de compostaje se convierten en fuente de nutrientes para las plantas, aportando nitrógeno y gran cantidad de elementos menores requeridos para el desarrollo y producción de los cultivos, además de mejorar las estructuras de los suelos.

Según datos de la división de aseo de la empresa prestadora de servicios públicos ACUASAN E.I.C.E – E.P.S, el Municipio de San Gil produce 1.462,9 toneladas mensuales de residuos sólidos de las cuales 112 toneladas, el 12% corresponden al mercado cubierto, residuos que son provenientes de los productos perecederos que comercializan los agricultores del municipio y son depositados en el relleno sanitario El Cucharó ubicado a 5 kilómetros del casco urbano.

La provincia de Guantánamo se ha caracterizado como una zona con buenas potencialidades para el cultivo de cítricos, por tener unas características climatológicas especiales en lo que a suelo, temperatura, precipitación y altura sobre el nivel del mar corresponden.

Lo anterior, permite obtener buenos rendimientos de este tipo de cultivos, apetecidos a nivel nacional especialmente para la elaboración de jugos y con grandes expectativas en el mercado internacional por encontrarse dentro de los cultivos incluidos en el tratado de libre comercio.

Teniendo en cuenta las potencialidades del municipio, la producción de un abono orgánico específico para el cultivo de Mandarina Arrayana se convertiría en una alternativa para el productor por permitir bajar sus costos de producción y aumentar la rentabilidad del cultivo. Además, poder incursionar en la producción orgánica, línea de productos muy apetecida por consumidores que buscan productos sin químicos para su consumo.

Por otra parte, con el procesamiento de los residuos orgánicos provenientes del mercado cubierto (plaza de mercado) resultado del proceso de comercialización de frutas, verduras y hortalizas se estará dando una solución a la acumulación de grandes volúmenes de residuos

orgánicos. Con ello se evitan problemas ambientales y se genera un valor agregado con la transformación de residuos orgánicos en abono orgánico. Este aprovechamiento permitiría la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión ambiental.

La importancia del mercado cubierto de San Gil ha hecho que se convierta en un lugar turístico, por su arquitectura colonial, ubicación céntrica y el ofrecimiento de bienes y servicios. Esto permite demostrar la necesidad de realizar un adecuado manejo de los residuos sólidos, con el objetivo de mejorar las condiciones paisajísticas del centro histórico del municipio de San Gil y evitar la contaminación ambiental por la acumulación de los residuos sólidos.

Desde el punto de vista económico, la Plaza de Mercado genera 780 empleos directos y aproximadamente 3000 empleos indirectos, lo cual en representación total de la población Sangileña (45.956) provee de trabajo al 8% de la comunidad. Adicionalmente la Administración Municipal en su plan de desarrollo “POR EL SAN GIL QUE MERECEMOS (2012)” planificó proyectos de adecuación y mantenimiento de la infraestructura, reconociendo la importancia arquitectónica y cultural de este lugar.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Contribuir a la gestión de los residuos orgánicos de la plaza de mercado del Municipio de San Gil para ser empleados en la fertilización del cultivo de Mandarina Arrayana.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los residuos vegetales provenientes de la Plaza de Mercado del Municipio de San Gil.
- Evaluar el efecto de la aplicación del abono orgánico generado en la Plaza de Mercado de San Gil sobre el rendimiento y del cultivo de Mandarina Arrayana.
- Evaluar el efecto de la aplicación del abono orgánico generado en la Plaza de Mercado de San Gil sobre el desarrollo foliar del cultivo de Mandarina Arrayana.

1.5. Pregunta de investigación

¿El abono orgánico, producido con los residuos orgánicos de la plaza de mercado del municipio de San Gil, puede mejorar los indicadores de rendimiento en el cultivo de Mandarina Arrayana?

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Abonos orgánicos

2.1.1. Definición

Los abonos orgánicos son un complemento nutricional para cualquier cultivo; proporcionan cierta cantidad de nutrientes de fácil metabolismo para las plantas. En algunos casos, el abono orgánico debe ser complementado con las cantidades necesarias de abono químico con el fin de proporcionar al suelo los requerimientos exigidos. Adicionalmente, a través de la utilización de abonos orgánicos se desarrollarían suelos nuevos, ya que el aporte en materia orgánica es un factor predominante, esto junto a que se realiza de manera natural sin la utilización de elementos o sustancias sintéticas (Vanegas y Herrera, 2010).

2.1.2. Tipos de abonos

Estiércol natural: Está formado por las deyecciones sólidas y líquidas de los animales, mezclados con productos que les sirva de lechos o camas. Cuando el estiércol es empleado tal y como se retira de los establos se denominan estiércoles frescos los cuales almacenados y distintamente tratados entran en un proceso de fermentación que les hace variar su aspecto y composición, se debe tener en cuenta que este tipo de estiércol semi- tratado completan su proceso fermentativo después de ser aplicados en el suelo, lo que trae como consecuencia la acidificación de los suelos y cambios en el pH al igual que aumento en la temperatura, lo que se ve reflejado en el desarrollo normal de las plantas. Los excrementos de las palomas y gallinas denominadas Polonia y gallinaza son abonos que contienen elementos fertilizantes, nitrógeno, ácido sulfúrico y potasa que oscilan entre 1 y 2% de materia orgánica (Vanegas y Herrera, 2010).

Abonos compostados: Estos abonos son generados a partir de residuos como basuras, desechos de cosechas o animales muertos, cenizas procedentes de los subproductos de la leña, cascara de hortalizas y frutas. Para la creación del abono compostado, estos desechos deben ser degradados dentro de un proceso aeróbico (compost), con el objeto de que su poder nutritivo para el suelo no sea nulo (Vanegas y Herrera, 2010). Asimismo, según Montaña, (2000) una característica muy particular de los abonos orgánicos es que los nutrientes, a excepción del potasio, se encuentran predominantemente en forma orgánica y por lo tanto en forma insoluble, en particular en los residuos sólidos. Por el contrario aquellos presentes en los residuos líquidos están presentes en forma soluble; por lo tanto para ser absorbidos por las plantas deben transformarse a la forma inorgánica mediante la descomposición de la materia orgánica o mineralización. Así se produce una lenta liberación de nutrientes para la solución del suelo.

De igual forma, Negro (2000) afirma que el compostaje es la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Para Maye y Padron (1992) el compost es el producto de fermentación controlada de la materia orgánica presente en los residuos sólidos orgánicos, durante el

proceso se desinfecta y estabilizan los residuos, con lo que el producto resultante debe garantizar la inocuidad para el medio ambiente, el cual puede ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato.

Según Arroyave y Vahos (1999), el compostaje es un proceso natural y biooxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono acondicionador de suelos sin que cause fenómenos adversos.

Formados por deyecciones humanas: Algunos países extranjeros (Francia y Países bajos) utilizan como abono las deyecciones humanas las cuales se pueden aprovechar como abono de dos maneras: en estado seco como mantillo, o bien en estado fresco; en este último constituyen el denominado abono flamenco. Para formar el mantillo, las materias fecales se reúnen en depósitos, donde las partes sólidas se sedimentan quedando sobrenadando los líquidos. La parte que va al fondo es la que se emplea (después de separar los líquidos y de secarla al sol) con el nombre de mantillo o poudrette. La proporción aproximada de elementos fertilizantes es la siguiente: Nitrógeno 1.5%, ácido Fosfórico 3.0%, Potasa 1.0%. Las cantidades medias de abono, por hectárea pueden estimarse entre 2.000 y 3.000 kg. Se trata de abono de acción rápida, apreciándose sus efectos en el primer año de su incorporación. El abono flamenco se emplea especialmente en los países bajos, suele agregársele productos absorbentes, tales como turba, aserrín de madera, etc. para los malos olores (Vanegas y Herrera, 2010).

Abonos verdes: Utilización de cultivos de vegetación rápida, que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a enriquecerlo con un "humus joven" de evolución rápida además de otros nutrientes minerales y sustancias fisiológicamente activas, así como a activar la población microbiana del suelo. Las tres especies más utilizadas para la creación de los abonos verdes son las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas (Vanegas y Herrera, 2010).

2.1.3. Ventajas de los abonos orgánicos

Según Montaña (2000), las ventajas que presenta el uso de abonos orgánicos en la agricultura para el suelo son las siguientes:

- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Aumento de la capacidad de regulación química del suelo.
- Aporte de sustancias de crecimiento.
- Aumento del porcentaje de CO₂ en el suelo, capaz de acidificar suelos alcalinos.
- Aumento del porcentaje de CO₂ en la parte aérea de cultivos densos que tengan restringida la circulación de aire, promoviendo por lo tanto, un aumento de la fotosíntesis.

- Aumento en la disponibilidad de micro nutrientes, no solo por ser una fuente; sino principalmente por los cationes micro nutrientes quelatados.
- Reducción de la actividad del aluminio en solución, a través de las fuertes ligaduras del mismo con grupos carboxílicos y fenólicos.
- Fuente de calcio, magnesio y micro nutrientes.
- Aumento de la disponibilidad del fósforo, no solo por su aporte directo, sino - también al reducir su precipitación con aluminio e hierro.
- Mejora en la estructura del suelo, promoviendo una mayor aireación y crecimiento radicar.
- Mayor protección del suelo al encostramiento.
- Aumento de la capacidad de retención de agua.
- Mayor estabilización de la temperatura del suelo.
- Aumento de la actividad microbiana.

Otras ventajas de la fertilización orgánica se dan en el menor potencial de salinidad en las semillas, plántulas y microorganismos y menor potencial de pérdidas de nutrientes por lixiviación.

Por otra parte, como se expresa en Ararat (2006) la cantidad de Materia Orgánica del suelo se incrementa indirectamente con el aporte de abonos minerales, porque aumentan las cosechas y residuos del cultivo, los cuales mantienen un determinado nivel de humus frente a causas que lo destruyen. Según Oades (1984), desde el punto de vista físico se afirma que las sustancias orgánicas actúan como agentes cementantes de los macro y micro agregados. Al incrementar la cohesión entre partículas, ser agentes enlazantes, y floculan las arcillas como consecuencia de la presencia de grupos funcionales (como los carboxílicos) y de la formación de puentes con cationes polivalentes.

De acuerdo al Manual de Compostaje del agricultor dado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y agricultura en 2013, la materia orgánica presenta los siguientes beneficios para el suelo y la planta respecto a propiedades físicas, químicas y biológicas:

Propiedades Físicas: mejora el manejo del suelo para las labores de arado o siembra, aumentando la capacidad de retención de la humedad del suelo, reduciendo el riesgo de erosión, ayudando a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica), reduciendo la evaporación del agua y regulando la humedad.

Propiedades Químicas: el abono orgánico aporta macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes, mejorando la capacidad de intercambio de cationes.

Actividad Biológica: el abono orgánico aporta organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar sustancias nocivas, mejorando las condiciones del suelo y aportando carbono para mantener la biodiversidad de la micro y macrofauna (lombrices).

2.2. Savia-Acelerador de la descomposición de la materia orgánica, recuperador y activador de suelos

Savia es un producto resultante de la aplicación del proceso denominado “Fermentación controlada de la materia orgánica”. Este producto corresponde a la fase líquida o lixiviados, que se producen en la fermentación y que se estabiliza a través de la aplicación de principios físico-químicos y microbiológicos (Fundación semilla Nueva, n.d)

Este producto cumple un gran papel como biodegradador y enriquecedor de sustratos como los estiércoles (gallinaza, caprinaza, pollinaza, etc.) y desechos de cosechas (cascarillas, pulpa de café, mucílago, hojas etc.) de donde se obtienen abonos orgánicos de alta calidad, lográndose grandes beneficios, entre los cuales están:

- Disminución de los olores al promover la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando la liberación de gases amoniacales, sulfurosos y mercaptanos.
- Evita la proliferación de moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo.
- Se enriquece el compost en microorganismos benéficos para la agricultura, que restablecen el equilibrio microbiológico en el suelo.
- Se incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, al lograrse una fermentación controlada de la materia orgánica que incrementa la presencia en el compostaje de: enzimas, vitaminas, hormonas y minerales solubles.
- Se acelera el proceso de compostaje.

2.3. Establecimiento de cítricos

2.3.1. Definición e importancia

Las numerosas especies del género Citrus provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago Malayo; desde allí se distribuyeron a las otras Regiones del mundo donde hoy se cultivan cítricos. El área comúnmente asociada a su origen está ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia, este de Filipinas y desde el Himalaya al sur hasta Indonesia (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, n.d).

Los cítricos, se caracterizan desde el punto de vista nutricional, por ser fuente de vitaminas (Vitamina C, ácido fólico y pro Vitamina A), minerales (potasio, con un ligero efecto diurético) y flavonoides (sustancias fotoquímicas con efecto antioxidante). También son considerados alimentos prebióticos, puesto que favorecen el crecimiento de microorganismos beneficiosos para el colon, mejorando el tránsito intestinal y previniendo el cáncer de colon.

2.3.2. Condiciones de clima y suelos

Los cítricos presentan una alta capacidad de adaptación a condiciones de clima y suelos, ya que producen a temperaturas entre los 12⁰ C y 30⁰ C en suelos alcalinos o ácidos. El crecimiento vegetativo de los cítricos se detiene a temperaturas menores de 12⁰ C y mayores de 40⁰ C a partir de los 15⁰ C el crecimiento se acentúan progresivamente hasta los 30⁰ C.

Según Reuther (1988), los cítricos requieren cantidades mínimas entre 1000 y 2000 mm de agua al año para mantener niveles adecuados de humedad en el suelo. Por otra parte, un árbol de cítricos necesita una profundidad efectiva del suelo superior a 1,5m, sin obstáculos que limiten el desarrollo de las raíces.

Por otra parte, está el proceso de maduración de la fruta respecto a la producción de azúcares, disminución de acidez y el desarrollo del color, los cuales alcanzan su mayor eficiencia cuando las variaciones de temperatura diurna y nocturna son amplias.

