



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniera Agropecuaria.

Título del Proyecto de Investigación:

**“BALANCE DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN
SUELOS DE LOS CANTONES BABAHOYO Y QUEVEDO”**

Autora:

Brigitte Betzabeth Bastidas Briones

Director del proyecto de investigación:

Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2017

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, **Brigitte Betzabeth Bastidas Briones**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Brigitte Betzabeth Bastidas Briones

CC. 0503745671

AUTORA

Certificación de culminación del Proyecto de Investigación

El suscrito, **Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Brigitte Betzabeth Bastidas Briones**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, “**Balance de nitrógeno en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certificado del Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar, en calidad de Director del Proyecto de Investigación bajo el título **“BALANCE DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN SUELOS DE LOS CANTONES BABAHOYO Y QUEVEDO”** de la autoría de la estudiante **BASTIDAS BRIONES BRIGITTE BETZABETH**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 6%, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.

URKUND	
Documento	Brigitte Betzabeth Bastidas Briones.docx (D31560820)
Presentado	2017-10-23 00:38 (-05:00)
Presentado por	Gregorio Vásconez (gvasconez@uteq.edu.ec)
Recibido	gvasconez.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	Tesis Brigitte Bastidas Mostrar el mensaje completo 6% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Atentamente

Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Balance de nitrógeno en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo”.

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

Ing. M. Sc. Wilfrido Escobar Pavón

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M. Sc. Rommel Ramos Remache

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Erick Eguez Enríquez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es dirigido principalmente a Dios, quien en todo momento está conmigo dirigiéndome por el camino correcto para alcanzar mis metas.

A mis bellos padres Marcela Briones y Abraham Bastidas y a mi adorada hermana Melina Bastidas, por todo la ayuda que me brindaron durante este transcurso, por estar a mi lado en los momentos y situaciones más tormentosas, apoyándome siempre. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, sus palabras de aliento me permitieron seguir adelante y cumplir con mis ideales, siendo perseverante.

A mis amigos, Gina Rivera, Nuria Bustes, Mauricio Intriago, que sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos y a mi estimada suegra Irene Parrales por el aporte brindado durante los procesos de gestión para la culminación del presente proyecto. A mi estimado tutor y amigo Dr. Gregorio Vásquez, quien contribuyó con conocimientos, dedicación, asesoría a mi formación profesional.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Dr. Yenny Torres Decana de la Facultad de Ciencias Pecuarias; al Ing. Gerardo Segovia, Coordinador de la Carrera Agropecuaria y a los Docentes por los conocimientos brindados durante el ciclo de estudio.

LES AGRADESCO DE CORAZÓN.

Brigitte

DEDICATORIA

A mi maravillosa familia que hace en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación para la construcción de mi vida profesional. Dedico con mucho amor a mi bella madre Marcela Briones quien me ha enseñado a tener virtudes infinitas, y su gran corazón me hace admirarla cada día más.

A mi amada hija Ailyn Sofia quien es mi orgullo y mi motivo de superación, quien con su ternura me motiva a superar todas y cada una de las barreras que me pone la vida, barreras que no son tan sencillas. A mi amado esposo quien me brindó su apoyo incondicional en todo momento, por su esfuerzo y sacrificio, por brindarme mejores oportunidades de vida y por creer en mi capacidad, por el amor y comprensión entregada a pesar de los momentos difíciles que nos a tocado pasar juntos.

A mis queridos amigos y familiares, que de manera directa o indirecta estuvieron brindándome su apoyo en todo el tiempo de estudio y durante la presente investigación.

Brigitte Bastidas Briones

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación se estableció con el objetivo de estimar las pérdidas de N por volatilización y lixiviación, siendo uno de los elementos más importantes en la nutrición del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Las dosis de nitrógeno y el tipo de suelo son factores elementales dentro de las pérdidas de N, debido a la movilidad que presenta este elemento en las diferentes superficies, es recomendable aislar las parcelas a evaluar.

El objetivo del presente proyecto de investigación, fue establecer el balance de nitrógeno en el cultivo de arroz en suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo que permitan mejorar las dosificaciones del elemento, reduciendo de forma positiva a la contaminación ambiental. La evaluación se realizó en la parroquia San Cristóbal del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, durante un periodo de tres meses. Se empleó el diseño DCA con arreglo factorial, evaluando cuatro dosis en dos tipos de suelos y contando con tres repeticiones, teniendo como factor “L” los suelos Fluvisols y Cambisols (Quevedo y Babahoyo) y el Factor “D” las dosis de N aplicadas (0, 32, 64, 97 g m⁻²), manejando un total de 24 unidades experimentales.

Se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, los resultados mostraron interacción entre los factores suelos y dosis. Estimando que las mayores pérdidas de N se dan por el proceso de lixiviación concluyentes al aumentar las dosis de N establecidas. Los tipos de suelos son determinantes en las pérdidas de N debido a las partículas que los caracterizan, revelando mayores pérdidas totales de N en el suelo de Babahoyo, a diferencia del suelo de Quevedo.

Palabras claves: Urea, dosificación, volatilización, lixiviación, fertilización.

ABSTRACT

The present research project was established with the objective of estimating the losses of N by volatilization and leaching, being one of the most important elements in the nutrition of the rice crop (*Oryza sativa* L). The doses of nitrogen and the type of soil are elementary factors within the N losses, due to the mobility that this element presents in the different surfaces, it is advisable to isolate the parcels to be evaluated.

The objective of the present research project was to establish the nitrogen balance in rice cultivation in the soils of the Babahoyo and Quevedo cantons, which allow improving the dosages of the element, positively reducing environmental pollution. The evaluation was carried out in the parish of San Cristóbal of Quevedo canton, province of Los Ríos, for a period of three months. The DCA design was used with a factorial arrangement, evaluating four doses in two types of soils and counting on three repetitions, having as factor "L" the soils Fluvisols and Cambisols (Quevedo and Babahoyo) and the Factor "D" the doses of N applied (0, 32, 64, 97 g m⁻²), handling a total of 24 experimental units.

The Tukey test was used at 5% probability, the results showed interaction between soil and dose factors. Estimating that the highest losses of N are given by the process of leaching conclusive by increasing the doses of N established. The types of soils are determinant in the losses of N due to the particles that characterize them, revealing greater total losses of N in the soil of Babahoyo, unlike the Quevedo soil.

Keywords: Urea, dosage, volatilization, leaching, fertilization.

TABLA DE CONTENIDO

Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del Proyecto de Investigación	iii
Certificado del Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico ..	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLIN	xviii
INTRODUCCIÒN	1
 CAPÍTULO I	 3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
 1.1. Problema de la investigación.....	 4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
1.1.2. Diagnostico.	4
1.1.3. Pronostico.....	4
1.1.4. Formulación del problema.	5
1.1.5. Sistematización del problema.....	5
1.1.6. Objetivos.	6
1.1.6.1. Objetivo general.	6
1.1.6.2. Objetivos específicos.....	6
1.2. Justificación.....	7
 CAPÍTULO II.....	 8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
 2.1. Marco conceptual.	 9
Volatilización.	9
Lixiviación.	9

Urea.....	9
Fertilización.....	10
Dosificación.	10
2.2. Investigaciones relacionadas al tema.	10
2.2.1. Balance de nitrógeno.	10
2.2.1.1. Componentes del nitrógeno.....	11
2.2.1.2. Factores que afectan al balance de nitrógeno.....	11
2.2.1.3. Balance de nitrógeno en suelos cultivados.....	11
2.2.2.1. Desarrollo del cultivo de arroz en suelos secos e inundados.....	13
2.2.2.1.1. Eutric Cambisols.	13
2.2.2.1.2. Eutric Fluvisols.	14
2.2.3. Mecanismo de pérdida de nitrógeno.	14
2.2.3.1. Lixiviación o lavado.....	14
2.2.3.2. Volatilización.	15
2.2.4. Arroz.	15
2.2.4.3. Fase vegetativa.	16
2.2.4.4. Fase reproductiva.	16
2.2.4.5. Fase de maduración.....	17
2.2.4.6. Fertilización.....	17
2.2.4.4. Urea en el cultivo de arroz.	18
2.2.4.5. Producción del cultivo de arroz.....	19
2.2.4.6. Variedad INIAP 14.....	19
2.2.4.7. Características de las principales variedades de arroz del Ecuador.	19
2.2.5. Análisis de nitrógeno.....	20
2.2.6. Contaminación por nitrógeno.....	20
2.2.6.1. Impacto ambiental.	20
2.2.6.2. Exceso de nitrógeno.	21
2.3. Marco referencial.	21
 CAPÍTULO III	24
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24
 3.1. Localización.	 25
3.2. Condiciones meteorológicas.	25
3.3. Tipo de investigación.	25
3.4. Métodos de investigación.....	26

3.5.	Fuentes de recopilación de información.....	26
3.6.	Diseño de la investigación.....	26
3.6.1.	Diseño Experimental.	26
3.6.2.	Análisis de la varianza.....	27
3.6.3.	Comparación de tratamientos.....	27
3.6.4.	Tratamiento bajo estudio.	28
3.6.5.	Software estadístico “Infostat”	28
3.6.6.	Delineamiento experimental.	29
3.7.	Material del experimento.	29
3.8.	Labores de cultivo.	30
3.8.1.	Germinación de semillas.	30
3.8.2.	Siembra.	30
3.8.3.	Abonado.	31
3.8.4.	Riego.	31
3.8.5.	Control de malezas, plagas y enfermedades.....	31
3.9.	Instrumentos de investigación.....	31
3.9.1.	Variables evaluadas.....	31
3.9.1.1.	Nitrógeno del suelo.	31
3.9.1.2.	Nitrógeno de la planta.	32
3.9.1.3.	Nitrógeno lixiviado.	32
3.9.1.4.	Nitrógeno volatilizado.....	33
3.9.1.5.	Pérdida total de nitrógeno.	33
3.9.1.6.	Numero de macollos.....	34
3.9.1.7.	Rendimiento.	34
3.10.	Análisis de Materia seca.....	34
3.10.1.	Material vegetal.....	34
3.10.2.	Suelo.....	35
3.11.	Recursos humanos y materiales.	35
3.11.1.	Talento humano.....	35
3.11.2.	Material vegetal.....	35
3.11.3.	Materiales de campo y oficina.....	35
CAPÍTULO IV		37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		37
4.1.	Resultados y Discusión.	38

4.1.1.	Variables del balance de nitrógeno.	38
4.1.2.	Variables de rendimiento.	44
CAPÍTULO V		47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
5.1.	Conclusiones.	48
5.2.	Recomendaciones.....	49
CAPÍTULO VI		50
BIBLIOGRAFÍA		50
6.1.	Literatura citada.....	51
CAPÍTULO VII		57
ANEXOS		57
7.1.	Anexos.....	58

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla		Página
1	Condiciones meteorológicas del cantón Quevedo.....	25
2	Esquema del análisis de varianza.....	27
3	Tratamiento bajo estudio.....	28
4	Análisis inicial de los suelos evaluados.....	30
5	Balance de nitrógeno en el cultivo de arroz, en los suelos de los cantones Quevedo y Babahoyo, aplicando cuatro dosis diferentes de nitrógeno.....	38
6	Balance de N del rendimiento del cultivo de arroz, en los suelos de los cantones Quevedo y Babahoyo, aplicando cuatro dosis diferentes de nitrógeno.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura		Pagina
1	Estructura de la unidad experimental en donde se aplicaron los tratamientos.....	29
2	Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N en el suelo (NS) sembrado de arroz de las localidades de Quevedo y Babahoyo.....	39
3	Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N en la planta (NP) de arroz, en los suelos de las localidades de Quevedo y Babahoyo.....	40
4	Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N lixiviado (NL) en los suelos sembrados de arroz de las localidades de Quevedo y Babahoyo.....	41
5	Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N volatilizado (NV) en los suelos sembrados de arroz de las localidades de Quevedo y Babahoyo.....	42
6	Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la pérdida total de N (PTN) en los suelos sembrados de arroz de las localidades de Quevedo y Babahoyo.....	43

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación		Página
1	Diseño experimental.....	26
2	Comparación de tratamientos.....	27
3	Nitrógeno del suelo.....	32
4	Nitrógeno de la planta.....	32
5	Nitrógeno lixiviado.....	32
6	Nitrógeno volatilizado.....	33
7	Pérdida Total de Nitrógeno.....	33
8	Análisis de Materia Seca.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo		Pagina
1	Recursos y presupuesto estimado de la investigación.....	58
2	Representación de los tratamientos.....	59
3	Cronograma de actividades.....	60
4 -10	Análisis de varianza de las variables evaluadas.....	60-62
11	Análisis del suelo.....	63
12	Análisis de Nitrógeno foliar.....	64
13	Análisis del agua.....	65

