

T/660.2/L26

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUÍMICA



**“FORMULACIÓN DE ABONO A BASE DE
ALGAS Y RESIDUOS MARINOS DE
PUCUSANA PARA AUMENTAR LA TALLA
DE LAS RAICES DE LA PLANTA DE
TOMATE”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO

JUAN CARLOS LARA PECHO
ANDY ALBERTO TORRES ANAYA
JOHAN ALEXIS VARGAS ARTEAGA

CALLAO, MARZO 2015
PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

**LIBRO 2 FOLIO No.68 ACTA N° 251 DE SUSTENTACION DE TESIS SIN
CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

El día veintiséis de Marzo del Dos Mil Quince, siendo las horas, se reunió el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS de la Facultad de Ingeniería Química, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. MARIA ESTELA TOLEDO PALOMINO	: Presidente
Ing. VIORICA STANCIUC STANCIUC	: Secretaria
Ing. GUMERCINDO HUAMANÍ TAIPE	:Vocal
Ing. JULIO CESAR CALDERON CRUZ	:ASESOR

con el fin de dar inicio al acto de sustentación de tesis de los Señores Bachilleres LARA PECHO JUAN CARLOS, TORRES ANAYA ANDY ALBERTO Y VARGAS ARTEAGA JOHAN ALEXIS, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustentar la tesis titulada " FORMULACIÓN DE ABONO A BASE DE ALGAS Y RESIDUOS MARINOS DE PUCUSANA PARA AUMENTAR LA TALLA DE LAS RAÍCES DE LA PLANTA DE TOMATE".

Con el quorum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposicion de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Titulos vigente. Luego de la absolucion de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó Dar por con el calificativo a los expositores Señores Bachilleres LARA PECHO JUAN CARLOS, TORRES ANAYA ANDY ALBERTO Y VARGAS ARTEAGA JOHAN ALEXIS.

Se dio por cerrada la Sesión a las horas del día veintiséis del mes y año en curso.

Ing. MARIA ESTELA TOLEDO
PALOMINO
Presidente

Ing. VIORICA STANCIUC STANCIUC
Secretaria

Ing. GUMERCINDO HUAMANÍ TAIPE
Vocal

ING. JULIO CESAR CALDERON CRUZ
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por ser nuestro guía en el día a día.

A nuestros padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años; gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

AGRADECIMIENTO

A Dios ser maravilloso que nos dio fuerza y fe para creer lo que nos parecía imposible terminar.

A la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao por ser nuestra casa de estudios durante nuestros años de vida académica.

Al Dr. Ing. Julio Cesar Calderon Cruz por su asesoría para la presente tesis.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina por prestarnos sus instalaciones y brindarnos su constante apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

A los pobladores de Pucusana por darnos la facilidad de recolectar nuestras muestras.

INDICE

INDICE	1
TABLAS DE CONTENIDO	6
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	13
CAPITULO I	15
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Identificación del problema.....	15
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Objetivos de la investigación.....	19
1.4. Justificación.....	19
1.5. Importancia.....	20
CAPITULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes del estudio	21
2.2. Las Algas.....	26
2.2.1. Características de las Algas.....	27
2.2.2. Clasificación.....	28
2.3. Las algas pardas	32

2.3.1.	Importancia económica	32
2.3.2.	Capacidad fertilizante de las algas Pardas	36
2.4.	Capacidad Fertilizante de los Residuos Marinos	37
2.4.1.	Valor Económico de Los Residuos Marinos	38
2.5.	Las algas y los residuos marinos en el litoral peruano como actividad económica	39
2.5.1.	Las algas y los residuos marinos en la costa sur del departamento de Lima	41
2.6.	Abono orgánico	43
2.6.1.	Origen y evolución	43
2.6.2.	Importancia de la Materia Orgánica en el suelo	45
2.6.3.	Materia orgánica vegetal	48
2.6.4.	Técnicas para la Elaboración del Abono Orgánico	49
2.7.	Proceso de compostaje	55
2.7.1.	Fases del Compostaje	58
2.7.2.	Parámetros de control durante el proceso de Compostaje	62
2.7.3.	Técnicas de compostaje	69
2.7.4.	Importancia del Compostaje	70
2.7.5.	Materiales compostables y no compostables	72
2.7.6.	Tipos de compostaje	73
2.8.	Hidroponía	75

2.8.1.	Generalidades	75
2.8.2.	Importancia de la hidroponía	76
2.8.3.	Hidroponía en comparación con cultivo en tierra	76
2.8.4.	Sistemas hidropónicos	79
2.8.5.	Nutrición hidropónica	82
2.8.6.	Soluciones nutritivas	84
2.9.	Té de compost	85
2.9.1.	Propiedades del té de compost	86
2.9.2.	Ventajas del té de compost	87
2.9.3.	Forma de aplicación del té de compost	87
2.10.	Importancia económica del tomate en el consumo peruano	88
2.11.	Técnicas de Identificación de Nutrientes en el abono	91
2.12.	Cultivo Hidropónico del tomate	92
2.13.	Definición de términos básicos	94
CAPITULO III		98
VARIABLES E HIPÓTESIS		98
3.1.	Variables de la investigación	98
3.2.	Operacionalización de variables	99
3.3.	Hipótesis general e Hipótesis específicas	100
CAPITULO IV		101

METODOLOGÍA.....	101
4.1. Tipo de investigación.....	101
4.2. Diseño de la investigación	101
4.3. Población y muestra	122
4.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	122
4.5. Procedimientos de recolección de datos	123
4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos	127
CAPITULO V.....	131
RESULTADOS	131
5.1. Cambios de temperatura durante el proceso de compostaje	131
5.2. Cambios de pH durante el proceso de compostaje.....	132
5.3. Cambios de conductividad eléctrica durante el proceso de compostaje	132
5.4. Tamizado	133
5.5. Crecimiento de talla de raíces durante el proceso de compostaje	
134	
CAPITULO VI.....	135
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	135
6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados	135
CAPITULO VII.....	137
CONCLUSIONES.....	137

CAPITULO VIII	139
RECOMENDACIONES	139
CAPITULO IX.....	140
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	140
CAPITULO X.....	144
ANEXOS 144	
10.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA COMPLETA	145
10.2. TABLAS Y GRAFICAS	147
10.3. GALERIA DE FOTOS	155

TABLAS DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS

		PAGINA
TABLA N° 2.1	CLASIFICACION DE LAS ALGAS DE ACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	30
TABLA N° 2.2	CONTENIDO DE HUMUS EN DIFERENTES CEREALES	48
TABLA N° 2.3	CONTROL DE LA AIREACION	63
TABLA N° 2.4	CONTROL DE PORCENTAJE DE HUMEDAD	65
TABLA N° 2.5	PARAMETROS DE TEMPERATURA OPTIMOS	66
TABLA N° 2.6	PARAMETROS DE PH OPTIMOS	67
TABLA N° 2.7	PARAMETROS DE RELACIÓN CARBONO / NITROGENO	68
TABLA N° 2.8	CONTROL DEL TAMAÑO DE PARTICULA	69
TABLA N° 2.9	RESIDUOS COMPOSTABLES Y SUS EFECTOS	72
TABLA N° 2.10	RESIDUOS NO COMPOSTABLES Y SUS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO	73

TABLA N° 2.11	COMPARACION ENTRE LA PRODUCCIÓN EN SUELO E HIDROPONÍA EN ALGUNOS CULTIVOS	79
TABLA N° 2.12	FERTILIZANTES PARA HIDROPONIA	84
TABLA N° 4.1	RELACION C/N DE MATERIAS PRIMAS ANALIZADAS	107
TABLA N° 4.2	FORMULACIONES DE ABONO	111
TABLA N° 4.3	DISTRIBUCION DE MATERIALES EN CAPAS	114
TABLA N° 4.4	FORMATO: CAMBIOS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	123
TABLA N° 4.5	FORMATO: CAMBIOS DE pH DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	124
TABLA N° 4.6	FORMATO: CAMBIOS DE CONDUCTIVIDAD DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	125
TABLA N° 4.7	FORMATO: TAMIZADO	126
TABLA N° 4.8	FORMATO: CRECIMIENTO DE LA TALLA DE LA RAIZ DE LA PLANTA DE TOMATE	127
TABLA N° 4.9	VARIACION DE LA TALLA DE LAS RAICES DE LA PLANTA DE TOMATE	128

TABLA N° 4.10	ANALISIS DE DATOS ESTADISTICOS ANOVA	130
TABLA N °10.1	RELACION CARBONO NITROGENO DE MATERIALES	147
TABLA N °10.2	CAMBIOS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	147
TABLA N °10.3	CAMBIOS DE pH DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	149
TABLA N °10.4	CAMBIOS DE CONDUCTIVIDAD DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	151
TABLA N °10.5	TAMIZADO	153
TABLA N °10.6	CRECIMIENTO DE TALLA DE RAIZ DE PLANTA DE TOMATE	153
TABLA N °10.7	CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE COMPOST EXPERIMENTAL	154

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA	
FIGURA N° 2.1	FILOGENIA DE LAS ALGAS EUCARIOTAS	31
FIGURA N° 2.2	DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE ALGUNOS TIPOS DE ALGAS QUE CONTIENEN SUSTANCIAS APROVECHABLES	35
FIGURA N° 2.3	ALGAS PARDAS	37
FIGURA N° 2.4	PRINCIPALES TIPOS DE ALGAS EN EL LITORAL PERUANO	42
FIGURA N° 2.5	ESQUEMA DE LA EVOLUCIÓN DE LA MATERIA ORGANICA QUE LLEGA AL SUELO	47
FIGURA N° 2.6	PROCESO DE BIOREMEDIACION	50
FIGURA N° 2.7	PILAS DE ABONO ORGÁNICO	57
FIGURA N° 2.8	INGREDIENTES COMUNES DE UN COMPOST	71
FIGURA N° 2.9	LAS VENTAS AL EXTERIOR DEL TOMATE PERUANO	90
FIGURA N° 2.10	CULTIVO HIDROPONICO DEL TOMATE INVERNADERO	94
FIGURA N° 4.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	102

FIGURA N° 4.2	ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE TERRENO PARA COMPOSTAJE	113
FIGURA N° 4.3	DIAGRAMA DE PROCESO DE FORMULACION DE COMPOST A BASE DE ALGAS Y RESIDUOS DE PESCADO	118

INDICE DE GRAFICOS

		PAGINA
GRAFICO N° 2.1	TEMPERATURA, OXIGENO Y PH EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE	61
GRAFICO N° 10.1	CAMBIOS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	148
GRAFICO N° 10.2	CAMBIOS DE pH DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	150
GRAFICO N° 10.3	CAMBIOS DE CONDUCTIVIDAD DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE	152

RESUMEN

En el distrito Limeño de Pucusana, los residuos marinos provenientes de la actividad pesquera generalmente se depositan al aire libre provocando malos olores, además las algas presentes en la bahía actualmente presentan problemas de superpoblación y son depositadas en basureros. La poca presencia de materiales orgánico y baja capacidad de retención de agua en los suelos costeros del Perú, así como el uso excesivo de agroquímicos y fertilizantes químicos ha originado la contaminación y degradación progresiva de los suelos costeros.

Tomando como base lo anterior, se puede concluir que cada día se hace más necesario buscar alternativas para el aprovechamiento de los desechos sólidos, es aquí donde la idea de una agricultura orgánica busca promover la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, mercados, muelles, en un material relativamente estable llamado compost, mediante un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación.

La presente investigación tiene como objetivo formular un abono orgánico utilizando como materia prima algas pardas y residuos de pescado de la bahía Limeña de Pucusana mediante la técnica de compostaje para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate. El estudio se llevó a cabo en el área de ovinos de la Universidad Nacional Agraria La Molina,

se realizó 3 ensayos experimentales con diferente formulación, una vez obtenido compost se aplicó en la planta de tomate mediante la técnica hidropónica de sistema de raíz flotante.

Los resultados de los ensayos realizados, reportaron que mayor desarrollo de la raíz en la planta de tomate fue para el ensayo número 3 con una formulación de 20% de algas pardas, 10% de residuos de pescado, 54.4% de estiércol de vaca y 13.6% de pajilla de arroz. Se reportó un rendimiento de talla de raíz de 5 cm por encima de una planta con un tratamiento convencional.

ABSTRACT

In the district of Pucusana, waste from marine fisheries are generally deposited outdoors causing malodors algae present in the bay today present problems of overcrowding and are deposited in landfills. The low presence of organic materials and low water holding capacity of soils in coastal Peru, as well as excessive use of agrochemicals and chemical fertilizers has caused pollution and gradual degradation of coastal soils.

Based on the foregoing, it can be concluded that each day becomes more necessary to find alternatives to the use of solid waste, this is where the idea of organic farming seeks to promote the conversion of organic waste from household, agriculture, markets, docks, in a relatively stable material called compost by aerobic decomposition process under controlled conditions, particularly humidity and aeration.

This research aims to develop a compost feedstock using brown algae and fish waste of Pucusana by composting technique to increase the size of the roots of the tomato plant. The study was conducted in the area of sheep Universidad Nacional Agraria La Molina, 3 experimental trials with different formulation was conducted after obtaining compost was applied to tomato plants using hydroponic technique of floating root system.

The results of the tests performed, reported greater root development in tomato plant number 3 was to test a formulation of 20% kelp, 10% of fish waste, 54.4% of cow dung and 13.6 % of rice straw. Yield root length of 5 cm above a plant with a conventional treatment is reported.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

El mar provee de una gran cantidad de recursos, uno de los cuales lo constituyen las algas que, arrastradas por las mareas y la acción del viento, arriban a las costas.

Las algas han sido empleadas durante siglos como abono natural en numerosas regiones costeras de todo el mundo (Zemke-White & Ohno, 1999; McHugh, 2003), debido a su capacidad fertilizante, a la mejora que producen en la estructura del suelo y al aporte de micronutrientes y activadores del crecimiento¹.

Al igual que las algas, en las zonas de costa, los restos de pescado también han sido utilizados tradicionalmente como abono, dada su riqueza en elementos nutritivos (nitrógeno y fósforo, fundamentalmente) y su rápida descomposición.

El pescado tiene un 20% o 25% de carne comestible y, el resto, entre un 75% a 80%, es material residual recuperable, como cabezas, vísceras, huesos, piel y escamas. Algunos de estos

¹ BLUNDEN; VERKLEIJ; LÓPEZ-MOSQUERA S- PAZOS. Patente de Invención Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico. España. 2009. p.2

restos se utilizan en productos como harina de pescado o fertilizantes. Sin embargo, la mayoría se desecha, lo que produce, por un lado, contaminación ambiental y, por otro, la pérdida de subproductos que proporcionen un valor agregado al producto.

El 40 % de los suelos de la costa peruana sufren el problema de la salinización, la salinidad afecta de diversas maneras a las plantas de tomate. La mayoría de los efectos son adversos.

El efecto de las sales en las raíces de las plantas de tomate siempre resulta en un menor crecimiento de estos órganos, hecho que puede afectar el crecimiento general de la planta al reducirse el volumen de suelo que pueden explorar sus raíces (Almasoum, 2000).

Para atenuar el efecto adverso de las sales en el rendimiento del cultivo del tomate existe una serie de prácticas agronómicas posibles de implementar, una de ellas es aplicación de fertilizantes.

Por otro lado hoy en día la utilización indiscriminada de fertilizantes químicos está causando graves daños sobre el medio ambiente y su entorno, presentándose efectos negativos en el hombre y los animales. Para minimizar el problema una alternativa viable es utilizar la agricultura orgánica como medio

de producción, lo que reduciría notablemente el impacto ambiental producido por los productos químicos agropecuarios.

Por tanto es necesario considerar nuevas tecnologías que contemplen el aprovechamiento de los residuos. Es el caso del compostaje, biotecnología que permite tratar de una manera racional los residuos orgánicos y conservar los nutrientes que se encuentran en estos residuos para la obtención de abonos orgánicos.

En el distrito Limeño de Pucusana, los residuos marinos provenientes de la actividad pesquera generalmente se depositan al aire libre provocando malos olores, producidos por el desprendimiento de gases, además facilitan el desarrollo de insectos que provocan diferentes enfermedades, contaminan el ambiente y deterioran el paisaje. Por estas razones se ha buscado por mucho tiempo la forma de degradarlos adecuadamente.

De igual manera las algas pardas presentes en la bahía de Pucusana actualmente presentan problemas de superpoblación teniendo estas como destino final su desprendimiento y posterior desecho hacia basureros.

Por lo expuesto anteriormente existe la necesidad de formular un abono a base de algas pardas y residuos marinos para aumentar la talla de las raíces de la planta del tomate.

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cuál debe ser la formulación del abono a base de algas pardas y residuos marinos para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate?

Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la composición en nutrientes de las algas pardas necesaria para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate?
- b) ¿Cuál es la composición en nutrientes de los residuos marinos necesaria para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate?
- c) ¿Qué parámetros fisicoquímicos se deben considerar para obtener la formulación del abono a base de algas pardas y residuos marinos?

1.3. Objetivos de la investigación

Objetivo General

Formular un abono a base de algas pardas y residuos marinos para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate.

Objetivos Específicos

- a) Identificar la composición en nutrientes en las algas pardas presentes en la bahía de Pucusana necesarios para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate.
- b) Identificar la composición en nutrientes en los residuos marinos presentes en la bahía de Pucusana necesarios para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate.
- c) Identificar los parámetros fisicoquímicos que deben ser considerados para obtener la formulación del abono a base de algas pardas y residuos marinos.

1.4. Justificación

La investigación concluida sirve como:

- a) Un aporte socio-económico (oportunidad de negocio) de los pobladores del distrito de Pucusana que muy a menudo desechan sus restos marinos a los rellenos sanitarios.

- b) Técnica para reducir el impacto ambiental negativo (malos olores, gases y deterioro del paisaje) que los residuos de pescado generan.
- c) Patrón de valiosa referencia para elaborar en un futuro abonos orgánicos compuestos de algas y residuos de pescado.
- d) Documento guía para la gestión de residuos sólidos de municipios que poseen puertos artesanales.

1.5. Importancia

- a) El abono orgánico sirve para la aportación de nutrientes primarios, secundarios y otros que son utilizados por las plantas, permitiéndole el crecimiento y desarrollo de ésta.
- b) El abono orgánico aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades a las cuales están expuestas continuamente.
- c) Mejorar las capacidades físicas, químicas y biológicas de los suelos aumentando la capacidad de estos al absorber mayor capacidad de nutrientes.
- d) Disminuir la dependencia de productos químicos artificiales para fomentar la agricultura ecológica.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Santos Ordoñez, Adriana P. (2007) realizó la “Evaluación de bio-fertilizantes foliares en el cultivo de arroz orgánico variedad F-50 en la zona de Daule, provincia de Guayas”. Siendo el cultivo de arroz de gran importancia en el consumo de la sociedad es necesario que este sea sostenible, esto se logra mediante la producción de cultivos de arroz orgánico, utilizando abonos y fertilizantes orgánicos libres de químicos. Para lograr un manejo del cultivo de arroz tenemos que tener en cuenta que el suelo sea limpio. Asimismo continuar con la ayuda de bioles o bioestimulantes foliares que nutran a la planta lo necesario para su desarrollo. Y convertir de esta manera en un producto rentable y sobre todo importante para el consumo nacional (Ecuador).

Lovo Miranda, Wendy C. (2008) realizó “Estudio de Factibilidad Técnica Financiera para la Instalación de una Planta Procesadora de Abono Orgánico, a partir de Basura Vegetal”. En El Salvador, la generación de basura constituye uno de los principales problemas, especialmente las basuras orgánicas, provenientes en su mayoría de los mercados municipales, viviendas domiciliarias e industria. Es importante

conocer la aceptación del abono en zonas agrícolas, donde el consumo de abonos es mucho mayor que en zonas urbanas, por lo cual se ampliará la investigación a ciertos sectores del país donde se localizan grandes cooperativas que en conjunto representan un mercado potencial para comercializar el abono orgánico.

El proceso de transformación se analizó desde la recolección de la basura vegetal, pasando por todos los procesos, hasta el momento de obtención del abono orgánico, utilizado mayormente en el sector agrícola. El estudio de factibilidad desarrollado comprende las siguientes etapas: Estudio de mercado, estudio técnico, estudio y evaluación financiera para la planta procesadora de abono orgánico, a partir de basura vegetal.

El producto del compostaje, el abono orgánico, representa una opción alternativa a la quema, principalmente de residuos agrícolas y forestales y por consiguiente, a la emisión de contaminantes atmosféricos y a la pérdida de materia orgánica para los suelos. A su vez, esta opción, implica una disminución drástica de la cantidad de materia orgánica en los rellenos sanitarios, fuente de generación de olores, atracción de vectores de enfermedades (como insectos y roedores) y producción de gases.

Regalado Yépez, Diego Andrés (2009) realizó el “Estudio de la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico Utilizando Desechos Orgánicos”. Este estudio de generación de biogás y fertilizante orgánico utilizando desechos orgánicos utiliza la tecnología de la descomposición anaeróbica de compuestos orgánicos a baja concentración en el tratamiento de desechos orgánicos sólidos generados en el sector agrícola. Para realizar este tratamiento se diluye los desechos orgánicos en agua y se opera el reactor en fase líquida bajo condiciones anaeróbicas. En la primera parte del estudio se analiza los parámetros de control en un reactor automático de escala laboratorio. Este reactor se opera por el lapso de cuatro meses con el fin de describir el comportamiento de un reactor anaeróbico convencional en sus fases de llenado, arranque, estabilización y optimización. En la segunda parte del estudio se compara la capacidad de generación de biogás y la capacidad de estabilización de desechos orgánicos, en reactores tipo botellón, para diferentes mezclas de desechos.

Ramírez Castro Gloria (2011) realizó “Abono orgánico a base del alga *Ulva lactuca* de la playa de Ballenita para cultivos de ají *Capsicum* sp. Y pimiento *Capsicum annum* sp. Esta investigación se enfoca en el estudio y análisis de los parámetros que contribuyen al desarrollo y producción de las

plantas de ají y pimiento, durante el proceso de cultivo con el abono orgánico del alga *Ulva lactuca*. El cultivo de plantas trata de la siembra y cuidados, destinados a la fructificación y desarrollo de las mismas, para esto se siguió una serie de pasos:

Elaboración del biofertilizante a base del alga *Ulva lactuca*. Preparación del suelo, franco arenoso, la misma que fue colocada en fundas de sembrar; la tierra tiene que estar suelta y aireada, y permita a las raíces de las nuevas plantas desarrollarse sin dificultades y culminar con la cosecha de frutos. Durante la siembra no se utilizó fertilizantes químicos, para este cultivo se empleó el abono natural orgánico o compost del alga *Ulva lactuca*, cuando las plantas tuvieron una edad adecuada. Adicionalmente, podemos mencionar que los resultados obtenidos no fueron los esperados debido a varios factores físicos como; clima y suelo; Químicos como líquido, salinidad y pH así, también los biológicos como; bacterias, virus, parásitos y toxinas que intervinieron directa e indirectamente en el cultivo de ají (*Capsicum* sp.) y pimiento (*Capsicum annum* sp.) durante su siembra y desarrollo.