La temperatura también afecta la duración del período comprendido entre la floración y la cosecha de la fruta madura; es más largo en zonas con temperaturas frescas. (Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, 1991).

2.3.3. Sistema de siembra

- a. Marco Cuadrado: la distancia entre calle es igual a la distancia entre plantas. A continuación se puede observar la distancia dependiendo del cultivo:

Naranjas: 6x6 a 10x10 m

Toronjas: 8x8 a 12x12 m

Mandarinas: 6x6 a 9x9 m

Limonas: 5x5 a 7x7 m

- b. Marco Rectangular: en este sistema la distancia entre plantas es menor que la distancia entre calles, el sistema está adoptado para plantaciones altamente mecanizadas.
- c. Tresbolillo: las distancias entre plantas son iguales formando un triángulo equilátero, este sistema es adoptado con terrenos con pendiente, porque disminuye la erosión.

2.3.4. Fertilización

Para este proceso se tiene en cuenta la edad del árbol, la capacidad de producción, el estado fitosanitario y las posibilidades del suelo para suplir nutrientes a la planta. En sus primeros

años los arboles necesitan menos fertilizante, pues solo lo utilizan para la formación de tejidos.

El fosforo necesita ser aplicado solo en los primeros 5-7 años de la plantación, pues pasada esa etapa la planta está en capacidad de auto suplirse. El Nitrógeno y el Potasio necesitan ser aplicados anualmente (Bonilla, n.d).

2.4. Antecedentes investigativos

Según Santos (2010) los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes. Bajo el mismo concepto, el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico, el cual permite el mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas. De esta forma, según Mosquera et al.(2010) los abonos orgánicos actúan sobre tres propiedades: químicas, físicas y biológicas. En las propiedades físicas el abono orgánico por su color oscuro absorbe más las radiaciones solares, el suelo adquiere más temperatura lo que le permite absorber con mayor facilidad los nutrientes. También mejora la estructura y textura del suelo haciéndolo más ligero a los suelos arcillosos y más compacto a los arenosos; referente a las propiedades químicas estos abonos aumentan el poder de absorción del suelo y reducen las oscilaciones de pH lo que permite mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, es decir se aumenta la fertilidad, por último en las propiedades biológicas favorecen la aireación y oxigenación del suelo, también producen sustancias inhibitoras y activadoras de crecimiento, favoreciendo el desarrollo de los cultivos. En 2004, la Fundación de Hogares Juveniles Campesinos (FHJC) recomendó el compostaje como el mejor método para aprovechar los residuos orgánicos y mejorar los suelos de las fincas pequeñas bajo el enfoque de agricultura orgánica.

Es así como los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo (fertilidad física); estas características son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Un aumento en la porosidad aumenta la capacidad del suelo para retener el agua incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo (Santos 2010). Bajo el mismo concepto, como se expresa en Gómez y Tovar (2008), la falta de incorporación de materia orgánica y el uso excesivo de agroquímicos, han conducido a la degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la capacidad productiva de los suelos.

De acuerdo a Santos (2010), la composición química de los abonos orgánicos varía de acuerdo al origen de éstos. Las plantas, los residuos de cosecha, los estiércoles, etc, difieren grandemente en cuanto los elementos que contienen, en la Tabla No. 4 se muestra la composición química de algunos abonos orgánicos:

Tabla 4. Composición química de algunos abonos orgánicos

Características	Tipo de Abono Orgánico					
	Vacuno	Gallinaza	Vermi-composta	Composta	Pulpa de Café	Paja de Arroz
Humedad (%)	36.0	30.0				
PH	8.0	7.6	7.6	7.7	5.8	7.20
Materia orgánica (%)	70.0	70.0			89.6	7.70
N total	1.5	3.7	1.1	2.1	1.68	0.50
P(%)	0.6	1.8	0.3	1.1	0.35	0.05
K (ppm)	2.5	1.9	1.1	1.6	0.36	1.38
Ca (ppm)	3.2	5.6	1.6	6.5	0.50	0.22
Mg (%)	0.8	0.7	0.5	0.6	0.64	0.11
Zn (ppm)	1.3	575	100	235		
Mn (ppm)	264	500	403	265		
Fe (ppm)	6354	1125	10625	3000		
Relación C/N	16	15	19	15	30.90	9.49
Tasa de Mineralización (%/Año)	35	90				

Fuente: Tomado de Trinidad (1987)

Con el uso de abonos orgánicos se ha observado que el pH en suelos ligeramente ácidos o neutros, tiende a aumentar. Con la aplicación de 4 toneladas de porquinaza por hectárea en un año, el pH aumentó de 5.5 a 5.8; con aplicaciones de 10 toneladas de gallinaza durante 4 años, el pH aumentó de 4.8 a 5.1 y con la aplicación de 6 toneladas de gallinaza, composta y vermicomposta, el pH aumentó de 5.8 a 6.0 (Trinidad, n.d)

La calidad de un abono orgánico se determina en relación con el agro-ecosistema en que será utilizado, por lo que es necesario identificar en la caracterización de los abonos: el contenido nutricional, la facilidad de suministro de nutrientes, y las características físicas, químicas (metales pesados) y microbiológicas que más inciden en el agro-ecosistema objetivo. De igual forma, Bohórquez et al. (2014) afirman que el tiempo de compostaje que garantiza una adecuada maduración y mayor aporte de nutrientes en el compost producido es de 90 días.

Estrada (2005) afirma que el compostaje es el tratamiento más adecuado para el aprovechamiento de la gallinaza, mientras que Blandón et al. (1998) demostraron que las fincas cafeteras pueden producir un compost de mejor calidad cuando compostan solamente la pulpa de café sin adicionarle el mucílago.

Finalmente, Daza et al. (2015) afirman que las áreas degradadas y los sistemas ganaderos requieren mayores cantidades de compost debido a su alta demanda de nitrógeno, baja producción de biomasa y aporte de materia orgánica en suelo y su mayor extensión en la zona de estudio.

2.4.1. Uso de residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos son aquellos que se componen de los residuos domésticos; según Díaz et al. (2007) la necesidad de reducir la generación de gases de efecto invernadero y lixiviados en rellenos sanitarios, reciclar nutrientes, aportar materia orgánica al suelo (MOS) y minimizar el uso de fertilizantes de síntesis en la agricultura, han posicionado la implementación de opciones para el tratamiento de estos residuos. Por su parte, Slater y Frederickson (2001) consideran que los biorresiduos² son la mayor fracción de los residuos sólidos municipales (RSM) y entre los residuos residenciales son los de mayor potencial de contaminación ambiental.

Por otra parte, Levis et al. (2010) afirman que el compostaje es una de las opciones de mayor aplicación y efectividad para el tratamiento de los biorresiduos, el producto puede ser aplicado como acondicionador y enmienda orgánica de suelos y fuente de nitrógeno y fósforo en Sistemas Agroambientales (SA). Así mismo, pequeñas mejoras en la eficiencia de separación en la fuente de residuos sólidos urbanos son de gran importancia para la obtención de un producto final de calidad (abono orgánico). Por el contrario la operación de separación de materia orgánica en la línea de inertes puede ser de interés para recuperar parte de la materia orgánica y reducir así la cantidad residual destinada a vertederos (Cereijo et al. 2007).

Según Cantanhede y Monge (1999), a través de un proyecto piloto desarrollado en conjunto con el CEPIS y la empresa de servicios municipales de limpieza en Lima Perú, los proyectos de producción de compost a partir de los residuos orgánicos generados en las plazas de mercado son factibles y favorables porque además de aprovechar un recurso que actualmente no se utiliza se evita la disposición final de estos residuos que por su alto contenido de humedad generan mayor cantidad de lixiviados.

A nivel nacional, en el año 2007 se desarrolló en el Jardín Botánico de la Universidad de Caldas y con la colaboración de la Asociación de Recicladores, un ensayo demostrativo y explicatorio con el objetivo de obtener compost con base en residuos urbanos bajo las condiciones climáticas locales; en dicho experimento se aplicó la técnica de biodegradación natural bajo la forma de remoción de dunas. Para comparar el tiempo de maduración del compost con relación a la pluviosidad, se destinaron dos áreas para la preparación del abono, una bajo cubierta de invernadero y otra, a la intemperie. Los resultados de laboratorio indican altos contenidos de materia orgánica, calcio, magnesio y potasio, además de poseer un pH neutro; estas características permiten recomendar el compost para la fertilización orgánica de los cultivos y para corregir el pH y las enmiendas de calcio y magnesio (Jaramillo y Zapata, 2008).

²residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y establecimientos de venta al por menor; así como, residuos comparables procedentes de plantas de procesado de alimentos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en tres fases como se observa en la Figura No. 1, la primera consistió en la identificación de las áreas de estudio y la elaboración del abono orgánico, la segunda en las actividades de campo y la tercera en el análisis estadístico.

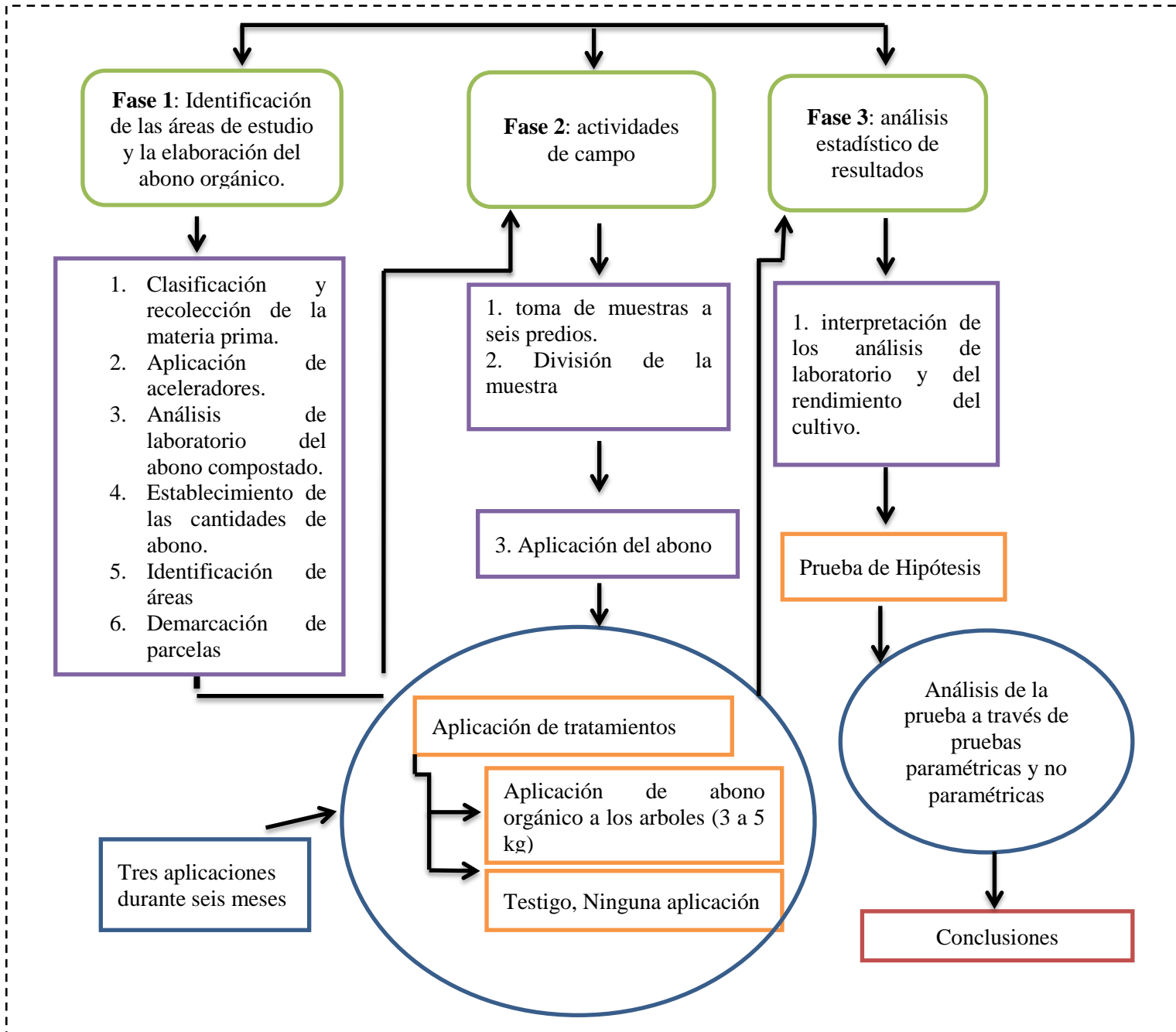


Figura 1. Método del experimento

A continuación se presentan las etapas correspondientes a la primera fase:

- Clasificación y recolección de la materia prima proveniente de fruta, hortalizas, tubérculos y cereales desechados frescos en la plaza de mercado considerados residuos orgánicos.
- Aplicación de aceleradores del proceso de descomposición. Se utilizó un descomponedor orgánico compuesto por microorganismos (Pseudomonaceae, Azotobacteriaceae, Rhizobacteriaceae, Lactobacillus, Bacillaceae, Actinomycetaceae, Streptomicetaceae) el cual actuó como estabilizador del ecosistema. Estos microorganismos activan el proceso de descomposición, en un plazo de un mes, tiempo en el cual la materia orgánica sufre un proceso de descomposición, que la deja con las características de olor, temperatura y textura (el proceso se realizó en espacio abierto bajo cubierta en montículos que permitieron su ventilación y volteo de la materia orgánica).
- Análisis de laboratorio del abono compostado: el producto resultado del proceso de descomposición fue enviado a un laboratorio de suelos para su respectivo análisis, de los resultados arrojados se conoció las bondades del producto en cuanto a porcentaje de elementos mayores (N, P, K), menores (Calcio, Magnesio, Azufre) y micro-elementos (Cloro, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro y Molibdeno).
- Teniendo en cuenta los resultados del análisis del abono, y los requerimientos nutricionales del cultivo de los cítricos, se establecen las cantidades necesarias por cada plantación para las muestras individuales, siendo estas entre 1kg y 3 kg por planta.
- Identificación de las áreas de estudio teniendo en cuenta las características climatológicas.
- Demarcación de las parcelas demostrativas y el testigo en campo, teniendo en cuenta su ubicación geográfica.