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Balance de nitrógeno en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo.				
Autora:	<u>Bastidas Briones Brigitte Betzabeth</u>				
Palabras clave:	Urea	Dosificación	Volatilización	Lixiviación	Fertilización
Fecha de Publicación:					
Editorial:	UTEQ, 2017				
Resumen	Resumen. - El presente proyecto de investigación se estableció con el objetivo de estimar las pérdidas de N por volatilización y lixiviación, siendo uno de los elementos más importantes en la nutrición del cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.). Las dosis de nitrógeno y el tipo de suelo son factores elementales dentro de las pérdidas de N, debido a la movilidad que presenta este elemento en las diferentes superficies, es recomendable aislar las parcelas a evaluar. El objetivo del presente proyecto de investigación, fue establecer el balance de nitrógeno en el cultivo de arroz en suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo que permitan mejorar las dosificaciones del elemento, reduciendo de forma positiva a la contaminación ambiental. La evaluación se realizó en la parroquia San Cristóbal del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, durante un periodo de tres meses. Se empleó el diseño DCA con arreglo factorial, evaluando cuatro dosis en dos tipos de suelos y contando con tres repeticiones, teniendo como factor “L” los suelos Fluvisols y Cambisols (Quevedo y Babahoyo) y el Factor “D” las dosis de N aplicadas (0, 32, 64, 97 g m⁻²), manejando un total de 24 unidades experimentales. Se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, los resultados mostraron interacción entre los factores suelos y dosis. Estimando que las mayores pérdidas de N se dan por el proceso de lixiviación concluyentes al aumentar las dosis de N establecidas. Los tipos de suelos son determinantes en las perdidas de N debido a las partículas				

	que los caracterizan, revelando mayores pérdidas totales de N en el suelo de Babahoyo, a diferencia del suelo de Quevedo. Abstract. - The present research project was established with the objective of estimating the losses of N by volatilization and leaching, being one of the most important elements in the nutrition of the rice crop (<i>Oryza sativa</i> L). The doses of nitrogen and the type of soil are elementary factors within the N losses, due to the mobility that this element presents in the different surfaces, it is advisable to isolate the parcels to be evaluated. The objective of the present research project was to establish the nitrogen balance in rice cultivation in the soils of the Babahoyo and Quevedo cantons, which allow improving the dosages of the element, positively reducing environmental pollution. The evaluation was carried out in the parish of San Cristóbal of Quevedo canton, province of Los Ríos, for a period of three months. The DCA design was used with a factorial arrangement, evaluating four doses in two types of soils and counting on three repetitions, having as factor "L" the soils Fluvisols and Cambisols (Quevedo and Babahoyo) and the Factor "D" the doses of N applied (0, 32, 64, 97 g m⁻²), handling a total of 24 experimental units. The Tukey test was used at 5% probability, the results showed interaction between soil and dose factors. Estimating that the highest losses of N are given by the process of leaching conclusive by increasing the doses of N established. The types of soils are determinant in the losses of N due to the particles that characterize them, revealing greater total losses of N in the soil of Babahoyo, unlike the Quevedo soil.
Descripción	84 hojas: dimensiones, 29,7 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* Linnaeus.), alimento básico en las zonas tropicales y subtropicales, se cultiva bajo condiciones inundadas. No obstante, en los últimos años se amplió el área dedicada a la siembra de secano en América Latina (1).

El Ecuador es autosuficiente en cuanto a la producción de arroz, puesto a que la producción abastece satisfactoriamente la demanda nacional. De acuerdo a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2014, el arroz es el tercer producto con mayor superficie sembrada, abarcando el 15.34% del área total bajo siembra (2).

En Ecuador la superficie sembrada de arroz registrada en el 2015 es de 358 583 ha, la provincia de Guayas constituye el 67%, Los Ríos y Manabí, con aproximadamente 29% y 3% respectivamente. De la superficie restante, las provincias que han representado la mayor área sembrada son: El Oro y Loja. Los cantones que registran mayor producción en la Provincia de Los Ríos son; Babahoyo, Montalvo, Vinces y Quevedo (3).

El cultivo de arroz demanda grandes cantidades de fertilizantes. Generalmente los fertilizantes son productos químicos de síntesis y sus efectos dependen tanto de las características de las moléculas que lo constituyen como de las características del suelo (4).

El nitrógeno (N) disponible es mayor en suelos inundados, que en suelos aireados, varias características únicas de los suelos inundados, complican el manejo de N, ya que después de la inundación el O₂ del suelo es consumido con rapidez por acción de los microorganismos, y su tasa de difusión es de 10 000 veces más lenta en los poros del suelo lleno de agua que poros lleno de aire (5).

En todas las zonas agrícolas del mundo se persigue la reducción del efecto contaminante de los nitratos procedentes de fertilizantes nitrogenados. El uso de los modelos de simulación

puede ser una manera de hacer frente a esta problemática (6). Uno de los problemas ambiental más importante relativo al ciclo del N es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por el proceso de lixiviación, se pueden concentrar a las aguas subterráneas hacia los cauces y reservorios superficiales (7).

La agricultura moderna contribuye en gran medida a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que causan el potencial de calentamiento global (PCG). Los fertilizantes nitrogenados utilizados han sido identificados como una importante fuente de GEI debido a la volatilización (8). En este proceso el nitrógeno (NH_4^+) se mineraliza hacia la atmosfera en forma de amoníaco (NH_3) (9).

La aplicación de fertilizantes es fundamental para lograr altos rendimientos en los cultivos, siendo la Urea la principal fuente de N utilizada por los agricultores, la misma representa pérdidas de hasta el 50% por volatilización (NH_3) y lixiviación (NO_3) (10) (9). Varias investigaciones determinan mayores pérdidas de N en suelos con bajos contenidos de arcillas.

El presente Proyecto de Investigación pretende valorar el porcentaje de pérdida de N en el cultivo de arroz en dos tipos de suelos, durante el proceso de volatilización y lixiviación, en un experimento controlado en el cantón Quevedo.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El N representa uno de los elementos importantes en la nutrición de los cultivos. Es un elemento altamente móvil, por lo que existen altas probabilidades de pérdidas de la zona de exploración radical de los cultivos, cuando este elemento es incorporado en la superficie del suelo las pérdidas son mayores, favoreciendo a bajar la eficiencia de fertilidad. El tipo de suelo influye en las pérdidas de N, ya que la movilidad de este nutriente se manifiesta de maneras diferentes en los mismos.

El desconocer el balance de N en los sistemas de cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.) constituye graves afectaciones en la producción del mismo, al no contar con información que permita desarrollar estrategias centrales; como la dosificación adecuada, para optimizar el balance de nitrógeno en el suelo, maximizando las entradas y minimizando las salidas (volatilización y lixiviación).

1.1.2. Diagnostico.

El N es el nutriente más comúnmente deficiente para la producción de arroz, por consiguiente, requiere de aplicaciones frecuentes. Las inadecuadas dosificaciones de fertilizantes nitrogenados favorecen al aumento de salidas del N, siendo los procesos de volatilización y lixiviación los más relevantes. Además de estas pérdidas de N, los agricultores alcanzan perdidas económicas significativas, debido a la falta de información.

1.1.3. Pronostico.

El balance de nitrógeno pretende predecir la respuesta a partir de la disponibilidad de N en el suelo y/o en la planta, y las perdidas dadas por volatilización y lixiviación, además del requerimiento previsto para un determinado nivel de rendimiento. Los análisis del material

vegetal, del suelo y agua, son una herramienta básica y fundamental para diagnosticar la necesidad de fertilización del cultivo.

1.1.4. Formulación del problema.

¿Evaluar el balance de nitrógeno en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo, permitirá estimar el balance de nitrógeno?

1.1.5. Sistematización del problema.

- ¿Qué cantidad de N adicionado se pierde por volatilización y por lixiviación?
- ¿Cómo afecta el tipo de suelo en la pérdida de N por volatilización y por lixiviación?
- ¿Qué proporción del N adicionado es absorbido por el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)?

1.1.6. Objetivos.

1.1.6.1. Objetivo general.

Determinar el balance de nitrógeno en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo.

1.1.6.2. Objetivos específicos.

- Estimar que proporción del N adicionado se pierde por volatilización y por lixiviación.
- Determinar cómo afecta el tipo de suelo en la pérdida de N por volatilización y por lixiviación.
- Evaluar la eficiencia de absorción del N adicionado al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

1.2. Justificación.

El cultivo de arroz representa un papel fundamental en la base de la alimentación humana y en el rubro socioeconómico del sector agrícola del país. La mayor superficie sembrada de arroz se encuentra en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí. Los Ríos representa el 28% de la superficie arroceras, de la cual, el cantón Babahoyo cuenta con 48 393 ha y Quevedo con 4 065 ha.

Por su fácil manejo el cultivo de arroz constituye la base económica de pequeños y medianos productores especialmente en la región costa. La necesidad de aumentar la productividad conlleva al incremento de aplicación de fertilizantes, estos representan daños ambientales a la comunidad. Respectos a estos efectos, se puede orientar un adecuado manejo de fertilizantes, implementando estrategias dirigidas a fomentar el uso adecuado de los mismos (1).

El N no es retenido por las fracciones coloidales del suelo debido a su carga negativa, por ende, es importante utilizar unidades experimentales para aislar los suelos a estudiar, además, representa un método factible y de bajo costo económico, brindando oportunidades para realizar este tipo de investigación a los agricultores.

Por tal motivo, en la presente investigación se plantea cuantificar el porcentaje de pérdidas de fertilizante nitrogenado en el cultivo de arroz, aplicando distintas dosis de Nitrógeno en suelos de los cantones Babahoyo (Eutric Cambisols) y Quevedo (Eutric Fluvisols), que permita estimar el balance del mismo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Volatilización.

En este proceso el nitrógeno (N) se mineraliza en forma de ión amonio (NH_4^+) de la superficie del suelo a la atmósfera en forma de amoníaco (NH_3) (9). El pH del suelo es fundamental en la ecuación de equilibrio entre el amonio y el amoníaco (9). Los altos valores de alcalinidad benefician una mayor proporción de N en forma amoniacal, con respecto al N en forma de amonio. El contenido en materia orgánica, la textura del suelo y la temperatura son otros factores implicados en la capacidad de intercambio catiónico (11).

Lixiviación.

El proceso de lixiviación de N es complejo, este depende de su concentración en el suelo, precipitación pluvial, velocidad de infiltración, capacidad de almacenamiento de agua, textura (12). Otros componentes como; tasa de absorción de N del cultivo, profundidad de exploración radical, drenaje y del conjunto de las interacciones entre esos factores (13).

Urea.

Es un componente de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, cloroplastos y enzimas, además, participa en la fotosíntesis y promueve la expansión de la lámina foliar. Por lo general, los suelos de nuestro país donde se cultiva arroz son deficientes en N (14). En la naturaleza la principal reserva de N para las plantas se halla en el aire, el mismo, está compuesto por el 78% de N (15).

La urea es uno de los fertilizantes más concentrados en N (46%) y el más usado y económico en el mercado. Se encuentra en modalidades perlada (usada en fertirrigación) y granulada (aplicación directa al suelo). Es muy soluble y usada en formulaciones líquidas,

esto la hace popular para inyectarla en sistemas de riego localizado. Es clasificada como fuente amoniacal y por lo tanto, tiende a acidificar el suelo (16).

Fertilización.

Es la acción de suministrar nutrientes al suelo, por medio de abonos orgánicos o inorgánicos, con el fin de incrementar la fertilidad del suelo y a la vez la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Es la capacidad que tiene un suelo para desarrollar cosechas y esta depende de los nutrientes, el agua suministrando y las condiciones generales de crecimiento generales de las raíces de la planta (17).

Dosificación.

En agricultura, se conoce como la aplicación de productos químicos al suelo y/o a la planta, beneficiando al cultivo en crecimiento. Las dosis de los nutrientes a aplicar se obtienen al considerar el suministro del suelo, la demanda del cultivo para el rendimiento esperado y la eficiencia de recuperación del fertilizante.

2.2. Investigaciones relacionadas al tema.

2.2.1. Balance de nitrógeno.

El balance de nitrógeno (BN) es un tema de importancia en las actividades agrícolas, pretendiendo obtener mayor rendimiento, minimizando el uso de fertilizantes, ya que la excesiva aplicación influye de manera negativa al ambiente y economía del país.

El N tomado por la planta se encuentra almacenado en las láminas y vainas de las hojas; durante la translocación, la mitad del N almacenado va a los granos, el 50% restante se absorbe después de la floración (18).

El N es demandado durante todo el ciclo vegetativo y reproductivo, pero la mayor necesidad se presenta entre el inicio y mediados del macollamiento, y al inicio de la panoja. Un suplemento adecuado de N es necesario durante la maduración del grano para retrasar la senescencia de las hojas, mantener la fotosíntesis durante el llenado de grano e incrementar el contenido de proteína en el grano (5).

2.2.1.1. Componentes del nitrógeno.

El N cumple un papel fundamental en el cultivo de arroz, promoviendo rápido crecimiento, aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano, en consecuencia, afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento (5).