Benito Canales López, Benito (2005) realizó "Enzimas-Algas: Posibilidades de su Uso para Estimular la Producción Agrícola y Mejorar los Suelos". De los estudios hechos en la Universidad

Autónoma Agraria Antonio Narro, y de las pruebas de campo llevadas a cabo con agricultores cooperantes, se reporta que se han alcanzado rendimientos extras de 1 a 3 t ha⁻¹ de maíz, trigo y arroz, los básicos más importantes, cuando se les ha aplicado de 1 a 3 L de que es un extracto de algas marinas hecho en México. México cuenta con extensos litorales con plataforma marina donde proliferan las algas, aun no se ha cuantificado esta producción, pero al juzgar por las cantidades súper industriales que el mar arroja a las playas y que ahí se pudren es muy probable que, al utilizarlas, haya algas suficientes como materia prima para tratar los 12 millones de hectáreas de tierra que México tiene de riego y buen temporal. De organizarnos para llevar a cabo esta práctica es factible, desde el punto de vista agronómico, que al aplicar la técnica propuesta y con la misma superficie ya en cultivo, México deje de importar básicos al incrementar rendimientos a bajo costo y además mejorar o rehabilitar los suelos como subproducto.

Alvarado y Jumbo, (2002) sobre "Fertilización Orgánica de Brócoli en Salapa" concluyen que luego de los análisis de suelo antes y después de la aplicación de las dosis máximas de abonos naturales como el EM Bokashi y Bokashi tradicional, observaron un incremento en la fertilidad natural del mismo especialmente en nitrógeno y fosforo. Así mismo con la

incorporación de bacterias eficaces EM, se logró un mayor contenido de nitrógeno total y elevados niveles de fosforo, potasio y calcio en el EM Bokashi.

Hernández, (2003), compostó durante 35 días estiércoles de diferentes fechas de deyección procedentes de bovino de carne y leche, borrega y cabra. Encontró que el pH influenció el incremento de la temperatura, deduciéndose que este pudo haber afectado la actividad microbiana por la alcalinidad que presentaron los cuatro estiércoles fue similar considerando que ninguno descendió a niveles ácidos. Al final del proceso el estiércol de bovino de carne terminó en un rango de pH entre 8.5 – 8.75, los demás estiércoles terminaron con pH entre 9 – 9.5.

2.2. Las Algas

Fanebo Concepción Blanco (2009), las algas constituyen un grupo heterogéneo muy grande de plantas, provistas de diferentes elementos fotosintéticos. La mayoría de ellas son eucarióticas y tienen cloroplastos de forma, número y posición variados, mientras que un grupo reducido como las Cyanophitas son procarióticas y carecen de cloroplastos.

Su diversidad está manifiesta en varios niveles, comprenden los caracteres citológicos, morfológicos y reproductivos.

2.2.1. Características de las Algas

Las algas tienen una gran diversidad de formas, desde algas microscópicas unicelulares flageladas y no flageladas hasta algas pluricelulares que pueden llegar a medir más de 50 metros de largo. La mayoría de algas son organismos Fotoautótrofos (Del griego: Photo = Luz, auto = mismo, trop = nutrientes; organismos que adquieren sus nutrientes al realizar fotosíntesis).

A diferencia de las plantas, las algas no tienen raíz, tallo, hojas, tejido vascular y su forma de reproducción es simple. Su cuerpo vegetativo es una estructura llamada Talo (Talo fitas). En las algas macroscópicas se pueden encontrar formas filamentosas, laminadas, sifonosas, costrosas y calcáreas.

Entre sus principales partes se pueden diferenciar: La fronda, el estipe y el rizoides.

FRONDA: Esta estructura es el símil de las hojas de las plantas superiores, generalmente poseen formas laminares que le permiten una alta captación de luz y dióxido de carbono, puesto que su principal función es realizar la fotosíntesis y abastecer de glúcidos al resto de la planta.

ESTIPE: Esta estructura es el símil del tallo de las plantas superiores y su función es la sujeción mecánica de la fronda y en algunas plantas más especializadas funciona como conductor de glúcidos desde la fronda al resto de la planta. A pesar de que no posee capilares como los tallos, cumple la función de transporte gracias al desarrollo de algunas células especializadas.

RIZOIDE: Es el símil en el aspecto morfológico a la raíz de las plantas superiores y su función es la fijación de algas a sustratos. Esta estructura tiene una hendidura en la base que le permite que funcione como una ventosa que se adhiere con mucha fuerza al sustrato. Existe muchas formas de Rizoide sin embargo su forma general es cónica circular. Los Rizoides desarrollan células meristemales que permiten el crecimiento de nuevos talos.

2.2.2. Clasificación

En 1836, las algas fueron divididas por el botánico irlandés W. H. Harvey, en tres grupos que corresponden más o menos a las algas rojas, algas pardas y algas verdes, más las algas verdes – azules que se consideraban como organismos diferentes a las algas. Las algas verde – azules se reconocieron como un grupo distinto de las algas verdes por

el botánico suizo Karl Wilhem von Naegeli en 1853, pero no propuso ningún nombre formal, fue hasta que George Klebs en, 1883 propuso, que varios grupos de flagelados estaban relacionados a diferentes grupos de algas, de ahí que las algas verde-azules se consideraran entre el grupo de estos organismos.

La directriz dada por Klebs fue aprovechada por otro botánico alemán, Adolf Pascher en una serie de trabajos publicados principalmente entre 1910 y 1931 para llevar a cabo una clasificación de estos organismos. Por lo que la actual clasificación se basa en los conceptos propuestos por este último botánico.

Las algas se clasifican en siete grandes grupos, de acuerdo a las siguientes características (Gordon, 1996):

- Naturaleza y composición química de los pigmentos.
- Composición química de los productos alimenticios de reserva o productos asimilables resultantes de la fotosíntesis.
- Tipo, número, implantación y morfología de los flagelos.
- Composición química y características físicas de la pared celular.
- Características morfológicas de las células y del talo.

- Ciclo de vida y reproducción, estructuras y métodos de reproducción.

TABLA N° 2.1

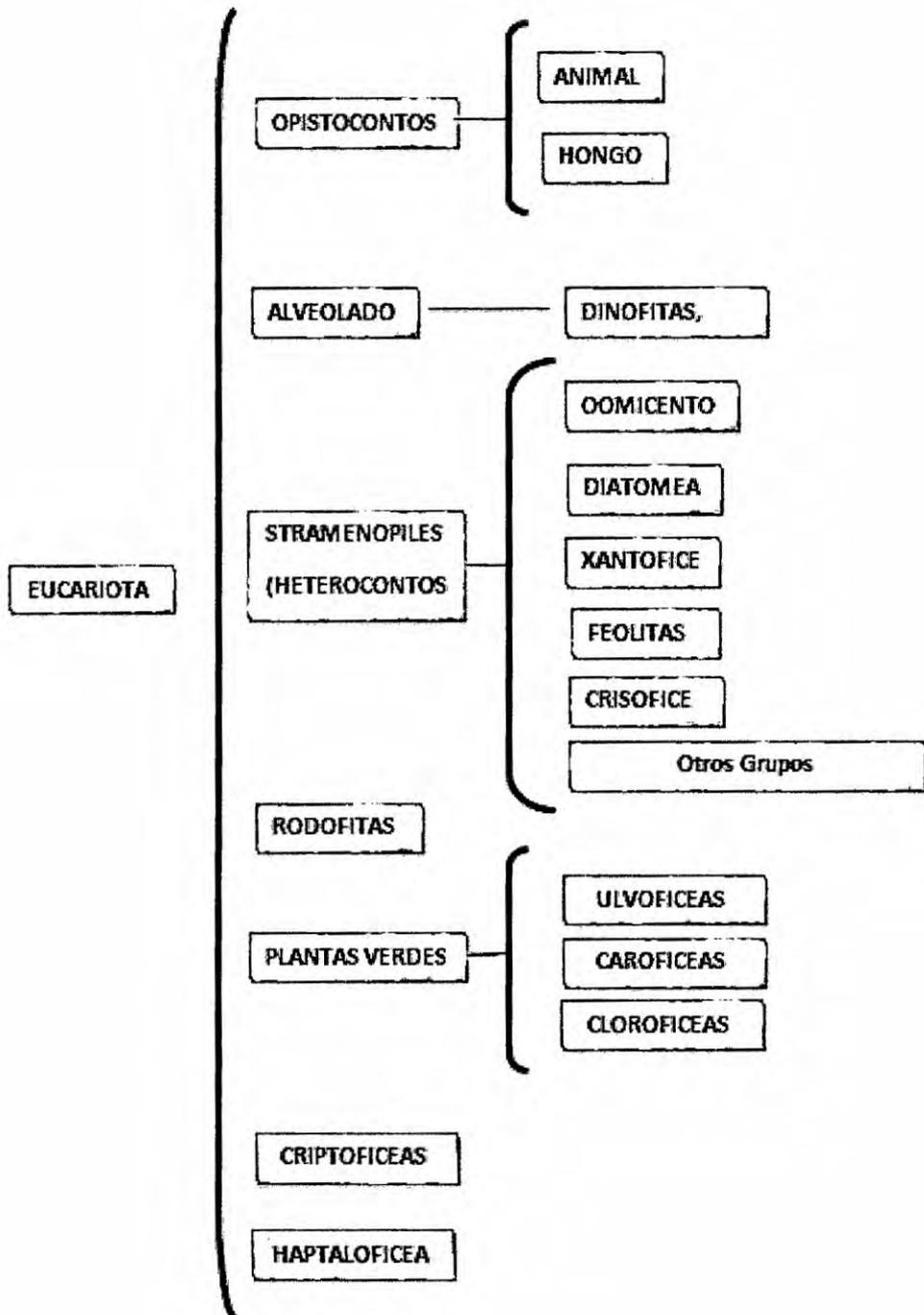
CLASIFICACIÓN DE LAS ALGAS DE ACUERDO A SUS
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Grupo	Forma del talo	pigmento fotosintéticos	Forma de almacenamiento de su alimento	Composición de la pared celular
Chlorophyta (algas verdes)	Unicelular, multicelular y filamentosas	Clorofilas a y b, carotenoides	Almidón	Polisacáridos y celulosas
Phaeophyta (algas pardas)	Multicelular	Clorofilas a y c, carotenoides y fucoxantinas	Laminarinas (aceites y carbohidratos)	Celulosas principalmente
Rhodophyta (algas rojas)	Multicelular	Clorofilas a y d, ficobilinas y carotenoides	Almidón	Celulosas o pectinas con carbonato de calcio
Bacillariophyta (diatomeas)	En su mayoría unicelular	Clorofilas a y c, carotenoides y xanthophytas	Leucosina (aceites de carbohidratos)	Pectinas, y en algunos casos dióxido de silicón
Dinoflagellata (dinoflageladas)	Unicelular	Clorofilas a y c, carotenoides	Almidón	Celulosa
Cryptophyta (Algas doradas)	En su mayoría unicelular	Clorofilas a y c, carotenoides y xanthophytas	Laminarinas (aceites y carbohidratos)	Celulosa
Euglenophyta (Euglenoides)	Unicelular	Clorofilas a y b, carotenoides y xanthophytas	Almidón	No presentan pared celular, solo una película rica en proteínas

Fuente: FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. "Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico". España. 2009.

FIGURA N° 2.1

FILOGENIA DE LAS ALGAS EUCARIOTAS



Fuente: Agroperu.com

2.3. Las algas pardas

Mariciele Rojo Cruz (2006) dijo que las algas pardas se encuentran principalmente en habitas marinas. También carecen de Clorofila B, pero tienen otro tipo de clorofila C y pigmentos fotosintéticos especiales cuya coloración oscila entre amarillo – rojo intenso. Sus células reproductoras suelen tener flagelos. Las algas se conocen por su crecimiento rápido, su intenso tamaño y por sus tejidos relativamente complejos. Ciertas laminarias alcanzan una longitud de 30 metros y tienen un tejido conductor primitivo. Especies de un género habitual de aguas templadas son famosas por flotar en masa en el mar de los sagaces, al norte del océano atlántico.

Las algas pardas son también fuentes de vitaminas, minerales y se utilizan como fertilizantes. Algunas en las profundidades oceánicas. Son las algas de mayor tamaño conocido, con formas tan populares como la laminaria gigante o las malas hierbas flotantes que aparecen en grandes masas en el mar de los sargazos. Su color se debe a la presencia de pigmentos xantofílicos.

2.3.1. Importancia económica

El valor que tienen las algas en la parte económica es muy diverso: agrícolas, industriales, terapéuticos, y, principalmente,

alimenticios. En el norte de Europa se recolectan muchas especies para utilizarlas como abonos y para extraer los productos minerales que contienen. Algunos tipos (goomen) se utilizan en la confección de colchones, y también en preparados industriales, culinarios, cosméticos o farmacéuticos.

Las propiedades que poseen ciertas algas de aumentar el volumen en el agua se ha utilizado en cirugía. En Japón forman parte de algunos platos (kanten). Algunas algas (agar-agar) intervienen en la preparación de sustancias gelatinosas utilizadas para el cultivo de bacterias y hongos, como agentes gelificantes para postres y confituras, como ingredientes en cosmética, dentífricos, etc. De algas marinas se extrae yodo y la combustión de algas origina cenizas ricas en minerales para fertilizar los suelos.

Por lo general, todas estas especies se pueden ver a lo largo de las orillas rocosas de los mares septentrionales durante la bajamar. Las algas marinas se diferencian de las plantas superiores porque carecen de tallos, hojas, raíces y sistemas vasculares verdaderos. En lugar de esto, se anclan a objetos sólidos mediante un órgano llamado hapterio o háptero y absorben los nutrientes directamente del agua, fabricando su alimento a través de la fotosíntesis.

Los pigmentos de las algas pardas y rojas enmascaran la clorofila, el pigmento fotosintético predominante de color verde. Es probable que los primeros colaboren en el metabolismo fotosintético absorbiendo y transfiriendo la energía de la luz a la clorofila.

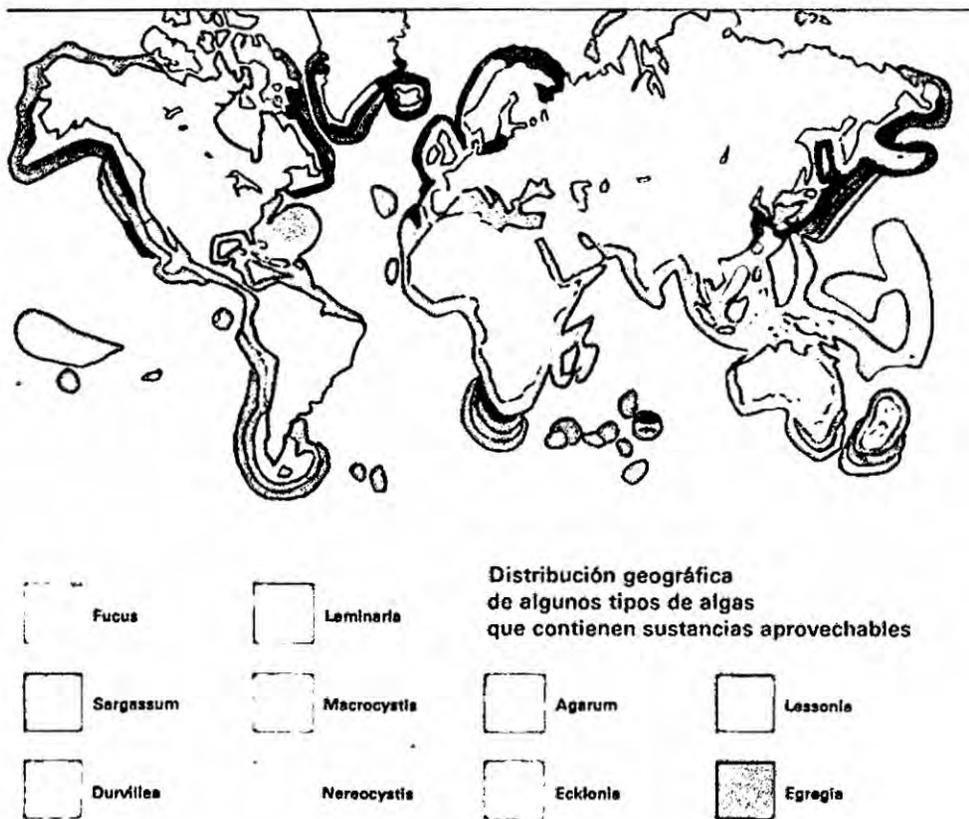
Las algas marinas son un recurso alimentario de importancia económica, sobre todo en Japón, donde se llama nori. Éste se obtiene de un alga roja cultivada en los tamices de bambú sumergidos en los estuarios. El agar, que también procede de un alga roja, se consume en Asia como un manjar y se usa como medio de cultivo para los microorganismos en el laboratorio. Sin embargo, las algas rojas no tienen otro valor nutritivo para los seres humanos que su reducido contenido en proteínas, vitaminas y minerales (en especial yodo).

Las algas pardas se utilizan como fertilizante y como un ingrediente del alimento del ganado. El ácido algínico encontrado en las laminarias (genero de alga parda) tiene muchos usos industriales. Puede prepararse como una fibra parecida a la seda o como un material plástico, insoluble en agua, utilizado para fabricar películas, geles, gomas y linóleo. También puede utilizarse como un coloide en la fabricación de cosméticos, pinturas y lacas para los automóviles. Los derivados orgánicos de los alginatos se usan como resinas de

los alimentos en la elaboración de helados, pudines y quesos tratados.

En la **figura 2.2** mostramos la distribución geográfica de algunos tipos de algas que contienen sustancias aprovechables que pueden tener destino de abono tranquilamente, previo estudio.

FIGURA N° 2.2
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ALGUNOS TIPOS DE ALGAS QUE
CONTIENEN SUSTANCIAS APROVECHABLES



Fuente: biogeografialgas.blogspot.com

2.3.2. Capacidad fertilizante de las algas Pardas

El mar provee de una gran cantidad de recursos, uno de los cuales lo constituyen las algas que, arrastradas por las mareas y la acción del viento, arriban a las costas. Al conjunto de algas depositadas en las playas se les denomina "arribazón" o "arribazones". Las algas han sido clasificadas de acuerdo a su filogenia (**véase figura 2.1 en la página 31**). También han sido empleadas durante siglos como abono natural en numerosas regiones costeras de todo el mundo, debido a su capacidad fertilizante, a la mejora que producen en la estructura del suelo y al aporte de micronutrientes y activadores del crecimiento.

Las algas pardas (**véase figura 2.3 en la página 37**) presentan un elevado contenido en carbonatos, y se usan además de como acondicionadores de suelo, para corregir el pH en suelos ácidos, aportando a su vez, numerosos elementos traza.

Las algas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas, por lo que en la medida que esta práctica se extienda irá sustituyendo el uso de los productos químicos de síntesis por orgánicos, favoreciendo así una agricultura sostenible.

FIGURA N° 2.3

ALGAS PARDAS



Fuente: Infoagro.com

2.4. Capacidad Fertilizante de los Residuos Marinos

En las zonas de costa, los restos de pescado también han sido utilizados tradicionalmente como abono, dada su riqueza en elementos nutritivos (nitrógeno y fósforo, fundamentalmente) y su rápida descomposición. Hoy en día, existen en el mercado distintos fertilizantes cuya materia prima son harinas de pescado, productos autorizados con carácter excepcional para ser utilizados en agricultura ecológica.

Los restos de pescado que se reciclan para su reutilización como fertilizante son muy ricos en fósforo y también nitrógeno los cuales son completamente asimilados por las raíces de las plantas, al ser sus componentes totalmente naturales.

Enriquecen las hortalizas y las frutas en azúcares y vitaminas, aumentando su sabor y calidad sin ningún aditivo químico.

2.4.1. Valor Económico de Los Residuos Marinos

En el caso de la industria pesquera, los científicos explican que el pescado tiene un 20% o 25% de carne comestible y, el resto, entre un 75% a 80%, es **material residual recuperable, como cabezas, vísceras, huesos, piel y escamas**. Algunos de estos restos se utilizan en productos como harina de pescado o fertilizantes.

Estos restos normalmente son recogidos por gestores de residuos que los destinan fundamentalmente a la fabricación de harinas de pescado. Otros aprovechamientos que permiten valorizarlos es extraer de ellos las partes con valor comercial. Por ejemplo, pueden ser utilizados para elaborar gelatinas y patés, cebos artificiales para palangres automáticos o para aprovechar sus proteínas o aceites. Pero, debido al incremento en el costo de estos procesos, las empresas que generan estos residuos buscan alternativas para la valorización de sus residuos, y técnicas de tratamiento menos costosas.

2.5. Las algas y los residuos marinos en el litoral peruano como actividad económica

Las primeras colecciones de la flora algal peruana, pertenecen a Coker (1903-1906) y fueron estudiadas por Howe quien en 1914 publicó "The marine algae of Perú"², reconociendo un total de 96 especies para nuestra costa. Colecciones posteriores que incluyen a Ecuador. Perú y Chile han contribuido en el conocimiento de la riqueza florística de la costa templada del Pacífico Sur. Para el Perú, es importante citar los trabajos realizados por Dawson et al., (1964) y Acleto (1973; 1980).

Santelices (1980) en su trabajo sobre la fitogeografía de la costa templada del Pacífico sur, concluye que esta flora incluye 380 especies de algas rojas, pardas y verdes las cuales son de influencia principalmente subantártica. Ramírez & Santelices (1991) en una recopilación de toda la información bibliográfica de la costa templada del Pacífico sur, mencionan un total de 746 especies de algas, de las cuales 469 son Rhodophyta, 149 Phaeophyta y 128 Chlorophyta. Acleto (1988) menciona para el Perú un aproximado de 225 especies, de las cuales 160 son rojas, 31 pardas y 37 verdes.

²MARSHALL AVERY HOWE. The marine algae of Peru. New York. 1914. p.35

Las algas rojas, comprenden el grupo más grande de las algas marinas con alrededor de 4000 especies (Lee, 1992). Dentro de este grupo, la familia Gigartinaceae ha presentado siempre problemas en su taxonomía debido a la extrema variabilidad morfológica de la mayoría de sus miembros (Hommersand et al., 1993). La importancia económica de este grupo, con especies productoras de carragenano, motivó el interés de diversos investigadores a fin de esclarecer la identidad de sus miembros. Hommersand et al. (1993) presentaron un nuevo sistema de clasificación de las Gigartinaceae, teniendo en cuenta las características morfológicas y de desarrollo de las estructuras reproductivas, y propusieron la inclusión de 7 géneros para esta familia, restableciendo el género *Chondracanthus* Kützing independiente del género *Gigartina* Stackhouse.