La segunda fase fue las actividades de campo donde se hizo la toma de muestras de suelo, aplicación de abono orgánico en las parcelas y toma de muestras de las variables (peso de los frutos por árbol y diámetro de la copa), desarrollado a través de las siguientes actividades:

- Análisis de suelo de los predios en las veredas productoras de Mandarina Arrayana, distribuidas según la muestra, teniendo en cuenta lo anterior se realizó la toma de muestras a seis predios con testigo de igual tamaño las cuales cuentan con las mismas características climatológicas siendo estas Guarigua Alto, Guarigua Bajo, La Flora, San Pedro, San José, Los Pozos.

- Teniendo en cuenta las veredas y la muestra establecida se dividieron los 595 árboles en 6 veredas, lo cual da 99,16 árboles (99 árboles) por vereda. En cada vereda se enumeraron las plantas y se eligieron los múltiplos de 3 hasta completar las 99 por vereda.
- Aplicación del abono orgánico de acuerdo a los requerimientos de la planta:
 - ✓ Estas aplicaciones se realizarán en tres oportunidades en un periodo de seis meses
 - ✓ La aplicación del abono inicio dos meses después de la floración, en periodos lluviosos
 - ✓ El abono orgánico se colocó sobre el suelo descubierto, 20 cm después de donde termina el follaje en el perímetro de la planta
 - ✓ Todas las tres aplicaciones se realizaron de igual manera.
 - ✓ Una vez finalizado el proceso de aplicaciones en campo del abono orgánico, se esperó dos meses y en época de cosecha se realizaron las siguientes mediciones:
 - ✓ En campo se midió el peso total de frutos por árbol en Kilogramos (Kg/árbol)
 - ✓ En campo se realizó la medición del diámetro de la copa por planta.

La tercera fase fue el análisis estadístico de resultados que involucró la interpretación de los análisis de laboratorio y del rendimiento del cultivo.

3.1. Ubicación

El presente estudio se realizó en Plantaciones de seis fincas del Municipio de San Gil, escogidas de la siguiente forma: se identificaron las veredas productoras de mandarina arrayana en el municipio de San Gil, de donde se establecieron 28 Veredas dando un resultado de 132 hectáreas dedicadas al cultivo (Tabla No. 5), de allí se escogieron las que tuvieran las mismas características climatológicas, el resultado fue: Guarigua Alto, Guarigua Bajo, La Flora, San Pedro, San José, Los Pozos (Tabla No.6).

Tabla 5. *Producción de cítricos en el Municipio de San Gil*

Veredas	Cítricos	
	Área (Hectáreas)	Productores
Ojo De Agua	3	10
Guarigua Bajo	3	5
Volador	7	1
Bejaranas Bajo	1	3
Bejaranas Alto	2	5
Santa Rita	4	10
Montecitos Bajo	3	5
Montecitos Alto	5	6
Flora	10	20
Guarigua Alto	15	20
Pozos	3	5
La Laja	5	6
Chapala	3	4
Joyas	5	7
Buenos Aires	8	12
Versalles	15	10
Alto Del Encinal	2	4
Jaral San Pedro	4	8
San Jose	4	8
Santa Barbara	8	15
Hoya De Monas	2	5
Puente Tierra	2	8
Boqueron	5	20
Cañaveral Bajo	1	4
Cañaveral Alto	2	8
Resumidero	4	12
Campo Hermoso	2	5
Tabor	4	5
Total	132	231

Fuente: Tomado de Plan Básico de Ordenamiento Territorial San Gil, 2003

Tabla 6. *Hectáreas de la muestra*

Vereda	Número de hectáreas productoras
Guarigua alto	15
Guarigua Bajo	3
La Flora	10
San Pedro	4
San José	4
Los Pozos	3
Total	39

Fuente: Tomado de Plan Básico de Ordenamiento Territorial San Gil, 2003

3.2. Tamaño de muestra

Variable a estudiar: **Peso total de frutos por árbol.**

En la Tabla No.7 se relacionan las veredas que cuentan con cultivo de mandarina arrayana en el Municipio de San Gil con sus respectivas hectáreas productoras y número de árboles.

Tabla 7. Veredas productoras de Mandarina Arrayana

Vereda	Número de hectáreas productoras	Número de arboles
Guarigua alto	15	6000
Guarigua Bajo	3	1200
La Flora	10	4000
San Pedro	4	1600
San José	4	1600
Los Pozos	3	1200
Total	39	15.600

Fuente: Tomado de Plan Básico de Ordenamiento Territorial San Gil, 2003

Teniendo en cuenta la Tabla No. 7 y de acuerdo al costo que implicaría el análisis de los 15.600 árboles, se define el tamaño de la muestra para el análisis de la variable, de la siguiente forma:

1. Se realizó muestreo piloto de 25 árboles, los resultados se muestran en la Tabla No. 8.
2. Se aplicó la siguiente fórmula para la definición de la muestra:

$$n = \left(t_{\alpha/2; m-1} \right)^2 * (S_m)^2 \quad (1)$$

Muestra piloto: 25 observaciones

m : 25

S_m : 5,91 (**Peso total de frutos por árbol**)

$t_{0,025/2;24}$: 2,0595 asumiendo un nivel de confianza del 95%

d : 0,5

$n=595,13$ arboles

El resultado arroja un análisis para 595 árboles.

Tabla 8. *Muestra Piloto*

Árbol	Peso total de frutos por árbol (kg)
1	60
2	58
3	55
4	63
5	60
6	54
7	57
8	58
9	40
10	55
11	53
12	48
13	60
14	58
15	58
16	59
17	42
18	64
19	50
20	54
21	64
22	58
23	56
24	58
25	59

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Estrategia de selección

Teniendo en cuenta las veredas identificadas en la Tabla No. 7, se dividieron los 595 árboles en grupos de a 6, lo cual da 99,16. Se realiza aproximación, para que el análisis por vereda sea de 99 árboles. En cada vereda se enumeraron las plantas y se eligieron los múltiplos de 3 hasta completar las 99 por vereda.

3.3. Diseño experimental

Teniendo en cuenta la metodología plasmada para este proyecto y los objetivos, la técnica a desarrollar es una investigación cuantitativa bajo un enfoque experimental, dado a través del diseño de dos grupos relacionados, uno experimental y uno de control, cuyas variables a trabajar son el peso total de frutos por árbol y diámetro de la copa. Dentro del diseño experimental se desarrollan dos pruebas, una no paramétrica (U" de Mann-Whitney) y una prueba paramétrica (T student) dependiendo de la normalidad de los datos. El desarrollo de estas pruebas pretende demostrar que las diferencias obtenidas entre los grupos (experimental y de control) son significativas.

De igual forma, este proyecto se basó en la observación, acompañado de una serie de materiales empleados que permitieron recoger la información necesaria para la etapa del análisis de datos.

3.4. Materiales empleados e instrumentos de captura de información

Dentro de la primera fase del experimento se utilizaron envases industriales de polietileno para la recolección y clasificación de los residuos orgánicos de la plaza de mercado del Municipio de San Gil. El peso de los residuos se dio a través de una báscula industrial y el transporte se efectuó por medio de una volqueta.

Seguidamente se procedió al descargue de los residuos orgánicos dispuestos en un espacio bajo cubierta y en montículos. El volteo se realizó mediante una herramienta de mano (pala). La aplicación del acelerador se hizo con bomba de espalda a baja descarga.

Mediante un sistema de posicionamiento global GPS se realizó la georeferenciación de las áreas de estudio y a través de 12 avisos se demarcaron las parcelas demostrativas y testigo.

La segunda fase (toma de muestras del suelo), fue hecha con una pala y un balde; posteriormente se empaco la muestra en bolsas plásticas, y se envió al laboratorio.

Una vez terminado el proceso de compostaje de los residuos orgánicos a través de una herramienta de mano se empaco el abono en sacos tejidos de polipropileno y se distribuyó en los predios. La toma de muestras referente al peso total de frutos por árbol y el diámetro de la copa de cada árbol se realizaron con una báscula y un metro respectivamente.

Los instrumentos de captura utilizados se aprecian en los Anexos 1-4 los cuales se formularon mediante la técnica de observación directa.

3.5. Trabajo de Campo

A partir del diseño metodológico planteado y teniendo en cuenta la técnica de investigación e instrumentos, en este apartado se describe el trabajo de campo.

3.5.1. Clasificación y recolección

En esta etapa se realizaron 5 visitas a la plaza de mercado del Municipio de San Gil, en las cuales se pudo determinar la clasificación de los residuos orgánicos, con su respectivo peso, en la Tabla No. 9 se muestran los datos registrados.

Tabla 9. *Formato N.1 Clasificación de residuos orgánicos en Kg de la plaza de mercado de San Gil*

Formato N.1 Clasificación De Residuos Solidos				
Lugar: Plaza De Mercado Del Municipio De San Gil				
Fecha	Residuos en Kg.			Cantidad
	Frutas y hortalizas	Tubérculos	Cereales	
Lunes 3 de marzo 2015	3622,5	1293,75	258,75	5175
martes 4 de marzo 2015	3220	1150	230	4600
Miércoles 5 de marzo de 2015	3622,5	1293,75	258,75	5175
Jueves 6 de marzo 2015	3220	1150	230	4600
Viernes 7 de marzo de 2015	4427,5	1581,25	316,25	6325
Total	18112,5	6468,75	1293,75	25875

Fuente: Elaboración propia

La plaza de mercado genera 25.875 kilogramos de residuos orgánicos en cinco días (lunes-viernes). Para el efecto del trabajo de campo se dispuso de 1000 Kilogramos, sometidos a un proceso de descomposición acelerada, con una duración de 30 días en pila. Los 1000 Kilogramos están divididos como se muestra en la Tabla No. 10.

Tabla 10. *División de Residuos orgánicos*

Frutas y hortalizas (kg)	Tubérculos (kg)	Cereales (kg)
700	250	50

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Aplicación de aceleradores

Para el desarrollo de este proceso, se trabajó con Saviaproducto con registro ICA No 001801. Este producto contiene microorganismos descomponedores de materia orgánica, los cuales aceleran el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, en dosis de 1 centímetro cúbico por kilogramo de materia orgánica. El producto es disuelto en agua utilizando 5 partes por una de Savia, usando 1000 centímetros cúbicos por 1000 kilogramos de residuos. El proceso consistió en aplicar el producto de forma directa a los residuos procesados, bajo cubierta y en apilamiento con la instalación de filtros que mantengan la aireación por un periodo de treinta días, tiempo en el cual se obtiene la descomposición de la materia orgánica, como se observa en la Figura No. 2 y 3.



Figura 2. Abono apilado

Descripción del producto savia: Savia es un producto resultante de la aplicación del proceso denominado “Fermentación controlada de la materia orgánica”. Este producto corresponde a la fase líquida o lixiviados, que se producen en la fermentación y que se estabiliza a través de la aplicación de principios físico-químicos y microbiológicos. En la Tabla No. 11 se observa el contenido de la Savia.

Tabla 11. *Contenido de la Savia*

Elemento	Contenido
Nitrógeno orgánico	1,2 %
Potasio total soluble (K ₂ O)	1,7 %
Fósforo total asimilable (P ₂ O ₅)	54,1 ppm
Calcio soluble en agua (CaO)	163,0 ppm
Microorganismos Nitrificantes	
Microorganismos Fosforeductores	
Microorganismos Celulolíticos	
Enzimas	

Fuente: Tomado de Fundación semilla Nueva, n.d

Finalmente, después de los treinta días de descomposición del abono orgánico, la muestra fue tomada y enviada al laboratorio para su respectivo análisis en cuanto a elementos mayores, menores y micro elementos, en la Figura No. 4 se puede observar el abono tapado y con filtros.



Figura 3. Abono tapado y con filtros

3.5.3. Identificación de agricultores y georeferenciación de parcelas

En la Tabla No. 12 se muestra la georeferenciación de los agricultores escogidos para el desarrollo de este proyecto, identificando el nombre, vereda, finca, cedula, teléfono, altura y posición.

Tabla 12. *Formato N.3 Datos del agricultor*

Formato N.3 Datos Del Agricultor							
No	Nombre	Vereda	Finca	Cedula	Teléfono	Georeferenciación	Altura
1	Salomón Jiménez	Los Pozos	La Esperanza	2135789	3118529394	N 06,59481 W 073,15221	1554
2	Jacobo Villar	Guarigua Alto	La Laja	91066112	3112897864	N 6,59288 W 073,16354	1583
3	Roberto Muños	Guarigua Bajo	El Almendro	2169566	3173374934	N 06,56789 W 073,16790	1425
4	Anselmo Ruiz Villar	La Flora	Los Mangos	5741483	3114167509	W 06,58472 N 073,15489	1553
5	Ramiro Castellanos	San Jose	La Estrella	91065565	3106889751	W 06,48740 N 073,11374	1287
6	Ciro Alfonso Gomez	Jaral San Pedro	Campo Alegre	91067617	3106265577	N 34,7878 W 087,7592	1171

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la muestra se identificó la parcela demostrativa y la parcela testigo como se muestra en la Figura No. 4.



Figura 4. Vereda Guarigua alto

3.5.4. Protocolo muestras de suelos

En esta etapa se procedió a tomar la muestra de suelo para su respectivo análisis, teniendo en cuenta la muestra obtenida, la cual está definida según la Tabla No. 13.

Tabla 13. Muestra definida

Vereda	Número de árboles analizar por vereda
Guarigua alto	99
Guarigua Bajo	99
La Flora	99
San Pedro	99
San José	99
Los Pozos	99
Total	594

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la toma de muestras a seis predios con testigo de igual tamaño que tuvieran cultivos de Mandarina Arrayana ya establecidos en las veredas productoras, árboles con edades de tres años.