La concentración de Nitrógeno en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa de fotosíntesis en las hojas y la producción de biomasa del cultivo, por lo general, los suelos de nuestro país donde se cultiva arroz son deficientes en nitrógeno (5) (14).

2.2.1.2. Factores que afectan al balance de nitrógeno.

Las alteraciones del ciclo del nitrógeno en el contexto agrario afectan al BN, ya que se han desencadenado una serie de procesos nocivos para el medio ambiente, como la eutrofización (enriquecimiento de las aguas con nutrientes, de manera que produce una disminución del oxígeno), la acidificación (absorción de cationes de hidrógeno, reduciendo su pH), la contaminación de los recursos hídricos (lixiviación del N), etc., cuyos efectos se manifiestan a escala local, regional y global (19).

2.2.1.3. Balance de nitrógeno en suelos cultivados.

A pesar de que el NH_4 es la forma predominante de N mineral en los suelos inundados, el arroz absorbe con igual eficiencia ambas formas de N (NH_4 y NO_3), algo del NH_4 que se difunde desde el suelo y que llega a las raíces del arroz es probablemente oxidado a NO_3

en la rizosfera del arroz y absorbido por las raíces en esta forma (5). Después de la difusión hacia la capa aeróbica del suelo, el NH_4 puede nitrificarse y difundirse de vuelta a la capa de suelo reducido para desnitrificarse. (5).

El nitrato suele ser lixiviado en menor cantidad en suelos de textura fina que de suelos gruesos, por lo que la estructura del suelo, profundidad, grietas, canales radiculares dependen del drenaje, obteniendo un mayor potencial de desnitrificación (20).

2.2.1.4. Balance de nitrógeno en suelos inundados.

El N aplicado al suelo húmedo permanece en la superficie y se puede perder por descomposición de los microorganismos presentes (21). Cuando se aplica sobre la lámina de inundación queda sujeto a la descomposición microbológica y a inmediatas pérdidas gaseosas (21).

2.2.1.5. Balance de nitrógeno en suelos no inundados.

Las aplicaciones fraccionadas son necesarias cuando el requerimiento total del elemento es alto y cuando precisa evitar pérdidas en suelos livianos permeables, favoreciendo la eficiencia de recuperación por el cultivo, para mejorar la eficiencia de utilización del N por la planta, es muy importante la época de aplicación (21).

2.2.2. Dinámica del nitrógeno en el suelo.

El NH_4 es nitrificado a NO_3 en la delgada capa oxidada de suelo y en la rizosfera del arroz. Sin embargo, el NO_3 es altamente móvil y puede lixivarse o difundirse a la capa de suelo reducida donde se pierde rápidamente por desnitrificación (N_2 y NO_2 gaseoso) y lixivarse (en suelos de textura gruesa) (5). Por efecto de la mineralización de la materia orgánica y de los residuos del cultivo, el NH_4 soluble e intercambiable se acumula en la capa reducida del suelo durante las primeras etapas de crecimiento, cuando la demanda de N es pequeña (5).

2.2.2.1. Desarrollo del cultivo de arroz en suelos secanos e inundados.

Los suelos en que puede desarrollarse el arroz son tan variados como el rango de climas a que se expone el cultivo, un factor determinante en cuanto a la productividad, es el agua disponible (22). Se desarrolla en suelos cuya acidez no baja del pH 5.0 ni sobrepase a 6.5, sin embargo, resiste bien en suelos cuyo pH esta entre 4.0 – 8.4, el arroz tolera bastante bien la salinidad y se obtienen buenas producciones de grano en suelos salinos (22).

En suelos inundados la zona que rodea al sistema radicular del arroz se caracteriza por la falta de oxígeno, por ende, para evitar la asfixia radicular, la planta de arroz posee unos tejidos especiales, unos espacios de aire bien desarrollados en la lámina de la hoja, concretamente en la vaina de la misma, así como en el tallo y en las raíces, que forman un sistema muy eficiente para facilitar el paso del aire (aerénquima) (23).

En condiciones naturales los distintos tipos de suelos presentan, diferentes contenidos de N total. De acuerdo al Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe, los suelos del Cantón Babahoyo pertenecen a la categorización Eutric Cambisols, mientras que los suelos del Cantón Quevedo se categorizan en Eutric Fluvisols (24).

2.2.2.1.1. Eutric Cambisols.

Los Cambisoles generalmente constituyen buenas tierras agrícolas y se usan intensivamente, con alta saturación con bases en la zona templada están entre los suelos más productivos de la tierra, este suelo más ácidos, aunque menos fértiles, se usan para agricultura mixta y como tierras de pastoreo y forestales (25).

Las ventajas que atesoran los Cambisoles devienen de su buena estructura y profundidad, no padeciendo de un lavado de nutrientes importantes, cuando son suelos pobres los tipos de arcilla que contienen estos suelos, retienen bien los elementos minerales indispensables para la nutrición de las plantas, tras ser abonados o enmendados (fertilizados). Bajo riego

con aguas salinas, o en ambientes secos y cálidos, debe prevenirse su salinización, que devendría en un serio descenso de su productividad (25).

2.2.2.1.2. Eutric Fluvisols.

A partir de Cambisoles y de sedimentos fluviales se origina inicialmente los Fluvisoles, los cuales tienen diferentes unidades de suelos particulares, según los niveles geomorfológicos de la llanura fluvial. Por lo general es de color más oscuro en seco que el Cambisol y la textura no llega a ser arcillosa, además, se destaca en que entre las partículas mecánicas se observa un contenido mayor de 40% de limo en los primeros 30 cm (26).

Contiene un pH neutral a ligeramente alcalino, aumentando su pH en el espesor inferior, acorde al porcentaje de saturación por base, no presenta acumulación de sales ni de sodio cambiante (26).

2.2.3. Mecanismo de pérdida de nitrógeno.

Desde el punto de vista agrícola, lo deseable sería que el NO_3 (suelo, material orgánico agregado o fertilizante), fuera finalmente absorbido por las plantas. Los dos procesos de pérdida más importantes, el lavado y la volatilización (27).

2.2.3.1. Lixiviación o lavado.

Debido a su carga negativa, el NO_3 no es retenido por la fracción coloidal del suelo. Por lo tanto, el agua que se mueve a través del mismo puede llevar consigo el NO_3 hacia los horizontes inferiores, proceso que se conoce como lixiviación o lavado. El lavado es descrito generalmente asumiendo que el agua que entra al suelo desplaza al agua que estaba presente originalmente en la superficie y al soluto (NO_3) disuelto en ella (27).

2.2.3.2. Volatilización.

La volatilización, junto con la desnitrificación son los procesos del ciclo del nitrógeno mediante los cuales el N vuelve a la atmósfera. El término volatilización se utiliza para describir el proceso de pérdida de N del suelo como amoníaco (NH_3) (27). Las pérdidas de N por el proceso de aplicación de fertilizantes nitrogenados serían del 15 a 20% (28).

El NH_4 intercambiable del suelo se encuentra en equilibrio con el NH_4 disuelto en la solución del suelo. Este proceso de pérdida comienza cuando el NH_4 en medio alcalino pasa a formar NH_3 disuelto en la solución del suelo (NH_3) (27).

Las pérdidas por desnitrificación son importantes en el cultivo del arroz, este cultivo se encharca a los 30-45 días de sembrado en condiciones de temperatura relativamente altas, por esto es inevitable que parte del NO_3 acumulado en el suelo se pierda por desnitrificación. Para evitar pérdidas posteriores por este mecanismo, el cultivo debe permanecer inundado hasta su madurez fisiológica, un retiro temporario del riego puede provocar la nitrificación del N mineral presente (27).

2.2.4. Arroz.

El Ecuador es el país con mayor superficie sembrada de arroz, dentro de la comunidad Andina. En los últimos años, este cultivo se ha constituido en grandes extensiones del país, con 400 000 ha sembradas, beneficia a numerosas familias ubicadas, principalmente, en los estratos socio-económico medios y bajos (29).

2.2.4.1. Labores culturales.

Entre las principales labores del cultivo, se encuentra la adecuación del lote que se va a sembrar es decir la labranza del suelo, la preparación del suelo se realiza en condiciones secas o inundadas (29). Para los suelos secos se ara con rastra de disco o “romeplow”, en la

preparación de suelos inundados se efectúa el fangueo que consiste en el pase del tractor con un par de canastas de acero que remplazan las ruedas posteriores (29).

2.2.4.2. Fisiología.

La planta introduce aire a través de estomas y vainas de las hojas, desplazándose hacia la base de la planta. El oxígeno es suministrado a los tejidos junto con el paso del aire, moviéndose hacia el interior de las raíces, donde es utilizado en la respiración. La fase de oxidación-reducción, es el resultado del aire que sale de las raíces y se difunde en el suelo que las rodea (23).

2.2.4.3. Fase vegetativa.

Las plantas de arroz tienen la capacidad de producir un sistema de raíces apto para tomar recursos del suelo y de producir macollas portadoras de panículas. El tallo principal y las macollas emiten hojas a intervalos regulares, estos sintetizan los productos necesarios con que se construirá la estructura de la planta, para proveer la energía que requiere su funcionamiento, y para almacenar las reservas alimenticias destinadas a la siguiente generación (30).

En un suelo suelto y en condiciones de seco, las raíces pueden alcanzar una profundidad superior a 1 m. En los suelos inundados, esa profundidad rara vez supera los 40 cm, porque el suministro de oxígeno a los ápices de las raíces, a través del aerénquima, es limitado (31).

2.2.4.4. Fase reproductiva.

Esta fase inicia cuando la yema terminal del tallo principal y las yemas terminales de las macollas son inducidas a producir un primordio floral; algunas macollas mueren, los tallos se alargan, se observa un ‘embuchamiento’ en el extremo de los tallos, y ocurre la emergencia de la panícula. En este período se define el tamaño de los ‘depósitos del

rendimiento', es decir, el número potencial de granos, el cual está representado por el número de panículas por unidad de área y por el número de espiguillas por panícula (30).

Además, las macollas que sufran un retardo en la emisión de sus hojas mueren, generalmente, antes de la antesis; este número de macollas muertas aumenta cuando se incrementa la densidad de siembra (32).

2.2.4.5. Fase de maduración.

También denominada 'fase de llenado del grano', se extiende desde la antesis hasta la madurez fisiológica de la panícula. La maduración empieza con la fertilización de los óvulos; sigue luego el desarrollo del ovario fecundado que se convierte en grano de arroz (28). Este proceso de maduración, en el que se llenan los 'depósitos del rendimiento', dura alrededor de 30 días en las condiciones ambientales de los trópicos, a mayor duración de la fase de maduración, la producción de materia seca se prolongue y sea mayor el rendimiento de grano (30).

2.2.4.6. Fertilización.

A nivel global, el único recurso más amplio de nitrógeno añadido es el N fertilizante manufacturado, el cual es hecho utilizando grandes cantidades de gas natural (31). Sólo en 2 006, más de 98 millones de toneladas de fertilizante nitrógeno fueron utilizadas a lo largo del mundo para incrementar el crecimiento del cultivo (33).

La cantidad de fertilizante nitrogenado que requiere un cultivo se basa en el potencial de rendimiento del cultivo, este depende, de la radiación solar disponible y del contenido natural de N del suelo (34).

El N es, después de la temperatura y del agua, el tercer factor limitante de la producción agrícola. Añadido como abono puede estar como urea, NH_4 y NO_3 , este N sigue los mismos modelos de reacción que el N liberado por los procesos bioquímicos a partir de residuos de

plantas (35). La urea es sometida a la amonificación (formación de NH_4) y nitrificación previas para su utilización por los microorganismos y plantas, El amonio (amonificación) puede ser oxidado a nitratos y ser fijado por las partículas sólidas del suelo, además, pueden ser absorbidos directamente por microorganismos y plantas o pueden perderse por desnitrificación y lixiviación (35).

2.2.4.4. Urea en el cultivo de arroz.

La Urea aplicada al voleo es hidrolizada rápidamente (2-4 días) y es susceptible a pérdidas por la volatilización de NH_3 debido a los cambios diurnos en el pH del agua de inundación como resultado de la actividad biológica (5).

Si se incorpora fertilizantes portadores de NH_4 en la capa reducida del suelo, antes o después de la inundación, el NH_4 se adsorbe en los coloides, lo inmovilizan temporalmente los microorganismos o se retiene abióticamente en los componentes de la materia orgánica como los compuestos fenólicos, las pérdidas por percolación son generalmente pequeñas, con excepción de suelos con textura muy gruesa (5). La urea es uno de los fertilizantes de N que más se usan en la producción de arroz. La ureasa (enzima del suelo), convierte rápidamente la urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, en carbonato de amonio, $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$ (34).

Las pérdidas de N aplicado al voleo se relacionan con las características del agua de inundación (profundidad de la lámina, pH, temperatura y la concentración de NH_4) además de la velocidad del viento y la etapa de crecimiento de la planta. Después de la fase media de macollamiento, cuando ya se ha formado un sistema radicular denso con abundantes raíces superficiales, las tasas de absorción del N aplicado al voleo sobre la lámina pueden ser altas y esto hace que las pérdidas por volatilización de NH_3 sean pequeñas (5).