Chondracanthus *chamissoi* (C. Agardh) Kützing fue descrita en 1843 en base a material recolectado en Chile por Chamisso, material depositado en el Herbario Agardh, Lund, Suecia (Dawson et al., 1964). Esta especie se caracteriza por presentar un talo membranáceo de 6 a 45 cm de altura. Su color varía de un verde oscuro a un marrón rojizo, o casi negro. Está constituido generalmente por varios ejes axiales cilíndricos en la base y divididos subdicotómicamente, que

derivan de un disco basal pequeño. Las ramificaciones son dísticas o pinnadas, abundantes, las ramas laterales son de diferente tamaño y longitud. Los cistocarpos esféricos, se desarrollan en forma notoria y más o menos aglomerados a lo largo del margen de las ramas (Acleto, 1986a).

El área de distribución de *C. chamissoi* abarca las localidades de Callao, Barranco, Isla San Lorenzo, Talara, Chimbote, Paracas, Ancón, San Bartolo, Pucusana, Pisco, Bahía Independencia e Islas Chincha³. En 1986,ACLETO incluye en esta relación, al departamento de La Libertad. RAMÍREZ & SANTELICES (1991) en una revisión bastante extensa de las algas marinas de la costa de Sudamérica, señalan como área de distribución de *C. chamissoi* a Perú y Chile y en 1997, HOFFMANN & SANTELICES, la señalan como una especie endémica de Perú y Chile que se distribuye desde Piura (Perú) hasta Chiloé (Chile).

2.5.1. Las algas y los residuos marinos en la costa sur del departamento de Lima

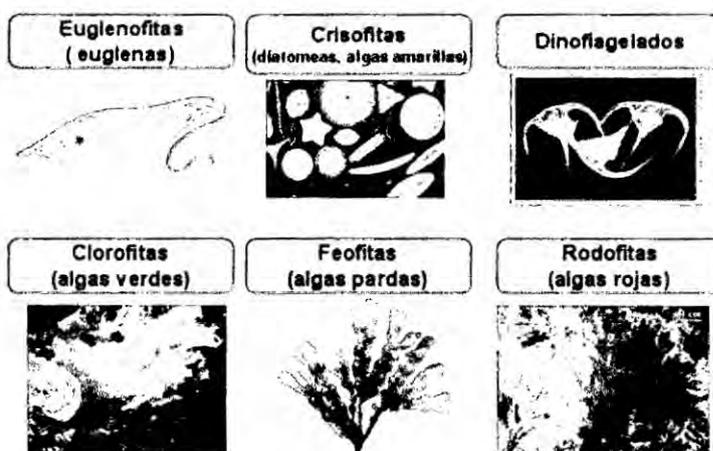
En la zona sur del litoral peruano se encuentran tres especies de algas pardas que vienen siendo extraídas regularmente, tales como: *Macrocystispyrifer*, “sargazos”

³ DAWSON ET AL. Compendio florístico para la flora marina del Perú. Perú. 1964. p.45

Lessoniatrabeculata (“aracanto”, “palo”) y Lessonianigrescens (“aracanto”, “negra”) las cuales forman bosques y cinturones densos, y en muchos de los casos de regular extensión, en ambientes inter y submareales. En la actualidad se evalúa la distribución, concentración y estado de los indicadores poblacionales y pesqueros, de las principales especies de macro algas en el litoral del Perú, así como se investiga el impacto de eventos naturales y acción antrópica, mediante la evaluación de la biodiversidad asociada a estas poblaciones, a fin de establecer estrategias de ordenamiento pesquero para la sostenibilidad de estos recursos. En la figura 2.4 se hace mención a las principales tipos de algas presentes en el litoral peruano.

FIGURA N° 2.4

PRINCIPALES TIPOS DE ALGAS EN EL LITORAL PERUANO



Fuente: AGROPERU

2.6. Abono orgánico

2.6.1. Origen y evolución

Desde la década de 1950, la presión por alimentos de una población mundial creciente, condujo a la aplicación de tecnologías de producción cuya productividad y rentabilidad se basaba en el uso de químicos sintéticos. Aunque su empleo significó un acelerado incremento en los volúmenes de alimentos, también aceleró el deterioro de los recursos naturales, amenazando la sostenibilidad de la producción y la salud de los consumidores y productores.

En este contexto, la agricultura orgánica retoma importancia. Esta forma de producción, basada en el respeto de las relaciones existentes en la naturaleza, propicia la conservación de los recursos naturales, contribuye con la salud de los productores y consumidores, y el desarrollo de sistemas productivos agropecuarios basados en un equilibrio ecológico, económico y social.

Desde épocas ancestrales el uso de materiales orgánicos para la fertilización, era la práctica de producción más importante para cubrir la demanda de alimentos. Tal es el caso de China, donde los excrementos humanos se han usado durante más de dos mil años, aplicándolos directamente a la tierra y esta

práctica ha sido uno de los factores principales en mantener la fertilidad de los suelos chinos.

El amoníaco era conocido por los antiguos, quienes lo obtuvieron a partir de la sal amónica, producida por destilación del estiércol de camello cerca del templo de Júpiter Amón en Libia, de ahí su nombre. En Europa, durante la edad media, el amoníaco se obtenía calentando los cuernos y pezuñas de bueyes, y se llamaba espíritu de cuerno de ciervo. El alquimista alemán Basil Valentine obtuvo el amoníaco libre, y el químico francés Claude Berthollet determinó su composición en torno a 1,777.

Aunque la producción sin químicos existe desde hace miles de años, el renacimiento de una producción más "orgánica" se origina en Europa en la primera mitad del siglo XX y su extensión y consolidación se viene dando de forma acelerada por todo el planeta durante los últimos 30 años, especialmente en la última década, período en el cual tanto áreas sembradas como volúmenes comercializados han experimentado notables incrementos.

A pesar de que en todos los países hacen esfuerzos por mejorar sus condiciones, las limitantes que enfrenta constituyen un importante obstáculo, entre estas destacan:

- Carencia de marcos institucionales y de políticas.
- Carencia de marcos legales y técnico-normativos que regulen la actividad.
- Bajo desarrollo de los mercados locales y limitado acceso a los mercados internacionales.
- Conocimiento parcial sobre la situación de la producción y los mercados, que limita las capacidades de planificación y la toma de decisiones.
- Ausencia de incentivos.

2.6.2. Importancia de la Materia Orgánica en el suelo

La materia orgánica es uno de los más importantes componentes del suelo. Si bien nos imaginamos que es un solo compuesto, su composición es muy variada, pues proviene de la descomposición de animales, plantas y microorganismos presentes en el suelo o en materiales fuera del predio. Es justamente en esa diversa composición donde radica su importancia, pues en el proceso de descomposición, muy diversos productos se obtienen, que actúan como ladrillos del suelo para construir materia orgánica.

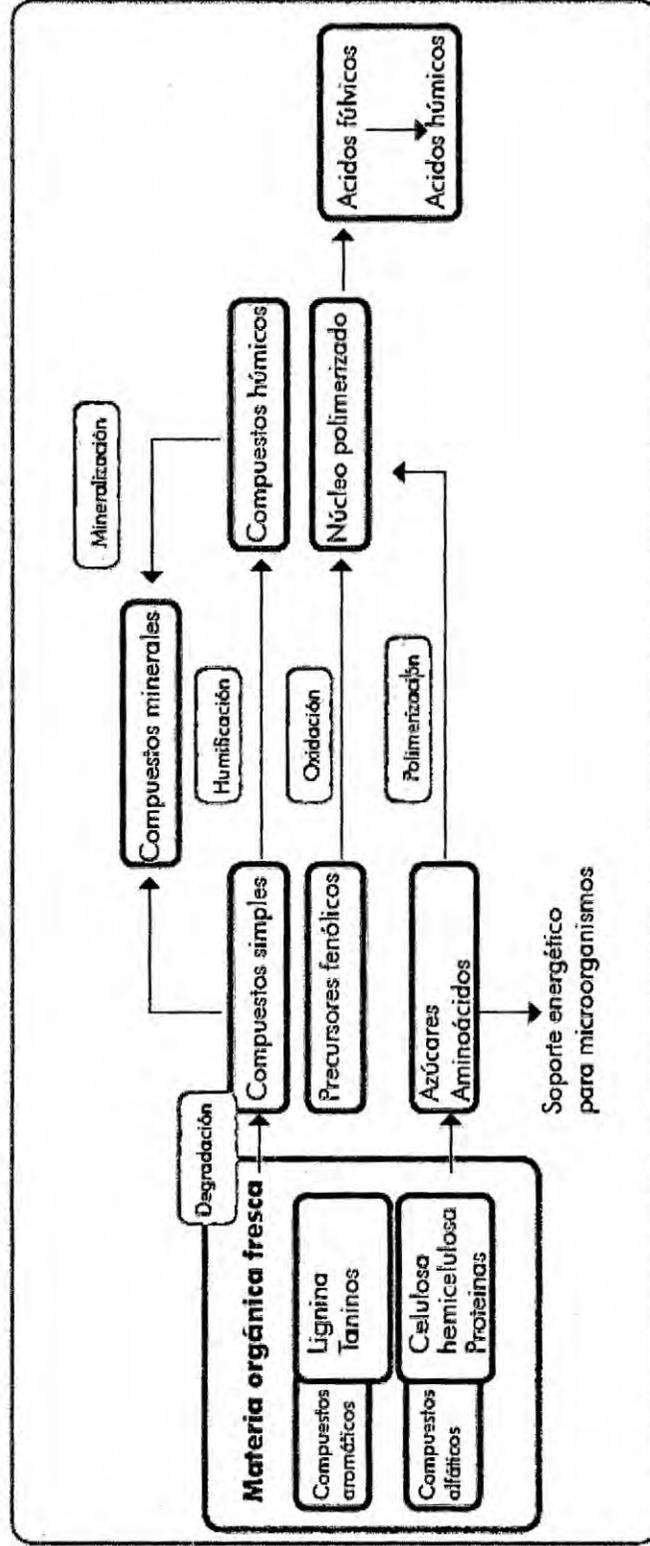
Aunque no existe un concepto único sobre la materia orgánica del suelo, se considera que la materia orgánica es cualquier tipo de material de origen animal o vegetal que regresa al suelo

después de un proceso de descomposición en el que participan microorganismos. Puede ser hojas, raíces muertas, exudados, estiércoles, orín, plumas, pelo, huesos, animales muertos, productos de microorganismos, como bacterias, hongos, nematodos que aportan al suelo sustancias orgánicas o sus propias células al morir.

Estos materiales inician un proceso de descomposición o de mineralización, y cambian de su forma orgánica (seres vivos) a sus formas inorgánicas (minerales, solubles o insolubles). Estos minerales fluyen por la solución de suelo y finalmente son aprovechados por las plantas y organismos, o estabilizados hasta convertirse en humus, mediante el proceso de humificación.

FIGURA N° 2.5

ESQUEMA DE LA EVOLUCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA QUE LLEGA AL SUELO



Fuente: Adaptado de Ribo (2004) – "Manual de compostaje del Agricultor – Experiencias en América Latina".

2.6.3. Materia orgánica vegetal

Son los desechos orgánicos que deja el cultivo saliente en o sobre el suelo, en forma de hojas, tallos, raíces y otros órganos aéreos o subterráneos.

Estos residuos de las cosechas cuya importancia es proporcional a la masa vegetativa que se haya creado en el transcurso del año y por lo tanto a los rendimientos obtenidos permiten mediante el empleo de dosis elevadas de abonos minerales, aumentar el contenido de humus.

TABLA N° 2.2

CONTENIDO DE HUMUS EN DIFERENTES CEREALES

Cereales	materia seca Tm/ha	Humus Kg/ha/año
Trigo	3 - 4	450 - 600
Paja de trigo	4 - 6	600 - 900
Enterrada	2 - 3	300 - 400
Cebada	8 - 10	1200 - 1500
Maíz	4 - 6	600 - 900
Partes verdes	1	Insignificante
Remolachas	3	100
Matas de papa	8 - 10	800 - 1000

Fuente: Diego Armando Cajamarca Villa –
"Procedimiento de Elaboración de Abonos
Orgánico" – Universidad de Cuenca (2012)

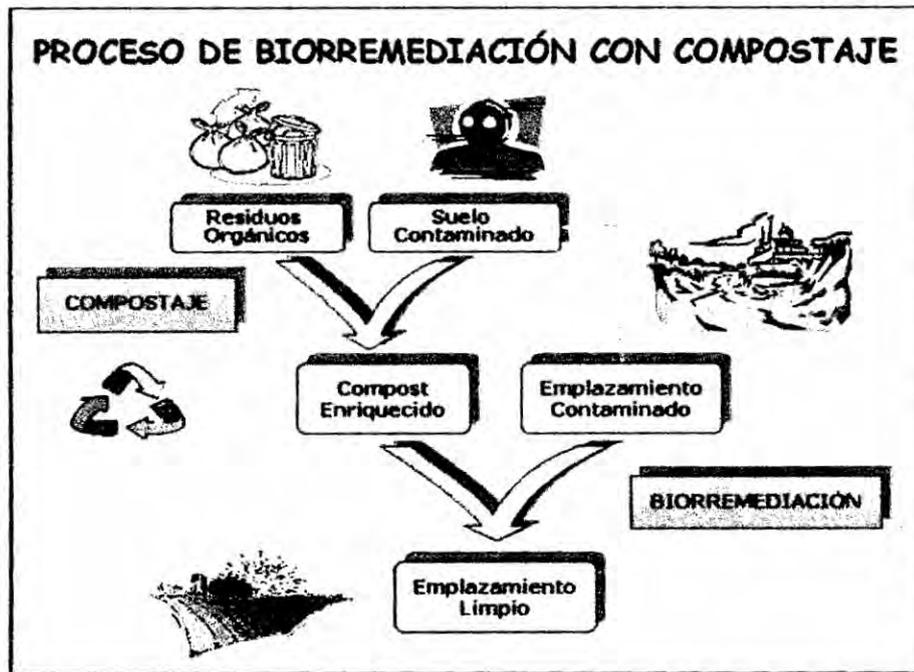
2.6.4. Técnicas para la Elaboración del Abono Orgánico

a. Compostaje

El compostaje es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost". Compost o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión e incrementa la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. La figura 2.6 en la página 50 se muestra el proceso de bio-remediación con compostaje.

FIGURA N° 2.6

PROCESO DE BIOREMEDIACIÓN



Fuente: sol.agua.tierra.blogspot.com

b. Estiércoles

b.1. Estiércol sólido

Se compone fundamentalmente de excrementos de animales domésticos y una pequeña cantidad de orina y paja. Contiene N orgánico y amoniacal, fósforo, potasio y micronutrientes como Cu, Zn, Fe y Mn.

b.2. Estiércol líquido, purines

Está constituido por orina fermentada de los animales domésticos, mezclada con partículas de excrementos, jugos

que fluyen del estiércol y agua de lluvia. Por su importante contenido en sales potásicas el purín es considerado como un abono N-K.

Es un abono de efecto rápido, ya que los nutrientes que contiene se encuentran en su mayor parte en forma fácilmente disponible. La aplicación en dosis elevadas de residuos líquidos puede conducir a la salinización del suelo.

b.3. Estiércol semi-líquido

Se trata de una mezcla de excrementos y orina, a la que se le añade agua para facilitar su transporte y distribución.

Abono Líquido

Es un cultivo de cobertera o una planta que cubre la tierra y se siembra para alimentar a la tierra, no para cosecharse. Las leguminosas son las plantas más utilizadas para abonos verdes porque toman el nitrógeno del aire y lo llevan a la tierra. Un abono orgánico da vida a la tierra y mejora la producción de las cosechas.

c. Abono Verde (PURIN)

Este abono se origina de los excrementos líquidos de los animales que se retiene en recipientes especiales. En el mejor de los casos suponen orina sin diluir, fermentada. Por cada

animal mayor se precisan hasta 3 m. para poder almacenar los líquidos producidos durante 4 a 6 meses, es muy importante que el pozo del líquido sea vaciado dentro de pocos días (que se disponga de una bomba útil, un número suficiente de tanques o recipientes desmontables de un tamaño apropiado).

El contenido en materias orgánicas de los abonos líquidos es reducido (un 0,5 %). Su valor principal radica en el contenido de materias nutritivas para las plantas. Es posible también que las cantidades de agua que se introducen con el líquido en el suelo, favorezcan el desarrollo de las plantas.

El contenido de materias nutritivas oscila aún más que en el caso del estiércol, por tanto, no es posible dar cifras que puedan orientar en un caso concreto. Es conveniente sin embargo, emplear un hidrómetro para determinar, aproximadamente, el contenido en nitrógeno del líquido. Investigaciones sobre 206 muestras de abono líquido. Se obtuvieron los siguientes valores extremos:

Nitrógeno	0,41 a 4,07 g
Ácido fosfórico	0,034 a 0,62 g
Potasa	1,56 a 11,78 g

Si el abono líquido contiene 0,2 % de N y 0,5 % de K se suministran al suelo con cada 10.000 litros de líquido unos 20 Kg. de N y 50 Kg. de K. Como soporte para materias nutritivas, el abono líquido tiene la desventaja, en comparación con el estiércol, que no es tan polivalente. Su contenido en ácido fosfórico en general es muy reducido, de manera que es necesario, completarlo con un abonado fosfórico mineral. El abono líquido contiene relativamente mucha cantidad de potasa.

d. Bocashi

La elaboración del abono tipo Bocashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas orgánicos a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición.

En el proceso de elaboración del Bocashi hay dos etapas bien definidas: La primera etapa es la fermentación de los componentes del abono cuando la temperatura puede alcanzar hasta 70-75° C por el incremento de la actividad microbiana.

Posteriormente, la temperatura del abono empieza a bajar por agotamiento o disminución de la fuente energética. La segunda

etapa es el momento cuando el abono pasa a un proceso de estabilización y solamente sobresalen los materiales que presentan mayor dificultad para degradarse a corto plazo para luego llegar a su estado ideal para su inmediata utilización.

e. Lombriabono

El lombriabono es un tipo de abono orgánico que producen lombrices de tierras cultivadas para este fin. El abono surge del desecho que expelen las lombrices luego de consumir insumos específicos para este fin, es el caso de estiércol de ganado o forraje.

f. Extractos Húmicos

Su uso en horticultura intensiva va en aumento, pero a nivel de jardines se emplea muy poco. Es una sustancia muy buena para al suelo, desbloquean minerales, fijan nutrientes para que no se laven, activan la flora microbiana con lo que aumenta la mineralización y favorecen el desarrollo radicular.

En esencia, se trata de ácidos húmicos y fúlvicos extraídos de sustancias orgánicas. Es, decir la parte más selecta, lo que tiene mejores cualidades de la materia orgánica.

Los fertilizantes o abonos de origen orgánico (estiércol, turba, compost.) son lentos porque los nutrientes, como, Nitrógeno,

se tienen que ir liberando a medida que los microorganismos los descomponen para ponerlos a disposición de las raíces. Los microorganismos actúan mejor en suelos calientes, pH neutro o alcalino, con humedad y muy aireado. Ahí aumenta la descomposición.

FIGURA N° 2.7

PILAS DE ABONO ORGÁNICO



Fuente: M.A Martínez. Directora planta de compostaje municipal, Nicaragua (2008)

2.7. Proceso de compostaje

Uno de los problemas ambientales de las explotaciones agrícolas son los residuos orgánicos que se generan (restos de poda, de cosecha, de post-cosecha, estiércol, pasto, fruta caída, entre otros). Normalmente, debido al desconocimiento, a

la falta de un espacio adecuado, o de tiempo, las prácticas habituales con estos residuos son la quema, el enterramiento o el abandono del material a la intemperie hasta su pudrición.

El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola.

La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes.

Sin embargo, no todos los materiales que han sido transformados aeróbicamente, son considerados compost. El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad.

La utilización de un material que no haya finalizado correctamente el proceso de compostaje puede acarrear riesgos como:

- **Fitotoxicidad.** En un material que no haya terminado el proceso de compostaje correctamente, el nitrógeno está más en forma de amonio en lugar de nitrato. El amonio en condiciones de calor y humedad se transforma en amoniaco,

creando un medio tóxico para el crecimiento de la planta y dando lugar a malos olores. Igualmente, un material sin terminar de compostar contiene compuestos químicos inestables como ácidos orgánicos que resultan tóxicos para las semillas y plantas.

- **Bloqueo biológico del nitrógeno, también conocido como "hambre de nitrógeno"**. Ocurre en materiales que no han llegado a una relación Carbono: Nitrógeno equilibrada, y que tienen material mucho más rico en carbono que en nitrógeno. Cuando se aplica al suelo, los microorganismos consumen el C presente en el material, y rápidamente incrementan el consumo de N, agotando las reservas de N en el suelo.
- **Reducción de oxígeno radicular**. Cuando se aplica al suelo un material que aún está en fase de descomposición, los microorganismos utilizarán el oxígeno presente en el suelo para continuar con el proceso, agotándolo y no dejándolo disponible para las plantas.
- **Exceso de amonio y nitratos en las plantas y contaminación de fuentes de agua**. Un material con exceso de nitrógeno en forma de amonio, tiende a perderlo por infiltración en el suelo o volatilización y contribuye a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Igualmente, puede ser extraído por las plantas del cultivo, generando una acumulación excesiva de nitratos, con consecuencias negativas sobre la calidad del fruto (ablandamiento, bajo tiempo postcosecha) y la salud humana (sobre todo en las hortalizas de hoja).