Esta fase constituye la etapa inicial y fundamental para la adecuada interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio. Pero debido a que el suelo es un material muy heterogéneo, con diferentes condiciones de origen, topografía, manejo, tipos de vegetación, etc.; es necesario definir unidades con características más o menos similares, que permitan establecer lo que se conoce como unidades de muestreo.

La toma de muestras en las veredas se realizó bajo las siguientes recomendaciones:

Se realizó la separación de aquellas áreas con características similares, con base en los siguientes criterios:

- Grado de pendiente
- Grado de erosión
- Tipo de vegetación (edad de la explotación, cultivos anteriores)
- Manejo previo (fertilización, preparación del suelo)
- Presencia de rocas, cuerpos de agua, otros factores.

La toma de las muestras fue hecha con una pala y un balde, donde se procuró tomar una cantidad similar de suelo en cada punto y a la misma profundidad, se tomaron 20 submuestras a lo largo y ancho del terreno (0,24 hectáreas) que luego se mezclaron en el balde, para obtener una muestra homogénea.

Para este cultivo, las dimensiones del hoyo de las submuestras fueron aproximadamente de 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, en donde se retiró los 2 cm primeros del suelo y se extrajo la muestra.

Finalmente se empaco la muestra (1kg por vereda) en bolsas plásticas, y se envió al laboratorio para su respectivo análisis (se tomaron 6 muestras).

3.5.5. Aplicación de abono

Este proceso se realizó en tres oportunidades por árbol, para lo cual se llevó el registro del Formato No. 4 (Anexo 4) por agricultor. La aplicación del abono se dio en las siguientes fechas: Mayo 2 de 2015, Julio 4 de 2015 y septiembre 5 de 2015.

En total se aplicaron 3564 kg en 594 árboles distribuidos en forma aleatoria en los seis predios escogidos.

3.6. Análisis estadístico de la información

Con la información obtenida a partir de la medición de variables se realizaron los siguientes análisis:

Análisis descriptivo de las propiedades químicas del abono orgánico e interpretación de análisis de suelo de los seis predios.

Estadística descriptiva de cada variable (peso total de frutos (kg/árbol), diámetro de la copa (cm)).

Prueba de hipótesis para las variables de estudio a través de la Prueba de “U” de Mann-Whitney para datos que no corresponden a distribuciones normales y Prueba t-student para datos que corresponden a distribuciones normales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de análisis de suelo para los seis predios

Los análisis de suelo para los seis predios escogidos en el desarrollo de este proyecto se presentan en las Tabla No. 14.

Tabla 14. *Análisis físico químico de suelo de los predios*

PREDIOS	Predio 1	Predio 2	Predio 3	Predio 4	Predio 5	Predio 6
Propiedades físicas						
Ítem	Resultado					
Arena (%)	46	40	40	38	42	42
Limo (%)	20	30	30	32	40	30
Arcilla (%)	34	39	30	30	18	28
Textura del suelo	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO	FRANCO ARCILLOSO	FRANCO ARCILLOSO	FRANCO ARCILLOSO	FRANCO	FRANCO
Propiedades Químicas						
Parámetro	Resultado					
pH	4,64	7,41	5,79	4,54	4,28	6,08
Volumétrica						
Materia Orgánica (%)	1,83	4,1	1,74	3,69	5,49	2,57
Carbono (%)	1,06	2,38	1,01	2,14	3,18	1,49
Aluminio (KCL 1N) meq/100g	3,18	0	0	2,33	3,16	0
Espectrofotometría						
Fosforo (Bray II) (ppm)	4,99	28,8	19,1	4,07	0,23	17,2
Espectrofotometría A/E atómica Extracción NH₄OAc						
Potasio (meq/100g)	0,12	0,33	0,36	0,33	0,23	1,14
Calcio (meq/100g)	1,92	27,3	12,8	2,1	1,25	8,34
Magnesio (meq/100g)	0,26	0,95	0,34	0,38	0,24	1,31
Sodio (meq/100g)	0,14	0,2	0,12	0,19	0,25	0,16

Fuente: Elaboración propia

4.2. Análisis físico químico del abono

En la Tabla No. 15 se muestra el análisis físico químico del abono orgánico generado a partir de los residuos provenientes de la plaza de mercado. Los abonos orgánicos con estas características de elaboración son un eficiente medio para el reciclaje racional de nutrientes que ayudan a mejorar la productividad del suelo y el crecimiento de las plantas.

Las características químicas del abono orgánico proveniente del compostaje de residuos en la Plaza de Mercado, tiene un alto contenido de nitrógeno mineral y cantidades significativas de elementos menores (Ca, Mg, B, Zn) que contribuyen a una mejor

disponibilidad de elementos mayores (N, P, K) para el cultivo, lo que favorece el estado fitosanitario de la planta.

De igual forma, se encuentra un alto contenido de Ceniza que contribuye a la protección del cultivo de plagas y enfermedades, así como al aporte de nutrientes al suelo para que la planta pueda aprovecharlos para su crecimiento y desarrollo. De igual forma los abonos orgánicos con contenido de ceniza son una fuente de potasio y carbonato de calcio.

Tabla 15. *Análisis Físico Químico Abono orgánico*

Parámetro	Resultado
Ph (Unidades de Ph)	8,24
Humedad (%)	15,66
Boro (%)	0,01
Cenizas (%)	56,8
Carbono Orgánico Oxidable Total (% COOT)	6,56
Nitrógeno (%N)	1,44
Fosforo (%)	1,05
Calcio (% CaO)	6,12
Cobre (mg Cu/Kg)	42,2
Magnesio (% MgO)	0,33
Potasio (% K ₂ O)	2,36
Sodio (%Na)	0,28
Hierro (% Fe)	1,68
Cinc (%Zn)	0,02
Magnesio (mg Mn/Kg)	120,39
Azufre (%S)	0,19

Fuente: Laboratorio químico Universidad Industrial de Santander

4.3. Interpretación de análisis de suelo vs análisis del abono orgánico

Para el análisis de suelo se tomaron como referencia el Nitrógeno, el Fosforo, el Calcio, el Cobre, el Magnesio, el Potasio y el Sodio, analizando los valores que se reflejan en la Tabla No. 15 vs el análisis de suelo de cada predio. En las Tablas No. 17-22, se especifican por predio el requerimiento del suelo. De igual forma, para determinar los requerimientos nutricionales del cultivo de cítricos se tomó como referencia a Corrales, (2002). (Ver Tabla No. 16).

Tabla 16. Niveles adecuados en el suelo para cítricos

Parámetro	Rango adecuado
Ph	5-6.5
MO	4-8%
Fosforo	8-10 ppm
Azufre	10-15ppm
Calcio	3-4 meq/100g
Magnesio	0.8-1.2 meq/100g
Potasio	0.3-0.4 meq/100g
Sodio	0-3 cmol/Kg
Hierro	40-50 ppm
Cobre	1-1.5 ppm
Manganeso	5-10 ppm
Zinc	3-5 ppm
Boro	0.3-1 ppm

Fuente: Tomado de Corrales (2002)

Tabla 17. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 1

Elementos	Predio 1	Requerimientos Del Cultivo De Cítricos	Carencia De Nutrientes	Contenido Nutricional Del Abono Compostado	Requerimiento Del Suelo
Nitrógeno (%N)	1,83	4	2,17	1,44	0,73
Fosforo (%)	4,99	8	3,01	1,05	1,96
Calcio (%) CaO)	1,92	3	1,08	6,12	-5,04
Cobre (mg Cu/Kg)	0	0	0	42,2	-42,2
Magnesio (%) MgO)	0,26	0,8	0,54	0,33	0,21
Potasio (%) K2 O)	0,12	0,3	0,18	2,36	-2,18
Sodio (%Na)	0,14	1	0,86	0,28	0,58

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la Tabla No. 16, se deduce que para el Predio No. 1 el análisis de la textura del suelo (Franco arcillo arenosa) favorece un sin número de interacciones planta suelo nutrientes agua, oxígeno fundamental para el buen desarrollo del cultivo y asimilación de los nutrientes presentes en el suelo y de los adicionados con el fertilizante. De acuerdo a los requerimientos nutricionales indicados por Corrales (2002), para el Predio No1 el pH se encuentra en un rango inferior al óptimo lo que disminuye la interacción de la planta y la normal asimilación de nutrientes presentes en el suelo e incorporados por el productor, lo que hace necesario la corrección mediante el uso de cal dolomítica la cual

aumentará los niveles de Calcio y Magnesio favoreciendo una asimilación de los nutrientes requeridos por el cultivo. El porcentaje de materia orgánica es baja y requiere de la aplicación de fuentes orgánicas. El Fosforo y el Potasio se encuentra por debajo del nivel óptimo pero con la aplicación del fertilizante se puede corregir esta deficiencia. El Sodio se encuentra en un nivel adecuado, Por otra parte, realizando una comparación entre las condiciones fisicoquímicas del abono orgánico generado y el análisis de suelo del Predio No 1 (Tabla No. 17) se concluye que con el objetivo de equilibrar el balance nutricional para el beneficio de la planta se debe aplicar dos Kilogramos del abono compostado por planta.

Tabla 18. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 2

Elementos	Predio 2	Requerimientos Del Cultivo De Cítricos	Carencia De Nutrientes	Contenido Nutricional Del Abono Compostado	Requerimiento Del Suelo
Nitrógeno (%N)	4,1	4	-0,1	1,44	-1,54
Fosforo (%)	28,8	8	-20,8	1,05	-21,85
Calcio (% Cao)	27,3	3	-24,3	6,12	-30,42
Cobre (Mg Cu/Kg)	0	0	0	42,2	-42,2
Magnesio (% Mgo)	0,95	0,8	-0,15	0,33	-0,48
Potasio (% K2 O)	0,33	0,3	-0,03	2,36	-2,39
Sodio (%Na)	0,2	1	0,8	0,28	0,52

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la Tabla No.16 y de acuerdo a los requerimientos nutricionales indicados por Corrales (2002), para el Predio No 2 la materia orgánica, el Magnesio, el Potasio y el Sodio se encuentra en un nivel adecuado mientras que los niveles del Calcio y el Fosforo se encuentran por encima de los requerimientos. De acuerdo al pH de esta muestra de suelo tiene marcada tendencia a la alcalinidad (7,41) aspecto que afecta el normal desarrollo de los cultivos por lo que se hace necesario disminuir la aplicación de abonos con alto contenido de Calcio y Magnesio disminuyendo el riesgo de toxicidad en el cultivo. Para esta muestra la materia orgánica tiene un margen aceptable, se hace necesario mantener y aumentar su porcentaje en el suelo para favorecer una mayor acumulación de agua y mejoramiento de la textura del suelo (franco arcilloso). Lo anterior limita el desarrollo de raíces, retención de humedad y expone al cultivo a stress hídrico innecesario para el llenado del fruto. Realizando una comparación entre las condiciones fisicoquímicas del abono orgánico generado y el análisis desuelo del Predio No 2 (Tabla No. 18) se concluye que con el objetivo de equilibrar el balance nutricional para el beneficio de la planta se debe aplicar un Kilogramo del abono compostado por planta, según el análisis de suelo del predio y los requerimientos del cultivo.

Tabla 19. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 3

Elementos	Predio 3	Requerimientos Del Cultivo De Cítricos	Carencia De Nutrientes	Contenido Nutricional Del Abono Compostado	Requerimiento Del Suelo
Nitrógeno (%N)	1,74	4	2,26	1,44	0,82
Fosforo (%)	19,1	8	-11,1	1,05	-12,15
Calcio (% Cao)	12,8	3	-9,8	6,12	-15,92
Cobre (Mg Cu/Kg)	0	0	0	42,2	-42,2
Magnesio (% Mgo)	0,34	0,8	0,46	0,33	0,13
Potasio (% K2 O)	0,36	0,3	-0,06	2,36	-2,42
Sodio (%Na)	0,12	1	0,88	0,28	0,6

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la Tabla No. 16 y de acuerdo a los requerimientos nutricionales indicados por Corrales (2002), para el Predio No 3 la materia orgánica y el magnesio se encuentran por debajo de los niveles requeridos; el Potasio y el Sodio se encuentra en un nivel adecuado mientras que los niveles de Fosforo y Calcio se encuentran por encima de los requerimientos. El pH presenta un rango adecuado para la interacción suelo, planta, nutriente. No se requiere la aplicación de enmiendas como la cal dolomítica para mantener un adecuado nivel de Calcio y Magnesio. El contenido de materia orgánica debe aumentarse para favorecer mayor acumulación de humedad y evitar el resecamiento del suelo por el tipo de textura presente.

Por otra parte, realizando una comparación entre las condiciones fisicoquímicas del abono orgánico generado y el análisis de suelo del Predio No 3 (Tabla No. 19) se concluye que con el objetivo de equilibrar el balance nutricional para el beneficio de la planta se debe aplicar dos Kilogramos del abono compostado por planta.

Tabla 20. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 4

Elementos	Predio 4	Requerimientos Del Cultivo De Cítricos	Carencia De Nutrientes	Contenido Nutricional Del Abono Compostado	Requerimiento Del Suelo
Nitrógeno (%N)	3,69	4	0,31	1,44	-1,13
Fosforo (%)	4,07	8	3,93	1,05	2,88
Calcio (%) CaO)	2,1	3	0,9	6,12	-5,22
Cobre (mg Cu/Kg)	0	0	0	42,2	-42,2
Magnesio (%) MgO)	0,38	0,8	0,42	0,33	0,09
Potasio (%) K ₂ O)	0,33	0,3	-0,03	2,36	-2,39
Sodio (%Na)	0,19	1	0,81	0,28	0,53

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla No. 16 y teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales indicados por Corrales (2002), para el Predio No 4 la textura de la muestra presenta un suelo con dificultad para mantener adecuadamente reservas de humedad (franco arcilloso) a su vez dificulta la asimilación adecuada de nutrientes por el pH ácido de 4.54. La corrección de este suelo se debe realizar utilizando cal dolomítica del suelo. Incorporar materia orgánica favorecerá mayor retención de humedad. El Fosforo, el Calcio y el Magnesio se encuentran por debajo de los niveles requeridos; el Potasio y el Sodio se encuentra en un nivel adecuado, su mayor eficiencia se logrará al momento de corregir adecuadamente el pH. Realizando una comparación entre las condiciones fisicoquímicas del abono orgánico generado y el análisis de suelo del Predio No 4 (Tabla N. 20) se concluye que con el objetivo de equilibrar el balance nutricional para el beneficio de la planta se debe aplicar dos Kilogramos del abono compostado por planta.