2.2.4.5. Producción del cultivo de arroz.

El arroz es el cultivo con mayor importancia seguido por el cacao, maíz y banano, se estima que el 80 % de las siembras de arroz pertenecen a productores con 20 ha o menos, con esto podemos concluir que los grandes productores de arroz son el 20 % del total”. La provincia de Los Ríos cosechó 112 184 ha para el año 2012 con una disminución del orden de 13 971 en relación con años anteriores, lo que significó el 11.07 % para el periodo, representó el 30.87% del total de la superficie del año 2012 (36).

2.2.4.6. Variedad INIAP 14.

Esta variedad fue introducida con el nombre clave PSBRC12 en 1993 desde el PHIL RICE de Filipinas por FENARROZ, siendo evaluada bajo condiciones de lluvias en nuestro país. Sus altos rendimientos determinados son similares a INIAP-11 e INIAP-12; presenta moderada resistencia a hoja blanca, es resistente al acame, muestra moderada resistencia y susceptibilidad al volcamiento, además, es una variedad precoz de grano largo, resistente a piricularia o quemazón (37).

La variedad INIAP-14 responde positivamente en rendimiento a las aplicaciones de urea o sulfato de amonio, recomendando de cuatro a ocho sacos aplicados en dos partes iguales a los 20 y 40 días de edad del cultivo (34).

2.2.4.7. Características de las principales variedades de arroz del Ecuador.

Características	INIAP 11	INIAP 12	INIAP 14	INIAP 15	INIAP 16
Rendimiento en riego (t ha ⁻¹)	5 - 9	5 - 9	5.8 - 11	5.1 - 9	5 - 9
Rendimiento en secano (t ha ⁻¹)	5.5 – 6.8	5 - 7	4.8 - 6	5 - 9	4.8 - 8
Ciclo vegetativo (días)	110-115	95-108	113-117	117-128	106-120
Altura de plantas (cm)	100-111	100-111	99-107	89-108	93-109
Longitud de grano	largo	extralargo	largo	extralargo	extralargo
Índice de pilado	68	71	66	67	68
Desgrane	intermedia	intermedia	intermedia	intermedia	intermedia

FUENTE: INIAP

2.2.5. Análisis de nitrógeno.

La importancia del análisis en que constituye una fuente valiosa del estado nutricional, para realizar recomendaciones de fertilizantes, y con base a ellas tomar determinaciones acertadas. Es importante evaluar los resultados con experimentos de campo, empleando distintas variables en un mismo elemento, para establecer los mejores resultados (18).

2.2.6. Contaminación por nitrógeno.

2.2.6.1. Impacto ambiental.

Si bien el N es abundante en la atmosfera (78%), es por lo contrario, escaso en el suelo y tiene que ser fijado por microorganismos y determinadas plantas, para poder estar aprovechable en el suelo (38). Por lo general, la intervención del hombre (agricultura moderna) altera el ciclo del N, introduciendo grandes cantidades de N superiores a los que en condiciones naturales requiere el suelo.

Estos efectos traen como consecuencias; disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación (cada vez el suelo necesita mayor cantidad de abonos y cada vez produce menos), infertilidad total y desertificación del territorio (4).

2.2.6.2. Exceso de nitrógeno.

Los aportes en exceso han motivado una progresiva acumulación del nitrógeno en el suelo y su dispersión por el aire y el agua, sin que sea absorbido por ningún organismo. El aumento de los aportes de N en la biosfera genera efectos positivos sobre la producción agrícola y la alimentación, repercuten positivamente sobre la salud humana hasta un determinado umbral (11).

Una vez sobrepasado ese umbral, el aumento progresivo de los aportes de nitrógeno no mejora la producción de los cultivos y da lugar a un incremento exponencial de las pérdidas del mismo hacia el aire y el agua, de la deposición atmosférica y de la ocurrencia de alteraciones medioambientales, derivando en problemas sanitarios que hacen que el beneficio neto sobre la salud humana sea negativo, estimando que el porcentaje de N de origen antrópico que es liberado directamente a la biosfera corresponde aproximadamente a un 90 % del aporte total (39) (11).

2.3. Marco referencial.

El estudio “*Balance del nitrógeno en el sistema suelo-planta con pasto Guinea (Panicum maximum Jacq) en condiciones de bosque seco tropical*”, determinó que la distribución porcentual del nitrógeno en la planta resultó en un 55% en la biomasa removida, un 35% en la biomasa residual y un 10% en la biomasa radicular. Las pérdidas por percolación ocurrieron en un 80% como N-NO_3^- y en un 20% como N-NH_4^+ . Las pérdidas por escorrentía resultaron muy pequeñas con valores que no excedieron $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Del nitrógeno en el agua de lluvia, el N-NH_4^+ constituye el mayor aporte con $8,4 \text{ kg ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ mientras tanto, el N-NO_3^- aportó $4,16 \text{ kg ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ representando un 66,8% y 33,2% respectivamente (40).

El trabajo “*Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio*”, investigó el efecto del riego y del N (Urea) en cobertura en el maíz, y de su sustitución parcial por sulfato de amonio, en las pérdidas de N-NH₃ volatilizado. Con la irrigación previa, las pérdidas acumuladas fueron, respectivamente, de 42,8 y 38,6% del N aplicado. Aunque no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, la sustitución de la urea por sulfato de amonio fue positiva cuando la irrigación fue efectuada después de la fertilización. Este tratamiento mostró también el mayor diámetro de raíz, altura de planta y contenido foliar de nutrientes (10).

La exploración “*Balance de Nitrógeno en Cultivos de Trigo*”, determinó que en las fases iniciales del proceso de crecimiento, la producción de biomasa y la absorción son lentas, el trigo al momento de la floración absorbe alrededor de un 90% de la cantidad de nitrógeno, además, los procesos de pérdidas significativas de nitrógeno cuando se aplica fertilizantes nitrogenados (41).

La investigación “*Rapid water flow and transport of Inorganic and Organic Nitrogen in a highly aggregated tropical soil*”, evaluó la profundidad que el agua infiltrante del suelo alcanza durante eventos de tormentas bajo condiciones tropicales húmedas y como se relaciona con las pérdidas de N por lixiviación (42).

El trabajo “*Leachn simulations of nitrogen dynamics and water drainage in an Ultisol*”, mostró la contaminación del agua potable por el nitrato lixiviado en los suelos, calibrando y validando el LEACHN para simular el suelo NO₃ el suelo NH₄, el drenaje de agua y el NO₃ lixiviación en un limo arenoso Cecil (43).

La exploración “*Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del occidente del estado Guárico*”, evaluó la eficiencia de absorción, el uso agronómico y la recuperación de nitrógeno (N) en arroz secano, cultivados en condiciones de suelo ácido, utilizando dosis de 80, 100 de N, 80 de fósforo (P) y 80 de potasio (K). Los resultados muestran que aunque el cultivo obtuvo una mejor respuesta con la mayor dosis de N, la

eficiencia del uso tiende a disminuir, lo que implica excesos de N eliminado, causando contaminación ambiental (44).

La investigación “*Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad*”, estimó los mecanismos de ganancias y pérdidas de N, función del N en la planta, requerimiento, translocación y efecto del N en la planta, además de determinar los fertilizantes nitrogenados orgánico e inorgánicos (27).

La indagación “*Características de los suelos Cambisoles y Fluvisoles de la Llanura costera norte del estado de Nayarit, México*”, estimó la clasificación y caracterización de los suelos como fundamento para poder evaluar los factores limitantes y la evolución potencial de ese recurso (26).

La investigación “*Respuesta a nitrógeno del cultivar INIA OLIMAR según tipo de riego y sistematización*”, evaluó el efecto de diferentes dosis y el fraccionamiento del fertilizante nitrogenado, bajo dos formas de riego (continuo e intermitente) y dos sistematizaciones de chacra (intervalo vertical de 8cm e intervalo vertical de 4cm). De los resultados obtenidos se destaca, que la existencia de respuesta a los tratamientos dependió de la combinación del sistema de riego e intervalo vertical entre taipas (45).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La presente investigación fue controlada en la parroquia San Cristóbal del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1°3'41'' de latitud sur y 79°25'15'' de longitud Occidental, a una altura de 93 metros sobre el nivel del mar.

3.2. Condiciones meteorológicas.

Los parámetros más relevantes del sector donde se ejecutó la investigación sobre el balance de nitrógeno en el cultivo de arroz, se detalla a continuación:

Tabla 1. *Condiciones meteorológicas del cantón Quevedo.*

Parámetros	Promedio
Temperatura, °C	25,3
Humedad relativa, %	83
Precipitación, mm. año ⁻¹	2223,8
Heliofanía, horas luz año ⁻¹	1,400
Zona ecológica	Bosque Húmedo Tropical

FUENTE: INAMHI.

3.3. Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo experimental, en la cual se determinó el balance de fertilizante nitrogenado en los procesos de lixiviación y volatilización en el cultivo de arroz en los suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo. El Proyecto tributa a la línea de investigación Agrícola 2: Desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del Litoral Ecuatoriano.

3.4. Métodos de investigación.

Se empleó el método de investigación experimental. Se estimó el balance de fertilizante nitrogenado con distintas dosis, en el proceso de lixiviación y volatilización en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) en suelos del cantón Babahoyo (Eutric Cambisols) y del cantón Quevedo (Eutric Fluvisols). Se realizó análisis del suelo, agua y planta, con el fin de obtener datos cuantitativos.

3.5. Fuentes de recopilación de información.

Los datos cuantitativos fueron obtenidos mediante la información derivada de los efectos de las variables evaluadas, cuyos resultados fueron comparados con los existentes en la literatura (artículos científicos, tesis, libros, revistas indexadas, etc).

3.6. Diseño de la investigación.

3.6.1. Diseño Experimental.

El Diseño experimental empleado fue Completamente al Azar con arreglo factorial, se calculó con cuatro dosis y dos tipos de suelos, equivalentes a ocho tratamientos y tres repeticiones, cada repetición contó con doce unidades experimentales. El modelo lineal matemático fue determinado de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

- Y_{ijk} = La puntuación del i sujeto bajo la combinación del j valor del factor A y el k valor del factor B.
- μ = La media común a todos los datos del experimento
- α_j = El efecto o impacto del j nivel del factor A.
- β_k = Efecto del k valor del factor B.

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el **j** valor de **A** y el **k** valor de **B**.

ε_{ijk} = Error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

3.6.2. Análisis de varianza.

Los resultados experimentales se analizaron mediante las fuentes de variación y los grados de libertad determinados del presente experimento, los cuales se detallan en el esquema del análisis de varianza de la Tabla 3.

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación		Grados de libertad	
Suelos (L)	l-1	2-1	1
Dosis (D)	d-1	4-1	3
L*D	(l-1)(d-1)	(2-1) (4-1)	3
ERROR	ld (n-1)	2*4 (3-1)	16
TOTAL	ldn - 1	(2 * 4 * 3) - 1	23

ELABORADO: Autora.

3.6.3. Comparación de tratamientos.

Los resultados se sometieron al análisis de la varianza mediante el estadístico F y sus medias comparativas, utilizando la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad del error, conocido también como “Diferencia Significativa Honesta (DSH)”, hace uso del estadístico Q (“amplitud estudentizada”).

El estadístico Q viene dado por la expresión:

$$W = q * \sqrt{\frac{CME}{r}} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

q = Amplitud estudentizada.

CME = Cuadrado medio del error experimental.

n = Numero de repeticiones.

3.6.4. Tratamiento bajo estudio.

Se evaluó la aplicación de N a través de la Urea como fuente de nitrógeno con cuatro dosis en los suelos de Babahoyo y Quevedo en el cultivo de arroz, con el fin de estimar el balance de nitrógeno (suelo, planta, lixiviado, y volatilizado). En la Tabla 2 se muestra los tratamientos que fueron aplicados en los suelos de los cantones Babahoyo y Quevedo en el cultivo de arroz.

Tabla 3. *Tratamiento bajo estudio.*

Localidades	Suelos	Dosis de N (g m ⁻²)	Tratamientos	Descripción (g urea m ⁻²)
Quevedo	Eutric Fluvisols	0	L ₁ D ₁	0
Quevedo	Eutric Fluvisols	32	L ₁ D ₂	70
Quevedo	Eutric Fluvisols	64	L ₁ D ₃	140
Quevedo	Eutric Fluvisols	97	L ₁ D ₄	210
Babahoyo	Eutric Cambisols	0	L ₂ D ₁	0
Babahoyo	Eutric Cambisols	32	L ₂ D ₂	70
Babahoyo	Eutric Cambisols	64	L ₂ D ₃	140
Babahoyo	Eutric Cambisols	97	L ₂ D ₄	210

ELABORADO: Autora.