2.7.1. Fases del Compostaje

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres

etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable.

a. Fase Mesófila

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

b. Fase Termófila o de Higienización

Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir

de los 60°C aparecen las bacterias que producen esporas y actino bacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Igualmente esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

c. Fase de Enfriamiento o Mesófila II

Agotadas las fuentes de carbono y en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene

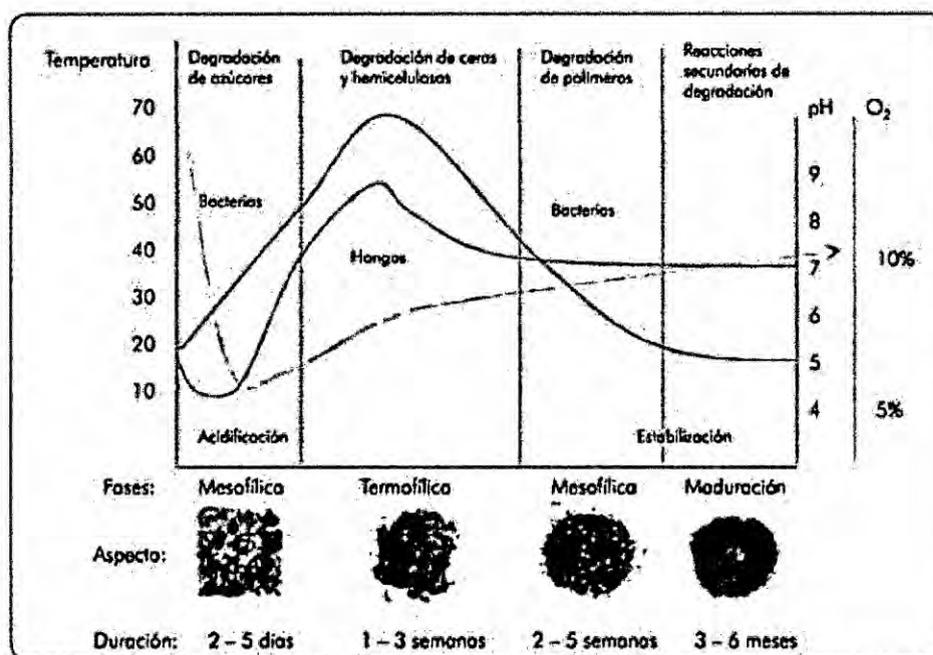
ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

d. Fase Maduración

Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

GRAFICO N° 2.1

TEMPERATURA, OXÍGENO Y PH EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE



Fuente: Adaptado de Ribo (2004) – “Manual de compostaje del Agricultor – Experiencias en América Latina”

2.7.2. Parámetros de control durante el proceso de Compostaje

Ya que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de sustrato, temperatura, pH y la relación C: N. Externamente, el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que siempre estén siempre dentro de un rango óptimo. A continuación se señalan los parámetros y sus rangos óptimos.

a. Oxígeno

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo

durante la fase termofílica (Véase Gráfico 2.1 en la página 61).

Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H₂S) o metano (CH₄) en exceso.

TABLA N° 2.3
CONTROL DE LA AIREACIÓN

Porcentaje de aireación	Problemas		Soluciones
<5%	bajo aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurado que permita la aireación
5% - 15% Rango ideal			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua	Picado de materia a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material fresco con mayor contenido de agua (resto de fruta y verdura, césped, purina u otros

Fuente: FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. "Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico". España. 2009.

b. Humedad

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material. En procesos en que los principales componentes sean substratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped.

El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base. Una manera sencilla de monitorear la humedad del compost, es aplicar la "técnica del puño".

TABLA N° 2.4

CONTROL DE PORCENTAJE DE HUMEDAD

Porcentaje de Humedad	Problemas		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (resto de fruta y verdura, césped, purina u otro)
45% - 60%			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/ o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor de carbono, como serrines, paja u hojas secas

Fuente: FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. "Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico". España. 2009.

c. Temperatura

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso (**Véase Gráfico 2.1 en página 61**).

El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización.

TABLA N° 2.5

PARAMETROS DE TEMPERATURA OPTIMOS

Temperatura (°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T°. Ambiente <35°C)	Humedad insuficiente	Las bajas de temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, o por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por lo tanto, la temperatura baja	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otro material)
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada	Añadir más material a la pila de compostaje
	Déficit de nitrógeno o bajo C:N	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol
Altas temperaturas (T°. Ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. "Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico". España. 2009.

d. pH

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estados del proceso, el pH se acidifica por la

formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

TABLA N° 2.6

PARAMETROS DE PH OPTIMOS

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4.5%	Excesos de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4.5% - 8.5% Rango ideal			
>8.5%	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con un deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido de carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. "Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico". España. 2009.

e. Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)

La relación C: N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales

a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua desde 35:1 a 15:1.

TABLA N° 2.7

PARÁMETROS DE RELACIÓN CARBONO / NITROGENO

C:N	Causas asociadas		Soluciones
>35:1	Excesos de carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N
15:1 - 35:1 Rango ideal			
<15:1%	Exceso de nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rica en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se genera malos olores por el amoníaco liberado	Adición de material con mayor contenido en carbono (resto de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. "Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base

f. Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm. La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el

tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³.

TABLA N° 2.8

CONTROL DEL TAMAÑO DE PARTICULA

Tamaño de partícula (cm)	Causas asociadas		Soluciones
>30cm	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10 - 20 cm
5 - 30 cm Rango ideal			
<5cm	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido de aire, produciendo anaerobiosis	Volear y/o añadir material de tamaño mayor y volteos para homogenizar

Fuente: FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. "Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico". España. 2009.

2.7.3. Técnicas de compostaje

Los factores claves a la hora de decidir una técnica son:

- Tiempo de proceso.
- Requisitos de espacio.
- Seguridad higiénica requerida.
- Material de partida (ausencia o presencia de material de origen animal).

- Condiciones climáticas del lugar (temperaturas bajo cero, vientos fuertes, lluvias torrenciales u otros eventos climáticos extremos)

Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre, y los cerrados los que se hacen en recipientes o bajo techo.

2.7.4. Importancia del Compostaje

En la naturaleza, nada se desecha, todo se recicla. Lo que sale de la tierra vuelve a ella en forma de excremento. Aprendiendo de la naturaleza la sabiduría secular ha respetado estos ciclos manteniendo la fertilidad de la tierra a base de abonados orgánicos precedentes de materiales orgánicos.

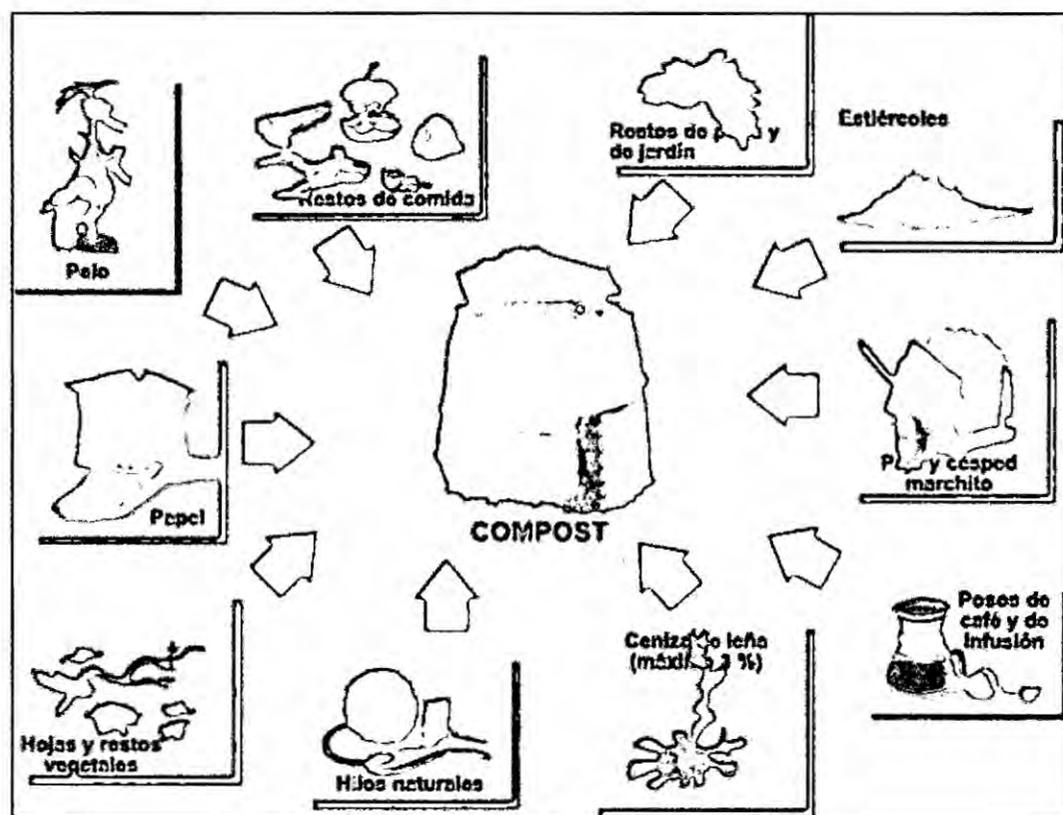
En este contexto se pudo dar una sencilla definición de lo que es el abono orgánico diciendo que "es la recuperación de la materia orgánica de producto de las actividades humanas que se le considera sin valor, para su transformación en abono". Esto es indudablemente una forma de reciclar, evitar contaminación y aportar materia orgánica y fertilidad a la tierra, ya que estos residuos suponen la mitad de los residuos urbanos.

Esta situación no puede ser más ilógica: mientras las tierras necesitan grandes cantidades de materia orgánica, cada día millones de toneladas de residuos orgánicos, en lugar de volver a la tierra dándole fertilidad, van a contaminar el entorno (véase la Figura 2.8).

La importancia del compostaje en la tierra es grande y no solo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra sino también de los cultivos.

FIGURA N° 2.8

INGREDIENTES COMUNES DE UN COMPOST



Fuente: Enrique Guzman, manual de compostaje (2008)

2.7.5. Materiales compostables y no compostables

Miriam Alcolea (2000) dijo que lo mejor para el desarrollo del proceso de compostaje es utilizar una buena mezcla de residuos, donde las propiedades de cada material se complementan con el resto y los efectos negativos quedan diluidos al tratar pequeñas cantidades.

Veamos los residuos compostables más comunes y sus efectos sobre el proceso de compostaje:

TABLA N° 2.9
RESIDUOS COMPOSTABLES Y SUS EFECTOS

Residuos	Efectos
Cocina	
<ul style="list-style-type: none"> • Restos de verdura y fruta • Restos de carne y pescado o marisco • Huesos • Pasta y arroz hervido • Cascara de huevo • Productos lácteos • Posos de café y bolsas de infusión • Cenizas de madera no tratada • Serrín 	<ul style="list-style-type: none"> • Descomposición rápida. No genera problemas • Pueden causar olores o atraer insectos o animales • Descomposición lenta. Mejorar la estructura • Causa compactación si se incorpora mucha cantidad • Descomposición lenta. Aporta calcio • Pueden causar olores en muchas cantidad • No genera problemas en cantidades habituales • Aporta minerales al compost • Descomposición lenta. Absorbe humedad
Jardín y Huerto	
<ul style="list-style-type: none"> • Recortes de césped • Restos de poda, piñas hojas secas • Restos de cosechas de la huerta 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede producir compactación, si no hay un equilibrio en la mezcla de materiales • Descomposición lenta. Mejoran la aireación • Descomposición rápida

Fuente: MIRIAM ALCOLEA y CRISTINA GONZALES – “Manual de Compostaje Domestico” – España. Barcelona (2000).

Entre los materiales que no se pueden compostar podemos presentar:

TABLA N° 2.10
RESIDUOS NO COMPOSTABLES Y SUS ALTERNATIVAS DE
TRATAMIENTO

Residuos	Alternativas
Vidrios, metal, tetrabriks, plásticos, pilas, etc.	Conteiner multiproducto
Medicamentos	Recogido en farmacias
Productos químicos (pinturas, esmaltes, etc.)	Recogido especial
Papel con tinta en color	Reciclaje específico
Cenizas de madera tratada	Bolsa ordinaria
Restos de polvo y limpieza (aspirador, escoba)	Bolsa ordinaria
Aceite de motor	Recogido especial

Fuente: MIRIAM ALCOLEA y CRISTINA GONZALES – “Manual de Compostaje Domestico” – España. Barcelona (2000).

2.7.6. Tipos de compostaje

a. Compostaje Aeróbico

Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la

evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada.

Debemos distinguir en una pila o camellón dos regiones o zonas:

- la zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes, y
- la corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

El núcleo actúa como zona inductora sobre la corteza. No obstante, todos los procesos que se dan en el núcleo, no alcanzan la totalidad del volumen de la corteza. A los efectos prácticos y utilizando como criterio las temperaturas alcanzadas en el núcleo

Una de las ventajas y desventajas de la composta aerobia son las siguientes:

Ventajas

- Fácil implementación a diversas escalas
- Bajo costo de operación y mantenimiento

Desventajas

- Baja demanda de la composta por desconocimiento de sus ventajas
- La calidad de la composta puede no ser aceptable si se elabora sin control de contenidos extraños

b. Compostaje Anaeróbico

La digestión anaerobia es un proceso que se lleva a cabo por sí mismo en los sitios de disposición de los residuos, sin embargo es un proceso lento por lo cual es necesario trabajarlo como un birreactor y acelerar la degradación mediante la manipulación de los principales parámetros involucrados en la degradación.

2.8. Hidroponía

2.8.1. Generalidades

Recursos de Hidroponía en Español (2007, en línea) indica que la palabra hidroponía deriva de las palabras griegas hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) y significa literalmente "trabajo en agua". En algunos casos, el término "hidroponía" es usado

solo para describir sistemas basados en agua, pero en el sentido más amplio, el término es el de cultivo sin suelo. La hidroponía es la ciencia que estudia los cultivos sin tierra. Es una técnica que permite cultivar en pequeña o gran escala, sin necesidad de suelo como sustrato, incorporando los nutrientes (soluciones nutritivas) que la planta necesita para crecer a través del riego y efectivizar el cultivo.

2.8.2.Importancia de la hidroponía

Según la Facultad de Ciencias Agrícolas - XALAPA MX. (2007), la hidroponía es considerada como un sistema de producción agrícola que tiene gran importancia dentro de los contextos ecológico, económico y social. Dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos.

2.8.3.Hidroponía en comparación con cultivo en tierra

FORTUNECITY (1999) resalta múltiples ventajas de los cultivos hidropónicos respecto de la agricultura tradicional en tierra. Entre los extraordinarios logros que se obtienen con esta técnica se pueden destacar los siguientes:

- No existe preparación del suelo.
- No existen malas hierbas y por lo tanto no hay gastos al respecto.
- Prácticamente no hay insectos u otros animales en el medio de cultivo.
- Tampoco hay enfermedades en las raíces. No se precisa la rotación de cultivos.
- No existe stress hídrico; se puede automatizar en forma muy eficiente mediante un detector de humedad y control automático de riego. Se puede emplear agua con un contenido relativamente alto de sales, y el apropiado empleo del agua reduce las pérdidas por evaporación y se evita la percolación.
- Los fertilizantes se utilizan en pequeñas cantidades, y al estar distribuidos uniformemente (disueltos), permiten una absorción más homogénea por las raíces; además existe poca pérdida por lavado.
- Hay un control completo y estable de nutrientes para todas las plantas, fácilmente disponible en las cantidades precisas. Además hay un buen control de pH, con facilidad para realizar muestras y ajustes.
- Si existe desbalance de nutrientes, este problema se soluciona en unos cuantos días.

- El fruto es firme, con una capacidad de conservación que permite a los agricultores cosechar la fruta madura y enviarla, a pesar de ello, a zonas distantes. Algunos ensayos han mostrado un mayor contenido de vitamina A en los jitomates cultivados bajo técnicas hidropónicas, respecto a los cultivados en tierra.
- La esterilización del medio se la puede realizar con vapor, fumigantes químicos en algunos de los sistemas. Con otros se emplea simplemente Ácido Clorhídrico o Hipoclorito Cálcico. El tiempo para la esterilización es corto.
- Todas las labores pueden automatizarse, con la consiguiente reducción de gastos. No se usan además implementos agrícolas. En resumen: ahorro de tiempo y dinero en estos aspectos.
- Posibilidad de emplear diversos sustratos de reducido costo, así como materiales de desecho.
- No se necesita, a pequeña escala, mano de obra calificada.

RODRÍGUEZ DELFÍN A. et al (2004) luego de varias investigaciones con diferentes tipos de cultivos se exponen en el tabla N° 2.11 de la página 79 las diferencias sustanciales en los rendimientos de cultivos realizados tanto en suelo como en cultivos hidropónicos.

TABLA N° 2.11

**COMPARACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN EN SUELO E HIDROPONÍA
EN ALGUNOS CULTIVOS**

Cultivo	Suelo		Hidroponía	
	Plantas/m ²	Rendimiento (ton/ha)	Plantas/m ²	Rendimiento (ton/ha)
Fresa	5	10 - 12	10 - 16	60 - 80
Papa	4	15 - 20	6 - 8	60 - 70
Tomate	6	30 - 40	2 - 3	150 - 200
Vainita	40	5 - 7	50 - 60	40 - 45
Yacón	2	25 - 30	4 - 5	60 - 80
	Plantas/m ²	Rendimiento (Docena/ha)	Plantas/m ²	Rendimiento (Docena/ha)
Lechugas	6	5000	25	20000

Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía y nutrición Mineral

UNALM

2.8.4. Sistemas hidropónicos

Según RODRÍGUEZ DELFÍN A. et al (2004), existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los más simples, con funcionamiento manual o semiautomático, hasta los más sofisticados y completamente automatizados.

Los sistemas hidropónicos se pueden dividir en dos categorías:

- a) Sistemas hidropónicos en agua y,
- b) Sistemas hidropónicos en sustratos.

a. Sistemas hidropónicos en agua

a.1. Recirculante o NFT

SAMPERIO RUÍZ G. (1997) manifiesta que este sistema consiste en hacer recircular en forma permanente una película fina constituida por una determinada cantidad de solución nutritiva, la cual permitirá tanto la respiración de las raíces (al aportarles oxígeno), como la absorción de los nutrientes y del agua durante el periodo vegetativo de la planta. Esta película no deberá alcanzar una altura superior a los 5 o 7 centímetros desde la base del contenedor.

a.2. Raíz flotante o cultivo en agua

MARULANDA TABARES CH. (2003) expresa que se hace en un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas en baja concentración (7 cm³ de solución nutritiva por cada 1 000 cm³ de agua). Este sistema es muy conveniente para el cultivo de albahaca, apio, berro, escarola y varios tipos de lechuga, con excelentes resultados en ahorro de tiempo y rendimientos por cada metro cuadrado cultivado.

En el sistema de raíz flotante las raíces crecen dentro de la solución nutritiva. Las plantas están sostenidas sobre una lámina de icopor con la ayuda de un cubito de esponja; el conjunto de lámina y plantas flota sobre la superficie del

líquido. Este sistema se recomienda para climas frescos porque en los climas muy calientes, el oxígeno (indispensable para que las raíces respiren y tomen los nutrientes) se evapora con mayor rapidez.

b. Sistemas hidropónicos con sustratos

b.1. Riego por goteo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA UNALM (2005) indica que la solución nutritiva y el agua es suministrada a cada planta a través de goteros conectados en mangueras de goteo de polietileno de color negro. El riego se hace aplicando pequeñas cantidades de solución nutritiva directamente.

b.2. Sistema de columnas

RESH HM. (2003) expresa que el sistema de columnas o sistema vertical es un sistema de cultivo sin suelo utilizado principalmente para cultivar fresas, pero también puede emplearse para cultivar otros cultivos como lechuga, espinaca y plantas aromáticas. Las columnas pueden ser mangas plásticas colgantes, tubos de PVC o un conjunto de macetas de termopor apiladas verticalmente. Para cultivar en este sistema se deben elegir especies que tengan poco volumen, un sistema radicular relativamente pequeño y que toleren estar colgadas

contra la gravedad, teniendo sus raíces como único medio de anclaje.

b.3. Sistema de canaletas suspendidas

RODRÍGUEZ DELFÍN A. et al (2004) manifiestan que en países con fuerte demanda de fresa, sobre todo para mejorar y obtener producción en invierno, las plantas son cultivadas en invernaderos y emplean canaletas o canales de PVC. El sistema consiste de láminas plásticas corrugadas en forma de U de 10 cm de profundidad y 12 cm de ancho; sobre las canaletas se colocan contenedores de termopor; los diámetros de los agujeros es de 5 cm; los agujeros están separados cada 20 cm. Las canaletas van suspendidas de 1,2 – 1,6 m del suelo; alturas mayores complican la observación de las plantas y el manejo del cultivo.

El distanciamiento entre canaletas es 0,8 – 1,0 m. El sustrato que se coloca en los contenedores debe ser liviano como perlita, piedra pómez, pudiéndose usar mezclas de musgo, fibra de coco, aserrín de pino y/o cascarilla de arroz. La solución nutritiva se aplica con sistema de riego por goteo.

2.8.5. Nutrición hidropónica

FILIPPETTI VH. (2008) establece que los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están

contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cloro (Cl), hierro (Fe), cobre (Cu), carbono (C), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y molibdeno (Mo). Cada uno tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta; su carencia se traduce en síntomas específicos, reflejados en la estructura de la planta.

Igualmente señala que a este conjunto de elementos químicos, se los divide en dos grupos: nutrientes principales, que son los que las plantas requieren en mayores cantidades, y los nutrientes menores, también llamados micronutrientes o elementos menores, que son tan esenciales como los primeros, pero requeridos solamente en cantidades ínfimas. Los que integran el primer grupo son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el azufre; los restantes son los considerados micronutrientes: el hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

ALARCÓN VERA AL. (2008) menciona en el tabla N° 2.12 de la página 84, las equivalencias entre la cantidad de los fertilizantes más comúnmente usados en hidroponía y los milimoles de los distintos nutrientes que aportan.

TABLA 2.12
FERTILIZANTES PARA HIDROPONIA

Iones (mmoles/g fertilizantes)	NO₃⁻	NH₄⁺	H₂PO₄⁻	K⁺	Ca⁺²	Mg⁺²	SO₄⁻²
Ácido fosfórico 75%	-	-	12.26	-	-	-	-
Ácido nítrico 59%	11.86	-	-	-	-	-	-
Nitrato de amonio 33.5%	11.96	11.96	-	-	-	-	-
Nitrato de calcio 15.5%	10.29	0.78	-	-	4.74	-	-
Nitrato de potasio (13-0-46)	9.29	-	-	9.76	-	-	-
Sulfato de potasio(0-0-52)	-	-	-	11.04	-	-	5.93
Sulfato de magnesio 16% MgO	-	-	-	-	-	3.97	3.96
Nitrato de magnesio 11% N	7.86	-	-	-	-	3.90	-

Fuente: Infoagro (2008)

2.8.6. Soluciones nutritivas

Según STEINER (1968), citado por LARA HERRERA A. (1998), la solución nutritiva consiste de agua con oxígeno y todos los nutrimentos en forma inorgánica. Eventualmente algunos compuestos orgánicos forman parte de la solución nutritiva, tal es el caso de varios quelatos de hierro y otros micronutrientes

Cada especie vegetal que se cultiva en hidroponía requiere solución nutritiva con características muy específicas. Las principales características que influyen en el crecimiento, desarrollo y calidad de los cultivos y sus productos de importancia económica son la relación mutua de los cationes K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺.

2.9. Té de compost

El té de compost es el extracto líquido de compost de alta calidad que contiene microorganismos beneficiosos y nutrientes que le aportan a los cultivos vitalidad y fuerza para poder hacer frente a enfermedades y plagas. Se trata de evitar y/o reducir el uso de fungicidas, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes químicos para suprimir plagas y enfermedades a través del té de compost, a la vez que respetando el medio ambiente.