Tabla 21. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 5

Elementos	Predio 5	Requerimientos Del Cultivo De Cítricos	Carencia De Nutrientes	Contenido Nutricional Del Abono Compostado	Requerimiento Del Suelo
Nitrógeno (%N)	5,49	4	-1,49	1,44	-2,93
Fosforo (%)	0,23	8	7,77	1,05	6,72
Calcio (% CaO)	1,25	3	1,75	6,12	-4,37
Cobre (mg Cu/Kg)	0	0	0	42,2	-42,2
Magnesio (% MgO)	0,24	0,8	0,56	0,33	0,23
Potasio (% K ₂ O)	0,23	0,3	0,07	2,36	-2,29
Sodio (%Na)	0,25	1	0,75	0,28	0,47

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla No. 16 y teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales indicados por Corrales (2002), para el Predio No 5 el Fosforo, el Potasio, el Calcio y el Magnesio se encuentran por debajo de los niveles requeridos. Bajo la misma premisa, la materia orgánica y el Sodio se encuentran en un nivel adecuado. La acidez moderada de este suelo se puede corregir mediante el uso de cal dolomítica que a su vez aumentará los niveles de calcio y magnesio, mejorando el desarrollo de cultivos y la toma de nutrientes para la planta. Lo anterior permite determinar que es importante la aplicación de un correctivo para regular el pH. Realizando una comparación entre las condiciones físicoquímicas del abono orgánico generado y el análisis de suelo (Tabla N. 21) se concluye que con el objetivo de equilibrar el balance nutricional para el beneficio de la planta se debe aplicar tres Kilogramo del abono compostado por planta.

Tabla 22. Comparación del Abono orgánico Vs análisis de suelo predio 6

Elementos	Predio 6	Requerimientos Del Cultivo De Cítricos	Carencia De Nutrientes	Contenido Nutricional Del Abono Compostado	Requerimiento Del Suelo
Nitrógeno (%N)	2,57	4	1,43	1,44	-0,01
Fosforo (%)	17,2	8	-9,2	1,05	-10,25
Calcio (%) CaO)	1,31	3	1,69	6,12	-4,43
Cobre (mg Cu/Kg)	0	0	0	42,2	-42,2
Magnesio (%) MgO)	1,31	0,8	-0,51	0,33	-0,84
Potasio (% K2 O)	1,14	0,3	-0,84	2,36	-3,2
Sodio (%Na)	0,16	1	0,84	0,28	0,56

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla No. 16 y de teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales indicados por Corrales (2002), para el Predio No 6 la materia orgánica se encuentra por debajo de los niveles requeridos, mientras el Fosforo, el Potasio, el Calcio y el Magnesio se encuentra por encima de los niveles adecuados, finalmente el Sodio presenta un nivel adecuado. El pH de 6,08 permite determinar que se debe disminuir la aplicación de enmiendas debido al riesgo de alcalinizar el suelo y afectar la asimilación de los nutrientes. Realizando una comparación entre las condiciones físicoquímicas del abono orgánico generado y el análisis de suelo (Tabla No. 22) se puede apreciar que con el objetivo de equilibrar el balance nutricional para el beneficio de la planta se debe aplicar dos Kilogramos del abono compostado por planta.

4.4. Recolección de información sobre la variable cantidad de fruto

Se realizó la toma de muestra para los 594 árboles frente a la variable Peso total de fruto dando como resultado la información plasmada en la Tabla No. 23.

Tabla 23. Peso total de fruto experimental Vs peso total de fruto testigo (Control)

predio	Agricultor	Peso total de fruto Kg/Árbol-Experimental	Peso total de fruto Kg/Árbol-control
1	Jacobo Villar	58,81	54,81
2	Ciro Alfonso Gómez	59,30	53,30
3	Ramiro Castellanos	60,65	55,65
4	Salomón Jiménez	58,57	55,07
5	Anselmo Ruiz Villar	61,07	57,17
6	Roberto Muñoz	58,36	54,36

Fuente: Elaboración propia

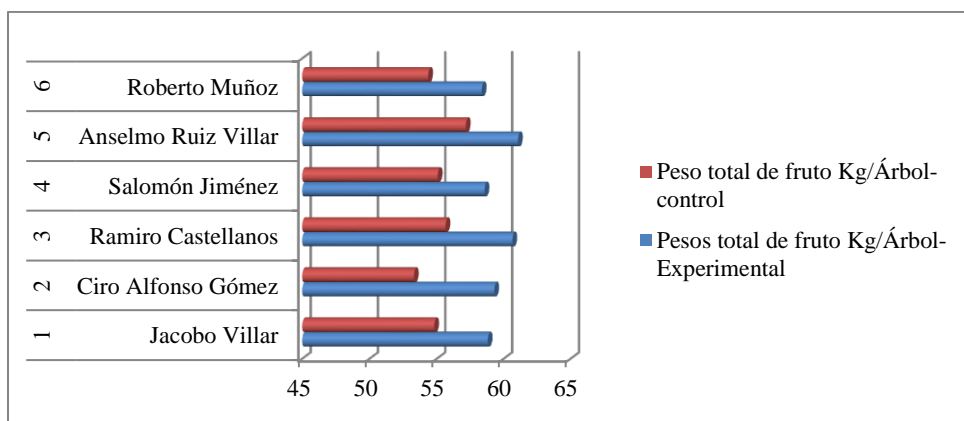


Figura 5. Peso total de futo experimental Vs Testigo

En la Tabla No. 24 se puede evidenciar que para los seis predios aumento la producción durante el año teniendo el mejor comportamiento el Predio No 2, donde su incremento fue del 10%, esto significa que la producción por hectárea pasó de 21.320 kg a 23.720 kg.

Por otra parte, los resultados mostrados en la Tabla No. 23 se evidencia que la menor producción se dio en los Predios. No.5 y 4, donde el porcentaje de aumento de producción, fue del 6%, sin embargo la producción por hectárea aumento, en el Predio No. 5 paso de 22.868 kg a 24.404, y en el Predio No. 4 paso de 22.030 kg a 23.428.

A nivel general al evaluar las parcelas donde se realizó la aplicación del abono compostado hubo resultados significativos, así lo demuestra la prueba hipótesis realizada y presentada en esta investigación. Según los datos de la Tabla No. 24 la producción aumento entre el 6% y el 10% por árbol, lo que nos indica que realizar aplicaciones de abono orgánico si es positivo, para el desarrollo de los huertos. De igual forma Ortiz (2010), en su investigación afirmo que la aplicación del abono orgánico té de humus de lombriz aportó una serie de nutrientes esenciales para un óptimo rendimiento del cultivo de fríjol, esto coincide, con el peso obtenido en la variable peso seco final de semillas colectadas, donde se evidenció una diferencia 3 veces mayor en el peso obtenido por las plantas a las que se les aplicó el tratamiento té de humus de lombriz , respecto a las plantas que estuvieron en condiciones típicas de cultivo.

Así mismo, Cantarero y Martínez (2002) demostraron que los fertilizantes orgánicos superan a los minerales en el contenido nutricional, lo cual afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Es de recalcar que los huertos que se están manejando, son plantaciones donde no se dispone de sistemas de riego y el nivel de lluvias de esta zonas fue muy atípico, viéndose enfrentado a un fenómeno del niño que inicio en el mes de diciembre del año 2014 y su período más fuerte se dio en el primer tercio del año 2016.

Tabla 24. *Porcentaje de producción por árbol*

Predio	Agricultor	Cantidad Promedio De Kg/Árbol-Experimental	Cantidad Promedio De Kg/Árbol-Testigo	Aumento De Producción	Porcentaje De Aumento De Producción
2	Ciro Alfonso Gómez	59,30	53,30	6	10%
3	Ramiro Castellanos	60,65	55,65	5	8%
6	Roberto Muñoz	58,36	54,36	4	7%
1	Jacobo Villar	58,81	54,81	4	7%
5	Anselmo Ruiz Villar	61,07	57,17	3,9	6%
4	Salomón Jiménez	58,57	55,07	3,5	6%

Fuente: Elaboración propia

4.5. Recolección de información sobre la variable diámetro de la copa

En el diámetro de la copa se pudo evidenciar que hay un mayor crecimiento en el Predio No. 2, donde la copa paso de un diámetro de 128,64 centímetros a 175,64 centímetros con un porcentaje de aumento del 27%, observando unos árboles de un mayor desarrollo (ver Tabla No. 25).

De igual forma, los niveles más bajos de crecimiento de los diámetros de copa se obtuvieron en el Predio No. 1 y 5 donde se obtuvo un crecimiento con la aplicación del abono compostado del 19%, siendo el valor más bajo, es un crecimiento bueno dentro del estudio.

Al visualizar los datos de los diferentes predios y compararlos con los testigos, se encontró que la aplicación del abono permitió en general un aumento de los diámetros de copa, teniendo un rango de crecimiento que va del 19% al 27% (ver Tabla No. 25), esto concuerda con los resultados obtenidos por Valverde et al. (2011) donde afirma que el uso de abonos orgánicos aporta gradualmente los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas reponiendo la extracción por las cosechas; lo que no sucede con los fertilizantes minerales que aceleran el agotamiento de aquellos nutrientes que no son aplicados al suelo.

Los resultados anteriormente descritos también coinciden con los presentados por Demolon (1975), quien demostró que a mayores cantidades de nitrógeno aumenta el área foliar.

Tabla 25. *Diámetro de la copa*

Predio	Agricultor	Diámetro De La Copa (m)	Diámetro De La Copa (m) Testigo	Aumento Del Diámetro De La Copa	Porcentaje De Aumento Del Diámetro De La Copa
2	CIRO ALFONSO GOMEZ	175,64	128,64	47	27%
4	SALOMON JIMENEZ	301,67	239,67	62	21%
6	ROBERTO MUÑOZ	254,32	202,32	52	20%
3	RAMIRO CASTELLANOS	300,97	239,97	61	20%
1	JACOBO VILLAR	289,84	234,84	55	19%
5	ANSELMO RUIZ VILLAR	350	284	66	19%

Fuente: Elaboración propia

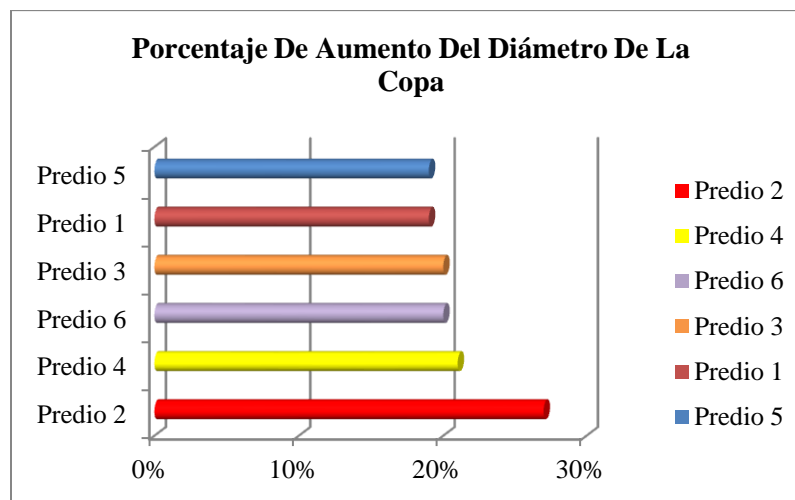


Figura 6. Porcentaje de aumento del diámetro de la copa de los arboles

Finalmente y de acuerdo a la Figura No. 6 se puede evidenciar que para los seis predios aumento el diámetro de la copa y teniendo en cuenta los resultados de las pruebas efectuadas se puede determinar que el abono orgánico aplicado mejoro las condiciones de follaje (crecimiento de ramas) de las plantas de Mandarina Arrayana, bajo las condiciones expuestas.

4.6. Resultados estadístico de la información

El primer análisis estadístico que se realizó a la información fue el cálculo de los principales estadísticos descriptivos para una variable como son la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, en la Tabla No. 26 se muestran los resultados.

Tabla 26. Estadísticos de muestras relacionadas

"E" experimental "C" control		Media	Desviación típica	Coeficiente de Variación (%)
Grupo 1	PESO1E	58,82	3,471	5,9
	PESO1C	54,82	4,343	7,9
	DIAMETRO1E	289,85	40,377	13,9
	DIAMETRO1C	234,85	41,604	17,7
Grupo 2	PESO2E	58,36	3,376	5,8
	PESO2C	53,30	4,232	7,9
	DIAMETRO2E	175,65	34,848	19,8
	DIAMETRO2C	128,65	29,474	22,9
Grupo 3	PESO3E	60,66	3,931	6,5
	PESO3C	55,66	4,647	8,3
	DIAMETRO3E	300,98	40,746	13,5
	DIAMETRO3C	219,78	28,936	13,2
Grupo 4	PESO4E	58,58	3,670	6,3
	PESO4C	55,07	4,143	7,5
	DIAMETRO4E	301,68	130,813	43,4
	DIAMETRO4C	239,68	117,563	49,1
Grupo 5	PESO5E	61,07	4,109	6,7
	PESO5C	57,17	5,105	8,9
	DIAMETRO5E	350,00	57,420	16,4
	DIAMETRO5C	284,00	50,141	17,7
Grupo 6	PESO6E	59,30	3,590	6,1
	PESO6C	54,36	3,376	6,2
	DIAMETRO6E	254,32	47,379	18,6
	DIAMETRO6C	202,32	45,008	22,2

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de la Tabla No. 26 se infiere:

En cuanto a la tendencia de los datos, para las dos variables analizadas en los seis grupos, se puede apreciar medias experimentales superiores a la de su respectivo grupo de control. Esto permite intuir que efectivamente la aplicación del abono mejora el peso total de frutos por árbol y el diámetro de la copa de cada árbol.