3.6.5. Software estadístico “Infostat”

Es un software para análisis de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas

y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado.

3.6.6. Delineamiento experimental.

Diseño experimental	DCA con arreglo factorial
Numero de dosis a evaluar	4
Numero de suelos a evaluar	2
Tratamientos	8
Repeticiones	3
Número de plantas por tratamiento	12
Número de plantas total	288

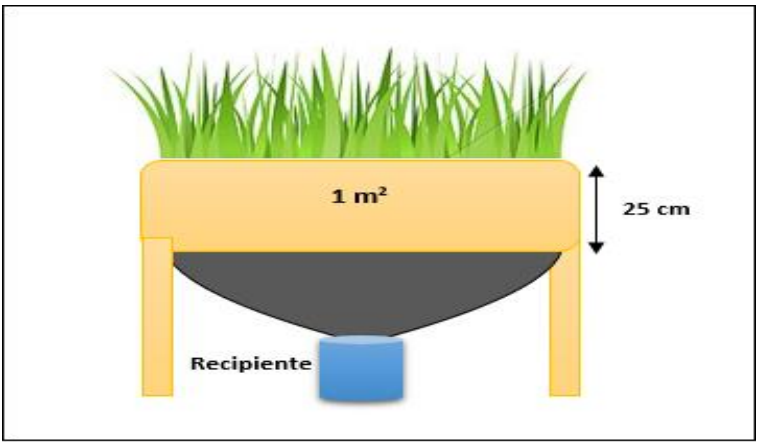


Figura 1. Estructura de la unidad experimental en donde se aplicaron los tratamientos.

3.7. Material del experimento.

Los suelos evaluados fueron seleccionados de zonas productoras de arroz. El suelo de Quevedo se obtuvo del sector “San José 3” perteneciente a la Parroquia La Esperanza, mientras que el suelo de Babahoyo se adquirió de la Parroquia Jujan, km 4 vía a Guayaquil.

Tabla 4. *Análisis inicial de los suelos evaluados.*

Factores	Suelos	
	Quevedo	Babahoyo
Materia Orgánica	3.7	1.9
pH	5.4	5.5
NH ₄ (ppm)	13.0	14.0
Fosforo (ppm)	11.0	50.0
Potasio (meq 100m ⁻¹)	0.9	0.5
Calcio (meq 100m ⁻¹)	9.0	13.0
Magnesio (meq 100m ⁻¹)	2.0	4.9
Azufre (ppm)	6.0	9.0
Zinc (ppm)	2.4	2.2
Cobre (ppm)	2.3	6.5
Hierro (ppm)	134.0	124.0
Manganeso (ppm)	5.1	9.1
Boro (ppm)	0.6	0.5

ELABORADO: Autora.

3.8. Labores de cultivo.

3.8.1. Germinación de semillas.

Las semillas fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio (cloro) a una concentración de 1 ml L⁻¹ de agua, en la cual se sumergió 1 kg de semillas durante 1 minuto, luego se enjuagó con abundante agua hasta no quedar residuos de la solución aplicada. Las semillas quedaron sumergidas en agua durante 24 horas, después se excluyó el agua para su posterior germinación.

3.8.2. Siembra.

Este procedimiento se realizó de manera manual, para lo cual, se utilizaron semillas germinadas, colocando 2 semillas por cada sitio establecido, representando 12 sitios por cada cajón.

3.8.3. Abonado.

Se aplicó superfosfato triple (15g m^{-2}), sulfato de doble de potasio y magnesio (10g m^{-2}) y muriato de potasio (37g m^{-2}) como abono base. La suplementación de Urea se dio a los 10 días del trasplante (40%) y a los 35 días (60%) posterior a la primera aplicación.

3.8.4. Riego.

Se efectuó de manera manual adicionando agua diariamente a los suelos evaluados, manteniéndolo en capacidad de campo (CC). La CC se estimó por medio del método del tacto, tomando muestras de cada cajón para ser presionadas con la mano y así, poder observar su textura.

3.8.5. Control de malezas, plagas y enfermedades.

El control de malezas se ejecutó de manera manual, manteniendo el cultivo libre de las mismas. Se aplicó insecticida cipermetrina en dosis de 350 ml ha^{-1} 20 L^{-1} de agua y fungicida carbendazin en 200 ml ha^{-1} 20 L^{-1} , para prevenir futuras infestaciones.

3.9. Instrumentos de investigación.

Como instrumentos de investigación se evaluaron el resultado de las variables establecidas a continuación:

3.9.1. Variables evaluadas.

3.9.1.1. Nitrógeno del suelo.

Como primer punto se estableció la cantidad de nitrógeno nativo de los suelos mediante un análisis antes de plantar el cultivo de arroz, después de la fase de maduración del cultivo de

arroz se efectuará el análisis final. Para determinar la cantidad de nitrógeno del suelo se utilizó la siguiente ecuación:

$$NS = PSS * CNS \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

PSS = Peso del suelo seco.

CNS = Concentrado de N en el suelo (análisis de suelo).

3.9.1.2. Nitrógeno de la planta.

Se determinó la cantidad de nitrógeno en la planta, realizando un análisis final en la etapa de maduración del cultivo de arroz, con el objetivo de estimar la cantidad de nitrógeno asimilado por la planta durante el ciclo del cultivo. Está determinado, por la siguiente ecuación:

$$NP = PVS * CNS \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

PVS = Peso vegetal seco.

CNV = Concentración de N en el material vegetal (análisis vegetal).

3.9.1.3. Nitrógeno lixiviado.

Se realizó un análisis final del agua, para aquello se recolecto semanalmente el agua drenada de cada cajón durante el ciclo del cultivo, valorando el nitrógeno perdido por el proceso de lixiviación. La ecuación está representada de la siguiente manera:

$$NL = VAR * CNA \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

VAR = Volumen del agua recolectada.

CNA = Concentración de N en el agua (análisis del agua).

3.9.1.4. Nitrógeno volatilizado.

Esta variable, se estimó mediante la resta del nitrógeno total en el suelo, agua y planta, los cuales está determinados por los análisis realizados. Está representado de la siguiente manera:

$$\mathbf{NV = NA - (NS + NP + NL)} \quad \mathbf{(Ecuación\ 6)}$$

Donde:

NA = Nitrógeno adicionado.

NS = Nitrógeno del suelo.

NP = Nitrógeno de planta.

NL = Nitrógeno lixiviado.

3.9.1.5. Pérdida total de nitrógeno.

Esta variable se determinó mediante la suma de los procesos de pérdida del nitrógeno, dados por lixiviación y volatilización. Se estableció de la siguiente manera:

$$\mathbf{PTN = NL + NV} \quad \mathbf{(Ecuación\ 7)}$$

Donde:

NL = Nitrógeno lixiviado.

NV = Nitrógeno volatilizado.

3.9.1.6. Numero de macollos.

En esta variable se detalló los macollos existentes en cada metro cuadrado de manera manual, para lo cual, se contaron los macollos del cultivo de arroz de los 12 sitios establecidos en cada cajón.

3.9.1.7. Rendimiento.

El rendimiento del cultivo de arroz se determinó mediante el registro del peso de los granos en cascara de cada cajón (m²) de acuerdo a los tratamientos establecidos.

3.10. Análisis de Materia seca.

La fórmula para determinar el porcentaje de materia seca (MS) está representada de la siguiente manera:

$$MS = \left(\frac{PI-PS}{PI} \right) * 100 \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

PI = Peso inicial.

PS = Peso seco.

3.10.1. Material vegetal.

El análisis de MS del material vegetal se estableció tomando una muestra representativa de plantas de los tratamientos a investigar, luego se tomó el peso inicial para su posterior deshidratación. Las muestras se colocaron en la estufa a 70°C hasta peso constante, una vez extraída la humedad, se registró el peso en seco.

3.10.2. Suelo.

Se tomó una muestra de suelo de cada tratamiento, para determinar el porcentaje de humedad. Se registró el peso inicial de las muestras, para luego colocarlas en la estufa a 105°C hasta obtener un peso constante, después se apuntó los pesos en seco de los mismos.

3.11. Recursos humanos y materiales.

3.11.1. Talento humano

- Director del Proyecto de Investigación Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar.
- Autor del Proyecto de Investigación Brigitte Betzabeth Bastidas Briones.

3.11.2. Material vegetal.

- Se utilizó la variedad INIAP 14 de arroz, su ciclo vegetativo esta entre 113 a 117 días, cuyo rendimiento varía entre 8 400 – 10 000 kg ha⁻¹ en cascara. Altura de planta de 99 – 107 cm, grano largo, arroz entero al pilar 62% latencia de la semilla 4-6 semanas, resistentes al acame.
- Se empleó suelos; Eutric Cambisols (Babahoyo) y Eutric Fluvisols (Quevedo).

3.11.3. Materiales de campo y oficina.

Como primer punto se realizó la estructura para la presente investigación, construyendo veinte cuatro cajones de caña a un metro de altura del suelo, cada cajón conto con 25 cm de profundidad a 1 m². Antes de colocar los suelos en los cajones, se colocó sarán alrededor de los mismos para evitar pérdidas de los mismo por las pequeñas aberturas observadas entre las latillas de caña.

Luego de tener listos los cajones, se ubicaron plásticos en forma de cono de bajo de cada cajón colocando envases al final, para la recolección del agua drenada. Previo a la siembra se regaron los suelos con ayuda de regaderas. Después de la siembra se procedió a colocar fertilizantes bases y urea (fuente de nitrógeno) en su determinado tiempo y de acuerdo a las dosis establecidas.

Además, se utilizaron materiales de oficina como cuadernos, computadoras, cámara fotográfica, etc., los cuales permitieron registrar, organizar e investigar información favorable la presente investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y Discusión.

4.1.1. Variables del balance de nitrógeno.

En la Tabla 4 se indica las interacciones de las variables relacionadas con el balance de nitrógeno (nitrógeno del suelo, nitrógeno de la planta, nitrógeno lixiviado, nitrógeno volatilizado, y pérdida total de nitrógeno), en suelos de los cantones Quevedo y Babahoyo, aplicando cuatro dosis distintas de nitrógeno (0, 32, 64, 97 g m⁻²) durante su ciclo vegetativo. De acuerdo al análisis estadístico, el factor suelo tiene un efecto significativo ($p < 0,05$) en todos los componentes del balance de nitrógeno, mostrando mayor cantidad de nitrógeno en el suelo (NS), nitrógeno volatilizado (NV) y pérdida total de nitrógeno (PTN), mientras que el suelo de Quevedo presenta gran cantidad de nitrógeno en la planta (NP) y nitrógeno lixiviado (NL).

Tabla 5. Balance de nitrógeno en el cultivo de arroz, en los suelos de los cantones Quevedo y Babahoyo, aplicando cuatro dosis diferentes de nitrógeno.

Factores		Componentes del balance de nitrógeno					
Suelos	Dosis de N	NS	NP	NL	NV	PTN	
			g m ⁻²				
Quevedo	0	2,58	25,35 bc	18,10 b	-46,05 d	-27,94 f	
Babahoyo	0	3,19	21,85 c	24,37 b	-49,40 d	-25,05 f	
Quevedo	32	2,65	35,16 ab	31,07 ab	-36,88 d	-5,79 e	
Babahoyo	32	2,86	26,42 bc	30,20 ab	-27,48 cd	2,72 e	
Quevedo	64	2,46	44,51 a	22,20 b	-5,16 bc	17,03 d	
Babahoyo	64	3,29	24,79 bc	22,33 b	13,58 b	35,92 c	
Quevedo	97	2,51	39,80 a	47,67 a	7,03 b	54,69 b	
Babahoyo	97	2,77	17,74 c	19,83 b	56,67 a	76,49 a	
Promedio		2,79	29,45	27,07	-43,84	64,04	

NS = Nitrógeno del suelo; NP = Nitrógeno de Planta; NL = Nitrógeno lixiviado; NV = Nitrógeno volatilizado; NPT = Pérdida total de nitrógeno.

Acorde al análisis realizado, se observan significancias estadísticas ($p < 0,05$) en los factores suelos y dosis, en las variables NP, NL, NV, PTN, determinando mayores pérdidas de N al aumentar la racionalidad del mismo, en los suelos Fluvisols (Quevedo) y Cambisols (Babahoyo).

Varios autores señalan la importante participación del N en la estructuración de las proteínas y enzimas, cumpliendo funciones estructurales, de transporte, almacenamiento, además de catalizar los procesos de nutrición (45). La Urea es la principal fuente de N utilizada por los agricultores, elemento o nutriente que al ser adicionado al suelo se puede registrar pérdidas en el rendimiento de los cultivos de hasta un 50% (10).

Por consiguiente, este elemento posee varias entradas, como; la fijación biológica, la fertilización, ingreso de lluvia y salidas como; la volatilización, desnitrificación y lixiviación (41). Se ha reportado la existencia de existen diversos factores que intervienen en el proceso de perdida como el tipo de suelo, dosis, fuente de nitrógeno, siendo importante el manejo racional de los fertilizantes nitrogenados (40).