Para hacer té de compost, se agregan pequeñas cantidades de compost maduro a agua no calentada y después se dejan remojar durante dos o tres días. La cantidad de compost que se infusione debería estar dentro de una tela a poder ser de algodón o de algún tejido permeable no tóxico que no deje que el compost salga de la bolsa. El agua que utilice debería ser lo más limpia posible o proveniente de la lluvia, pero nunca agua que haya estado encharcada y que huelga mal. Durante los dos o tres días que se esté llevando a cabo la infusión, se tendrá que remover para así asegurar la aeración de la infusión. Se necesitarán cubos donde poder hacer la infusión, una buena cantidad de compost ya maduro y agua.

2.9.1. Propiedades del té de compost

- La función principal del té de compost es la de proporcionar organismos, del tipo hongos o bacterias para así poder realizar sus funciones.
- Los organismos aerobios que contiene consumen los exudados y restos que genera la planta, de manera que no dejan alimento para los organismos perjudiciales.
- Estos mismos organismos ocupan los lugares de ataque de los organismos perjudiciales, de forma que no pueden atacar ni entrar en las plantas.
- Los organismos del té también se comen a los organismos perjudiciales o bien producen una serie de sustancias que son perjudiciales para ellos.
- Los nutrientes que contiene el mismo té de compost contribuyen a que los organismos del té estén bien nutridos y puedan desarrollar sus funciones más rápido.
- Los nutrientes del té de compost nutren la planta mejor.
- Ayuda a retener los nutrientes alrededor de la planta o de donde sea aplicado el té de compost.
- Los organismos retienen estos nutrientes, de manera que estos nutrientes no van al agua de consumo y no se debe gastar tanto dinero en tratar esta agua.
- Desintoxica el suelo.

- Da estructura al suelo.
- A diferencia de los fertilizantes, el té de compost no mata a los organismos beneficiosos a la vez que los perjudiciales.
- Si se aplica en las hojas, contribuirán a abrir más las estomas de la planta, de forma que se contribuirá a la reducción de CO₂.

2.9.2. Ventajas del té de compost

- Mejora la tolerancia al stress medioambiental de la planta.
- Inhibición de patógenos e infección.
- Mejora el ciclo de nutrientes de la planta.
- Aporta vitalidad y fuerza a la planta.
- Compatible con equipos de aplicación estándar.
- Condiciones de trabajo y laboreo más seguras.
- Fortalece el sistema inmunológico de las plantas.
- Restablece la microflora del suelo.
- Aumenta la calidad agroalimentaria
- Protege los cultivos de plagas y enfermedades
- Incrementa el crecimiento de la planta

2.9.3. Forma de aplicación del té de compost

El té se puede aplicar bien regando el suelo o bien rociando las hojas de las plantas que queramos beneficiar.

Aplicar el compost al suelo dotará a la planta de nutrientes y crecerá mejor, pero si se rocían las hojas realizará una función de pesticida natural.

Se tiene que oler el compost una vez ya listo, y comprobar que no huela mal. Si huele mal, se puede poner a la pila de compostaje otra vez y utilizarlo más adelante cuando se haya vuelto a integrar al compost sólido.

Para aplicar el té de compost, es bueno hacerlo inmediatamente una vez producido, para así asegurar que conserve el mayor número posible de sus nutrientes, organismos y beneficios iniciales. En el caso de que aún no se pueda aplicar, se puede guardar en botellas cerradas y protegidas del sol, pero lo ideal sería que estuviesen ahí el menor tiempo posible.

Es bueno aplicar el té de compost cuando sea difícil poner compost sólido o bien como complemento del compost sólido.

2.10. Importancia económica del tomate en el consumo peruano

En la actualidad, el tomate es la hortaliza de mayor consumo en el mundo, ya que su producción total al año alcanza los 130 millones de toneladas. La demanda ha ido aumentando significativamente por el creciente reconocimiento de su valor

nutritivo, representado por el licopeno, entre otros. De hecho, la industria del tomate está generalmente concentrada en el área llamada la faja del tomate, situada en la zona semitropical, entre los 30 y 40° de latitud norte y los 30 y 40 grados de latitud sur.

Al cierre de 2008, las ventas al exterior del tomate peruano superan los 12 millones de dólares, monto que representa un crecimiento de 51.8% respecto a las exportaciones del año pasado, informó el Ministerio de Agricultura (MINAG).

Este crecimiento sostenido se debe a la calidad y competitividad de este producto, cualidad ampliamente conocida por los importadores del mundo, señala un reporte de la Dirección General de Información Agraria del MINAG.

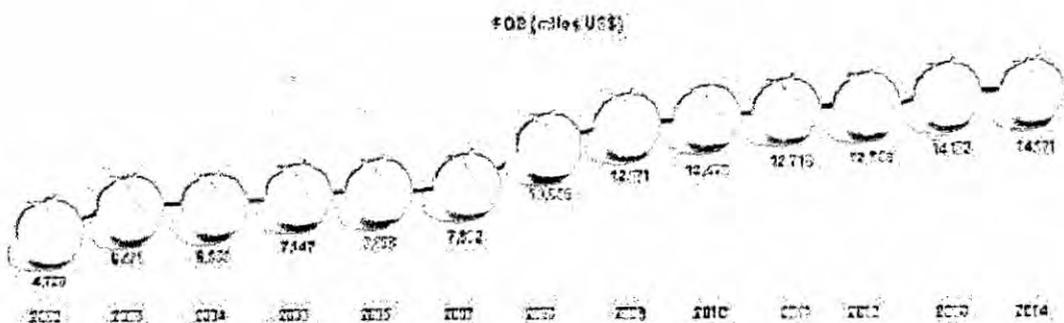
Teniendo en cuenta que a noviembre del presente año ya se había superado en más de US\$ 2.7 millones las exportaciones totales de tomate del 2007, se espera que los envíos al exterior para el presente año sobrepasen los US\$ 12 millones.

La producción de tomate se concentra en la costa, con más del 84% de la producción nacional, siendo Ica la principal región productora. Dicha región costera tiene, a noviembre del 2008, el 44.4% de la producción nacional. Actualmente es la mayor zona productora de pasta de tomate para exportación.

El año pasado, la producción nacional de tomates, alcanzó las 173.3 mil toneladas, siendo Ica el mayor productor (51.1%), seguida de Lima (19.5%), Arequipa (7.0%) y La Libertad (4.7%). En conjunto concentraron el 82.3% de la producción nacional.

A noviembre de ese año, la producción en Ica alcanzó los 78.8 mil toneladas, subiendo 24.3% en relación con el mismo periodo del 2007. Asimismo, Lima y La Libertad aumentaron su producción en 34.3% y 21.5%, respectivamente. En la figura 2.9 presentamos este crecimiento de las ventas del tomate al exterior.

FIGURA 2.9
LAS VENTAS AL EXTERIOR DEL TOMATE PERUANO



FUENTE: MINAG

2.11. Técnicas de Identificación de Nutrientes en el abono

a. Kjeldahl para nitrógeno

Se pesa 0,1 gramo de material seco, en un balón Kjeldahl de 100 cm³; se adicionan dos gramos de catalizador (óxido de mercurio y sulfato de potasio) y 3 cm³ de ácido sulfúrico concentrado; luego se somete el balón a la acción lenta del calor en el digestor. Esta digestión tiene una duración promedio de 45 minutos a una hora y se considera que ha terminado cuando la solución toma un color verde claro.

b. Método vía húmeda para P-Ca-Mg

Pre digestión con ácido nítrico. En un balón Kjeldahl de 50 cm³ se pesan 0,2 gramos de muestras, se agrega 1 cm³ de ácido nítrico concentrado y se deja en reposo durante una noche. Luego se somete a digestión hasta que se vayan los vapores nitrosos y el volumen se reduzca a la mitad.

c. Digestión con mezcla ternaria

Se deja enfriar el balón y se agrega 2 cm³ de mezcla ternaria, se somete a digestión hasta obtener una solución clara, se enfría y se agrega uno a 2 cm³ de ácido clorhídrico concentrado; se calienta suavemente, se enfría nuevamente y

se agrega agua destilada hasta la señal de enrase. En esta solución se determina P-K-Ca-Mg y se denomina solución A.

d. Digestión vía húmeda para N-P-K-Ca-Mg

Mezcla catalizadora: Sulfato de sodio y selenio. A 0,4 gramos de la muestra se añade 1,2 gramos de catalizador y 6 cm³ de ácido sulfúrico concentrado en balones Kjeldahl de 100 cm³. Se somete a digestión hasta obtener una solución clara, teniendo en cuenta que el cuello del balón esté libre de partículas de selenio las cuales pueden interferir en la determinación de magnesio. Esta solución se llama solución B.

2.12. Cultivo Hidropónico del tomate

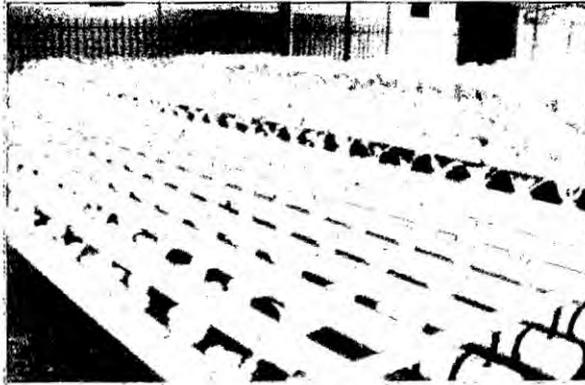
En América, el consumo de tomates (y de productos derivados de la hidroponía) ha aumentado de forma considerable en los últimos 20 años debido al cambio de mentalidad del americano promedio de consumir productos "más sanos", "más orgánicos", con "menos aditivos" sin embargo, la realidad es que en el cultivo hidropónico también se usan diferentes insecticidas, bactericidas y otros, solo que son más fáciles de controlar sus concentraciones y se usan en menos oportunidades debido al aislamiento relativo que mejora el control de plagas del cultivo hidropónico.

Mientras el tomate crece de forma natural en los países con climas tropicales y subtropicales, en países con climas templados, el cultivo se realiza en invernaderos de cultivo hidropónico (véase figura 2.10 en página 94) que pueden ser de sustrato o de raíz flotante (se prefiere el sustrato).

La ventaja de cultivar el tomate en un cultivo hidropónico en ambiente controlado (en invernadero) es la capacidad de modificar todos los factores relacionados con su desarrollo de forma más minuciosa como cultivar en áreas con suelos no aptos (si se hace con técnica de hidroponía), evitar las pérdidas excesivas de agua por evaporación, control estricto de la temperatura, riego más efectivo, control de los efectos del viento y de la exposición directa a la luz solar y la capacidad de "aislarlo" de las posibles plagas (esto no es totalmente cierto dado que algunas plagas logran ingresar a los invernaderos y requieren acciones más específicas). Pero, sobre todo la ventaja es poder aislarlo del suelo ya que éste puede aportar salinidad, concentraciones inadecuadas de nitratos y otros minerales, humedad inadecuada, oxigenación pobre de las raíces y enfermedades.

FIGURA N° 2.10

CULTIVO HIDROPONICO DEL TOMATE INVERNADERO



Fuente: <http://www.navarraagraria.com/n140/arthidro.pdf>

2.13. Definición de términos básicos

- **Abonos orgánicos:** Es todo material que se obtiene de la degradación y mineralización de materiales orgánicos que provienen directa o indirectamente de las plantas y/o animales.
- **Fertilizante:** Sustancia destinada a abastecer y suministrar los elementos químicos al suelo para que la planta los absorba, se trata de un aportador artificial de nutrientes.
- **Desechos sólidos:** Son aquellos residuos que se producen por las actividades del hombre o por los animales, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superfluos. En resumen, son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una

utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.

- **Solución nutritiva hidropónica:** Conjunto de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en agua, que las plantas necesitan para su desarrollo.
- **Hortalizas:** El término hortalizas nombra a un conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o preparada culinariamente, y que incluye las verduras y las legumbres verdes (las habas y los guisantes). Las hortalizas no incluyen las frutas ni los cereales.
- **F.A.O:** Siglas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- **Bio-remediación:** Cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas o enzimas para recuperar un medio ambiente alterado por contaminantes.
- **Descomposición aeróbica:** Aeróbica implica presencia de aire y más concretamente de oxígeno, la descomposición se da por la acción de las bacterias que destruyen la materia orgánica a descomponer implica una renovación de oxígeno para que dichas bacterias se multipliquen.
- **Termófilos:** El término termófilo se aplica a organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura

relativamente altas, por encima de los 45°C. Es un subtipo de vida extremófila. Muchos termófilos pertenecen al dominio Archaea. Estos organismos tienen una tasa de crecimiento rápido pero de corta duración. Ejemplos de este tipo son los organismos vivos que se desarrollan al lado de las fumarolas o chimeneas hidrotermales en las profundidades del océano. Como el anélido *Riftiapachyptila* y también algunos microorganismos como las bacterias metanógenas que se desarrollan en las mismas condiciones.

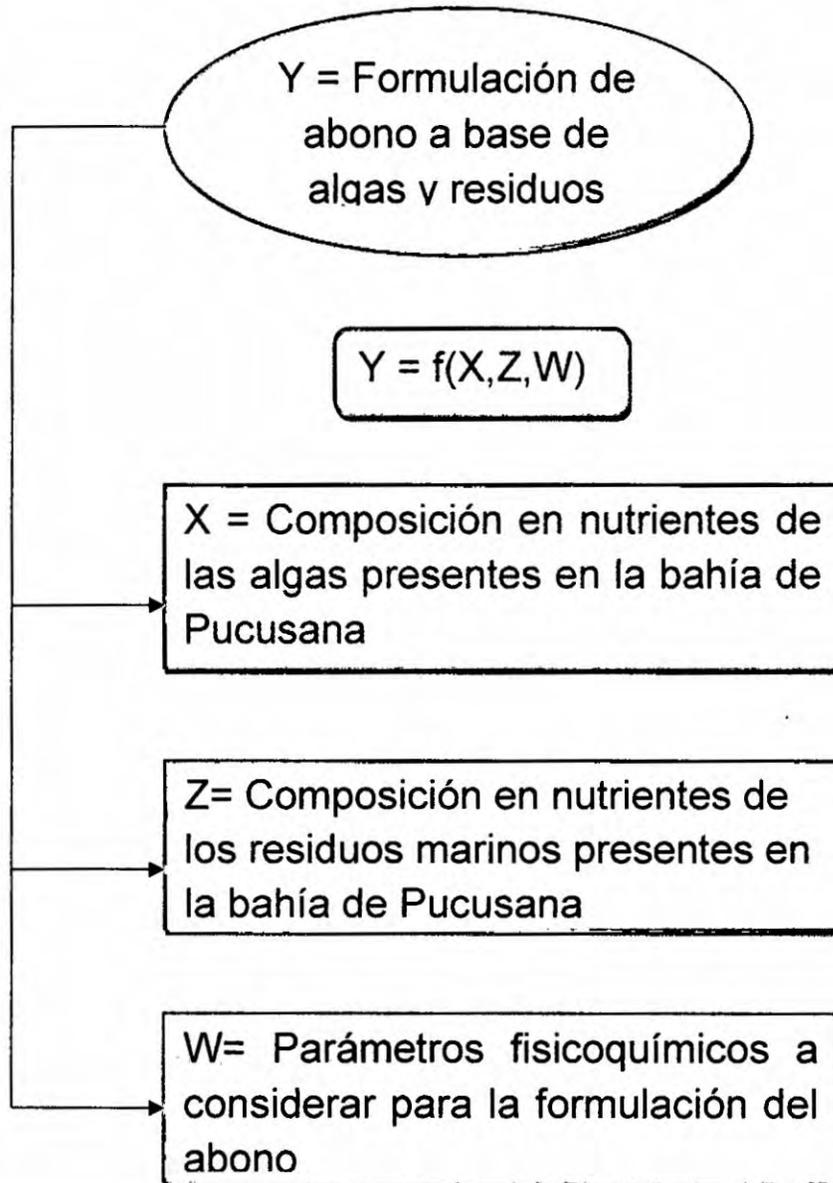
- **Nutriente para plantas:** Denominamos nutrientes a aquellos elementos químicos que las plantas necesitan para poder crecer, mantenerse, producir frutos y semillas.
- **Fitogeografía:** La fitogeografía es la rama de la biogeografía responsable de estudiar el origen, distribución, adaptación y asociación de las plantas sudamericanas, de acuerdo con la localización geográfica y su evolución. Se emplean para ello información del subcontinente brindada por la fitoecología, la fitosociología, la fitocorología, y la paleofitogeografía, o fitogeografía histórica.
- **Leguminosas:** En agricultura se incluye bajo este vocablo a un grupo de plantas cultivadas pertenecientes a la familia del mismo nombre, que se usan preferentemente para alimentación de los animales y del hombre. Pueden ser de

grano (judía, soja, haba, lenteja, garbanzo, guisante, algarroba, altramuz, cacahuete, etc.) o forrajeras (alfalfas, tréboles, vezas, etc.)

➤ **Horticultura:** La horticultura es la ciencia, la tecnología y los negocios envueltos en la producción de hortalizas (es decir, de plantas herbáceas) con destino al consumo. Se distingue de la fruticultura, es decir, de la producción y manejo de especies leñosas y semileñosas productoras de frutas. Ambas disciplinas se distinguen tanto en el tipo de materiales usados, de prácticas, de manejos y de requerimientos. La horticultura es la técnica del cultivo de plantas que se desarrollan en huerto.

CAPITULO III
VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación



3.2. Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y= Formulación de abono a base de algas y residuos marinos.	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales • Equipos • Procedimientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje en peso. • Características. • Características. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos experimentales • Mediciones
VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X= Composición en nutrientes de las algas presentes en la bahía de Pucusana.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de alga parda. • Nutrientes de las algas pardas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características. • Porcentaje en peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de muestras. • Entrevistas • Observación directa. • Revisión de publicaciones.
Z= Composición en nutrientes de los residuos marinos presentes en la bahía de Pucusana.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de residuos marinos. • Nutrientes de los residuos marinos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características. • Porcentaje en peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de muestras. • Entrevistas • Observación directa. • Revisión de Publicaciones.
W= Parámetros fisicoquímicos a considerar para la formulación del abono.	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad metabólica de microorganismos • Humedad • pH del medio • Aireación 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • % de humedad • pH • Nivel de aireación 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de Publicaciones • Observación directa. • Entrevistas

3.3. Hipótesis general e Hipótesis específicas

Hipótesis General

Mediante el estudio de los parámetros que contribuyen al desarrollo y producción de las plantas de tomate, así como una adecuada composición de algas pardas y residuos marinos, y otros materiales orgánicos se logrará obtener un abono con propiedades de aumentar la talla de sus raíces.

Hipótesis específicas

- a. Las algas pardas presentes en el distrito de Pucusana pertenecen a la familia de las Gracilaria Peruana, Gracilariopsis y Gigartina y son ricas en nitrógeno y calcio.
- b. Los residuos marinos del distrito de Pucusana incluyen a las vísceras y piel de pescados tales como corvina, bonito y cojinova principalmente y son ricas en nitrógeno, fosforo y potasio.
- c. Para formular abono a base de algas y residuos marinos se controlan parámetros tales como temperatura, aireación, pH del medio y humedad.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Tipo de investigación

Los tipos de investigación que se realizó en la presente tesis son:

Por su **finalidad** es del tipo **aplicada**, puesto que sus resultados sirven para aplicarlos en la práctica.

Por su **diseño interpretativo** es **experimental**, porque en la investigación del trabajo de tesis, el estudio se realiza mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes.

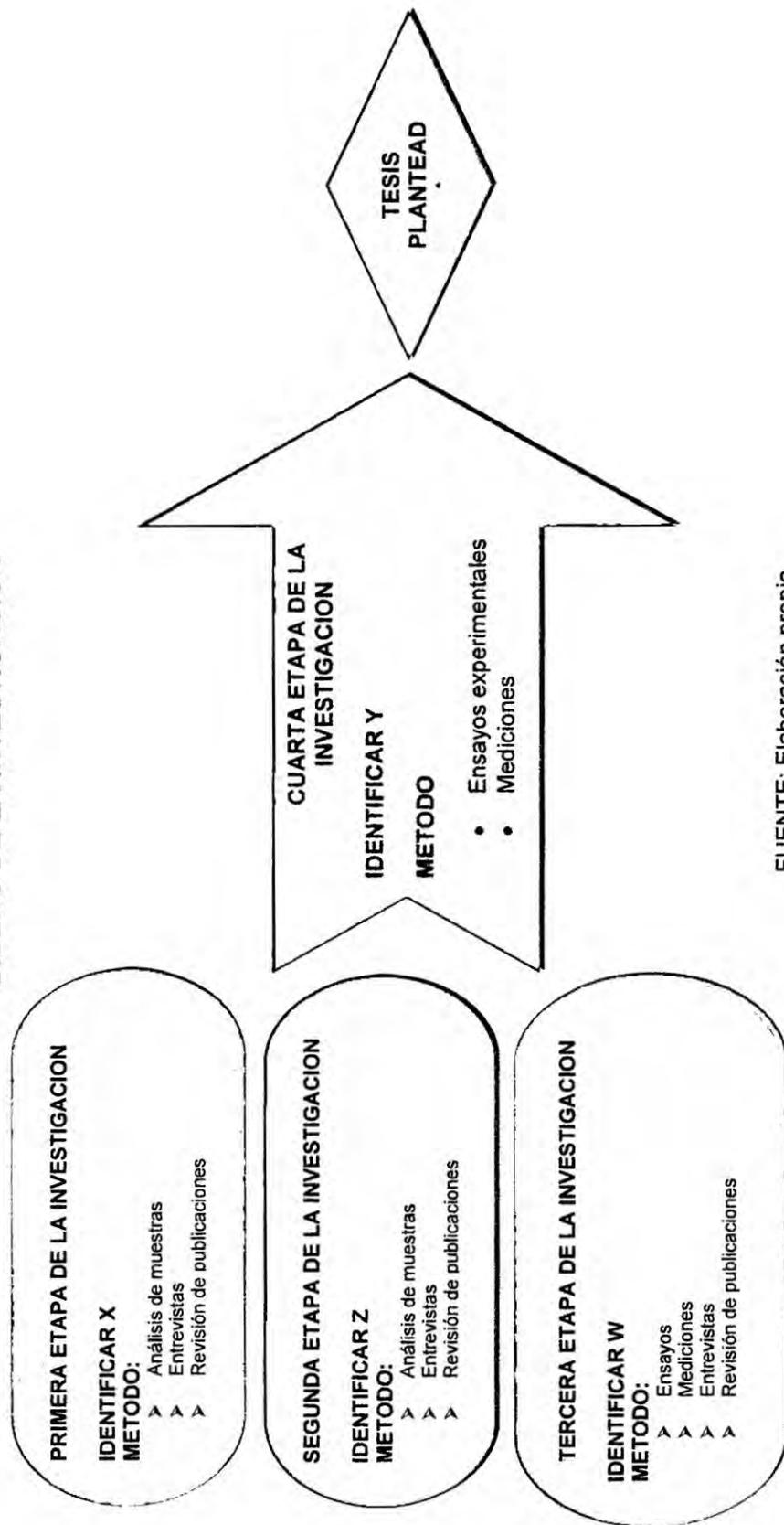
Por el **énfasis de la naturaleza de los datos manejados** es del tipo **cuantitativo**, porque las variables de la investigación son cuantitativas.

