



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
DIVISIÓN BIBLIOTECA DUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR:

NOMBRES: RUTH **APELLIDOS:** RODRÍGUEZ QUINTERO

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

DIRECTOR:

NOMBRES: REFUGIO **APELLIDOS:** RODRÍGUEZ VÁZQUEZ

CODIRECTOR:

NOMBRES: HÉCTOR HUGO **APELLIDOS:** LEÓN SANTIESTEBAN

TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DE UN INÓCULO MICROBIANO Y LA AIREACIÓN COMO ACELERADORES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MEJORADORES DE SUELO__

RESUMEN

En el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV - IPN), se generan diversos residuos orgánicos con un alto contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno y posibles microorganismos patógenos. Como solución a esta problemática, se implementó un tratamiento de degradación aerobia que transformara la materia orgánica en un producto estable. En los sistemas de compostaje se implementó un sistema de aireación y la adición del inóculo CMCN. Durante el compostaje se midió la MO, nitrógeno total, relación carbono-nitrógeno (C/N), índice de germinación (IG), conductividad eléctrica (CE) y temperatura. Con base en los resultados obtenidos, se observó que la aireación, en los reactores, favoreció la degradación de la MO, disminuyó la relación C/N (< 20) y la CE (< 2 dS/m). La aplicación del inóculo CMCN elevó los niveles de nitrógeno al final del proceso (> 2%). Por otro lado, las biopilas inoculadas y con el sistema de aireación lograron mayor degradación de la MO, un aumento en el nitrógeno (> 2%), y alcanzaron temperaturas > 50°C durante todo el proceso, además de lograr un mayor grado de madurez (C/N < 20; IG > 120%), en comparación con las biopilas no inoculadas.

Palabras claves: Compostaje, aireación activa, etapa termofílica e inóculo.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 201 PLANOS: ILUSTRACIONES: CDROOM: 1

EVALUACIÓN DE UN INÓCULO MICROBIANO Y LA AIREACIÓN COMO
ACELERADORES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MEJORADORES DE SUELO.

RUTH RODRÍGUEZ QUINTERO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS DE

INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

EVALUACIÓN DE UN INÓCULO MICROBIANO Y LA AIREACIÓN COMO
ACELERADORES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MEJORADORES DE SUELO.

RUTH RODRÍGUEZ QUINTERO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniera Biotecnológica

DIRECTORA

DRA. REFUGIO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ

CO-DIRECTOR

DR. HECTOR HUGO LEÓN SANTIESTEBAN

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS DE

INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA


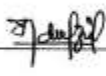

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

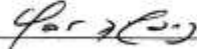
2016

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO**FECHA:** 3 DE NOVIEMBRE DE 2016**HORA:** 3:00 pm**SALA:** SALA 3 EDIFICIO CREAD**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA**TÍTULO:** "EVALUACIÓN DE UN INÓCULO MICROBIANO Y LA AIREACIÓN COMO ACCELERADORES EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MEJORADORES DEL SUELO".**MODALIDAD:** INVESTIGACIÓN**JURADOS:** LADY YESENIA SUÁREZ SUÁREZ
ADRIANA ZULAY ARGÜELLO NAVARRO
JUAN CARLOS RAMÍREZ BERMÚDEZ**DIRECTORA:** Dra. REFUGIO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ (Investigadora titular del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México)**CODIRECTOR:** Dr. HÉCTOR HUGO LEÓN SANTIESTEBAN (Profesor asociado D, de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, ciudad de México).

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACION
RUTH RODRIGUEZ QUINTERO	1610694	4,5

OBSERVACIONES:
MERITORIA**FIRMA DE LOS JURADOS**

VoBo Coordinador Comité Curricular 

RESUMEN

En el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV - IPN), se generan diversos residuos orgánicos que en su mayoría no son tóxicos (desechos de cafetería, comedor y jardinería) de igual forma también se generan en el bioterio residuos con un alto contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno y posibles microorganismos patógenos. Como solución a esta problemática, se implementó un tratamiento de degradación aerobia que transformara la materia orgánica de forma eficaz en tiempo y efectividad técnica en un producto estable. Los sistemas de compostaje utilizados fueron: sistemas cerrados (reactores) y sistemas abiertos (biopilas), implementando además un sistema de aireación activa y la adición del inóculo CMCN, desarrollado por el CINVESTA-IPN. Durante el compostaje se midió la MO, nitrógeno total (NT), relación carbono-nitrógeno (C/N), índice de germinación (IG), pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura. Con base en los resultados obtenidos, se observó que la aireación, en los reactores, favoreció la degradación de la MO, disminuyó la relación C/N (< 20) y la CE (< 2 dS/m). La aplicación del inóculo CMCN elevó los niveles de nitrógeno al final del proceso ($> 2\%$). Sin embargo, no se alcanzó la etapa termofílica en ninguno de los reactores. Por otro lado, las biopilas inoculadas y con el sistema de aireación lograron mayor degradación de la MO, un aumento en el nitrógeno ($> 2\%$), y alcanzaron temperaturas $> 50^{\circ}\text{C}$ durante todo el proceso, además de lograr un mayor grado de madurez (C/N < 20 ; IG $> 120\%$), en comparación con las biopilas no inoculadas.

Palabras claves: Compostaje, aireación activa, etapa termofílica e inóculo.

Agradecimientos

A Dios por acompañarme en cada decisión tomada y por llenarme de bendiciones.