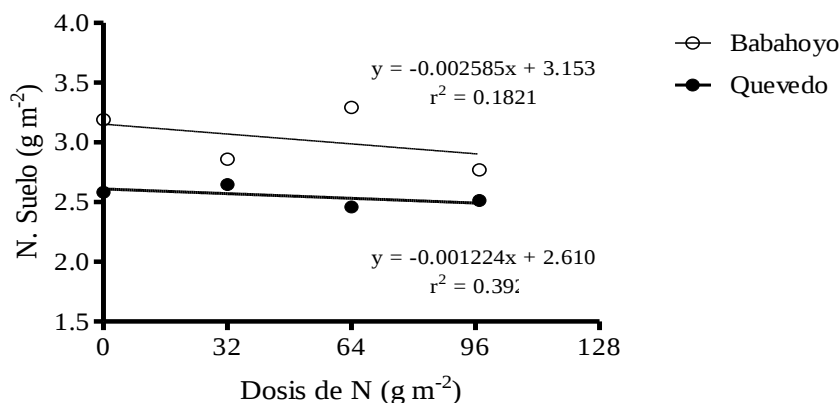


Figura 2. Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N en el suelo (NS) sembrado de arroz en las localidades de Quevedo y Babahoyo.

De acuerdo al análisis aplicado no existe interacciones en la variable NS como se muestra en la figura 2, sin embargo, se puede observar que el suelo Fluvisols de la

localidad de Quevedo manifiesta un contenido de N de manera homogénea de acuerdo a las aplicaciones del N, con un promedio de 2,6 g de N, al contrario del suelo Cambisols de la localidad de Babahoyo quien representar un descendente contenido de N, con un promedio de 3 g de N.

La cantidad de N presente en los suelos Fluvisols (Quevedo) y Cambisols (Babahoyo) se muestra con un promedio de 2,6 g de N m⁻² al aplicar 97 g de N m⁻², mientras que el testigo (0 g de N) y la incorporación de 64 g de N obtienen un promedio de 2,9 g de N m⁻², seguido de 2,8 g de N m⁻² al adicionar 32 g de N m⁻².

El contenido de nitrógeno depende principalmente de los tipos de suelos, ya que al aumentar el contenido de arcilla se extiende el contenido de N (27). La textura de los suelos Fluvisol no llega a ser arcillosa, por ende existen mayores pérdidas de N por lixiviación, al contrario de los suelos Cambisol que son bien estructurados y arcillosos (26).

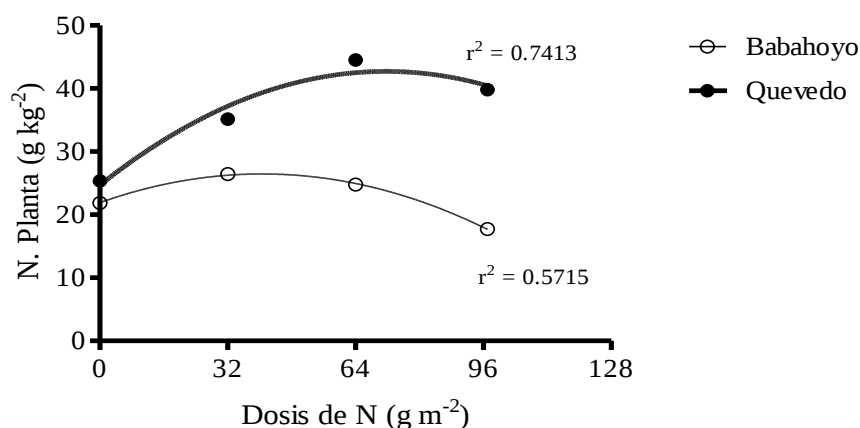


Figura 3. Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N en la planta (NP) de arroz, en las localidades de Quevedo y Babahoyo.

La Figura 3 muestra los datos obtenidos de la variable NP de acuerdo a las tasas de absorción de nitrógeno por el cultivo, indicando una función cuadrática entre sus factores, partiendo de una brecha menor al no aplicar N, a una mayor dispersión de las mismas, al aumentar la dosis de N. Siendo el suelo Fluvisols (Quevedo) el de mayor

absorción con una media de $36,2 \text{ g m}^{-2}$, seguido del suelo Cambisols (Babahoyo) con $22,7 \text{ g m}^{-2}$.

La permeabilidad de N fue significativa en el suelo Fluvisols mostrando una tendencia creciente al aumentar las dosis de N, a diferencia del suelo Cambisols, quien indica una tendencia decreciente. Con 97 g de N m^{-2} las plantas obtuvieron recuperaciones de $28,8 \text{ g m}^{-2}$ de N, seguido de la aplicación de 64 g de N m^{-2} con una media de $34,7 \text{ g m}^{-2}$, continuo de la adición de 32 g quien cuenta con una impregnación de $30,8 \text{ g m}^{-2}$ de N, y el testigo obtuvo $23,6 \text{ g m}^{-2}$ de N de acuerdo a los suelos evaluados.

La absorción por la planta compone una de las principales salidas de N, existiendo un aumento significativo, debido a la capacidad del mismo de acelerar la tasa de crecimiento en la planta por medio de transformaciones y síntesis de carácter bioquímico (40). La humedad es un factor importante en la fertilización, ya que tiene que entrar en solución del suelo y así, estar disponible para la planta.

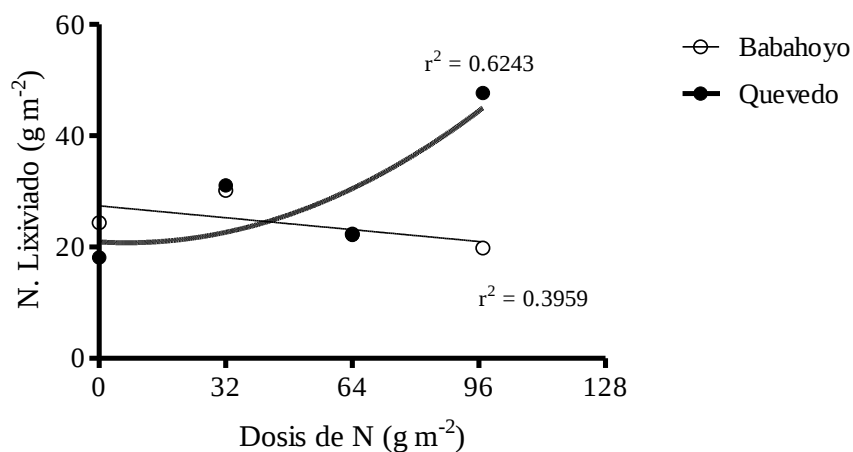


Figura 4. Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N lixiviado (NL) en los suelos sembrados de arroz de en las localidades de Quevedo y Babahoyo.

La Figura 4 estima los valores del NL por los suelos evaluados, indicando una función cuadrática en el suelo Fluviols (Quevedo) siendo más susceptible a las pérdidas por lixiviación al aumentar la aplicación de N, revelando un promedio de $29,8 \text{ g m}^{-2}$,

mientras que el suelo Cambisols (Babahoyo) muestra una función lineal en cuanto al NL, mantiene homogeneidad con un promedio de $24,2 \text{ g m}^{-2}$.

La mayor pérdida de NL, se da al aplicar 97 y 32 g de N con un promedio de $33,8 \text{ g m}^{-2}$ y $30,6 \text{ g m}^{-2}$, mientras que la dosis de 64 g y el testigo de 0 g de N m^{-2} presentan menores pérdidas con $22,7 \text{ g m}^{-2}$ y $21,2 \text{ g m}^{-2}$ respectivamente.

Los suelos que presentan alta concentración de nitratos y alta humedad son más susceptibles a las pérdidas de N por lixiviación (41). Según Renck, *et al.* (42), y Johson (43), las principales pérdidas de N ocurren en forma de NO_5 (20 cm de profundidad), en tanto, el NH_4 se muestra en cantidades insignificantes.

La lixiviación de N en condiciones naturales se ve limitado por la escasez de N mineral en los suelos y el equilibrio existente entre su biodiversidad y su absorción por la planta (11). La humedad juega un rol importante en la concentración de N, mientras más humedad exista en el suelo, será mejor la asimilación este elemento por la planta.

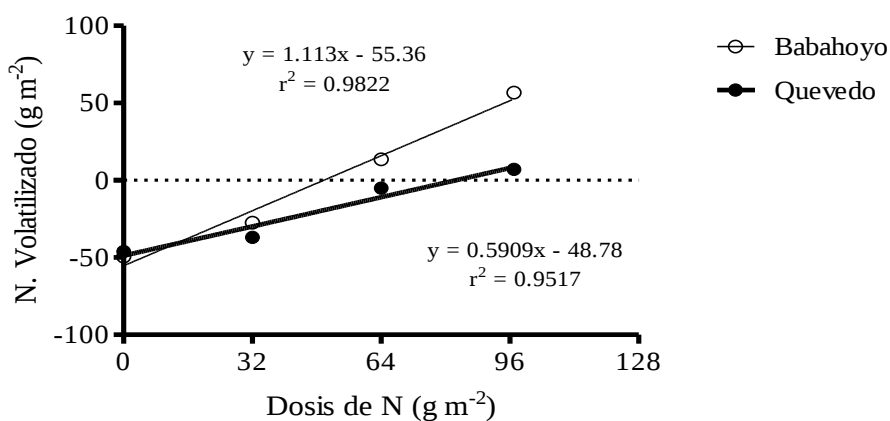


Figura 5. Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la cantidad de N volatilizado (NV) en los suelos sembrados de arroz en las localidades de Quevedo y Babahoyo.

La variable NV revela la significancia estadística ($p < 0,05$) es sus componentes suelos y dosis, tanto para la localidad de Quevedo como para la localidad de Babahoyo como se observada en la Figura 5, revelando una tendencia creciente entre sus elementos al

aumentar la aplicación de N, a pesar de que parten con una pérdida semejante de NV, terminan en una brecha extensa, estimando promedios menores a 0 tanto para el suelo Fluvisols (Quevedo), como para el suelo Cambisols (Babahoyo).

Los datos obtenidos del NV permiten observar una línea divergente acorde a las dosis aplicadas de N. La aplicación de 97 g de N m⁻² representa 31,9 g de NV m⁻², seguido de la adición de 64 g de N m⁻² contemplando un promedio de 4,2 g NV m⁻², continuo de la incorporación de 32 g de N m⁻² que simboliza -32,2 g de NV m⁻², mientras que el testigo constituye -47,7 g de NV m⁻².

El N pasa a la atmosfera por medio de procesos como la volatilización, volviendo a caer por lluvias, sin embargo la mayoría de N que vuelve a caer al suelo proviene de combustibles fósiles y bosques, por lo cual, la cantidades de N aumenta considerablemente en el suelo (27). La volatilización está gobernada por el pH el suelo, valores elevados de alcalinidad favorecen una mayor proporción de N en forma amoniacal, con respecto al N en forma de amonio (11).

Varias investigaciones elaboradas, determinan pérdidas de N por volatilización del 50% los cuales se avecinan a los datos obtenidos al adicionar 97 g de N m⁻², obteniendo como resultado una media del 49%.

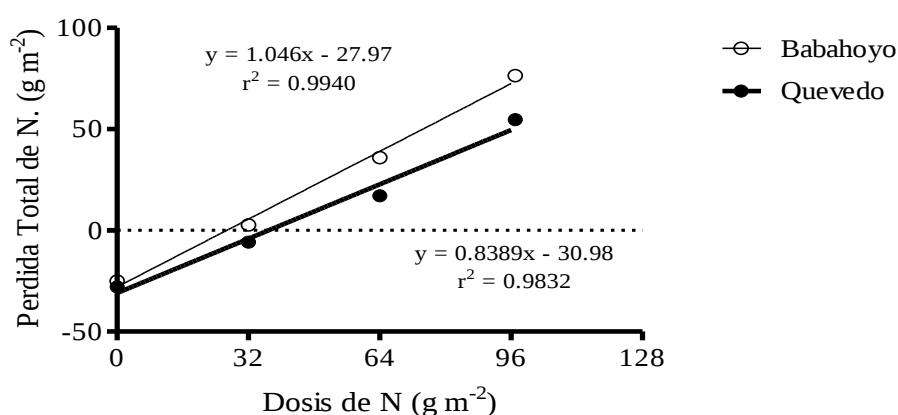


Figura 6. Efecto de las dosis de nitrógeno (N) sobre la pérdida total de N (PTN) en los suelos sembrados de arroz en las localidades de Quevedo y Babahoyo.

La figura 4, revelan las pérdidas totales del nitrógeno (lixiviación + volatilización) en suelos de Quevedo y Babahoyo), manifestando significancia estadística ($p < 0,05$) para los factores suelo y dosis. Las PTN indican que existe interacciones en sus componentes, reflejando la mayor PTN en el suelo de la localidad de Babahoyo con $22,5 \text{ g m}^{-2}$ de N, mientras que el suelo de la localidad de Quevedo representa $9,5 \text{ g m}^{-2}$ de N respectivamente.