4.2. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación se ha considerado cuatro momentos, los cuales se muestran en la figura 4.1 de la página 102.

FIGURA N° 4.1

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN



Metódica en cada momento de la investigación

I ETAPA

Se hizo una revisión bibliográfica por medios escritos y virtuales, sobre todo lo relacionado con las algas pardas (clasificación, ciclo vital, composición química, etc.) además se recolectó información primaria a través de reconocimientos directos del lugar de estudio y de entrevistas que se realizaron a los pescadores y vecinos del puerto de Pucusana sobre las características y zonas de mayor concentración de las algas en la bahía.

Luego se extrajo un total de 10 kg de algas pardas de distintas zonas de la bahía de Pucusana el cual se homogenizó y se le aplicó técnicas de cuarteo con el fin de obtener una muestra representativa de 1 kg.

Se transportó la muestra a Lima en una hielera y por último se analizó fisicoquímicamente en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

II ETAPA

Se hizo una revisión bibliográfica por medios escritos y virtuales, sobre todo lo relacionado con los residuos de pescado (características, composición química, etc.) además se recolectó

información primaria a través de reconocimientos directos en la zona de desangrado y eviscerado de pescado del muelle de Pucusana y de entrevistas que se realizaron a los pescadores y trabajadores del puerto de Pucusana sobre las características y horarios de mayor actividad en dicho puerto (5 a 6 a.m.).

Se coordinó con administración del Puerto y luego se recolectó un total de 10 kg residuos de pescado que se encontraban depositados en cilindros cerca de la zona de desangrado y eviscerado el cual se homogenizó y se le aplicó técnicas de cuarteo con el fin de obtener una muestra representativa de 1 kg.

Se transportó la muestra a Lima en una hielera y por último se analizó fisicoquímicamente en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

III ETAPA

Se hizo una revisión bibliográfica por medios escritos y virtuales, sobre todo lo relacionado con el compostaje: materias primas, propiedades, factores que condicionan el proceso, propiedades físico-químicas, principales problemas en su elaboración, etc.

Además se recolectó información primaria a través de reconocimientos directos en la zona de compostaje de la Universidad Nacional Agraria La Molina y de entrevistas que se

realizaron a los docentes de la Universidad Nacional Agraria La Molina en las facultades de Zootecnia y Agronomía sobre todo lo relacionado al proceso de compostaje y su aplicación en plantas.

IV ETAPA

Esta etapa la subdividimos en dos:

- a) Elaboración de compost
- b) Ensayos experimentales en planta de tomate

a. Elaboración de compost

Ubicación

Se elaboró y envió una carta dirigida al Ing. Gustavo Gutiérrez – Jefe del Laboratorio de fibras de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina solicitándole proporcione un terreno para diseñar las pilas de compost.

El terreno destinado está en la parte trasera del área de ovinos de la facultad de zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina y cuenta con una extensión de 50 m².

Cálculos y recolección de materias primas

Las materias primas utilizadas en la elaboración de compost fueron:

1. Algas pardas.
2. Residuos de pescado.
3. Estiércol de vaca.
4. Pajilla de arroz.

Una muestra de 1 Kg de cada material se analizó en el laboratorio de suelos de la UNALM, los resultados se presentan en la TABLA N° 10.1 de la página 146 del capítulo de ANEXOS.

La relación C/N es un parámetro útil en el proceso de compostaje, el C y N son los elementos más importantes para el crecimiento bacteriano. Con una relación C/N inicial alta el compost se mantiene frío y se produce lentamente mientras que una relación C/N inicial baja produce liberación de amoníaco lo que genera olores desagradables.

Según literatura la relación C/N óptima durante el inicio del proceso del compostaje de residuos es de 25 hasta 35.

Para los cálculos de balance de materia usamos información de la relación C/N de los materiales usados en el compostaje que se encuentra en la TABLA N° 10.1 de la página 146 del capítulo de ANEXOS, a continuación se presenta una tabla resumen que nos sirvió para los cálculos.

TABLA N° 4.1

RELACIÓN C/N DE MATERIAS PRIMAS ANALIZADAS

N°	MATERIAL	C/N
1	ALGA PARDA	11.15
2	RESIDUO DE PESCADO	6.36
3	ESTIERCOL DE VACA	19
4	PAJILLA DE ARROZ	121

FUENTE: Laboratorio de suelos UNALM

Formulamos las mezclas para que tengan al inicio del proceso una relación C/N de 30 que es una relación promedio adecuada según bibliografía sobre elaboración de compost.

Se elaboraron 3 mezclas con distintas formulaciones teniendo como base la cantidad de algas y residuos de pescado de la siguiente manera:

- 1) **MEZCLA 1:** ALGAS PARDAS= 20 KG, RESIDUOS DE PESCADO= 20 KG
- 2) **MEZCLA 2:** ALGAS PARDAS= 10 KG, RESIDUOS DE PESCADO= 20 KG
- 3) **MEZCLA 3:** ALGAS PARDAS= 20 KG, RESIDUOS DE PESCADO= 10 KG

Ahora sólo resta conocer la cantidad de material para el estiércol de vaca y la pajilla de arroz que se obtendrá por cálculos de balance de materia:

$$PM = P1 + P2 + P3 + P4 \dots\dots (1)$$

P1, P2, P3, P4 = Peso de cada material

PM = Peso de mezcla

$$C/N \text{ MEZCLA} = (P1/PM)*C/N1 + (P2/PM)*C/N2 + (P3/PM)*C/N3 + (P4/PM)*C/N4 \dots\dots (2)$$

C/N MEZCLA= Relación Carbono-Nitrógeno de la mezcla

C/N1, C/N2, C/N3, C/N4 = Relación Carbono-Nitrógeno de cada material

MEZCLA 1

Usamos como base 100 kg de mezcla, 20 kg de algas y 20 kg de restos de pescado.

Entonces tenemos:

- PM = 100 kg
- P1 = 20 kg
- P2 = 20 kg
- C/N1 = 11.15
- C/N2 = 6.36
- C/N3 = 19
- C/N4 = 121

Reemplazando estos datos en las ecuaciones 1 y 2 obtenemos dos ecuaciones con dos variables:

$$\begin{cases} 100 = 20 + 20 + P3 + P4 \\ 30 = (20/100)*11.15 + (20/100)*6.36 + (P3/100)*19 + (P4/100)*121 \end{cases}$$

Resolviendo el sistema:

$$P3 = 45.2 \text{ kg}$$

$$P4 = 14.8 \text{ kg}$$

MEZCLA 2

Usamos como base 100 kg de mezcla, 10 kg de algas y 20 kg de restos de pescado.

Entonces tenemos:

- $PM = 100 \text{ kg}$
- $P1 = 10 \text{ kg}$
- $P2 = 20 \text{ kg}$
- $C/N1 = 11.15$
- $C/N2 = 6.36$
- $C/N3 = 19$
- $C/N4 = 121$

Reemplazando estos datos en las ecuaciones 1 y 2 obtenemos dos ecuaciones con dos variables:

$$\begin{cases} 100 = 10 + 20 + P3 + P4 \\ 30 = (10/100)*11.15 + (20/100)*6.36 + (P3/100)*19 + (P4/100)*121 \end{cases}$$

Resolviendo el sistema:

$$P3 = 56 \text{ kg}$$

$$P4 = 14 \text{ kg}$$

MEZCLA 3

Usamos como base 100 kg de mezcla, 20 kg de algas y 10 kg de restos de pescado.

Entonces tenemos:

- PM = 100 kg
- P1 = 20 kg
- P2 = 10 kg
- C/N1 = 11.15
- C/N2 = 6.36
- C/N3 = 19
- C/N4 = 121

Reemplazando estos datos en las ecuaciones 1 y 2 obtenemos dos ecuaciones con dos variables:

$$\begin{cases} 100 = 20 + 10 + P3 + P4 \\ 30 = (20/100)*11.15 + (10/100)*6.36 + (P3/100)*19 + (P4/100)*121 \end{cases}$$

Resolviendo el sistema:

$$P3 = 56.4 \text{ kg}$$

$$P4 = 13.6 \text{ kg}$$

Luego de realizar los cálculos tenemos las siguientes formulaciones:

TABLA N° 4.2

FORMULACIONES DE ABONO

FORMULACION	ALGAS PARDAS Kg	RESTOS DE PESCADO Kg	ESTIERCOL DE VACA Kg	PAJILLA DE ARROZ Kg
COMPOST 1	20	20	45.2	14.8
COMPOST 2	10	20	56	14
COMPOST 3	20	10	54.4	13.6

FUENTE: Elaboración propia

Recolección de materiales

ALGAS PARDAS: Se extrajo 50 kg de este material mar adentro de la playa en la playa de Pucusana con la ayuda de un bote. Posteriormente se transportó a Lima.

RESTOS DE PESCADO: Se recolectó 50 kg de este material de los cilindros de basura en el área de desangrado y eviscerado del muelle de Pucusana. Posteriormente se trasladó el material a Lima en una hielera.

ESTIERCOL DE VACA: Para obtener este material se procedió a la compra de 4 sacos de 40 kg cada uno del área de vacunos de la facultad de zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

PAJILLA DE ARROZ: Para obtener este material se procedió a la compra de 1 saco de 40 kg del área de leguminosas del Huerto de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

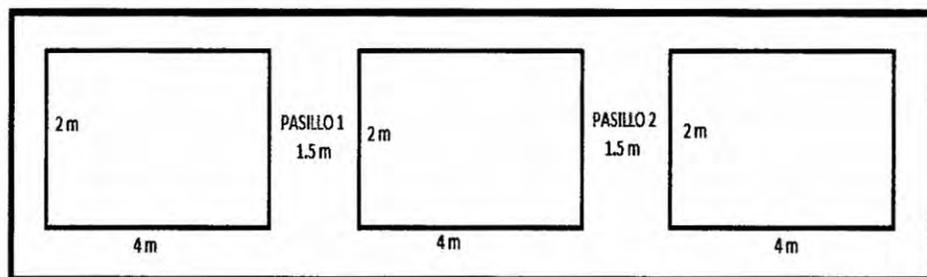
Armado de las pilas de compostaje

Una vez seleccionado el terreno destinado para el compostaje, se procedió a retirar de la misma, malezas, arbustos u otros elementos que interfieran con la operación del sistema. Posteriormente, se realizó la compactación y nivelación del terreno. La dimensión cada área de compostaje para los 3 abonos

fue de 2 m x 4 m, se consideró adicionalmente un espacio que usamos como pasillo entre cada pila de compost, el ancho del pasillo fue de 1.5 m. Véase figura 4.2 en página 113.

FIGURA N° 4.2

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE TERRENO PARA
COMPOSTAJE



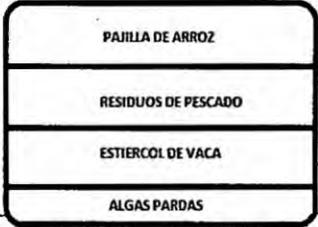
FUENTE: Elaboración propia

Luego acomodamos el residuo orgánico previamente triturado y homogenizado en capas, cada capa tendrá un espesor específico.

Por la cantidad de materiales la pila tuvo 1 m de ancho, 1m de largo y 1 m de altura. La distribución de materiales en capas fue la siguiente:

TABLA N° 4.3

DISTRIBUCION DE MATERIALES EN CAPAS

DISTRIBUCION EN CAPAS	N° DE FORMULACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD (kg)	ESPESOR (cm)
 <p>1 m de altura (100 cm)</p>	COMPOST 1	ALGAS PARDAS	20	20
		RESIDUOS DE PESCADO	20	30
		ESTIERCOL DE VACA	45.2	40
		PAJILLA DE ARROZ	14.8	10
	COMPOST 2	ALGAS PARDAS	10	15
		RESIDUOS DE PESCADO	20	30
		ESTIERCOL DE VACA	56	45
		PAJILLA DE ARROZ	14	10
	COMPOST 3	ALGAS PARDAS	20	20
		RESIDUOS DE PESCADO	10	15
		ESTIERCOL DE VACA	54.4	45
		PAJILLA DE ARROZ	13.6	10

Fuente: Elaboración propia

Al terminar de elaborar la pila de compost se agregó 60 litros de agua aproximadamente a cada pila.

Manejo del sistema de pilas de compost

➤ CONTROL DE HUMEDAD

El control del contenido de humedad se realizó una vez por semana, se aplicó el siguiente procedimiento empírico utilizado convencionalmente en los procesos de compostaje:

Se toma un puñado de la abonera y se aprieta.

- Si sale agua es que tiene demasiada humedad. No debe echar más agua.
- Si al apretar no sale agua, al soltar el abono deja la mano húmeda y untada de abono la humedad está bien
- Si al agarrar el abono la mano no queda húmeda y untada, se debe agregar agua.

Al finalizar el proceso de compostaje se analizó el contenido de humedad del compost maduro en el Laboratorio de Suelos de la UNALM.

➤ MONITOREO Y CONTROL DE LA TEMPERATURA

Este proceso se realizó con la ayuda de un termómetro insertándolo en el núcleo de las pilas con un tiempo estimado de un minuto y medio a dos. Con esto pretendemos obtener la temperatura interna que posee la pila, con los datos que se obtuvieron se compararon con los niveles adecuados que se encuentran en la revisión bibliográfica (35-55°C). Este proceso al igual al de la humedad se realizara una vez por semana.

➤ MEDICION DE PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Según la normativa ASTM D 4940 medición de conductividad y pH con equipo WATERPROOF TESTER HANNA INSTRUMENT HI 98311 se procedió a tomar una muestra de 200 gramos

combinándolo con agua en una relación 1 a 1, seguidamente se agitó la mezcla durante 10 minutos dejándola sedimentar hasta dejar una fase clara, este proceso se repitió por duplicado. Seguido a la fase clara se procedió a filtrarla con el fin de eliminar las partículas o finos restantes procediendo finalmente a hacer la lectura de conductividad y pH.

➤ VOLTEO

Con la pala se realizó el primer volteo a las dos semanas de haber establecido la pila de compost, los volteos posteriores se hicieron con una frecuencia semanal para una adecuada aireación de todo el material y así obtener una descomposición adecuada y un buen resultado.

Se repitió este proceso alrededor de cuatro meses hasta que se percibió un cambio en el olor de la mezcla.

Maduración

Esta etapa se evidencio una disminución de la temperatura a 20°C aproximadamente. No se requiere de volteos. Esta etapa duró un mes aproximadamente, al término de este ya no se distinguen los materiales originales y posee un color oscuro, consistencia suave y olor a tierra húmeda.

Cosechado y tamizado

Una vez culminado el proceso de compostaje, el material es extendido sobre el terreno para favorecer la pérdida de humedad.

Para lograr un compost apto para su aplicación agrónoma al final del quinto mes se procedió a separar el abono de las impurezas que quedan, empleando para ello una zaranda, con la finalidad de poder separar el material grueso que aún no se ha descompuesto del compost maduro.

El tamaño de malla usado es de 1 cm x 1 cm, que es el recomendado para el uso agrícola

Empacado

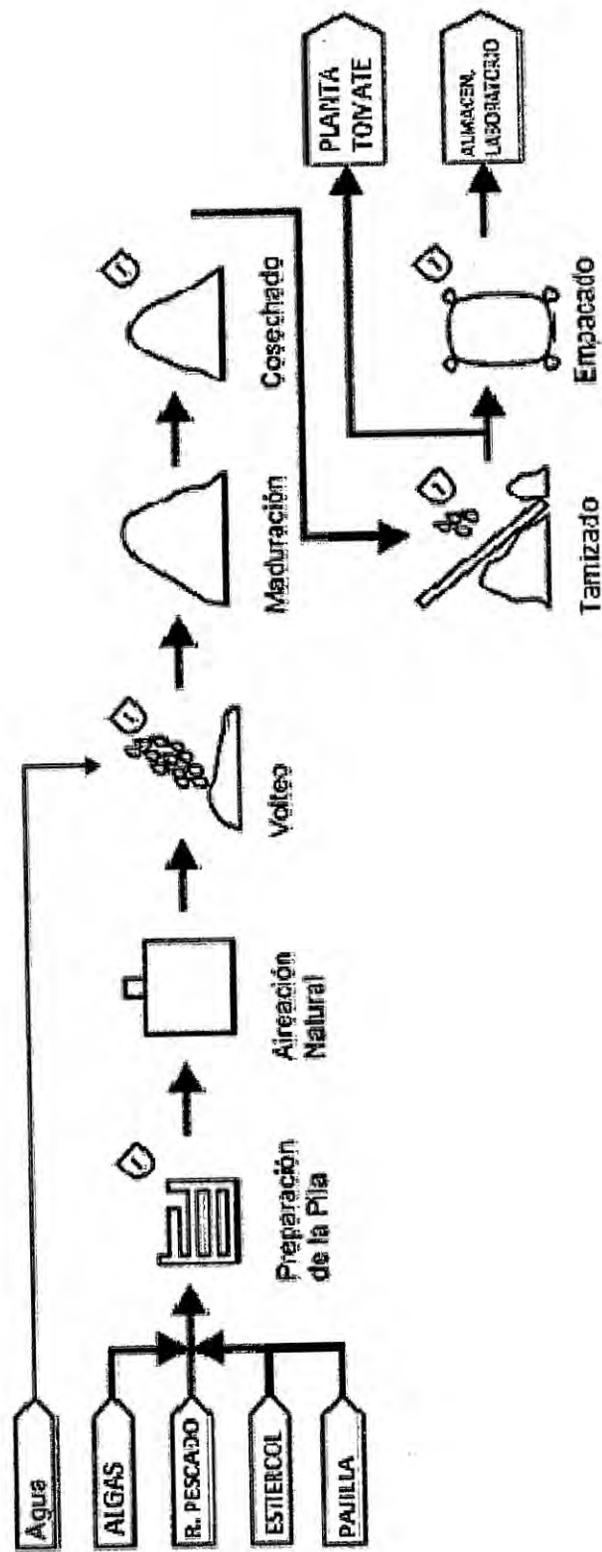
Finalizado el proceso de compostaje y el tamizado, el compost se almacena en sacos bajo techo debido a que el compost expuesto a la intemperie pierde rápidamente los valores de sus nutrientes esenciales, por lavado y lixiviación.

Una parte del compost (1 kg de cada formulación) se llevó a analizar en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La parte restante del compost se almacenó para ser utilizado en la planta de tomate.

FIGURA N° 4.3

DIAGRAMA DE PROCESO DE FORMULACIÓN DE COMPOST A BASE DE ALGAS Y RESIDUOS DE PESCADO



FUENTE: Elaboración propia

b. Ensayos experimentales en la planta de tomate

b.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE RAIZ FLOTANTE

MATERIALES:

- 4 cubetas plásticas con tapa.
- 3 llaves de 3 vías.
- 7 mangueras para suero.
- 1 bomba de pecera.
- 1 extensión de corriente.
- 4 difusores de burbujas para pecera.
- 1 taladro.
- 1 tijera.
- 1 silicona líquida
- 1 escritorio para soporte.

PROCEDIMIENTO

Se conectó las 3 entradas de una llave de 3 vías de la siguiente manera: una a la bomba de la pecera mediante una manguera de suero y las otras dos a dos mangueras de suero respectivamente.

En cada salida de estas dos últimas mangueras se conectó una llave de 3 vías a cada una respectivamente.

En las dos salidas de cada llave de 3 vías se conectó 2 mangueras y a la salida de estas mangueras se conectó un difusor de burbujas respectivamente.

Se hizo una perforación con el taladro en cada tapa de las cubetas y se colocó una manguera con su piedra difusora. El difusor debe quedó dentro de la cubeta.

Se reforzó las uniones entre llaves y manguera con silicona líquida para evitar pérdidas de aire.

b.2. ENSAYOS EXPERIMENTALES

MATERIALES

- 4 plántulas de tomate
- 4 canastillas para hidroponía
- 1 solución nutritiva para hidroponía
- Medidor de pH y conductividad HANNA INSTRUMENT HI 98311
- 3 telas
- 1 regla
- 1 plumón
- 1 pizarra
- 3 muestras de compost
- 1 rollo de hilo pabilo
- 1 sistema de raíz flotante

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

En primer lugar se preparó un té de compost, esto se hizo dejando remojar compost envuelto en una tela filtrante sobre agua libre de cloro por 4 días. La literatura recomienda para el té de compost usar agua de lluvia o hervir el agua y dejarla enfriar; en el experimento se utilizó agua hervida.

Colocamos cada plántula en una canastilla y luego se colocó una canastilla en cada tapa de las cubetas.

Llenamos de agua cada cubeta, luego a la primera cubeta que usaremos como patrón o planta testigo le agregamos 12 ml de solución nutritiva.

A las otras 3 cubetas le añadiremos 12 ml de cada té de compost respectivamente.

Se enciende la bomba de pecera del sistema de raíz flotante y se deja enchufado para que el agua se oxigene constantemente.

La dosis de té de compost y de solución nutritiva hidropónica se realizó a diario durante 3 meses, se anotó datos de talla de raíz cada semana y otras características organolépticas percibidas que se consideró importante.

4.3. Población y muestra

La investigación empleó como población algas pardas de la bahía del distrito limeño de Pucusana, residuos de pescado ubicados en el malecón "San Martín" del mismo distrito.

Se tomó muestras de 1 kg de algas pardas, y 1 kg de residuos de pescados recolectados del área de limpieza y eviscerado del pescado ubicado en el muelle antes mencionado.

4.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

A) Técnicas

- Entrevistas.
- Análisis de documentos.
- Observación directa.
- Análisis fisicoquímicos a muestras

B) Instrumentos

- Guía de entrevista
- Fichas bibliográficas.
- Guía de observación.

4.5. Procedimientos de recolección de datos

4.5.1. Cambios de temperatura durante el proceso de compostaje

Esta información se obtuvo por medición directa usando el termómetro en el núcleo de la pila de compost. Esta medición se realizó semanalmente alrededor de 5 meses.

Se usó el siguiente formato:

TABLA N° 4.4

FORMATO: CAMBIOS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

TIEMPO	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1			
SEMANA 2			
SEMANA 3			
SEMANA 4			
SEMANA 5			
SEMANA 6			
SEMANA 7			
SEMANA 8			
SEMANA 9			
SEMANA 10			
SEMANA 11			
SEMANA 12			
SEMANA 13			
SEMANA 14			
SEMANA 15			
SEMANA 16			
SEMANA 17			
SEMANA 18			
SEMANA 19			
SEMANA 20			

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Cambios de pH durante el proceso de compostaje

Esta información se obtuvo por medición directa usando un medidor de pH en el núcleo de la pila de compost. Esta medición se realizó semanalmente alrededor de 5 meses.