En cuanto a la variabilidad de los datos se puede observar que las desviaciones estándar se encuentran dentro del porcentaje de variabilidad admitido respecto a las medias muestrales, considerando que los coeficientes de variación son menores al 33% lo que indica muestras homogéneas que mejoran la estabilidad del experimento.

Como complemento a lo anterior, se aplicó la prueba K-S con el fin de verificar la normalidad de los datos obtenidos como requisito para la aplicación de pruebas paramétricas. Los resultados se observan en las Tablas No. 27 y 28, donde “E” es el grupo experimental y “C” grupo de control.

Tabla 27. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (Grupo 1-6) peso fruto

		E1	C1	E2	C2	E3	C3	E4	C4	E5	C5	E6	C6
Parámetros normales ^{a,b}	Media	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
	Desviación típica	58,82	54,82	58,36	53,3	60,66	55,66	58,58	55,07	61,07	57,17	59,3	54,36
Diferencias más extremas	Absoluta	3,471	4,343	3,376	4,232	3,931	4,647	3,67	4,143	4,109	5,105	3,59	3,376
	Positiva	0,169	0,191	0,154	0,142	0,159	0,198	0,168	0,226	0,129	0,177	0,137	0,154
	Negativa	0,127	0,191	0,154	0,142	0,117	0,198	0,168	0,149	0,129	0,177	0,137	0,154
Z de Kolmogorov-Smirnov		-0,169	-0,097	-0,134	-0,138	-0,159	-0,132	-0,085	-0,226	-0,125	-0,096	-0,096	-0,134
		1,678	1,898	1,528	1,415	1,582	1,968	1,675	2,252	1,284	1,757	1,365	1,528
Sig. asintót. (bilateral)		0,007	0,001	0,019	0,037	0,013	0,001	0,007	0	0,074	0,004	0,048	0,019

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (Grupo 1-6) diámetro de la copa

		E1	C1	E2	C2	E3	C3	E4	C4	E5	C5	E6	C6
Parámetros normales ^{a,b}	Media	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
	Desviación típica	289,85	234,85	175,65	128,65	297,98	219,78	301,68	239,68	350	284	254,32	202,32
Diferencias más extremas	Absoluta	40,377	41,604	34,848	29,474	36,507	28,936	130,81	117,56	57,42	50,141	47,379	45,008
	Positiva	0,078	0,071	0,12	0,128	0,138	0,127	0,202	0,176	0,101	0,059	0,122	0,085
	Negativa	0,044	0,055	0,12	0,128	0,124	0,127	0,202	0,176	0,101	0,043	0,122	0,085
Z de Kolmogorov-Smirnov		-0,078	-0,071	-0,094	-0,095	-0,138	-0,119	-0,133	-0,128	-0,07	-0,059	-0,115	-0,053
		0,775	0,703	1,192	1,272	1,374	1,26	2,012	1,75	1,003	0,585	1,216	0,842
Sig. asintót. (bilateral)		0,584	0,706	0,117	0,079	0,046	0,084	0,001	0,004	0,267	0,884	0,104	0,478

Fuente: Elaboración propia

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Analizando los resultados obtenidos en la prueba KS como prueba de bondad de ajuste, se puede establecer que algunos conjuntos de variables cumplen el requisito de normalidad. Por lo anterior se pueden aplicar pruebas paramétricas al diámetro tanto en el grupo de control como en el experimental en los Predios No. 1, 2, 3, 5, 6.

Así mismo, el grupo de variables que no cumplen con el requisito de normalidad son el peso en el grupo de control y experimental en todas los predios y el diámetro en el Predio No. 4.

Lo anterior, teniendo en cuenta que para valores (Sig. asintótica. bilateral) inferiores a 0,05 se debe rechazar la hipótesis de normalidad de los datos.

Así, las cosas para el conjunto de datos que cumplen la condición de normalidad se aplica una prueba t-student para, validar la hipótesis de la diferencia entre las medias muestrales de muestras independientes.

Por su parte para el conjunto de datos que no cumplen con la condición de normalidad se aplica una prueba no paramétrica. Dentro de las pruebas no-paramétricas, la mejor alternativa equivalente a la prueba paramétrica "t" es la Prueba "U" de Mann-Whitney.

4.6.1.1. Prueba de hipótesis para las variables bajo estudio

4.6.1.1.1. Prueba "U" de Mann-Whitney para datos que no corresponden a distribuciones normales

Basado en el análisis estadístico de las variables, se realizó una prueba de hipótesis no paramétrica utilizando la prueba "U" de Mann-Whitney con un nivel de significancia de 5% (0,05), aplicándola al caso de investigación de comparación de medias para muestras independientes, con el fin de probar la hipótesis de que las diferencias obtenidas son significativas; para éste análisis se utilizó el software profesional SPSS-versión 22, los resultados se pueden observar en la Tabla No. 29 y 30.

Los datos se organizaron por variable y por predio, teniendo como factor de agrupación la condición de grupo experimental (n_1) y grupo de control (n_2).

Así mismo, se plantean las hipótesis:

H_0 =No existe diferencia significativa entre las medias obtenidas para el peso de fruto producido por arboles con aplicación de abono orgánico de los sin abono orgánico.

H_1 =Existe diferencia significativa entre las medias obtenidas para las variables entre los grupos de control y experimental.

Tabla 29. Prueba "U" de Mann-Whitney para diferencia de medias con un nivel de significancia del 5%

		Rangos		
	Grupo	N	Rango Promedio	Suma De Rangos
PESO1	Experimental	99	126,46	12520,00
	Control	99	72,54	7181,00
	Total	198		
DIAMETRO1	Experimental	99	131,60	13028,50
	Control	99	67,40	6672,50
	Total	198		
PESO2	Experimental	99	130,58	12927,00
	Control	99	68,42	6774,00
	Total	198		
DIAMETRO2	Experimental	99	134,56	13321,00
	Control	99	64,44	6380,00
	Total	198		
PESO3	Experimental	99	127,69	12641,50
	Control	99	71,31	7059,50
	Total	198		
DIAMETRO3	Experimental	99	145,96	14450,00
	Control	99	53,04	5251,00
	Total	198		
PESO4	Experimental	99	122,35	12113,00
	Control	99	76,65	7588,00
	Total	198		
DIAMETRO4	Experimental	99	116,31	11514,50
	Control	99	82,69	8186,50
	Total	198		
PESO5	Experimental	99	120,15	11894,50
	Control	99	78,85	7806,50
	Total	198		
DIAMETRO5	Experimental	99	130,48	12917,50
	Control	99	68,52	6783,50
	Total	198		
PESO6	Experimental	99	131,54	13022,00
	Control	99	67,46	6679,00
	Total	198		
DIAMETRO6	Experimental	99	128,91	12762,50
	Control	99	70,09	6938,50
	Total	198		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Estadísticos de contraste

	PESO1	DIAMETRO1	PESO2	DIAMETRO2	PESO3	DIAMETRO3
U de Mann-Whitney	2231,000	1722,500	1824,000	1430,000	2109,500	301,000
W de Wilcoxon	7181,000	6672,500	6774,000	6380,000	7059,500	5251,000
Z	-6,650	-7,883	-7,671	-8,616	-6,949	-11,439
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	PESO4	DIAMETRO4	PESO5	DIAMETRO5	PESO6	DIAMETRO6
U de Mann-Whitney	2638,000	3236,500	2856,500	1833,500	1729,000	1988,500
W de Wilcoxon	7588,000	8186,500	7806,500	6783,500	6679,000	6938,500
Z	-5,644	-4,129	-5,092	-7,609	-7,896	-7,230
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Fuente: Elaboración propia

De los anteriores resultados se puede afirmar que:

Para probar la hipótesis se hace la aproximación de la distribución “U” a la “z” obteniendo valores muy inferiores al valor estimado de “z” para una prueba bilateral con nivel de significancia de 0,05 (1,96)

Esto significa que los valores de “z” calculados quedan ubicados en la zona de rechazo de la gráfica e indican que se rechaza la hipótesis nula, aceptando que si existe diferencia significativa entre las medias muestrales obtenidas para las variables “peso” y “diámetro” entre el grupo experimental y el grupo de control.

Lo anterior se verifica al revisar que el valor de p-value para todas las pruebas da igual a 0,000 lo que indica, dentro del proceso estadístico, que se rechaza H_0 .

Rechazar H_0 en el contexto de la investigación implica que si hay diferencia significativa entre las medias muestrales de los grupos experimentales y de control para la variable peso en todas los predios muestreadas y para la variable diámetro en el Predio No. 4 ocasionado por la aplicación del abono al grupo experimental.

4.6.1.1.2. Prueba t-student para datos que corresponden a distribuciones normales

Para el caso de las variables que cumplen con la condición de normalidad, se realizó una prueba de hipótesis utilizando la distribución t-student con un nivel de confianza del 95% para comparación de medias y probar la hipótesis de que las diferencias obtenidas son significativas; para éste análisis se utilizó el software profesional SPSS-versión 22 (ver Tabla No. 31).

Tabla 31. Resultado prueba T student

"E" experimental "C" control		Diferencias relacionadas					t	Gl	p-value
		Media de las diferencias	Desviación típ.	Error típ. de la media	Intervalo de confianza para la diferencia de medias				
					Inferior	Superior			
Grupo 1	DIAMETRO1E - DIAMETRO1C	55,000	49,566	4,982	45,114	64,886	11,041	98	0,000
Grupo 2	DIAMETRO2E - DIAMETRO2C	47,000	42,497	4,271	38,524	55,476	11,004	98	0,000
Grupo 3	DIAMETRO3E - DIAMETRO3C	81,202	49,087	4,933	71,412	90,992	16,460	98	0,000
Grupo 5	DIAMETRO5E - DIAMETRO5C	66,000	65,827	6,616	52,871	79,129	9,976	98	0,000
Grupo 6	DIAMETRO6E - DIAMETRO6C	52,000	37,609	3,780	44,499	59,501	13,757	98	0,000

Fuente: Elaboración propia

De los anteriores resultados se puede afirmar que:

Los valores del parámetro “t” para la diferencia de medias de las dos variables en todas las muestras dieron muy superiores a 1.96 (valor crítico aproximado de “t” para un nivel del confianza del 95% y 196 grados de libertad, prueba bilateral).

Esto significa que los valores de “t” calculados quedan ubicados en la zona de rechazo de la gráfica, así mismo, el valor de p-value para todas las pruebas da igual a 0,000 lo cual lleva a tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula, aceptando que si existe diferencia significativa entre las medias.

Por otra parte, el hecho de que los valores de “t” sean positivos, indican que la media de la muestra 1, que para el caso corresponde a los grupos experimentales, son mayores que los de la muestra 2, que corresponden a los grupos de control.

5. CONCLUSIONES

La caracterización realizada a la plaza de mercado del Municipio de San Gil generó 25.875 kilogramos de residuos orgánicos (vegetales) de lunes a viernes fue el 70% son frutas y hortalizas, el 25% tuberculos y el 5% cereales.

El abono producido con los desechos orgánicos vegetales de la plaza de mercado del Municipio de San Gil mejoro la producción (Kilogramo/hectárea) del cultivo de mandarina arrayana en los grupos experimentales en comparación con los grupos de control.

El abono producido con los desechos orgánicos vegetales de la plaza de mercado del Municipio de San Gil aumento el diámetro de las copas de los árboles del cultivo de mandarina arrayana en los grupos experimentales en comparación con los grupos de control.

Las pruebas efectuadas (U^* de Mann-Whitney y t-student) con un nivel de significancia del 5%, concluyeron que la diferencia de medias en los datos es significativa (grupo control vs el grupo experimental), rechazando la hipótesis nula de que las medias son iguales; de igual forma los resultados permiten observar que el grupo experimental obtuvo mejores resultados que el grupo de control concluyendo que el abono orgánico producido a partir de residuos vegetales provenientes de la Plaza de Mercado del Municipio de San Gil si mejora los resultados.

6. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones de este proyecto se recomienda el uso de abonos orgánicos para los cultivos de cítricos, estos mejoran las condiciones de los suelos, permitiendo el desarrollo de microfauna benéfica que trabaja en función positiva para la planta.

El proyecto desarrollado en este documento puede ser una alternativa económica para el agricultor, pues el uso de abono compostado resultado del manejo de residuos orgánicos podría ser utilizado y bajar costos de producción.

Una vez concluido que el abono orgánico incide de forma positiva la producción por árbol, es importante definir si este mismo influye en la calidad de la fruta (Jugo de Mandarina arrayana).