A mi familia, mi mayor regalo. Mis padres que me han dado su apoyo incondicional, su amor y entrega, pero sobre todo a mi madre, mujer luchadora, que me ha enseñado que para lograr tus metas el mejor camino es el esfuerzo y la sencillez. A mis adorados hermanos que con su compañía, sus locuras y sus risas hacen de mí una mejor persona. A mi prima Yaky por su cariño y cuidado.

A la Dra. Refugio Rodríguez Vázquez por abrirme las puertas a la investigación, por su confianza, por su apoyo no solo en lo académico sino también en lo personal, por su entrega y respeto hacia sus estudiantes, por mostrarme que a pesar de alcanzar grandes metas lo que debe prevalecer es el respeto y el cariño hacia el prójimo.

Al Dr. Héctor Hugo León Santiesteban por enseñarme que resultados son resultados, que las cosas no siempre salen como se planean pero que el trabajo bien hecho siempre prevalecerá, por sus conocimientos y enseñanzas, por sus anécdotas y por las todas las risas compartidas.

A Sebastián por su colaboración durante la realización del proyecto. A todos mis compañeros de laboratorio por su buena disposición, por su amabilidad y por crear un ambiente de trabajo muy agradable.

A David por darme fortaleza en los momentos de adversidad, por brindarme su apoyo incondicional, por su tolerancia y paciencia, por escucharme y darme una voz de aliento, por sus opiniones, por su amor y sobre todo por cada día compartido a su lado.

A mis profesores Alina, Laura, Diana, Edgar, Yaneth y Néstor por esforzarse en cada clase y dar lo mejor de sí a sus estudiantes.

A mis amigos de vida Yolany, Leonela, leidy, joa, Katy, Cinthya, Karen, Camilo, Jorge, Ovidio que siempre me han demostrado sus buenos deseos y su amistad incondicional a través de los años.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	20
1. Problema	22
1.1 Título	22
1.2 Planteamiento del problema	22
1.3 Formulación del problema	24
1.4 Justificación	24
1.5 Objetivos	27
1.5.1. Objetivo general.	27
1.5.2. Objetivos específicos	27
1.6 Alcances y limitaciones	27
1.6.1 Alcances	27
1.6.2 Limitaciones	26
1.7 Delimitaciones	29
1.7.1 Espacial	29
1.7.2 Temporal	29
1.7.3 Conceptual	30
2. Marco referencial	31
2.1 Antecedentes	31
2.2 Marco teórico	38
2.2.1 Residuos agroindustriales	38

2.2.2	Proceso de compostaje	39
2.2.3	Clasificación de las tecnologías del compostaje	40
2.2.3.1	<i>Sistemas de compostaje</i>	41
2.2.3.1.1	<i>Sistemas de compostaje abierto</i>	41
2.2.3.1.2	<i>Sistemas de compostaje cerrado</i>	42
2.2.3.2	Oxigenación del proceso	43
2.2.4	Factores que afectan el proceso de compostaje	44
2.2.4.1	<i>Variables físicas</i>	45
2.2.4.2	<i>Variables químicas</i>	48
2.2.4.2	<i>Variables biológicas</i>	52
2.2.5	Metales pesados	52
2.2.6	Microorganismos patógenos	55
2.2.7	Fases y microorganismos benéficos durante el compostaje	58
2.2.8	La composta: calidad del producto final	60
2.2.9	Microorganismos aceleradores de compostaje	62
2.3	Marco conceptual	63
2.4	Marco contextual	65
2.5	Marco legal	66
3.	Diseño metodológico	70
3.1	Tipo de investigación	70
3.2	Población y muestra	70
3.3	Hipótesis	71
3.4	Variables	71
3.5	Fases de la investigación	72

3.5.1 Caracterización físico-química de los residuos empleados	72
3.5.2 Montaje del proceso de compostaje a escala piloto y semi-piloto	76
3.5.3 Inoculado de la composta con el CMCN	79
3.5.4 Parámetros físico-químicos a medir durante el proceso de compostaje antes y después de la inoculación	79
3.5.5 Ensayos toxicológicos de la composta	84
3.5.6 Pruebas microbiológicas	85
4. Resultados y discusiones	88
4.1 Caracterización físico-química de las materias primas	88
4.1.1 Materia orgánica	89
4.1.2 Carbono fácilmente oxidable	90
4.1.3 Carbono orgánico total	92
4.1.4 Nitrógeno total	93
4.2 Proceso de compostaje en biorreactores	95
4.2.1 Materia orgánica	97
4.2.2 Nitrógeno total	99
4.2.3 Relación C/N	101
4.2.4 Conductividad eléctrica y pH	103
4.2.5 Temperatura	107
4.2.6 Ensayos de fitotoxicidad	110
4.2.7 Metales pesados	112
4.2.8 Fósforo total	115
4.2.9 Densidad, porosidad y capacidad de retención de agua.	116
4.2.10 Pruebas microbiológicas	117

4.2.11 Normativa Mexicana de composta	118
4.3 Proceso de compostaje en biopilas	119
4.3.1 Materia orgánica	121
4.3.2 Nitrógeno total	124
4.3.3 Relación C/N	127
4.3.4 Conductividad eléctrica y pH	129
4.3.5 Temperatura	133
4.3.6 Ensayos de Fitotoxicidad	135
4.3.7 Metales pesados	138
4.3.8 Fósforo total	141
4.3.9 Densidad, porosidad y capacidad de retención de agua	142
4.3.10 Pruebas microbiológicas	143
4.3.11 Normativa Mexicana de composta	144
5. Conclusiones	146
6. Recomendaciones	148
Bibliografía	149
Anexos	158