Se usó el siguiente formato:

TABLA N° 4.5

FORMATO: CAMBIOS DE pH DURANTE EL PROCESO DE
COMPOSTAJE

TIEMPO	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1			
SEMANA 2			
SEMANA 3			
SEMANA 4			
SEMANA 5			
SEMANA 6			
SEMANA 7			
SEMANA 8			
SEMANA 9			
SEMANA 10			
SEMANA 11			
SEMANA 12			
SEMANA 13			
SEMANA 14			
SEMANA 15			
SEMANA 16			
SEMANA 17			
SEMANA 18			
SEMANA 19			
SEMANA 20			

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Cambios de conductividad durante el proceso de compostaje

Esta información se obtuvo por medición directa usando un medidor de conductividad en el núcleo de la pila de compost. Esta medición se realizó semanalmente alrededor de 5 meses. Se usó el siguiente formato:

TABLA N° 4.6

FORMATO: CAMBIOS DE CONDUCTIVIDAD DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

TIEMPO	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1			
SEMANA 2			
SEMANA 3			
SEMANA 4			
SEMANA 5			
SEMANA 6			
SEMANA 7			
SEMANA 8			
SEMANA 9			
SEMANA 10			
SEMANA 11			
SEMANA 12			
SEMANA 13			
SEMANA 14			
SEMANA 15			
SEMANA 16			
SEMANA 17			
SEMANA 18			
SEMANA 19			
SEMANA 20			

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Tamizado

Esta información se obtuvo tomando registro del peso en kilogramos del compost maduro al inicio y al material retenido en la malla. El tamizado se pesó al final.

Se usó el siguiente formato:

TABLA N° 4.7

FORMATO: TAMIZADO

FORMULACION	ALIMENTADO kg	TAMIZADO kg	RETENIDO kg
COMPOST 1			
COMPOST 2			
COMPOST 3			

Fuente: Elaboración propia

4.5.5. Cambios en la talla de la raíz de la planta de tomate

Esta información se obtuvo tomando registro cada semana del tamaño de la raíz de la planta de tomate. Se utilizó 4 plantas de tomate, se aplicó diariamente té de compost de cada una de las 3 muestras de abono experimental para 3 plantas respectivamente y en la última planta se aplicó a diario una solución nutritiva que se utiliza en un sistema hidropónico convencional. El proceso duró aproximadamente 3 meses y medio.

Se usó el siguiente formato:

TABLA N° 4.8

FORMATO: CAMBIOS EN LA TALLA DE LA RAIZ DE LA PLANTA DE
TOMATE

TIEMPO	TALLA DE RAICES (cm)			
	SOLUCION NUTRITIVA	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1				
SEMANA 2				
SEMANA 3				
SEMANA 4				
SEMANA 5				
SEMANA 6				
SEMANA 7				
SEMANA 8				
SEMANA 9				
SEMANA 10				
SEMANA 11				
SEMANA 12				
SEMANA 13				
SEMANA 14				

Fuente: Elaboración propia

4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

Tomando como referencia que la prueba paramétricas sólo se puede utilizar para comparar efectos medios entre 2 grupos de muestrales obteniendo la aceptación o rechazo de la hipótesis; caso distinto es cuando existen más de 2 grupos muestrales y se quiera hacer comparaciones simultaneas como en este experimento (3 abonos orgánicos y un patrón) podríamos comparar el efecto de un grupos muestrales (un abono) con otro grupo muestral (un abono distinto) pero NO podremos comparar

los 4 grupos muestrales de manera simultánea utilizando las pruebas paramétricas convencionales.

De acuerdo a los cálculos mostrados en la tabla 4.10 podemos observar que los índices varianzas calculadas son mayores a 0.5 concluyendo que esta es una prueba no paramétrica.

En estos casos se utiliza ANOVA como procedimiento para analizar si los efectos de cada una de las 4 muestras (3 abonos orgánicos y 1 abono comercial) son diferentes o similares dando la valides a la hipótesis planteada. Se utilizó una probabilidad del 99.9%.

TABLA N° 4.9

VARIACIÓN DE LA TALLA DE LAS RAÍCES DE LA PLANTA DE TOMATE

SEMANTAS	DIFERENCIA DE TALLA DE RAIZ (cm)			
	SOL. NUTRITIVA	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 2	2.7	1.2	1.8	2.1
SEMANA 3	2.1	1.2	2.3	2.9
SEMANA 4	2.5	2.4	1.6	3.5
SEMANA 5	2.6	0.3	2.6	2.6
SEMANA 6	0.6	3.7	1.8	1.9
SEMANA 7	2.5	2.4	1.6	4.3
SEMANA 8	2.5	2.4	3.0	2.2
SEMANA 9	1.4	1	1.7	3.1
SEMANA 10	3.7	1.8	2.6	2.6

SEMANA 11	2.5	2.3	1.6	2.3
SEMANA 12	2.8	3.4	2.9	1.5
SEMANA 13	2.5	3.4	2.1	2.9
SEMANA 14	2.8	0.5	0.0	3.0

Fuente: Elaboración propia

Se observó que el contraste F (1.42136903) es menor que el F crítico (4.21795784) lo que nos hizo concluir que los 4 tratamientos presentan efectos similares (no presentan efectos medios significativos). Ver tabla N° 4.10 en página 129.

TABLA N° 4.10

ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS ANOVA

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	13	29.3	2.25384615	0.69435897
Columna 2	13	28.8	2.21538462	1.13974359
Columna 3	13	25.6	1.96923077	0.59694103
Columna 4	13	34.53	2.65615385	0.52945897

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>punto critico</i>
Entre grupos	3.155975	3	1.05199167	1.42136903	0.2480615	4.21795784
Dentro de los grupos	35.5260308	48	0.74012564			

Total 38.6820058 51

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Cambios de temperatura durante el proceso de compostaje

La fase mesofila abarcó aproximadamente las primeras 5 semanas llegando a temperaturas promedio de **38.66 °C** para el **compost 1**, **41.76 °C** para el **compost 2** y **39.23 °C** para el **compost 3**.

La fase termófila abarcó aproximadamente desde la semana 6 hasta la semana 12, se evidenció una pronunciada elevación de la temperatura y emanación de gases. Las temperaturas máximas en esta etapa fueron **63.62 °C** en el **compost 1**, **65.67 °C** en el **compost 2** y **68.13 °C** en el **compost 3**.

La fase de enfriamiento o mesofila II abarcó aproximadamente desde la semana 13 a la semana 16, se evidenció una disminución de la temperatura progresiva. Las temperaturas llegaron a **30.12 °C** para el **compost 1**, **28.76 °C** para el **compost 2** y **30.65 °C** para el **compost 3**.

La fase de maduración abarcó aproximadamente desde la semana 17 a la semana 20, aquí ocurrió una disminución ligera de la temperatura hasta llegar a una temperatura cercana a la del medio ambiente.

Ver estos resultados en los la tabla N°10.2 de la página 146.

5.2. Cambios de pH durante el proceso de compostaje

La fase mesofila abarcó aproximadamente las primeras 5 semanas llegando a pH de 7.5 para el compost 1, 7.2 para el compost 2 y 7.3 para el compost 3.

La fase termófila abarcó aproximadamente desde la semana 6 hasta la semana 12, los picos de pH en esta etapa fueron 8.7 en la semana 10 para el compost 1, 8.8 en la semana 12 para el compost 2 y 8.7 en la semana 12 para el compost 3.

La fase de enfriamiento o mesofila II abarcó aproximadamente desde la semana 13 a la semana 16, el pH llegó a 7 para el compost 1, 8.1 para el compost 2 y 8.0 para el compost 3.

La fase de maduración abarcó aproximadamente desde la semana 17 a la semana 20, el pH para el compost maduro de la muestra 1 fue de 6, de 7.3 para la muestra 2 y 7.3 para la muestra 3.

Ver estos resultados en los la tabla N° 10.3 de la página 148.

5.3. Cambios de conductividad eléctrica durante el proceso de compostaje

La fase mesofila abarcó aproximadamente las primeras 5 semanas llegando a una conductividad eléctrica de 1.38 dS/m para el compost 1, 1.5 dS/m para el compost 2 y 1.42 dS/m para el compost 3.

La fase termófila abarcó aproximadamente desde la semana 6 hasta la semana 12, los picos de conductividad eléctrica en esta etapa fueron 2.7 dS/m para el compost 1, 2.4 dS/m para el compost 2 y 1.9 dS/m para el compost 3.

La fase de enfriamiento o mesofila II abarcó aproximadamente desde la semana 13 a la semana 16, la conductividad eléctrica llegó a 1.9 dS/m para el compost 1, 2.2 dS/m para el compost 2 y 1.87 dS/m para el compost 3.

La fase de maduración abarcó aproximadamente desde la semana 17 a la semana 20, la conductividad eléctrica para el compost maduro de la muestra 1 fue de 1.7 dS/m, de 2.1 dS/m para la muestra 2 y 1.84 dS/m para la muestra 3.

Ver estos resultados en los la tabla N° 10.4 de la página 150.

5.4. Tamizado

Los resultados muestran que existe una similitud en la cantidad de compost obtenido luego de la fase de maduración (42.2 kg, 38.2 kg y 41.6 kg), también se observa que casi el 20 % de la cantidad de material alimentado en la zaranda para los 3 ensayos es retenido.

Ver estos resultados en los la tabla N° 10.5 de la página 152.

5.5. Crecimiento de talla de raíces durante el proceso de compostaje

Los resultados muestran diferencias entre la talla de las raíces con el compost 1 y 2 con el compost 3 que presenta un mayor grado de crecimiento (40.1 cm) luego de 3 meses y medio.

La talla de las raíces con el compost 2 presenta una menor tasa de crecimiento a partir de la semana 12.

La talla de las raíces con el compost 1 presenta una menor tasa de crecimiento a partir de la semana 13

Ver estos resultados en los la tabla N° 10.6 de la página 152.

CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

Respecto a hipótesis general:

Según los resultados se cumple con la hipótesis de que se logró obtener un abono compuesto de algas, residuos marinos y materia orgánica, con propiedades de aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate; ya que observamos que la formulación del ensayo experimental número 3 logró un mejor desarrollo de la raíz de la planta de tomate con respecto a los otros dos ensayos experimentales.

Respecto a las hipótesis específicas:

- Según los resultados se cumple con la hipótesis de que las algas pardas de Pucusana son fuente importante de nitrógeno y calcio, ya que el abono posee estos elementos en su composición final, los cuales son nutrientes esenciales en el crecimiento de la raíz de la planta de tomate.
- Según los resultados se cumple con la hipótesis de que los residuos de pescado son fuente importante de nitrógeno, fosforo y potasio, ya que el abono posee estos elementos en su composición final, los cuales son nutrientes

esenciales en el crecimiento de la raíz de la planta de tomate.

- Según los resultados se cumple con la hipótesis ya que se determinó los parámetros importantes a controlar durante el proceso de compostaje que son la temperatura, humedad, pH y aireación para obtener una adecuada descomposición de la materia orgánica.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

- a. El compost 3 presenta la mejor formulación, el cual contiene 20 % P/P de algas pardas, 10 % P/P de residuos marinos, 54.4 % P/P de estiércol y 13.6 % P/P de pajilla de arroz. Este compost fue el que mejor rendimiento dio para el aumento de la talla de las raíces de la planta de tomate en comparación con nuestra muestra patrón y los otros dos ensayos.
- b. La composición de nutriente en las algas pardas fue 3.11 % P/P de Nitrógeno y 34.69 % P/P de Carbono para la formulación del abono destinado al aumento de la talla de las raíces de la planta de tomate.
- c. La composición de nutriente en los residuos de pescado fue 7.46 % P/P de Nitrógeno y 47.52 % P/P de Carbono para la formulación del abono destinado al aumento de la talla de las raíces de la planta de tomate.
- d. Los parámetros de control del proceso de compostaje fueron la temperatura, pH, humedad y aireación de la mezcla de materiales orgánicos. La temperatura osciló entre los 20 °C desde la primera semana hasta los casi los 70 °C durante la semana 9 para finalizar en 20 °C aproximadamente durante el término del proceso. El pH en el proceso va desde un carácter ácido (5.5) en las primeras

semanas a un pH ligeramente básico (8.5) entre la semana 6 a 12, el proceso termina con un carácter ligeramente ácido o neutro (6-7). La aireación mediante volteos y el control de humedad con una frecuencia semanal contribuyeron a acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

- a.** Antes de agregar las algas pardas a las pilas de compostaje se debe lavar y reducirlas a tamaños pequeños para poder acelerar su descomposición.
- b.** Recoger información sobre la cantidad de nutrientes que necesita un tipo de planta específico para lograr un óptimo desarrollo.
- c.** Analizar los macro-elementos y micro-elementos de todos los materiales que serán usados en el proceso de compostaje, esto para tener una idea de la cantidad de nutrientes que tendrá el abono final dedicado a un tipo de planta.
- d.** Utilizar siempre como primera capa de la pila de compost material seco ya que sirve de colchón o soporte para el resto de materiales orgánicos.
- e.** Cubrir el compost con una tela porosa para evitar que los insectos dejen sus huevos y se formen larvas lo que generaría la aparición de microorganismos patógenos.
- f.** Sujetar el tallo y ramas de la planta a un soporte en altura debido a que durante la etapa de crecimiento ésta puede inclinarse, generando ruptura de su tallo y/o ramas.
- g.** Para la preparación de té de compost se debe eliminar el cloro del agua, esto se puede hacer hirviendo el agua, aireando el agua o usar agua de lluvia.

CAPITULO IX
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. USAID. **Abonos orgánicos Protegen el suelo y garantizan alimentación sana Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos.** Estados Unidos de América. 2010.
2. Bióloga XELHUANTZI CARMONA, Dr. SALAZAR GUTIERREZ, M.C. DOMINGUEZ ARAUJO, M.C ARIAS CHAVEZ, M.C CHAVEZ DURAN, M.C GALINDO BARBOZA. **Manual para la elaboración de abonos orgánicos a partir de técnicas como la composta y lombricomposta.** México. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias – Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro – Campo Experimental Centro – Altos de Jalisco. Folleto técnico número 2. 2012.
3. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACION. **Abonos orgánicos.** Mexico. 2008.
4. BIOHUERTO UC. **Reciclaje de nutrientes – técnicas de manejo – Residuos orgánicos – Compostaje y Lombricultura.** Chile. 2011.
5. Br. FRANCISCO NEFTALÍ ROJAS PÉREZ - Br. EFRAÍN ALBERTO ZELEDÓN VÍLCHEZ. **Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características física,**

- química y biológica del compost. Hacienda las Mercedes, Managua. Tesis Doctoral. Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 2007.**
6. PYMERURAL y PRONAGRO. **Abonos Orgánicos.** Honduras. 2011
 7. FANEGO CONCEPCIÓN BLANCO. **Procedimiento de elaboración de abono ecológico a base de algas, restos de pescado y material lignocelulósico.** España. 2009.
 8. ALNICOLSA DEL PERU S.A.C. **Las Algas.** <http://taninos.tripod.com/algas.htm>. Consultada 5 de junio del 2013.
 9. GOMEZ TEQUIA, Adriana Nathalia y TOVAR GIL, Ximena del Pilar. **Elaboración de un abono orgánico fermentado a partir de flores(pétalos de rosa) y su caracterización para uso en la producción de albahaca.** Trabajo para optar el título de Microbióloga Agrícola y Veterinaria. Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. 2008.
 10. ANDRADE GARCIA, Esteban David. **Reciclaje: Utilización de desechos orgánicos para obtener abono orgánico.** Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Ecuador. Universidad de San Francisco de Quito. 2008.
 11. LOPEZ JERVES, Daniela Nataly. **Aprovechamiento del Leguchín (“EICHHORNIA CRASSIPES”) para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de**

- biodigestores**. Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. 2012.
12. GALEANO FERNANDEZ, Juan Carlos. **Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo Bocashi, para la región cafetalera del municipio de Palin, Escuintla**. Guatemala. Tesis doctoral. Universidad San Carlos de Guatemala. 2000.
13. LOVO MIRANDA, Wendy Carolina. **Estudio de factibilidad técnica financiera para la instalación de una planta procesadora de abono orgánico, a partir de basura vegetal**. Tesis de graduación. El Salvador. Universidad Dr. José Matías Delgado. 2008.
14. PAZOS RENZA, Jairo Enrique. **Optimización del manejo de los residuos orgánicos para elaborar bioabono en la planta de tratamiento de residuos sólidos del valle de Sibundoy**. Colombia. Tesis doctoral. Escuela Superior de Administración Pública. 2008.
15. INSTITUTO DEL MAR DEL PERU (IMARPE). **Estudios de Poblaciones de Macroalgas**. Perú. Dirección de Investigaciones en recursos Demersales y Litorales - Unidad de Investigaciones en Biodiversidad. 2013.
16. JOSE M. ALVAREZ DE LA PUENTE. **Compostaje para la agricultura ecológica**. Junta de Andalucía. España. 2011.

17. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA (INIA).

Preparación y uso del compost: Folleto. Perú. 2008.

18. VITELIO GOYKOVIC CORTÉS Y GABRIEL SAAVEDRA DEL

REAL. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate

y prácticas agronómicas de su manejo. Vol. 25: 47 a 58.

Diciembre 2007.

CAPITULO X

ANEXOS

10.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA COMPLETA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál debe ser la formulación del abono a base de algas pardas y residuos marinos para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate?	Formular un abono a base de algas pardas y residuos marinos para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate.	Mediante el estudio de los parámetros que contribuyen al desarrollo y producción de las plantas de tomate, así como una adecuada composición de algas pardas y residuos marinos, y otros materiales orgánicos se logrará obtener un abono con propiedades de aumentar la talla de sus raíces.	Y= Formulación de un abono a base de algas y residuos marinos.	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales • Equipos • Procedimientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje en peso. • Características. • Características. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos experimentales • Mediciones
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la composición de nutrientes de las algas pardas necesaria para aumentar la talla de las raíces?	Identificar los porcentajes de los nutrientes en las algas pardas presentes en la bahía de Pucusana necesarios para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate.	Las algas pardas presentes en el distrito de Pucusana pertenecen a la familia de las Gracilariopsis y Gigartina y son ricas en nitrógeno, sulfatos y calcio.	X= Porcentaje de los nutrientes de las algas presentes en la bahía de Pucusana.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de algas pardas. • Nutrientes de las algas pardas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características. • Porcentaje en peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de muestras • Entrevistas • Revisión de publicaciones.
¿Cuál es la composición de nutrientes de los residuos marinos necesarios para aumentar la talla de las raíces?	Identificar los porcentajes de los nutrientes en los residuos marinos presentes en la bahía de Pucusana necesarios para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate.	Los residuos marinos del distrito de Pucusana incluyen a las vísceras y piel de pescados tales como corvina, bonito y cojinova principalmente y son ricas en nitrógeno, fósforo y potasio.	Z= Porcentaje de los nutrientes de los residuos marinos presentes en la bahía de Pucusana.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de residuos marinos. • Nutrientes de los residuos marinos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características. • Porcentaje en peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de muestras • Entrevistas • Revisión de Publicaciones.
¿Qué parámetros fisicoquímicos se deben considerar para obtener la formulación del abono a base de algas pardas y residuos marinos?	Identificar los parámetros de los parámetros fisicoquímicos que deben ser considerados para obtener la formulación del abono a base de algas pardas y residuos marinos.	Para formular abono a base de algas y residuos marinos se controlan parámetros tales como temperatura, aireación, pH del medio y humedad.	W= Parámetros fisicoquímicos a considerar para la formulación del abono	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad metabólica de microorganismos • Humedad • pH del medio • Aireación 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • % de humedad • pH • Nivel de aireación 	<ul style="list-style-type: none"> • Mediciones • Ensayos • Revisión de Publicaciones • Entrevistas

Formulación de un abono a base de algas y residuos marinos de Pucusana para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate

RELACIÓN DE VARIABLES: $Y = f(X, Z, W)$

Y = Formulación de un abono a base de algas y residuos marinos.

X = Características de los nutrientes de las algas presentes en la bahía de Pucusana.

Z = Características de los nutrientes de los residuos marinos presentes en la bahía de Pucusana.