Realizar estudios de comparación del uso de este tipo de abono orgánico vs fertilizante químico frente a la producción y la evaluación económico de rentabilidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ararat, M. (2006). Efecto de la aplicación de residuos agroindustriales (sust – prot) en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la producción de maíz (*Zea mays*). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.
- Arroyave, S., Vahos, M. (1999). Evaluación del proceso de compostaje producido en un tanque bio reactor piloto por medio de bio-aumentación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Blandón G, Rodríguez N, Dávila M. (1998). Caracterización microbiológica y físico-química de los subproductos del beneficio del café en proceso de compostaje. *Revista Cenicafé* 3: p.169-185.
- Bohórquez, A., Puentes, Y., y Menjivar, J. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*. 15(1). p 73-81.
- Bonilla. (n.d). Boletín técnico N. 10. Cultivo de cítricos. Fundación de desarrollo agropecuario. 20 de abril de 2014. Sitio web: <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/citricos.pdf>
- Calero. (2014). Evaluación, Seguimiento y Control Al Plan De Manejo Integral De Residuos Sólidos-PMIRS Del Grupo Éxito, En Los Almacenes Carulla En La Ciudad De Cali – Valle Del Cauca, Colombia. Marzo De 2014, De Universidad Autónoma De Occidente Facultad De Ciencias Básicas Departamento De Ciencias Ambientales Programa De Administración Ambiental. 16 de Junio de 2016. Sitio web: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/7027/1/T05110.pdf>
- Cantanhede, A., y Monge, G. (1999). Proyecto de investigación compostificación de residuos de mercado en Lima Peru. Conferencia Internacional sobre tratamiento biológico de los residuos y el ambiente-ORBIT 99. 16 de Junio de 2016. Sitio web: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/proyecto.pdf>
- Cantarero, R., Martínez, O., (2002). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Variedad NB-6. Trabajo de diploma. Universidad nacional agraria. Managua Nicaragua.
- Cereijo, D., Ferro, J., Villar, I., Rodríguez, A., Domínguez, M., Mato, S., Patiño, J. (2007). Estudio comparativo sobre la aptitud para el compostaje de la fracción orgánica de RSU separada en origen y la recuperada por separación mecánica a

partir de la fracción inerte.Compostaje. 16 de Junio de 2016. Sitio web:
<http://smato.webs.uvigo.es/pubs/427.pdf>

Corrales A. (2002). Manual ilustrado para la producción de cítricos en Colombia. Asocítricos, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social. Convenio MADRASocítricos. p.167.

Daza, M., Oviedo, E., Marmolejo, L., y Torres, P. (2015), Selección de sistemas agroambientales con potencial uso de compost de biorresiduos municipales. V.64. p.134-145

Demolon, A., (1975). Crecimiento de los vegetales cultivados. Edicion Revolucionaria. Habana-Cuba. p.199

Diaz, L., Savage, G., y Eggerth, L. (2007). The management of solid wastes in economically developing countries - major needs. En: International Waste Management and Landfill Simposyum. argherita di Paula (ed.). Cagliari (Italia).

Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José costa rica.

Estrada, P. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista Lasallista de Investigación 2(1): p.43-48.

Fundación Hogares Juveniles Campesinos (FHJC). (2004). Manual de agricultura alternativa; Principios. Colección Cuidando la creación. Ediciones San Pablo. Santafé de Bogotá D.C. p.96.

Fundación semilla Nueva. (n.d).SAVIAAcelerador de la descomposición de la materia orgánicaRecuperador y activador de suelos.20 de abril de 2014.Sitio web:
https://rds.org.co/documentos/fichas_tecnicas_productos_semilla_nueva

Gómez, A., Tovar, X. (2008). Elaboración de un abono orgánico fermentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosa) y su caracterización para uso en la producción de albahaca (*Ocimumbasilicum* L.).

Instituto Colombiano Agropecuario – ICA (2013). El ICA incentiva en los agricultores la producción ecológica. 16 de Junio de 2016. Sitio web:
<http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013/El-ICA-incentiva-en-los-agricultores-la-produccion.aspx>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (n.d). Capítulo 1.citricos. de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 20 de abril de 2014. Sitio web:
<http://inta.gov.ar/documentos/manual-para-productores-de-naranja-y->

mandarina-de-la-region-del-rio-
uruguay/at_multi_download/file/INTA_manual%20citricultura%20cap1.pdf

Jaramillo, G., y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Orgánicos En Colombia. Tesis de especialización. Universidad de Antioquia. Medellín.

Levis, J., Barlaz, M., Themelis, N., y Ulloa, P. (2010). Assessment of the state of food waste treatment in the United States and Canada. *WasteManag.* 30(8-9): p.1486–1494.

Maye, S. y Padron, J. (1992). Producción de compost a partir de la inoculación con microorganismos. Cuba: Ministerio de agricultura CIDA. p.233

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2013). Política Nacional Para La Gestión Integral Ambiental Del Suelo (GIAS). 16 de Junio de 2016. Sitio web: https://www.minambiente.gov.co/images/Atencion_y_participacion_al_ciudadano/Consulta_Publica/Politica-de-gestion-integral-del-suelo.pdf

Montaño, J. (2000). Respuesta de tres abonos orgánicos en cultivos de rábano (*Raphanussativus* L) y Lechuga (*Latuca sativa* L.), Tesis de pregrado Universidad Nacional De Colombia, Palmira.

Mosquera, B., Escandón, S., y Coral, P. (2010). Abonos orgánicos, protegen y garantizan alimentación sana. . de Fondo para la protección del agua –FONAG. 3 de abril de 2014. Sitio web: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf

Municipio de San Gil. (2003). Diagnóstico. Plan básico de ordenamiento territorial. p. 135-139. San Gil, Santander.

Municipio de San Gil. (2012). Caracterización General De San Gil. Plan de desarrollo Por El San Gil Que Merecemos.p.21-41. San Gil, Santander

Municipio de San Gil. (2015). Resultados de la caracterización. Plan de gestión integral de residuos sólidos. p.137-143. San Gil, Santander: Alicon.

Negro, M. (2000). Producción y gestión del compost. Zaragoza: centro de técnicas agrarias. P. 2-28.

Oades, J. (1984). Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implication for management. *Plant and Soil* 76: p.319-337.

Organización de las Naciones Unidas ONU. (2015). El estado de los recursos de suelos en el mundo. 16 de Junio de 2016. Sitio web: <http://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>

- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura FAO (2015). Compostaje: vamos a devolver algo al suelo. 16 de Junio de 2016. Sitio web: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/281085/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Oficina Regional para América Latina y el Caribe (2013). Manual de Compostaje del agricultor- Experiencias en América Latina. Santiago de Chile, Chile.
- Ortiz, A. (2010). Evaluación del efecto de tres fertilizantes orgánicos a tres dosis diferentes sobre la tasa de crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*) l. var. cerinza, en condiciones de agricultura urbana. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo. Universidad Javeriana. Bogotá.
- Palacio, L., Chacín, J., Mera, A., y Castillo, A. (n.d). Manejo de residuos sólidos domiciliarios en un sector vulnerable del Distrito de Santa Marta, Magdalena (Colombia). de Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. 29 de Octubre de 2015 Sitio web: [http://www.redisa.uji.es/artSim2011/GestionYPoliticaAmbiental/Manejo%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20domiciliarios%20en%20un%20sector%20vulnerable%20del%20Distrito%20de%20Santa%20Marta,%20Magdalena%20\(Colombia\).pdf](http://www.redisa.uji.es/artSim2011/GestionYPoliticaAmbiental/Manejo%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20domiciliarios%20en%20un%20sector%20vulnerable%20del%20Distrito%20de%20Santa%20Marta,%20Magdalena%20(Colombia).pdf)
- Perfetti, J., Balcázar, A., Hernández, A., y Leibovich, J. (2013), Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. 16 de Junio de 2016. Sitio web: http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2012/08/Pol%C3%ADticas-para-el-desarrollo-de-la-agricultura-en-Colombia-Libro-SAC_Web.pdf
- Restrepo, J., Angel, D., y Prager, M. (2000). Actualización Profesional en Manejo de Recursos Naturales, Agricultura Sostenible y Pobreza Rural Agroecología. Universidad Nacional de Colombia. p. 1 – 84.
- Reuther (1988). Respuesta de los cítricos a los factores de clima. Fruticultura Tropical. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Rivera. (2009). Propuesta De Un Programa Para El Manejo De Los Residuos Sólidos En La Plaza De Mercado De Cerete – Cordoba. De Universidad Pontificia Javeriana. 1 mayo de 2014. Sitio web: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>
- Sachs. (2013). La Era del Desarrollo Sostenible. 3 de abril de 2014. Sitio web: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13341710>.
- Santos. (2010). Abonos orgánicos. 3 de abril de 2014, de Subsecretaria de desarrollo rural. Sagarpa Sitio web: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>

- Skinner, J. H. (2000). Worldwide MSW Market Reaches \$100 Billion: A Report from the ISWA World Congress 2000. Swana CEO Report. Swana Ne
- Slater, R., y Frederickson, J. (2001). Composting municipal waste in the UK. Some lessons from Europe. *Resour. Conserv. Rec.* 32(3-4):359-374.
- Trinidad, A. (1987). El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. Serie cuadernos de edafología 10. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex.
- Trinidad, A. (n.d). Abonos orgánicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 16 de Junio de 2016. Sitio web: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>
- Vanegas, P, y Herrera, M. (2010). Factibilidad Para La Creación De Una Empresa Productora De Abono Orgánico A Partir Del Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Urbanos En El Municipio De San Alberto Cesar. 29 De Octubre De 2015, De Universidad Industrial De Santander Sitio web: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/11322/2/133390.pdf>
- Valverde, F., Alvarado, S., Torres, C., Quishpe, J., y Parra, R., (2011). Los abonos orgánicos en la productividad de papa (*Solanum tuberosum* L.). IV Congreso Ecuatoriano de la papa, Guaranda, 28 - 30 de junio del 2011. Quito (Ecuador): Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- World Bank. (2012). WHAT A WASTE A Global Review of Solid Waste Management. 3 de abril de 2014. Sitio web: http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/36387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Formato N. 1

Formato N.1 Clasificación De Residuos Solidos		
Lugar:		
Fecha	Residuos	Cantidad

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Formato N. 2

FORMATO N.2		
ANALISIS DE SUELO		
NOMBRE DEL POPIETARIO		
CEDULA	VEREDA	FINCA
ASNMI	PENDIENTE PLANO__ ONDULADO__	
ANALISIS COMPLETO	SI	NO
CULTIVO		
EDAD CULTIVO		
ESTADO DEL CULTIVO	BUENO _____	REGULAR _____
MALO _____		
APLICACIÓN DE ABONOS	SI _____ NO _____	CANTIDAD POR HECTAREA _____
APLICACIÓN CORRECTIVOS	SI _____ NO _____	CANTIDAD POR HECTAREA _____
APLICACIÓN DE FERTILIZANTES	SI _____ NO _____	CANTIDAD POR HECTAREA _____
TIPO DE FERTILIZANTE	SIMPLE _____	
COMPUESTO _____	FECHA _____	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Formato N. 3

Formato N. 3. Datos Del Agricultor				
Nombre	Cedula	Finca	Vereda	Celular

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Formato N. 4

FORMATO N. 4				
NOMBRE				
CEDULA				
FINCA				
VEREDA		CELULAR		
Aplicación	Fecha	Cantidad Por Árbol	No De Arboles	Observación
1				
2				
3				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Datos registrados del predio 1

PREDIO 1				
NOMBRE: JACOBO VILLAR				
CEDULA: 91066112				
FINCA: LA LAJA				
VEREDA: GUARIGUA ALTO				
ARBOL	CANTIDAD DE FRUTO	CANTIDAD DE FRUTO-TESTIGO	D1	DIAMETRO DE LA COPA (UN SOLO DIAMETRO ESCOGIDO) CM-TESTIGO
1	53	53	239	168
2	59	52	259	285
3	54	55	355	268
4	63	54	387	252
5	60	50	316	267
6	60	61	290	287
7	54	67	331	247
8	65	54	272	241
9	65	58	294	263
10	61	56	223	174
11	65	49	340	300
12	65	65	323	324
13	61	54	307	238
14	61	52	322	266
15	63	52	342	239
16	60	52	302	270
17	62	56	296	171
18	61	47	318	171
19	63	67	229	201
20	61	56	355	184
21	58	53	379	204
22	54	52	293	300
23	60	58	321	332
24	61	56	294	261
25	60	53	289	235
26	61	52	287	276
27	63	55	257	217
28	60	54	295	239
29	62	50	294	224
30	58	61	310	260



31	59	67	317	266
32	61	54	317	237
33	61	58	321	286
34	63	56	342	287
35	61	49	302	206
36	60	65	296	221
37	58	54	318	161
38	60	52	229	232
39	55	54	355	280
40	64	54	379	216
41	56	61	293	217
42	61	55	321	222
43	65	55	294	199
44	54	55	289	234
45	63	54	287	232
46	60	50	257	202
47	59	54	295	240
48	55	51	294	239
49	59	54	310	255
50	56	58	317	262
51	58	56	317	262
52	61	49	321	266
53	55	58	223	216
54	64	54	270	316
55	60	52	267	240
56	63	56	278	279
57	62	56	268	258
58	58	55	245	215
59	55	56	320	235
60	61	52	280	202
61	53	53	295	212
62	53	56	337	210
63	60	54	312	129
64	55	62	268	151
65	54	50	315	174
66	63	55	301	186
67	60	51	277	228
68	54	51	263	195
69	61	51	230	191
70	58	51	234	148
71	53	53	220	234

72	58	53	214	277
73	54	53	216	221
74	61	61	329	274
75	60	67	336	281
76	53	54	326	271
77	59	53	339	284
78	54	54	258	203
79	53	55	265	210
80	53	54	273	218
81	59	55	222	167
82	55	52	203	148
83	53	51	298	181
84	58	54	320	277
85	54	55	290	216
86	60	54	267	270
87	54	55	340	225
88	56	52	256	240
89	60	53	257	282
90	54	55	260	257
91	60	58	260	213
92	58	58	320	260
93	61	61	296	246
94	58	55	245	222
95	58	62	256	208
96	60	55	235	282
97	55	45	256	222
98	61	45	245	208
99	60	53	220	282

Anexo6. Datos registrados del predio 2

PREDIO 2				
NOMBRE: CIRO ALFONSO GOMEZ				
CEDULA: 91067617				
FINCA: CAMPO ALEGRE				
VEREDA: JARAL SAN PEDRO				
ARBOL	CANTIDAD DE FRUTO	CANTIDAD DE FRUTO-TESTIGO	D1	DIAMETRO DE LA COPA (UN SOLO DIAMETRO ESCOGIDO) CM-TESTIGO
1	53	51	179	98
2	62	52	197	110
3	55	55	157	80