Las PTN de los suelos evaluados, presentan líneas divergentes acorde al aumento de aplicación de N. La aplicación de 97 g m^{-2} de N en los suelos de Quevedo y Babahoyo, constituyen la mayor PTN con $65,6 \text{ g m}^{-2}$, seguido de la incorporación de 64 g m^{-2} de N con pérdidas de $26,5 \text{ g m}^{-2}$, sin embargo, se evidencia que la concentración de 32 y 0 g de N m^{-2} no alcanzaron pérdidas significativas, adquiriendo mayor contenido de N del aplicado en el cultivo, con $-1,5$ y $-26,5 \text{ g m}^{-2}$ de N correspondientemente.

La aplicación de fertilizantes amoniacales de fuerte alcalinidad inicial (Urea) produce significativas pérdidas por volatilización, siendo mayor al incrementar la dosis (41). La cantidad de N administrado aumenta gracias a factores como la mineralización, la cual, transforma el N inorgánico en N orgánico con ayuda de los microorganismos presentes en el suelo (27).

4.1.2. Variables de rendimiento.

Conforme al análisis estadístico, los factores suelos y dosis presentan significancia ($p < 0,05$) en sus elementos, indicando mayor rendimiento (R) en el suelo de Quevedo. La significancia estadística que presentan las variables del balance de nitrógeno relacionadas al rendimiento, aplicando dosis diferentes de fertilizante en los suelos de Quevedo y Babahoyo, se muestran a continuación:

Tabla 6. Balance de N del rendimiento del cultivo de arroz, en los suelos de los cantones Quevedo y Babahoyo, aplicando cuatro dosis diferentes de nitrógeno.

Factores		Variables	
Suelos	Dosis de N	Nº M g m ⁻²	R
Quevedo	0	516	417 c
Babahoyo	0	613	357 c
Quevedo	32	797	594 ab
Babahoyo	32	861	434 bc
Quevedo	64	811	693 a
Babahoyo	64	833	436 bc
Quevedo	97	944	718 a
Babahoyo	97	717	315 c
Promedio		762	496

Nº M = Numero de macollos; R = Rendimiento.

En la tabla 6, la variable número de macollos (NºM) muestra diferencias significativas para el factor dosis, mientras que la variable rendimiento (R) indica significancia estadística en los dos elementos; suelos y dosis, observando interacciones entre sus factores.

Se observa significancia en el factor dosis de la variable Nº M, dando a conocer que las dosis de 32 g, 64 g y 97 g de N m⁻² se muestran de manera similar, con un promedio de 827 macollos m⁻², a diferencia del testigo quien obtuvo promedios bajos de 565 macollos m⁻². Sin embargo, en la variable R se encontraron deducciones significativas, con un promedio de 532 g m⁻² en las dosis de 32 g, 64 g y 97 g de N m⁻², mientras que el testigo obtuvo un promedio de 387 g m⁻².

El N, además de ser un regulador de crecimiento, contribuye de forma positiva al aumento de macollaje, tamaño de la hoja, incremento del número de granos por panícula, tamaño y contenido de proteínas de los granos (45). Las dosis aplicadas de 97 – 64 – 32 g de N m⁻² mostraron una respuesta homogénea en cuanto al rendimiento, sin

embargo al aplicar mayores cantidades de N existe mayores pérdidas del mismo, menor eficiencia de uso y la suma de N que no es utilizada por el cultivo se pierden por volatilización y lixiviación contribuyendo de manera negativa a la contaminación ambiental (44).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La mayor pérdida de N se da por el proceso de lixiviación, tanto para el suelo de Quevedo como para el suelo de Babahoyo, obteniendo una pérdida total de nitrógeno mayor en el suelo de Babahoyo. Por otro lado, independientemente de los procesos de lixiviación y volatilización, las pérdidas totales de nitrógeno aumentan a medida que se incrementan las dosis de N por unidad de superficie.
- El tipo de suelo es determinante en las pérdidas de N por volatilización y lixiviación, el suelo fluvisols (Quevedo) es más propenso a las pérdidas por lixiviación con respecto al suelo cambisols (Babahoyo), sin embargo, el suelo cambisols es más susceptible a las pérdidas por volatilización referente al suelo fluvisols, debido a las partículas arcillosas que los caracterizan.
- La proporción del fertilizante absorbida por el cultivo durante el ciclo vegetativo es determinada por la aplicación de N, entre mayor sea la aplicación de N el contenido del mismo aumenta en la planta, tanto para el suelo fluvisols (Quevedo), como para el suelo de cambisols (Babahoyo). La humedad está estrechamente relacionada al uso eficiente del N por la planta de arroz, al tener contacto con la humedad entra en solución al suelo permitiéndole estar disponible para el cultivo.

5.2. Recomendaciones.

- Determinar la necesidad de N en el cultivo antes de la aplicación, con el fin de disminuir las pérdidas por volatilización y lixiviación. Además, se debe utilizar suelos con partículas arcillosas que permitan mantener la concentración de N por un mayor período.
- Es importante mantener una humedad optima en el suelo, para obtener una recomendable disolución de los fertilizantes y que puedan estar disponibles para el cultivo.
- La adición de 32 g m^{-2} de N releva rendimientos semejantes a las demás concentraciones, estimando mayores salidas de N al aumentar las dosis. Determinar las cantidades adecuadas de fertilizantes, permite disminuir las salidas de N y reduce las pérdidas económicas por esta labor al agricultor, ya sea para pequeños, medianos o grandes productores.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada.

1. Alfonzo N, España M, Lòpez M, Cabrera E, Abreu P. Eficiencia de uso del Nitrògeno en Arroz de secano en un suelo àcido frl Occidente del Estado Guarico. *Agronomìa Trop.* 2011 Noviembre; 61(3-4): p. 215-220 p.
2. Moreno AB. Rendimiento de Arroz en cascara en el Ecuador, primer cuatrimestre del 2015. Direcciòn de Anàlisis y Procesamiento de la Informaciòn, Coordinaciòn General del Sistema de Informaciòn Nacional. Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca. 2015 Agosto;; p. 17 p.
3. Aguilar D, Andrade D, Alava D, Burbano J, Diaz M, Garces A, et al. Estimacion de superficie sembrada de Arroz (*Oriza sativa* L.) y maiz amarillo duro (*Zea mays* L.) en las epocas de invierno y verano año 2015, en las provincias de Manabi, Los Rios, Guayas, Santa Elena, Loja y El Oro. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca, Direccion de Investigacion y generacion de Datos Multisectoriales, Coordinacion General del Sistema de Informacion Nacional; 2015.
4. Gaiak E. Fertilizantes de plantas, esterilizantes de suelos. *Agricultura y Contaminaciòn.* Gara, Baigorri Argitaletxea. 2007.
5. Dobermann A, Fairhurst T. Manejo del Nitrogeno en Arroz. *Informaciones Agronomicas.* 2005 Julio;(58): p. 6 p.
6. Samper FJ, Gonzàlez PA. Estimaciòn del drenaje y avado de nitratos en un sistema de cultivo de cereal de invierno en condiciones de secano y clima mediterràneo húmedo. *Estudios de la zona no saturada del suelo.* 2005; 7.
7. Martìnez FJ, Ojeda BD, Hernàndez RA, Martìnez JJ, Quezada G. El exceso de nitratos: Un problema actual en la agricultura. *Aventuras del Pensamiento.* 2011 Enero-Marzo;(57): p. 6 p.

8. Snyder CS, Bruulsema TW, Jensen TL. Greenhouse Gas Emissions from Cropping Systems and the Influence of Fertilizer Management-A Literature Review. International Plant Nutrition Institute. 2007.
9. Russo R. Ammonia, nitrite and nitrate. Fundamentals of aquatic toxicology, Hemisphere Publishing Corporation. 1985;: p. 455-471.
10. Lara C, Korndorfer G, Motta S. Volatilizacão de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação parcial da ureia por sulfato de amônio. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 1997; 21: p. 481-487.
11. Martínez J. El nitrógeno en las aguas subterráneas de la comunidad de Madrid: Descripción de los procesos de contaminación y desarrollo de herramientas para la designación de zonas vulnerables. 2009..
12. Mckerverey Z, Woods VB, Easson DL, Forbes EG. Opportunities to reduce nitrate leaching from grazed grassland. Agri-Food and Biosciences Institute. Occasional publication. 2005;(3).
13. Estrada MA, Nikolskii I, Mendoza JD, Acevedo D, De la Cruz E, Manzano NP, et al. Lixiviación de nitrógeno inorgánico en un suelo agrícola bajo diferentes tipos de drenaje en el trópico húmedo. 2007; 23: p. 1-14.
14. Alcívar GS, Mestanza S. Nutrición Mineral del Cultivo de Arroz. In INIAP. Manual del Cultivo de Arroz. Guayas, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias ; 2015. p. 40-41.
15. Silva B. Apuntes de cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Escuela de Agronomía, Universidad Mayor. Santiago, Chile. 2002.

16. Sierra C. La Urea: Características, ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada. 2010..
17. Escalante L, Linzaga C, Escalante Y. Calculo de fertilizantes para elaborar mezclas físicas. Revista Alternativa. 2006 Diciembre; 3(10).
18. Alcívar GS, Mestanza SS. Absorción y Distribución de los Nutrientes a través de las diferentes etapas de desarrollo de las plantas. In INIAP. Manual del Cultivo de Arroz. Guayas, Ecuador: Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias; 2015. p. 49.
19. Macías F. Secuestro de Carbono en suelos y biomasa. Reunion Internacional. A Coruña. 2002;; p. 66.
20. Silva RG, Cameron KC, Di HJ, Smith NP, Buchan GD. Effect of macropore flow on the transport of surface-applied cow urine through a soil profile. Australian Journal of Soil Research. 2000;(38): p. 13-23.
21. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. El cultivo del arroz en Venezuela. 2004..
22. Vargas J. El arroz y su medio ambiente. Capitulo 6. 2010 Septiembre..
23. Sanchis E. Emisiones de gases en el cultivo del arroz: Efecto de la gestión de la paja. 2014 Junio..
24. Gardi C, Angeline M, Barcelò S, Comerma J, Cruz GC, Encina Rojas A, et al. Atlas de Suelos de America Latina y el Caribe Comisión Europea: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea; 2014.

25. Ibañez J, Manríquez F. Cambisoles Uso y Manejo. [Online].; 2011. Available from: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/06/22/139434>.
26. Bojórquez I, Hernández A, García D, Nájera O, Flores F, Madueño A, et al. Características de los suelos Cambisoles y Fluvisoles de la llanura Costera Norte del Estado de Nayarit, México. Cultivos Tropicales. 2007; 28(1): p. 19 - 24 p.
27. Perdomo C, Barbazán M, Durán J. Nitrógeno. 2005..
28. Hauck RD. Nitrogen fertilizer effects in nitrogen cycle processes. 1981; 33: p. 551-562 p.
29. Macías E. Técnica de preparación de suelo para establecer un Cultivo de Arroz (Oriza sativa L.) de secano en la Zona de Babahoyo. 2008;; p. 8.
30. Riveros G, Rodríguez N. La fisiología de la planta y la productividad del cultivo. 2010 Septiembre..
31. Kondon N, Pablico P, Aragón D, Agbisit R, Abe J, Morita S, et al. Genotypic and environmental variations in root morphology in rice genotypes under upland field conditions. Plant and Soil. 2003;(255): p. 189-200.
32. Nemoto K, Morita S, Baba T. Shoot and root development in rice related to the phyllochron. Crop Science. 1995;(35): p. 24-29.
33. Chalmers A, Littlejohn G, McKay P. Contaminación por Nitrógeno: Demasiado de una buena cosa. 2008;; p. 9.
34. Pulver E. Manejo estratégico y producción competitiva del Arroz con riego en América Latina. 2010 Septiembre..

35. Boixadera J, Cortès A. Nitratos, agua y agricultura, un problema moderno de utilización del suelo. Horticultura. 2000.
36. Mena V. Proyecto Agroindustrial arrocerero, en el Cantón Santa Lucía, Provincia del Guayas. 2014..
37. FENARROZ. "INIAP-14" Filipino, nueva variedad de arroz para áreas de riego y secano. Quevedo: INIAP estación experimental Boliche; 2012.
38. Òrus F, Quilez D, Beltrán J. Código de buenas prácticas agrícolas de Aragón, España. Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos. Informaciones técnicas, dirección general de tecnología agraria. 2000;; p. 40 p.
39. Galloway J, Dentener F, Capone D, Boyer E, Howarth R, Seitzinger S, et al. Nitrogen cycles: Past, present and future. Biogeochemistry. 2004; 70: p. 153-226.
40. Pirela M, Clavero T, Fernández L, Sandoval V. Balance del nitrógeno en el sistema suelo-planta con pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq) en condiciones de bosque seco tropical. Revista de la Facultad de Agronomía. 2006 Enero; 23(1).
41. Alvarez R. Balance de nitrógeno en cultivos de trigo. INTA - Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. 2006;(105): p. 13 p.
42. Renck A. Rapid water flow and transport of inorganic and organic nitrogen in highly aggregated tropical soil. Soil Science. 2004; 169(5): p. 330-341.
43. Johnson A, Cabrera M, Craken D, Radcliffe. Leaching simulation of nitrogen dynamics and water drainage in an ultisol. Agronomy. 1999; 91(2): p. 597-606.