W = Parámetros fisicoquímicos a considerar para la formulación del abono

10.2. TABLAS Y GRAFICAS

TABLA N °10.1

RELACION CARBONO NITROGENO DE MATERIALES

ANALISIS	ALGAS PARDAS	RESTOS DE PESCADO	ESTIERCOL DE VACA	PAJILLA DE ARROZ
% NITROGENO TOTAL	3.11	7.46	2.4	0.3
% CARBONO ORGANICO	34.69	47.52	45.6	36.3
RELACION C/N	11.15	6.37	19.00	121.00

Fuente: Laboratorio de suelos UNALM

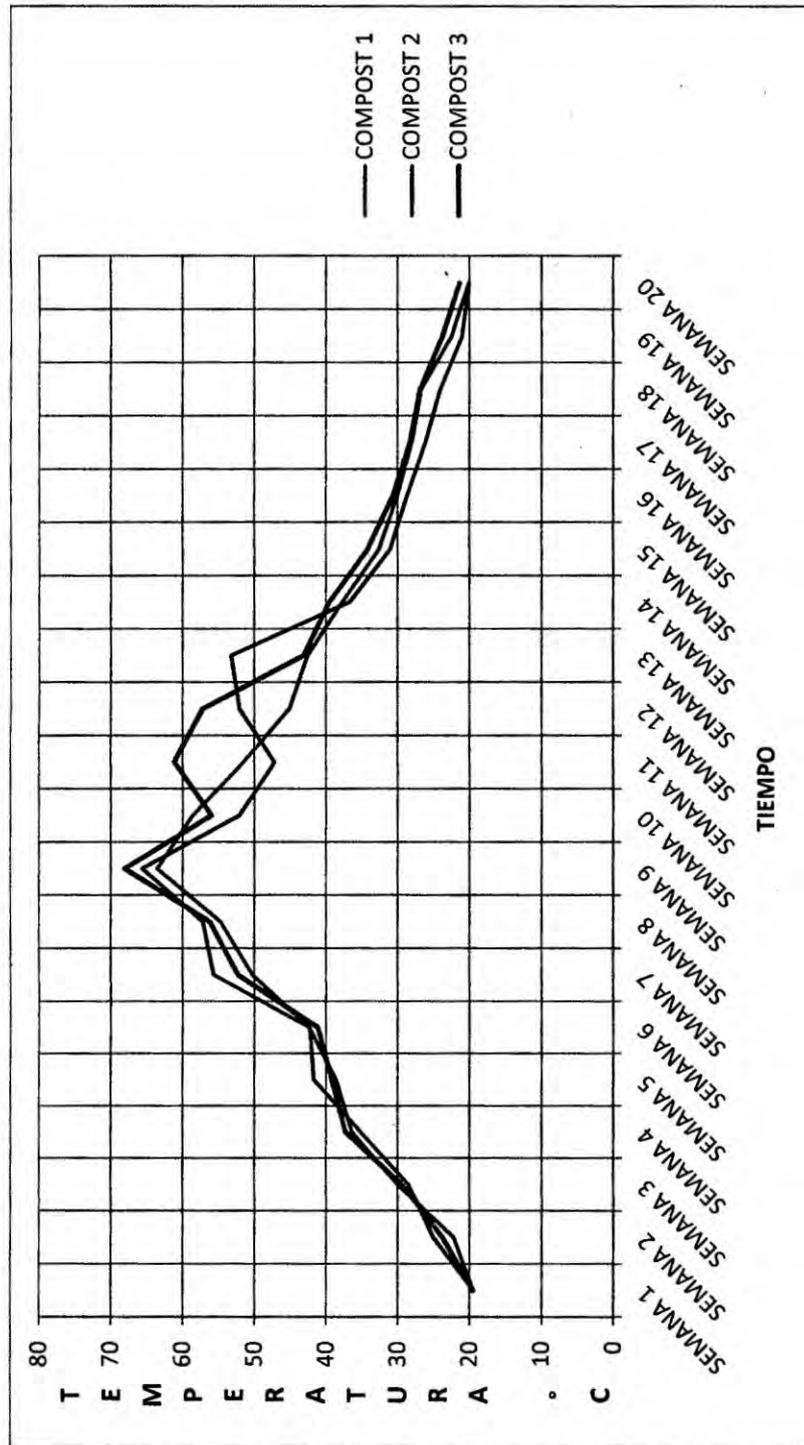
TABLA N° 10.2

CAMBIOS DE TEMPERATURA (°C) DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

TIEMPO	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1	19.53	19.5	19.55
SEMANA 2	22.3	25.1	23.8
SEMANA 3	30.1	28.6	29.5
SEMANA 4	36.45	35.21	37.3
SEMANA 5	38.66	41.76	39.23
SEMANA 6	42.39	42.3	41.2
SEMANA 7	50.31	55.67	52.31
SEMANA 8	54.72	57.23	56.23
SEMANA 9	63.62	65.67	68.13
SEMANA 10	58.63	52.12	55.98
SEMANA 11	51.56	47.23	61.23
SEMANA 12	45.12	52.1	57.23
SEMANA 13	42.6	53.2	43.12
SEMANA 14	37.81	36.76	39.56
SEMANA 15	32.68	31.12	34.23
SEMANA 16	30.12	28.76	30.65
SEMANA 17	28.12	26.19	28.34
SEMANA 18	26.76	24.1	26.9
SEMANA 19	22.56	21.08	23.8
SEMANA 20	20.12	20.1	21.4

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 10.1
CAMBIOS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE



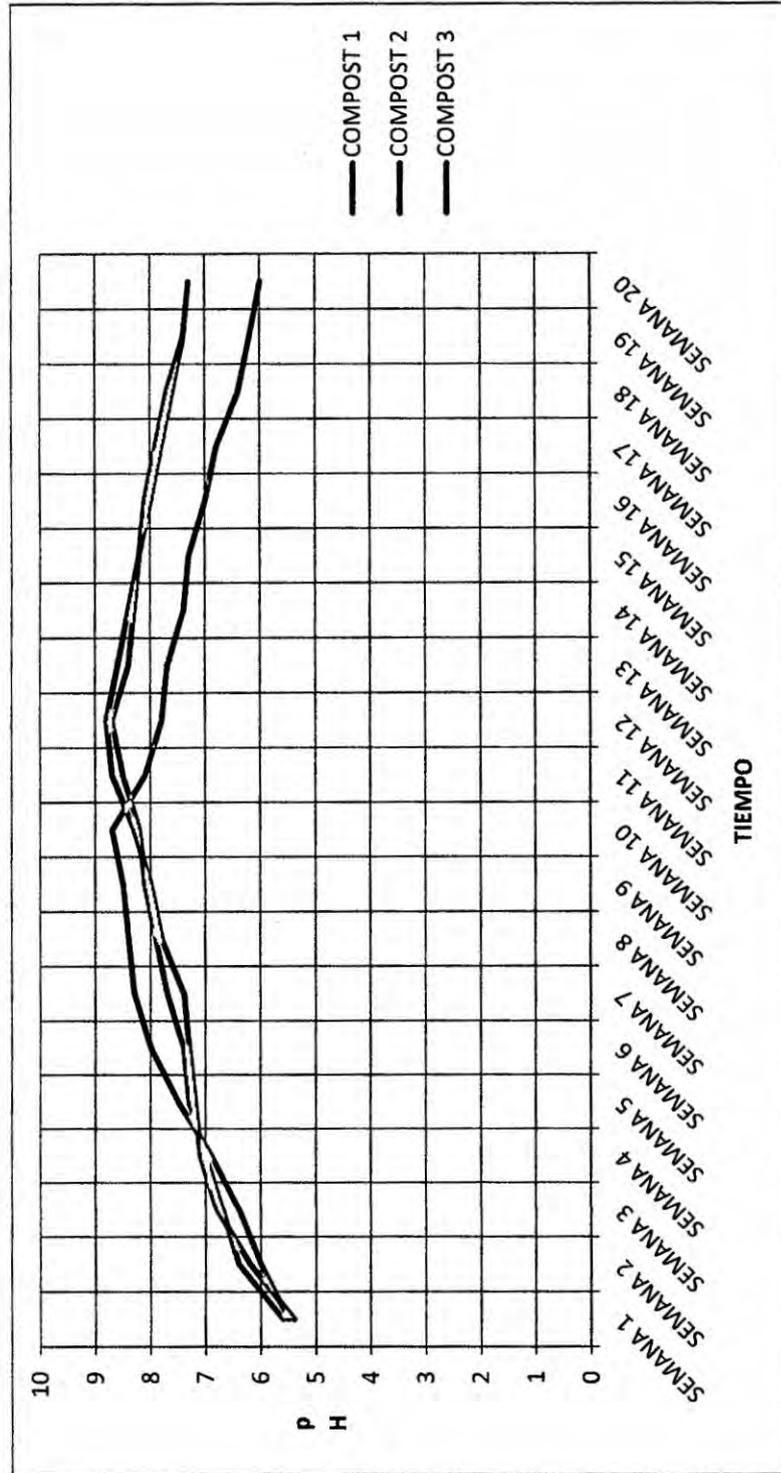
Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 10.3**CAMBIOS DE pH DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE**

TIEMPO	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1	5.5	5.4	5.6
SEMANA 2	6	6.2	6.4
SEMANA 3	6.4	6.8	6.7
SEMANA 4	6.9	7.1	7
SEMANA 5	7.5	7.2	7.3
SEMANA 6	8	7.3	7.4
SEMANA 7	8.3	7.4	7.7
SEMANA 8	8.4	7.8	7.9
SEMANA 9	8.5	8	8.1
SEMANA 10	8.7	8.3	8.2
SEMANA 11	8.1	8.7	8.5
SEMANA 12	7.8	8.8	8.7
SEMANA 13	7.7	8.6	8.4
SEMANA 14	7.4	8.4	8.3
SEMANA 15	7.3	8.2	8.2
SEMANA 16	7	8.1	8
SEMANA 17	6.8	7.9	7.8
SEMANA 18	6.4	7.7	7.6
SEMANA 19	6.2	7.4	7.4
SEMANA 20	6	7.3	7.3

Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 10.2
CAMBIOS DE pH DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE



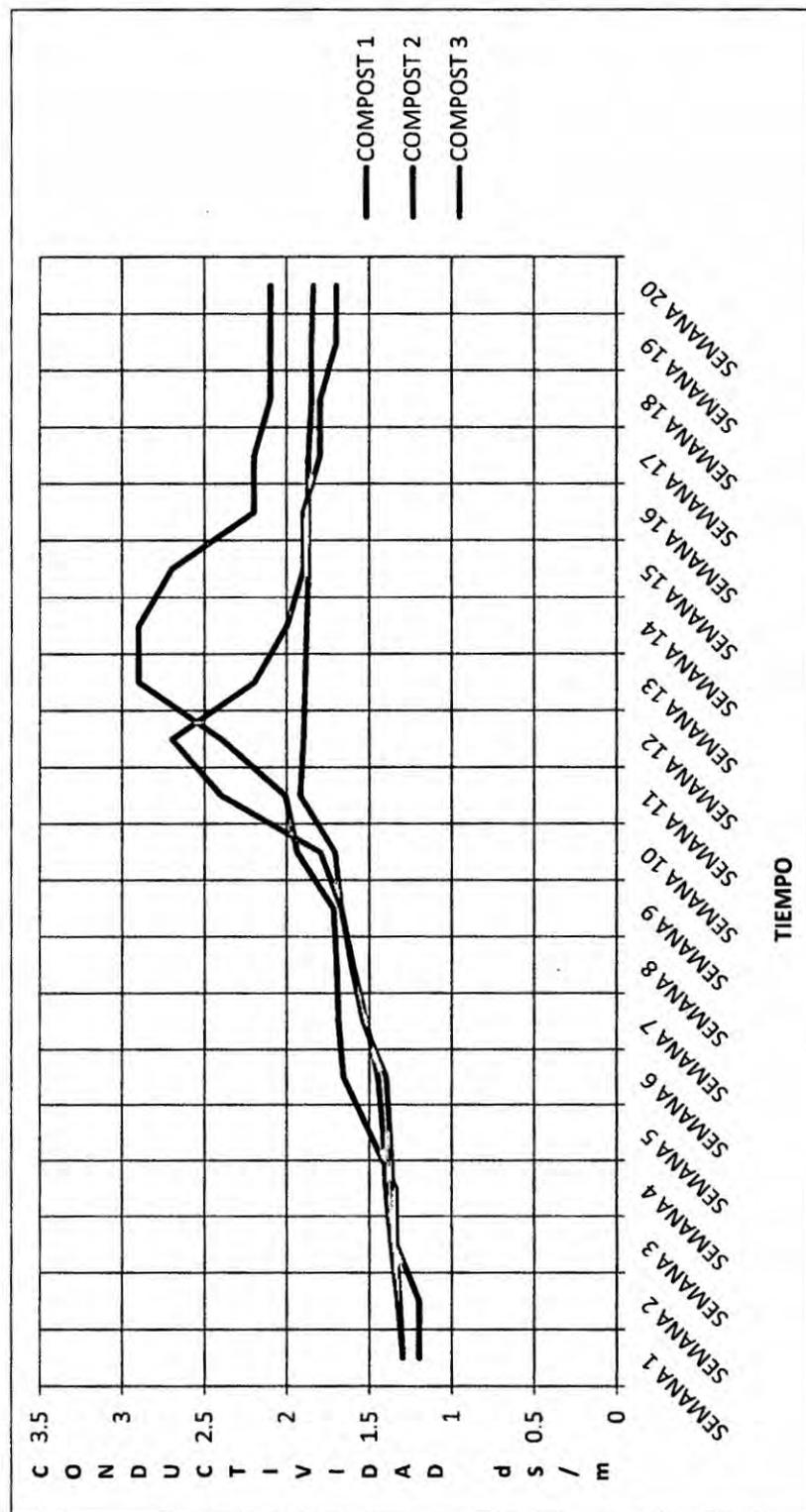
Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 10.4**CAMBIOS DE CONDUCTIVIDAD (dS/m) DURANTE EL PROCESO DE
COMPOSTAJE**

TIEMPO	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1	1.3	1.2	1.3
SEMANA 2	1.32	1.2	1.33
SEMANA 3	1.34	1.34	1.37
SEMANA 4	1.36	1.34	1.4
SEMANA 5	1.38	1.5	1.42
SEMANA 6	1.4	1.66	1.45
SEMANA 7	1.54	1.69	1.52
SEMANA 8	1.61	1.7	1.6
SEMANA 9	1.67	1.72	1.67
SEMANA 10	1.8	1.94	1.71
SEMANA 11	2.4	2.01	1.92
SEMANA 12	2.7	2.4	1.9
SEMANA 13	2.2	2.9	1.89
SEMANA 14	2	2.9	1.88
SEMANA 15	1.9	2.7	1.87
SEMANA 16	1.9	2.2	1.87
SEMANA 17	1.8	2.2	1.87
SEMANA 18	1.8	2.1	1.85
SEMANA 19	1.7	2.1	1.85
SEMANA 20	1.7	2.1	1.84

Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 10.3
CAMBIOS DE CONDUCTIVIDAD DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE



Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 10.5**TAMIZADO**

FORMULACION	ALIMENTADO kg	TAMIZADO kg	RETENIDO kg
COMPOST 1	42.2	33.8	8.4
COMPOST 2	38.2	30.9	7.3
COMPOST 3	41.6	33.3	8.3

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 10.6**CRECIMIENTO DE TALLA DE RAIZ DE PLANTA DE TOMATE**

TIEMPO	TALLA DE RAICES (cm)			
	SOLUCION NUTRITIVA	COMPOST 1	COMPOST 2	COMPOST 3
SEMANA 1	4.1	5.0	4.5	5.2
SEMANA 2	6.8	6.2	6.3	7.3
SEMANA 3	8.9	7.4	8.6	10.2
SEMANA 4	11.4	9.8	10.2	13.7
SEMANA 5	14	10.1	12.8	16.3
SEMANA 6	14.6	13.8	14.6	18.2
SEMANA 7	17.1	16.2	16.2	22.5
SEMANA 8	19.6	17.2	19.2	24.7
SEMANA 9	21	19.0	20.9	27.8
SEMANA 10	24.7	21.3	23.5	30.4
SEMANA 11	27.2	24.7	25.1	32.7
SEMANA 12	30	28.1	28.0	34.2
SEMANA 13	32.5	28.4	30.1	37.1
SEMANA 14	35.3	29.2	30.1	40.1

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 10.7

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE COMPOST EXPERIMENTAL

MUESTRA	pH	C.E dS/m	M.O %	N%	P₂O₅ %	K₂O %	CaO %	MgO %	% Humedad	Na %
COMPOST 1	5.97	1.7	60.82	2.73	1.03	6.03	2.54	2.21	39.88	0.63
COMPOST 2	7.34	2.1	64.4	2.59	1.02	5.24	2.22	1.84	38.66	0.65
COMPOST 3	7.34	1.84	62.2	2.56	0.77	5.39	2.38	1.75	45.4	0.68

Fuente: Laboratorio de suelos UNALM

10.3. GALERIA DE FOTOS

FOTO N° 1

RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE PESCADO



FOTO N°2

RECOLECCIÓN DE ALGAS PARDAS



FOTO N° 3

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO PARA COMPOSTAJE



FOTO N° 4

PREPARACION DE PILAS DE COMPOST



FOTO N° 5
PILAS DE COMPOST



FOTO N° 6
COMPOST TAMIZADO Y MADURO

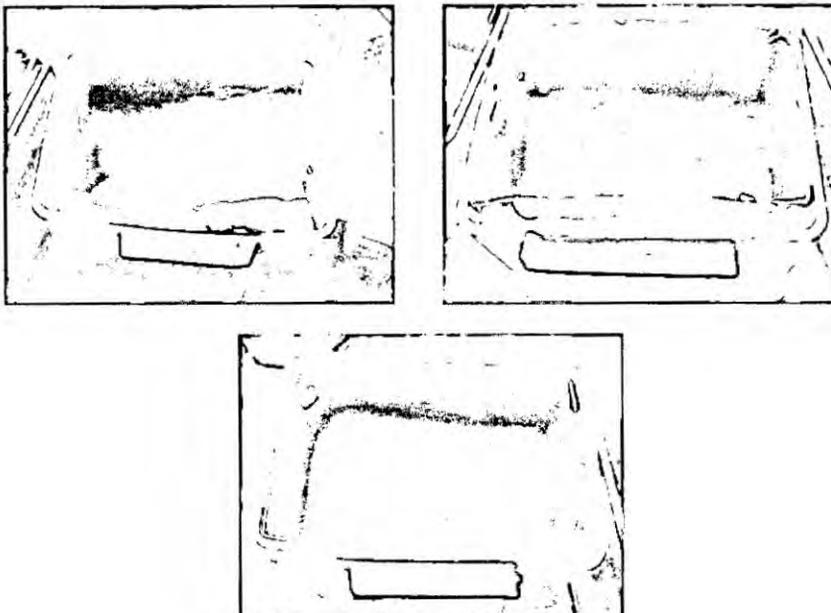


FOTO N° 7

PRIMERAS MEDICIONES DE RAICES DE TOMATE (PLANTULAS)

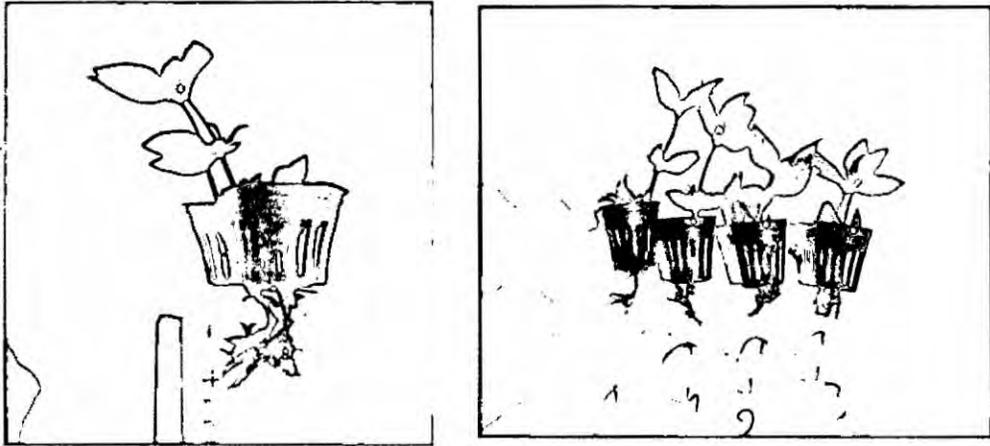


FOTO N° 8

SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE

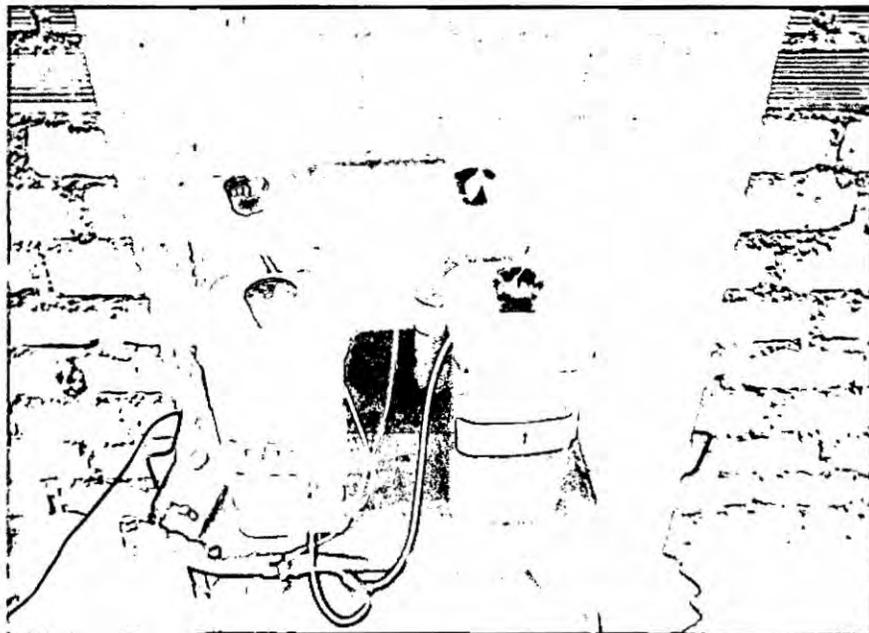


FOTO N° 9

CRECIMIENTO DE LA PLANTA DEL TOMATE (SEMANA 6)



FOTO N° 10

CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE TOMATE (SEMANA 14)



FOTO N° 11

MEDICION DE LA RAIZ DE LA PLANTE DE TOMATE SEMANA 14

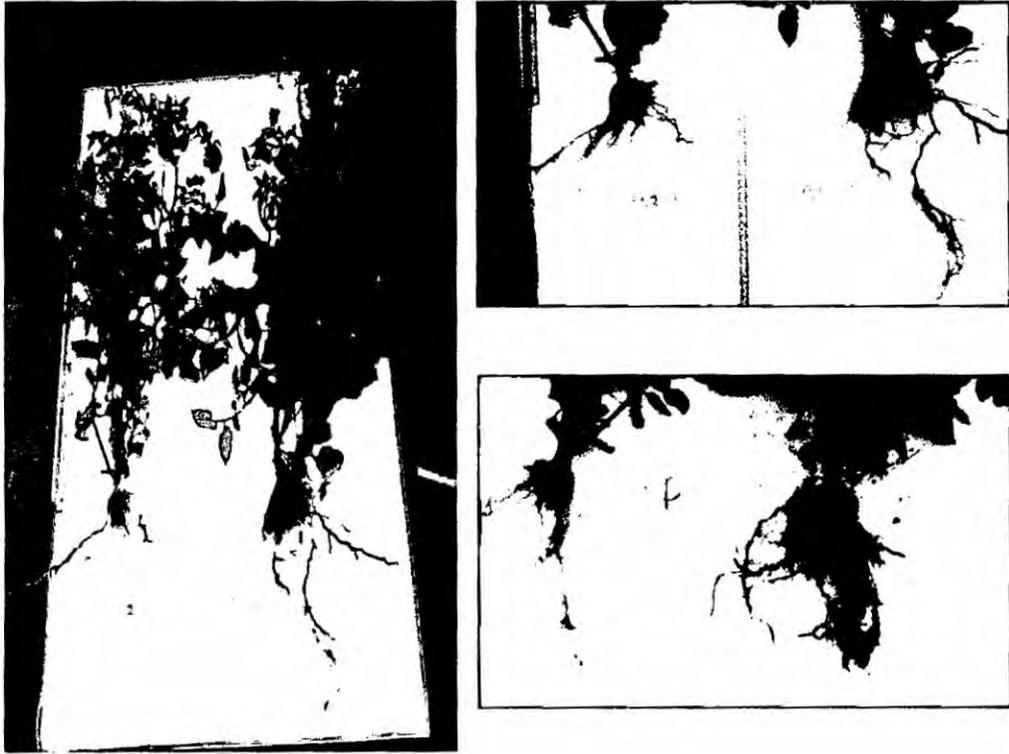


FOTO N° 12

FRUTO DE LA PLANTA DEL TOMATE (SEMANA 15)