4	53	54	163	140
5	59	50	143	112
6	54	51	187	116
7	54	55	199	100
8	63	51	147	104
9	61	55	191	120
10	60	53	193	110
11	58	45	163	84
12	55	54	147	110
13	63	55	151	108
14	62	55	167	104
15	58	54	143	130
16	59	52	131	118
17	53	53	157	100
18	53	55	155	104
19	62	55	243	140
20	55	56	245	132
21	59	56	247	150
22	55	57	187	110
23	54	59	127	116
24	65	60	147	140
25	65	45	143	140
26	55	50	147	140
27	55	51	187	120
28	61	55	147	140
29	60	51	175	144
30	62	55	167	150
31	58	53	217	140
32	59	59	167	128
33	62	54	175	80
34	61	45	167	120
35	63	45	227	140
36	61	54	143	112
37	58	52	187	100
38	58	53	227	144
39	55	45	187	100
40	64	55	187	100
41	56	55	159	100
42	61	59	233	140
43	65	53	235	100
44	54	55	143	136



45	63	54	239	130
46	60	55	171	124
47	58	56	127	80
48	62	50	247	200
49	53	51	181	134
50	59	55	171	124
51	54	44	163	116
52	63	55	187	140
53	60	53	217	170
54	54	59	187	140
55	62	54	143	128
56	58	55	167	120
57	59	55	96	170
58	58	54	154	120
59	61	52	175	128
60	54	53	167	120
61	54	43	167	140
62	63	56	207	160
63	60	57	167	120
64	60	59	154	150
65	58	54	143	160
66	55	61	96	180
67	60	60	187	140
68	54	58	187	140
69	55	62	154	112
70	60	53	96	186
71	58	59	235	188
72	62	54	237	190
73	53	63	154	192
74	59	55	176	194
75	54	59	176	196
76	63	55	228	198
77	59	40	220	200
78	54	53	154	140
79	62	51	167	80
80	58	51	197	100
81	59	50	207	100
82	58	49	227	100
83	55	50	154	140
84	58	54	187	100
85	59	58	175	128

86	59	50	176	100
87	59	51	176	100
88	63	55	167	120
89	55	51	154	128
90	53	55	96	138
91	59	53	154	152
92	54	50	207	100
93	61	54	176	144
94	60	55	176	146
95	58	54	143	100
96	60	55	176	110
97	58	44	244	120
98	59	47	187	110
99	54	47	127	80

Anexo 7. Datos registrados del predio 3

PREDIO 3				
NOMBRE: RAMIRO CASTELLANOS				
CEDULA: 91065565				
FINCA: LA ESTRELLA				
VEREDA: SAN JOSE				
ARBOL	CANTIDAD DE FRUTO	CANTIDAD DE FRUTO-TESTIGO	D1	DIAMETRO DE LA COPA (UN SOLO DIAMETRO ESCOGIDO) CM-TESTIGO
1	65	53	281	200
2	64	54	346	216
3	67	55	261	240
4	63	56	301	200
5	62	57	291	250
6	58	60	311	200
7	59	61	251	240
8	55	54	261	220
9	64	55	312	240
10	63	53	241	220
11	62	52	243	220
12	58	54	299	180
13	59	54	261	200
14	55	56	251	230
15	64	67	241	290
16	65	51	312	260



17	65	50	261	270
18	65	45	301	240
19	54	44	301	240
20	63	45	301	240
21	60	65	299	200
22	61	56	312	240
23	60	54	281	220
24	62	56	291	230
25	58	45	301	240
26	59	47	261	200
27	55	52	241	180
28	64	53	341	280
29	60	54	312	200
30	63	55	299	180
31	62	56	289	200
32	58	57	350	220
33	59	60	261	200
34	55	61	281	220
35	64	54	289	220
36	65	55	350	180
37	65	53	281	220
38	65	52	281	220
39	54	54	299	220
40	63	65	350	200
41	62	65	312	200
42	58	53	321	260
43	59	54	289	240
44	55	55	301	240
45	64	56	350	270
46	65	57	312	220
47	65	60	331	240
48	65	61	299	230
49	54	54	301	240
50	63	55	350	200
51	60	53	261	220
52	61	52	301	220
53	60	54	281	240
54	62	55	291	240
55	58	54	350	200
56	59	56	261	180
57	54	53	301	240



58	63	54	291	230
59	60	51	261	200
60	58	60	350	160
61	65	62	348	200
62	65	67	261	200
63	54	56	281	220
64	63	65	299	180
65	65	60	350	220
66	65	61	281	220
67	54	60	348	220
68	63	62	371	310
69	62	58	350	180
70	58	55	241	180
71	59	55	281	220
72	55	56	301	240
73	64	58	350	220
74	63	54	346	250
75	65	56	299	200
76	65	56	350	2230
77	68	56	261	220
78	53	54	281	220
79	64	53	346	200
80	62	56	281	260
81	55	51	281	260
82	53	53	281	220
83	59	58	350	200
84	54	56	346	220
85	63	67	241	240
86	60	51	350	300
87	58	55	299	160
88	62	45	281	220
89	58	56	346	180
90	59	56	350	200
91	54	65	301	240
92	65	56	291	230
93	54	59	311	250
94	63	55	251	190
95	62	55	350	180
96	65	56	502	200
97	54	55	241	180
98	63	54	243	182

99	65	55	246	180
----	----	----	-----	-----

Anexo 8. Datos registrados del predio 4

PREDIO 4				
NOMBRE: SALOMON JIMENEZ				
CEDULA: 2135789				
FINCA: LA ESPERANZA				
VEREDA: LOS POZOS				
ARBOL	CANTIDAD DE FRUTO	CANTIDAD DE FRUTO-TESTIGO	D1	DIAMETRO DE LA COPA (UN SOLO DIAMETRO ESCOGIDO) CM-TESTIGO
1	53	50	198	120
2	55	50	156	220
3	60	54	234	152
4	61	56	224	224
5	60	67	442	206
6	58	55	224	194
7	55	56	432	150
8	55	57	442	240
9	54	58	502	228
10	55	54	442	152
11	65	53	408	226
12	61	54	224	136
13	61	55	418	106
14	61	54	322	144
15	65	54	156	126
16	65	55	622	122
17	61	56	382	150
18	59	57	502	164
19	56	58	562	194
20	58	54	622	136
21	60	53	208	146
22	61	52	224	172
23	55	56	362	300
24	58	45	442	380
25	59	56	322	260
26	55	44	432	370
27	54	56	442	380
28	65	63	502	440



29	61	62	442	380
30	53	58	408	346
31	53	59	156	330
32	60	55	224	356
33	61	64	322	260
34	60	59	562	500
35	59	56	622	560
36	55	58	208	320
37	64	55	502	440
38	54	54	182	120
39	55	54	282	220
40	65	55	214	152
41	55	50	224	224
42	64	50	268	206
43	60	54	256	194
44	63	56	208	150
45	62	67	302	240
46	55	54	156	228
47	55	54	214	152
48	61	55	288	226
49	60	56	198	136
50	63	57	208	106
51	62	58	206	144
52	58	56	188	126
53	59	57	184	122
54	55	58	212	150
55	64	54	256	164
56	59	54	256	194
57	56	56	198	136
58	58	53	156	146
59	61	53	256	172
60	55	52	362	300
61	64	50	256	120
62	60	54	184	220
63	63	56	184	152
64	62	67	256	224
65	58	55	502	206
66	55	56	442	194
67	61	57	408	150
68	53	55	392	240
69	53	54	156	228



70	58	54	256	152
71	59	55	562	226
72	53	56	622	136
73	53	57	382	106
74	62	58	502	144
75	55	54	184	126
76	53	54	184	122
77	59	54	184	150
78	54	55	184	164
79	54	56	156	194
80	59	57	256	136
81	54	56	256	146
82	63	57	345	172
83	60	58	224	300
84	58	54	214	380
85	62	45	288	260
86	58	43	198	370
87	59	54	168	380
88	54	54	206	440
89	65	55	188	380
90	54	56	156	346
91	63	55	212	330
92	60	56	198	356
93	58	54	196	260
94	62	54	256	500
95	58	58	269	560
96	59	44	356	320
97	54	55	290	440
98	65	45	220	500
99	55	60	206	560

Anexo 9. Datos registrados del predio 5

PREDIO 5				
NOMBRE: ANSELMO RUIZ VILLAR				
CEDULA: 5741483				
FINCA: LOS MANGOS				
VEREDA: LA FLORA				
ARBOL	CANTIDAD DE FRUTO	CANTIDAD DE FRUTO-TESTIGO	D1	DIAMETRO DE LA COPA (UN SOLO DIAMETRO ESCOGIDO) CM-TESTIGO
1	60	63	410	334
2	62	45	357	292
3	58	45	450	266
4	59	56	340	240
5	65	56	350	294
6	65	57	322	290
7	65	54	298	204
8	65	53	306	250
9	65	54	326	250
10	65	55	320	346
11	65	55	342	306
12	65	58	358	304
13	59	55	332	296
14	53	62	306	270
15	65	61	360	380
16	65	61	356	254
17	67	61	270	332
18	53	61	316	320
19	70	55	316	296
20	54	56	412	280
21	70	54	286	220
22	70	56	326	260
23	65	67	348	282
24	65	65	396	330
25	58	56	312	246
26	55	54	282	216
27	54	53	348	252
28	65	53	396	346
29	65	55	312	370
30	60	54	282	200
31	58	53	318	440
32	59	54	412	256
33	61	52	436	240



34	65	51	266	246
35	63	54	506	178
36	62	53	456	272
37	65	54	306	220
38	59	54	312	232
39	55	55	244	180
40	62	53	338	280
41	61	54	286	256
42	60	54	298	380
43	62	56	246	366
44	63	55	456	324
45	63	64	322	270
46	60	60	446	310
47	58	60	340	274
48	62	54	206	140
49	53	65	322	256
50	59	65	298	232
51	58	56	306	240
52	63	59	326	260
53	60	60	320	254
54	54	63	342	276
55	62	64	312	246
56	65	64	402	336
57	62	65	356	290
58	64	65	350	334
59	61	63	346	280
60	61	45	376	292
61	63	45	367	220
62	57	56	367	376
63	63	56	367	310
64	62	55	298	266
65	58	65	350	326
66	63	65	350	292
67	62	54	320	340
68	58	54	342	340
69	59	55	387	272
70	53	51	332	306
71	53	51	306	314
72	62	52	360	332
73	55	51	356	260
74	65	63	356	240

75	61	55	436	370
76	61	54	262	196
77	63	60	386	266
78	62	56	406	288
79	65	65	366	312
80	62	60	450	274
81	61	59	450	288
82	63	63	434	320
83	62	67	424	340
84	58	62	306	300
85	59	64	326	280
86	53	56	436	300
87	53	55	262	312
88	62	64	382	316
89	55	60	306	240
90	53	61	326	260
91	59	63	436	370
92	65	58	262	196
93	61	65	450	266
94	63	57	390	288
95	60	50	369	312
96	65	55	476	274
97	65	55	354	288
98	65	55	346	280
99	65	54	366	300

Anexo 10. Datos registrados del predio 6

PREDIO 6				
NOMBRE: ROBERTO MUÑOZ				
CEDULA: 2169566				
FINCA: EL ALMENDRO				
VEREDA: GUARIGUA BAJO				
ARBOL	CANTIDAD DE FRUTO	CANTIDAD DE FRUTO-TESTIGO	D1	DIAMETRO DE LA COPA (UN SOLO DIAMETRO ESCOGIDO) CM-TESTIGO
1	65	49	282	200
2	54	58	172	226
3	55	51	272	180
4	60	49	262	260
5	61	55	262	220
6	60	50	242	174
7	58	50	242	180



8	59	59	262	260
9	55	57	350	160
10	54	56	182	150
11	65	54	300	190
12	65	51	224	250
13	61	59	280	130
14	61	58	340	180
15	63	54	190	180
16	60	55	268	220
17	62	49	354	230
18	58	49	302	250
19	59	58	262	210
20	62	51	262	210
21	61	55	352	300
22	63	51	292	240
23	61	50	322	270
24	58	61	332	280
25	58	61	262	210
26	60	51	372	320
27	55	51	222	170
28	64	57	312	260
29	65	56	232	180
30	65	58	272	220
31	65	54	272	220
32	54	55	262	210
33	63	58	322	270
34	60	57	272	220
35	59	59	222	170
36	55	57	162	110
37	64	54	242	190
38	65	54	312	260
39	65	51	212	160
40	65	60	272	220
41	55	52	332	280
42	64	57	282	230
43	60	61	252	200
44	63	50	262	210
45	62	59	312	260
46	58	56	302	250
47	55	54	212	160
48	61	58	222	170



49	60	49	252	200
50	63	55	272	220
51	62	50	212	160
52	58	59	272	220
53	59	56	332	280
54	55	50	272	220
55	62	58	242	190
56	61	54	352	300
57	60	55	242	190
58	62	54	242	190
59	54	57	232	180
60	63	50	252	160
61	60	50	272	240
62	58	59	172	220
63	62	56	242	230
64	53	56	242	150
65	59	54	242	160
66	54	51	242	270
67	63	56	262	250
68	60	50	192	170
69	54	51	172	220
70	62	56	212	230
71	58	54	252	210
72	59	58	252	200
73	58	49	282	140
74	61	55	172	190
75	54	50	272	170
76	63	59	262	130
77	57	55	152	100
78	63	50	232	180
79	62	58	192	140
80	58	54	192	140
81	59	55	212	160
82	53	54	252	200
83	53	51	272	220
84	62	54	172	120
85	55	55	242	190
86	53	55	242	190
87	59	55	242	190
88	54	59	242	190
89	54	51	262	210



90	59	49	192	140
91	58	55	172	120
92	60	50	212	160
93	58	57	252	200
94	55	56	252	200
95	54	54	282	230
96	59	56	192	120
97	55	54	272	220
98	60	55	262	210
99	54	50	262	210