44. Nidia A, España M, López M, Cabrera E, Abren P. Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del Occidente del estado Guárico. *Agronomía Trop.* 2011; 61(3-4): p. 215-220.
45. Gabrielli De Los Santos A, Pintos F. Respuesta a nitrógeno del cultivar INIA OLIMAR según tipo de riego y sistematización. Tesis. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2013.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos.

Anexo 1. Recursos y presupuesto estimados de la investigación.

Rubro	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1. Materiales agrícolas			
Fertilizante Urea (46%)	6 Kg	0,90	5,40
Semilla de Arroz (INIAP 14)	2 Kg	2,00	4,00
2. Mano de Obra			
Siembra	1	20,00	20,00
Fertilización	2	10,00	20,00
Registro de datos experimentales	1	5,00	5,00
3. Materiales de Oficina			
Impresiones	4	4,00	8,00
Cuaderno de campo	1	1,20	1,20
Memoria USB (4 GB)	1	8,00	
4. Otros Materiales			
Cañas	42	3,00	126,00
Envases de plástico (galones)	21	2,00	42,00
Clavos	200	0,03	6,00
Plástico	30 m	1,80	54,00
5. Servicios Prestados			
Análisis de suelo	2	15,53	31,06
Análisis de agua	4	13,40	53,60
Análisis de tejidos	1	17,86	17,86
Impresión y empaste de Tesis	6	20,00	120,00
TOTAL (USD)			514,12
ELABORACIÓN: Autora.			

Anexo 2. Representación de los tratamientos.

REPETICIONES			
TRATAMIENTOS	T ₇ R ₂	T ₆ R ₁	T ₈ R ₂
	T ₈ R ₃	T ₆ R ₂	T ₇ R ₁
	T ₅ R ₁	T ₅ R ₂	T ₈ R ₁
	T ₇ R ₃	T ₆ R ₃	T ₅ R ₃
	T ₄ R ₁	T ₄ R ₃	T ₂ R ₃
	T ₁ R ₃	T ₃ R ₃	T ₁ R ₂
	T ₃ R ₂	T ₁ R ₁	T ₂ R ₁
	T ₄ R ₂	T ₃ R ₁	T ₂ R ₂
ELABORACIÓN: Autora.			

Anexos 3. Cronograma de actividades.

Actividades	Dic	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp
Selección del tema.	X									
Análisis de la propuesta investigativa.		X X								
Revisión literaria.			X X							
Elaboración del anteproyecto.			X X							
Presentación del anteproyecto.				X						
Tabulación de registro de campo.					X X X X X X X					
Análisis de datos y resultados.								X X X		
Redacción de tesis de grado.									X X X	

ELABORACIÓN: Autora.

Anexos 4. Análisis de varianza del Nitrógeno (mg) presente en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo aplicando diferentes dosis de Urea en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	2,00	0,29	2,16	0,0961
Suelos	1	1,37	1,37	10,32	0,0054
Dosis Urea (g m⁻²)	3	0,24	0,08	0,61	0,6203
Suelos*Dosis Urea (g m⁻²)	3	0,39	0,13	0,99	0,4235
Error	16	2,12	0,13		
Total correcto	23	4,12			

NS No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: Análisis Estadístico Infostat, 2010

ELABORADO: Autora

Anexos 5. Análisis de varianza de la cantidad de Nitrógeno (mg) presente en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo aplicando diferentes dosis de Urea.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	1826,86	260,98	15,40	<0,0001
Suelos	1	1094,04	1094,04	64,54	<0,0001
Dosis Urea (g m⁻²)	3	380,74	126,91	7,49	0,0024
Suelos*Dosis Urea (g m⁻²)	3	352,08	117,36	6,92	0,0034
Error	16	271,23	16,95		
Total correcto	23	2098,10			

NS No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: Análisis Estadístico Infostat, 2010

ELABORADO: Autora

Anexos 6. Análisis de varianza del Nitrógeno lixiviado (mg) en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo aplicando diferentes dosis de Urea en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	1908,62	272,66	6,31	0,0011
Suelos	1	186,48	186,48	4,31	0,0543
Dosis Urea (g m⁻²)	3	686,51	228,84	5,29	0,0100
Suelos*Dosis Urea (g m⁻²)	3	1035,62	345,21	7,99	0,0018
Error	16	691,67	43,23		
Total correcto	23	2600,29			

NS No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: Análisis Estadístico Infostat, 2010

ELABORADO: Autora

Anexos 7. Análisis de varianza del Nitrógeno volatilizado (mg) en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo aplicando diferentes dosis de Urea en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	27561,44	3937,35	61,29	<0,0001
Suelos	1	2078,36	2078,36	32,35	<0,0001
Dosis Urea (g m⁻²)	3	23187,63	7729,21	120,31	<0,0001
Suelos*Dosis Urea (g m⁻²)	3	2295,45	765,15	11,91	0,0002
Error	16	1027,92	64,25		
Total correcto	23	28589,36			

NS No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: Análisis Estadístico Infostat, 2010

ELABORADO: Autora

Anexos 8. *Análisis de varianza de la Pérdida Total de Nitrógeno (mg) en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo aplicando diferentes dosis de Urea en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.).*

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	29459,61	4208,52	240,60	<0,0001
Suelos	1	1017,64	1017,64	58,18	<0,0001
Dosis Urea (g m⁻²)	3	28090,25	9363,42	535,31	<0,0001
Suelos*Dosis Urea (g m⁻²)	3	351,71	117,24	6,70	0,0039
Error	16	279,87	17,49		
Total correcto	23	29739,47			

NS No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: Análisis Estadístico Infostat, 2010

ELABORADO: Autora

Anexos 9. *Análisis de varianza del Numero de Macollos en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo aplicando diferentes dosis de Urea.*

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	408925,33	58417,90	4,09	0,0093
Suelos	1	682,67	682,67	0,05	0,8297
Dosis Urea (g m⁻²)	3	310733,33	103577,78	7,25	0,0027
Suelos*Dosis Urea (g m⁻²)	3	97509,33	32503,11	2,28	0,1190
Error	16	228576,00	14286,00		
Total correcto	23	637501,33			

NS No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: Análisis Estadístico Infostat, 2010

ELABORADO: Autora

Anexos 10. *Análisis de varianza del Rendimiento (g) en cascara del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en los suelos del cantón Babahoyo y Quevedo aplicando diferentes dosis de Urea.*

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	490039,20	70005,60	21,17	<0,0001
Suelos	1	289872,24	289872,24	87,64	<0,0001
Dosis Urea (mg)	3	104081,88	34693,96	10,49	0,0005
Suelos*Dosis Urea (mg)	3	96085,08	32028,36	9,68	0,0007
Error	16	52920,00	3307,50		
Total correcto	23	542959,20			

NS No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: Análisis Estadístico Infostat, 2010

ELABORADO: Autora

Anexos 11. Análisis de Nitrógeno en el suelo.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TIENDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador. Tel: 052 783944 suelos.ec@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Basilio Briones Brizgite
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Sin Nombre
 Provincia : Los Rios
 Cantón : Quevedo
 Parroquia :
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual :
 N° Reporte : 2362
 Fecha de Muestreo : 02/06/2017
 Fecha de Ingreso : 02/06/2017
 Fecha de Salida : 21/06/2017

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

N° Muest. Laboral	Datos del Lote Identificación	Arroz	pH	ppm = $\frac{mg}{kg}$				mg/100ml				ppm			
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
83694	Tratamiento 1		6,0	20 M	48 A	1,05 A	8 M	1,7 M							
83695	Tratamiento 2		4,9	22 M	31 A	0,41 A	7 M	1,2 M							
83696	Tratamiento 3		5,0	17 B	50 A	0,46 A	7 M	1,4 M							
83697	Tratamiento 4		5,0	17 B	16 M	0,42 A	7 M	1,4 M							
83698	Tratamiento 5		5,3	18 B	21 A	0,74 A	11 A	3,8 A							
83699	Tratamiento 6		4,7	18 B	33 A	0,66 A	10 A	3,5 A							
83700	Tratamiento 7		4,3	17 B	33 A	0,64 A	8 M	3,0 A							
83701	Tratamiento 8		4,5	14 B	31 A	0,66 A	9 A	3,0 A							
83702	Muestra Quevedo		5,4	13 B	11 M	0,91 A	9 A	2,0 M							
83703	Muestra Babahoyo		5,5	14 B	50 A	0,51 A	13 A	4,9 A							

INTERPRETACION

pH :
 L.A. = Ligero Acido L.M. = Ligero Alcalino
 A. = Acido P. = Puro Neutro M.A. = Medía Alcalino
 M.A. = Medía Acido N. = Neutro Al. = Alcalino

METODOLOGIA USADA

pH :
 N.P.B. = Sodio agua (1:2,5)
 S. = Colorimetría
 K.M.C.C. = Colorimetría
 C.C.M.C. = Colorimetría
 M.C. = Absorción atómica

EXTRACTANTES

N.P.B. = Sodio agua (1:2,5)
 S. = Colorimetría
 K.M.C.C. = Colorimetría
 C.C.M.C. = Colorimetría
 M.C. = Absorción atómica

EXTRACTANTES

N.P.B. = Sodio agua (1:2,5)
 S. = Colorimetría
 K.M.C.C. = Colorimetría
 C.C.M.C. = Colorimetría
 M.C. = Absorción atómica

RESPONSABLE LABORATORIO


 R. W. J. J. J.
 LIDER DPTO. N.C. SUELOS Y AGUAS

La muestra será guardada en el laboratorio
 por tres meses. Tiempo en el que se reportan los
 resultados en los resultados

Anexos 12. Análisis de Nitrógeno foliar.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TIEMPOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.ettp@iniap.gob.ec

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Bastidas Briceo Brizgine
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Sin Nombre
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Quevedo
 Parroquia :
 Ubicación :

DATOS DEL LOTE

N° Muestr. Laboral	Identificación	Área	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
61308	Tratamiento 1		1,9 D	0,17 A	1,57 A	0,61 A	0,15 D									
61309	Tratamiento 2		1,9 D	0,15 A	1,82 A	0,69 A	0,17 D									
61310	Tratamiento 3		2,0 D	0,14 A	1,78 A	0,65 A	0,16 D									
61311	Tratamiento 4		1,9 D	0,15 A	2,21 A	0,73 A	0,18 D									
61312	Tratamiento 5		1,9 D	0,13 A	1,20 A	0,58 A	0,11 D									
61313	Tratamiento 6		2,1 D	0,12 A	2,04 A	0,66 A	0,15 D									
61314	Tratamiento 7		2,0 D	0,11 A	1,89 A	0,67 A	0,14 D									
61315	Tratamiento 8		2,0 D	0,12 A	2,15 A	0,73 A	0,17 D									

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo : ARROZ
 N° de Reporte : 2362
 Fecha de Muestreo: 02/06/2017
 Fecha de Ingreso : 02/06/2017
 Fecha de Salida : 15/06/2017

INTERPRETACION

D = Deficiente
 A = Adecuado
 E = Excesivo

La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptan reclamos en los resultados

LIDER DPTO/NAC/SUELOS Y AGUAS

X. el [Signature]



RESPONSABLE LABORATORIO

[Signature]

Anexos 13. Análisis de Nitrógeno en el agua.

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
Quevedo - Ecuador. Teléfono: 052783044 Ext. 201

Nombre del Propietario :	Brigitte Bastidas Briones	Teléfono :	2362
Nombre de la Propiedad :	Sin nombre	Cultivo :	Agua
Localización :	El Limón	Quevedo	Los Rios
	Parroquia	Cantón	Provincia
Reporte N° :	2362	Fecha de muestreo :	02-06-2017
		Fecha de ingreso :	02-06-2017
		Fecha salida resultados :	15-06-2017

RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANALISIS ESPECIAL

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	Concentración %										ppm				
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso				
1023	Tratamiento 1	0.015														
1024	Tratamiento 2	0.029														
1025	Tratamiento 3	0.017														
1026	Tratamiento 4	0.035														
1027	Tratamiento 5	0.020														
1028	Tratamiento 6	0.026														
1029	Tratamiento 7	0.015														
1030	Tratamiento 8	0.012														

Observaciones:

X. W.

RESPONSABLE DMSA

La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se reanuda recibamos en los resultados

LABORATORISTA